Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)

УТВЕРЖДАЮ Зав.кафедрой АОИ, профессор Ю.П. Ехлаков "____2016 г.

MathCAD

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ, КУРСОВОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

по дисциплине «Информационные технологии обработки данных»

для студентов направлений подготовки: «Государственное и муниципальное управление» и «Бизнес-информатика»

> Разработчик: доцент каф.АОИ, к.т.н. _____Т.А. Ципилева

Введение	3
1 Урок 1. Основы MathCad	4
1.1 Знакомство с операторами	4
1.2 Работа с документами	14
1.3 Переменные и функции	19
1.4 Численные методы	26
Задания для самостоятельной работы по теме	32
2. Урок 2. Работа с графиками	33
2.1 Работа с двумерными графиками	35
2.2 Трехмерные графики. Создание трехмерных графиков	40
2.3 Спецэффекты	54
Задания для самостоятельной работы по теме	56
3. Урок 3. Решение алгебраических уравнений	57
3.1 Одно уравнение с одним неизвестным	59
3.2 Нахождение корней полинома	62
3.3 Решение системы уравнений	64
3.4 Символьное решение уравнений	66
Задания для самостоятельной работы по теме	67
4. Урок 4. Программирование в MathCad	73
Задания для самостоятельной работы по теме	77
5. Список тем и требования к выполнению курсовой работы	84
Список использованных источников	88

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Мathcad является математическим редактором, позволяющим проводить разнообразные научные и инженерные расчеты, начиная от элементарной арифметики и заканчивая сложными реализациями численных методов. Пользователи Mathcad — это студенты, ученые, инженеры, разнообразные технические специалисты. Благодаря простоте применения, наглядности математических действий, обширной библиотеке встроенных функций и численных методов, возможности символьных вычислений, а также превосходному аппарату представления результатов (графики самых разных типов, мощных средств подготовки печатных документов и Web-страниц), Mathcad стал наиболее популярным математическим приложением.

Mathcad, в отличие от большинства других современных математических приложений, построен в соответствии с принципом WYSIWYG ("What You See Is What You Get" — "что Вы видите, то и получите"). Поэтому он очень прост в использовании, в частности, из-за отсутствия необходимости сначала писать программу, реализующую те или иные математические расчеты, а потом запускать ее на исполнение. Вместо этого достаточно просто вводить математические выражения с помощью встроенного редактора формул, причем в виде, максимально приближенном к общепринятому, и тут же получать результат. Кроме того, можно изготовить на принтере печатную копию документа или создать страницу в Интернете именно в том виде, который этот документ имеет на экране компьютера при работе с Mathcad .Создатели Mathcad сделали все возможное, чтобы пользователь, не обладающий специальными знаниями в программировании (а таких большинство среди ученых и инженеров), мог в полной мере приобщиться к достижениям современной вычислительной науки и компьютерных технологий. Для эффективной работы с редактором Mathcad достаточно базовых навыков пользователя. С другой стороны, профессиональные программисты могут извлечь из Mathcad намного больше, создавая различные программные решения, существенно расширяющие возможности, непосредственно заложенные в Mathcad.

Документы, созданные средствами Mathcad, могут быть распечатаны непосредственно в Mathcad в том виде, который пользователь видит на экране компьютера, или сохранены в формате RTF для последующего редактирования в более мощных текстовых редакторах (например, Microsoft Word); возможно полноценное сохранение документов Mathcad в формате Web-страниц (генерация вспомогательных графических файлов происходит автоматически).

Имеется опция объединения разрабатываемых в Mathcad документов в электронные книги, которые, с одной стороны, позволяют в удобном виде хранить математическую информацию, а с другой — являются полноценными Mathcad-программами, способными осуществлять расчеты.

Символьные вычисления позволяют осуществлять аналитические преобразования, а также мгновенно получать разнообразную справочную математическую информацию

Таким образом, Mathcad — это мощный текстовый редактор для ввода и редактирования как текста, так и формул, вычислительный процессор — для проведения расчетов согласно введенным формулам и символьный процессор, являющийся, по сути, системой искусственного интеллекта. Сочетание этих компонентов создает удобную вычислительную среду для разнообразных математических расчетов и, одновременно, документирования результатов работы.

1 Урок 1. Основы MathCad

1.1 Знакомство с Mathcad

После того как Mathcad установлен на компьютере и запущен на исполнение, появляется основное окно приложения, показанное на рис. 1.1. Окно имеет ту же структуру, что и большинство приложений Windows.



Сверху вниз располагаются следующие элементы: заголовок окна, строка главного меню, панели инструментов (стандартная и форматирования) и рабочий лист или рабочая область документа (worksheet). Новый документ создается автоматически при запуске Mathcad. В самой нижней части окна находится строка состояния.

Рисунок 1.1- Окно Mathcad с новым документом

Помимо элементов управления, характерных

для типичного текстового редактора, Mathcad снабжен дополнительными средствами для ввода и редактирования математических символов, одним из которых является панель инструментов Math (Математика)¹ (показано на рис. 1.1). С помощью этой, а также ряда вспомогательных наборных панелей, удобно осуществлять ввод уравнений.

¹ Здесь и далее по тексту будут использованы обозначения кнопок, режимов или панелей либо на русском языке (как в Mathcad 12) либо на английском языке (Mathcad 11).

Для того чтобы выполнить простые расчеты по формулам, проделайте следующее:

1) определите место в документе, где должно появиться выражение, щелкнув мышью в соответствующей точке документа;

2) введите левую часть выражения;

3) введите знак равенства «=».

Приведем пример простейшего расчета. Для вычисления синуса какогонибудь числа (например, π /4) достаточно ввести с клавиатуры выражение типа sin(π /4)=. После того как будет нажата клавиша со знаком равенства, с правой стороны выражения появится результат (листинг 1.1).

 $sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0.707$ Листинг 1.1- Расчет простого выражения

Подобным образом можно проводить и более сложные и громоздкие вычисления, пользуясь при этом всем арсеналом специальных функций, которые встроены в Mathcad. Легче всего вводить их имена с клавиатуры, как в примере с вычислением синуса, но, чтобы избежать возможных ошибок в их написании, лучше выбрать другой (более длинный) путь.

1. Определите место в выражении, куда следует вставить функцию.

2. Нажмите кнопку с надписью f(x) на стандартной панели инструментов (на нее указывает курсор на рис. 1.2).

3. В списке Function Category (Категория функции) появившегося диалогового окна Insert Function (Вставить функцию) выберите категорию, к которой принадлежит функция, — в нашем случае это категория Trigonometric (Тригонометрические).

4. В списке Function Name (Имя функции) выберите имя встроенной функции, под которым она фигурирует в Mathcad (sin). В случае затруднения с выбором ориентируйтесь на подсказку, появляющуюся при выборе функции в нижнем текстовом поле диалогового окна Insert Function.

5. Нажмите кнопку ОК — функция появится в документе.

6. Заполните недостающие аргументы введенной функции (в нашем случае это аргумент π /4), воспользовавшись также панелью Арифметика.
7. Введите знак равенства (с клавиатуры, либо с панели Calculator «Ариф-

7. Введите знак равенства (с клавиатуры, либо с панели Calculator «Арифметика»).

Конечно, не всякий символ можно ввести с клавиатуры. Например, непонятно, как вставить в документ знак интеграла или дифференцирования. Для этого в Mathcad имеются специальные панели инструментов, очень похожие на средства формульного редактора Microsoft Word. Одна из них — панель инструментов Math (Математика) — показана на рис. 1.1. Она содержит инструменты для вставки в документы математических объектов (операторов, графиков, элементов программ и т. п.). Эта же панель показана более крупным планом на рис. 1.3 уже на фоне редактируемого документа.

📼 Mathcad - [Без названия:1]			
📷 Файл Правка Вид Вставить Форм	ат Инструменты Символы Окно	Помощь	
D • ☞ 🖬 🔿 🗛 ザ ୪ 🖻 ।	8 ∽ ∼ "	🕒 🔁 🗖 100% 🖌	2
	Вставить	Функцию 🗸 Агіа	1
sin(1)	Вставить функцино Категория Санхайные Числа Сортировка Строка Строка Вираксения У сечение и Скрупление Чикансова Вираксения Строка Строс Строс Строс С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	Имя dan2 coo seo seo seo tan tan tan Bcrasurs Отк	X N N N N N N N N N N N N N N N N N N N

Рисунок 1.2 - Вставка встроенной функции

Панель Математика содержит девять кнопок, нажатие каждой из которых приводит к появлению на экране еще одной панели инструментов. С помощью этих девяти дополнительных панелей можно вставлять в документы Mathcad разнообразные объекты.

Например, можно ввести выражение из листинга 1.1 исключительно с помощью панели Calculator (Арифметика). Для этого нужно сначала нажать кнопку sin (самую первую сверху). Результат данного действия показан на рис. 1.2. Теперь остается лишь набрать выражение π /4 внутри скобок. Для этого нажмите последовательно кнопки π , / и 4 на панели Арифметика и затем, на ней же, кнопку =, чтобы получить ответ (рис. 1.3) (разумеется, тот же самый, что и в предыдущей строке документа).

Как видите, вставлять в документы математические символы можно поразному, как и во многих других приложениях Windows. В зависимости от опыта работы с Mathcad и привычек работы на компьютере, пользователь может выбрать любой из них.



интерес представляет, как минимум, возможность задания переменных и операций с функциями пользователя. Нет ничего проще — в Mathcad эти действия, как и большинство других, реализованы по принципу "как принято в математике, так и вводится". Поэтому приведем соответствующие примеры (листинг 1.2.).

$$\mathbf{x} := 1.2 \qquad \mathbf{y} := 55 \qquad \mathbf{z} := 4$$
$$\frac{\left(\mathbf{x}^2 \cdot 250\right)}{\sqrt[5]{y}} \cdot \ln(\mathbf{z} \cdot \boldsymbol{\pi}) = 408.814$$

Листинг 1.2 - Использование переменных в расчетах

Следует обратить внимание на оператор присваивания, который применяется для задания значений переменным в первой строке листинга 1.2. Его, как и все остальные символы, можно ввести с помощью панели Calculator. Присваивание обозначается символом «:=» (вводится кнопкой «;»), чтобы подчеркнуть его отличие от операции вычисления.

Интерфейс пользователя

В Mathcad интерфейс пользователя интуитивен и сходен с другими приложениями Windows. Его составные части:

1) главное меню, или строка меню (menu bar);

2) панели инструментов (toolbars) Standard (Стандартная), Formatting (Форматирование) Resources (Ресурсы) и Controls (Элементы управления);

3) панель инструментов Math (Математика) и доступные через нее дополнительные математические панели инструментов;

4) рабочая область (worksheet);

5) строка состояния (status line или status bar);

6) всплывающие, или контекстные, меню (pop-up menus или context menus);

7) диалоговые окна или диалоги (dialogs).

Большинство команд можно выполнить как с помощью меню (верхнего или контекстного), так и панелей инструментов или клавиатуры.

Меню

Строка меню располагается в самой верхней части окна Mathcad. Она содержит девять заголовков, щелчок мышью на каждом из которых приводит к появлению соответствующего меню с перечнем команд:

File (Файл) — команды, связанные с созданием, открытием, сохранением, пересылкой по электронной почте и распечаткой на принтере файлов с документами;

Edit (Правка) — команды, относящиеся к правке текста (копирование, вставка, удаление фрагментов и т. п.);

View (Вид) — команды, управляющие внешним видом документа в окне редактора Mathcad, а также команды, создающие файлы анимации;

Insert (Вставка) — команды вставки различных объектов в документы;

Format (Формат) — команды форматирования текста, формул и графиков;

Tools (Инструменты) — команды управления вычислительным процессом и дополнительными возможностями;

Symbolics (Символика) — команды символьных вычислений;

Window (Окно) — команды управления расположением окон с различными документами на экране;

Help (Справка) — команды вызова справочной информации, сведений о версии программы, а также доступа к ресурсам и электронным книгам.



Рисунок 1.4 - Работа с меню

Чтобы выбрать нужную команду, щелкните мышью на содержащем ее меню и повторно на соответствующем элементе меню. Некоторые команды находятся не в самих меню, а в подменю, как это показано на рис. 1.4. Чтобы выполнить такую команду, например команду вызова на экран панели инструментов Symbolic (Символы), наведите указатель мыши на пункт Toolbars (Панели инструментов) выпадающего меню View (Вид) и выберите в появившемся подменю пункт Symbolic.

Некоторые пункты меню имеют флажки проверки, указывающие на включение (или выключение) соответствующей опции в текущий момент. Назначение пунктов меню, на которые наведен указатель мыши, появляется в виде подсказки слева на строке состояния (в нижней части окна Mathcad).

Панели инструментов

Панели инструментов служат для быстрого (за один щелчок мыши) выполнения наиболее часто применяемых команд.



Рисунок 1.5 - Основные панели инструментов

Панель Math (Математика) предназначена для вызова на экран еще девяти панелей (рис. 1.5), с помощью которых, собственно, и происходит вставка математических операций в документы. Чтобы показать какую-либо из них, нужно нажать соответствующую кнопку на панели Math (см. рис. 1.3).

Назначение панелей:

Calculator (Арифметика) — служит для вставки основных математических операций;

Graph (Графики) — для вставки графиков;

Matrix (Матрицы) — для вставки матриц и матричных операторов;

Evaluation (Вычисления) — для вставки операторов управления вычислениями;

Calculus (Матанализ) — для вставки операторов интегрирования, дифференцирования, суммирования;

Boolean (Булево) — для вставки логических (булевых) операторов;

Programming (Программирование) — для программирования средствами Mathcad;

Greek (Греческий алфавит) — для вставки греческих символов;

Symbolic (Символы) — для вставки символьных операторов.

При наведении указателя мыши на многие из кнопок математических панелей появляется всплывающая подсказка, содержащая еще и сочетание "горячих клавиш", нажатие которых приведет к эквивалентному действию.

Настройка панели инструментов

В Mathcad, подобно другим программам Windows, пользователь может настроить внешний вид панелей инструментов наиболее оптимальным для него образом. При этом возможно:

- показывать или скрывать панели;
- перемещать панели в любое место экрана и изменять их форму;
- делать панели плавающими, и наоборот;
- настраивать основные панели, т. е. определять набор их кнопок.

Вызвать любую панель на экран или скрыть ее можно с помощью меню View (Вид)/ Toolbars (Панели инструментов), выбирая в открывающемся подменю имя нужной панели. Убрать любую панель с экрана можно еще и посредством контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши в любом месте панели (например, на любой кнопке). В контекстном меню следует выбрать пункт Hide (Скрыть).

Настройка состава основных панелей

Настройка означает изменение количества и состава кнопок на любой из трех основных панелей (Standard, Formatting и Math). Она, например, полезна, если требуется убрать редко используемые кнопки, чтобы не загромождать экран. Для изменения состава кнопок на панели вызовите щелчком правой кнопкой мыши в любом ее месте (но не на заголовке) контекстное меню и выберите в нем пункт Customize (Изменить). Появится диалоговое окно Customize Toolbar (Настройка панели инструментов), в котором имеются два списка — в левом перечислены отсутствующие кнопки, а в правом — кнопки, которые присутствуют в данный момент на панели (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - Настройка состава панели инструментов

Чтобы убрать кнопку (или разделитель кнопок) с панели инструментов, выделите ее имя в правом списке и затем нажмите кнопку Remove (Удалить) в диалоговом окне. Чтобы добавить новую кнопку, выделите ее имя в левом списке и нажмите Add (Добавить). Для изменения порядка расположения на панели той или иной кнопки выделите ее в правом списке и перемещайте в нужную сторону, нажимая кнопки Move Up (Вверх) или Move Down (Вниз).

Подтвердить сделанную настройку панели можно нажатием кнопки Close (Закрыть) или кнопки закрытия диалогового окна, а вернуться к прежнему составу панели — с помощью кнопки Reset (Сброс).

Рабочая область

Большую часть окна Mathcad занимает рабочая область, в которую пользователь вводит математические выражения, текстовые поля и элементы программирования. Важно уметь настроить рабочую область для работы, чтобы хорошо ориентироваться в документе.

Курсор ввода на дисплее изображается в виде небольшого крестика красного цвета. С его помощью отмечается незаполненное место в документе, куда в текущий момент можно вводить формулы или текст. Чтобы переместить курсор, достаточно щелкнуть указателем мыши в требуемом месте, либо передвинуть его клавишами-стрелками. Если выполнить щелчок в области формулы или начать ввод выражения на пустом месте, вместо курсора появятся линии редактирования, отмечающие место в формуле или тексте, редактируемым в данный момент.

Документ Mathcad строится по принципу размещения формул и текста в рабочей области, которая изначально является подобием чистого листа. Чтобы показать или скрыть расположение регионов с математическими выражениями, текстом или графиками, имеется возможность включить опцию показа границ регионов. Делается это с помощью главного меню View / Regions (Вид / Регионы).

Если документ большой, то в некотором месте будет наблюдаться прерывистая горизонтальная линия раздела страниц. Эти линии показывают, каким образом будет осуществлено разбиение на страницы при распечатке документа на принтере. Изменить параметры страницы можно с помощью команды File / Page Setup (Файл / Параметры страницы).

Ориентироваться в размещении объектов на странице документа помогает горизонтальная линейка, расположенная под панелями инструментов в верхней части окна Mathcad. Линейку можно вызвать на экран с помощью команды View / Ruler (Вид / Линейка)

Строка состояния

В нижней части окна Mathcad, под горизонтальной полосой прокрутки видна строка (линия) состояния. На ней отображается самая основная информация о режиме редактирования (рис. 1.7), разграниченная разделителями (слева направо) контекстно-зависимая подсказка о готовящемся действии; режим вычислений: автоматический (AUTO) или задаваемый вручную (Calc F9); текущий режим раскладки клавиатуры CAP/ NUM; номер страницы, на которой находится курсор.



Рисунок 1.7 - Строка состояния

Чтобы показать или скрыть строку состояния, выполните команду View / Status Bar (Вид / Строка состояния).

Многооконный режим редактирования

Допускается одновременно держать на экране и редактировать сразу несколько документов. Их можно расположить на экране в любом порядке. Для этого, открыв меню Window (Окно), следует выбрать в нем один из пунктов Cascade (Расположить каскадом), Tile Horizontal (Горизонтальная мозаика), Tile Vertical (Вертикальная мозаика). В результате все окна будут расположены на экране в пределах окна либо каскадом друг за другом, либо вертикально или горизонтально так, чтобы они не перекрывались.

1.2 Работа с документами

Создание документа

В Mathcad все расчеты организуются на рабочих областях, или "листах" (worksheets), изначально пустых, на которые можно добавлять формулы и текст. Часто рабочий лист называют документом Mathcad. Каждый документ представляет собой независимую серию математических расчетов и сохраняется в отдельном файле. Документ является одновременно и листингом Mathcad-программы, и результатом исполнения этой программы, и отчетом, пригодным для распечатки на принтере или публикации в Web.

Если Mathcad запускается из главного меню Windows (с помощью кнопки Пуск в углу экрана), например Start /Programs /MathSoft Apps /Mathcad (Пуск/ Программы/Приложения MathSoft/Mathcad), то окно Mathcad появляется с открытым в нем новым пустым безымянным документом, условно называемым Untitled:1(Без названия:1).

Для того чтобы создать новый пустой документ, уже работая в Mathcad, следует выполнить одно из трех эквивалентных действий:

- нажатие одновременно клавиш <Ctrl>+<N>;
- нажатие кнопки New (Создать) на панели инструментов;
- щелкнуть на команде верхнего меню File /New (Файл /Создать).

В результате любого из проделанных действий в окне Mathcad появляется новый пустой документ с условным названием Untitled:2, или Untitled:3 или т. д., в зависимости от того, какой по счету новый документ создается.

Для того чтобы сохранить документ в формате Mathcad, выберите File/Save (Файл/Сохранить), либо нажмите клавиши «Ctrl>+<S> или кнопку Save на стандартной панели инструментов. Если созданный документ сохраняется впервые, на экран будет выведено диалоговое окно Сохранение (Save), в котором потребуется определить его имя (рис. 1.8).

Сохранить как			?×
Папка:	🗎 Мои документы	v G 🔊 🕫 🖽 •	
Недавние документы	Corel User Files ШМои рисунки ШМоя музыка Iffusion		
G			

Чтобы переименовать документ, сохраните его под другим именем с помощью команды File/Save As (Файл./Сохранить как).²

На рис. 1.8 показан раскрывающийся список с возможными форматами сохраняемых файлов:

Mathcad Worksheet (*.mcd) — последний и наиболее мощный формат, используется по умолчанию,

HTML/MathML File (*.htm) — формат Web-страницы. Начиная с версии Mathcad 11, все атрибуты документа Mathcad могут сохраняться в HTMLфайле (с дополнительной XML-разметкой). С одной стороны, такие файлы могут просматриваться обычным браузером, а с другой — без ущерба для функциональности — открываться и редактироваться в Mathcad как обычные (*.mcd) документы.

При сохранении в формате *.htm можно выбирать различные опции экс-порта.

Mathcad Template (*.mct) — формат шаблона;

² Чаще создавайте резервные копии документов, чтобы сохранить результаты прежней работы.

Rich Text Format (*.rtf) — сохраняйте файлы в этом формате только для дальнейшего редактирования в текстовых редакторах с целью создания отчетов. В частности, сохранив документ в RTF-файле, можно загрузить его в Microsoft Word или другой текстовый процессор, большинство из которых поддерживает этот формат;

Mathcad 6...2001 Worksheet (*.mcd) — форматы прежних версий Mathcad. Если вы работаете одновременно с несколькими версиями Mathcad (например, разрабатываете с другими разработчиками общую задачу), то запасайте файлы в наиболее раннем формате из тех, с которыми приходится иметь дело. Однако помните, что возможности прежних версий (в частности, наборы встроенных функций) ограничены по сравнению с более поздними версиями Mathcad, поэтому некоторые из них будут недоступны.

Ввод формул

Формульный редактор Mathcad позволяет быстро и эффективно вводить и изменять математические выражения.

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

- 1) Щелкните мышью в рабочей области, обозначив место ввода.
- Нажмите клавишу <x> в этом месте вместо курсора ввода появится регион с формулой, содержащей один символ «x», причем символ будет выделен рамкой ввода.
- 3) Введите оператор возведения в степень, нажав клавишу <^>, либо выбрав кнопку возведения в степень на панели инструментов Calculator (Арифметика) в формуле появится фрейм для ввода значения степени, а рамка ввода выделит этот фрейм.
- 4) Последовательно введите остальные символы <5>, <+>, <x>.

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

Вставка оператора в формулу

Операторы могут быть унарными (действующими на один операнд, как, например, оператор транспонирования матрицы или смены знака числа), так и бинарными (например, «+» или «/», действующими на два операнда). При вставке нового оператора в документ Mathcad определяет, сколько операндов ему требуется. Если в точке вставки оператор один или оба операнда отсутствуют, Mathcad автоматически помещает рядом с оператором один или два пустых фрейма.

Последовательность вставки оператора в формулу такова:

- 1) Поместите линии ввода на часть формулы (выделите в рамку), которая должна стать первым операндом.
- 2) Введите оператор, нажав кнопку на панели инструментов или сочетание клавиш.

Для того чтобы вставить оператор не после, а перед частью формулы, выделенной линиями ввода, нажмите перед его вводом клавишу <lns>, которая передвинет вертикальную линию ввода вперед. Mathcad сам расставляет, если это необходимо, скобки, чтобы часть формулы, отмеченная линиями ввода, стала первым слагаемым.

Некоторые операторы Mathcad вставит в правильное место независимо от положения линий ввода. Таков, например, оператор численного вывода =, который по смыслу выдает значение всей формулы в виде числа.

Удаление части формулы

Чтобы удалить часть формулы необходимо выполнить последовательность действий:

1) Выделите удаляемую часть формулы.

2) Нажмите клавишу .

Кроме того, можно удалить часть формулы, помещая ее перед вертикальной линией ввода и нажимая клавишу <BackSpace>.

Имеется еще один способ удаления части формулы: выделите ее нужную часть, затем нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<X>, тем самым, вырезая и помещая ее в буфер обмена. Этот способ удобен в случае, если требуется использовать фрагмент формулы в дальнейшем.

Изменение операторов в формуле

Для того чтобы удалить оператор, поместите его перед вертикальной линией ввода и нажмите клавишу <BackSpace>. В результате оператор либо исчезнет (а операнды слева и справа сольются в одно имя), либо (в сложных формулах) появится фрейм оператора в виде черной рамки. При желании можно удалить и этот фрейм повторным нажатием <BackSpace>.

Правка документа. Выделение части документа

Чтобы выделить несколько регионов, расположенных последовательно друг за другом, нажмите вне крайнего из них левую кнопку мыши (определяя тем самым место курсора ввода) и протащите ее указатель через все регионы, которые надо выделить Выделенные регионы от курсора ввода до указателя мыши будут отмечены пунктиром.

Также можно выделить несколько соседних регионов, щелкая на крайнем из них, нажав клавишу <Shift> и, не отпуская ее, выполнить щелчок на другом крайнем регионе.

Несколько разрозненных регионов можно выделить, щелкая на первом из них, нажав клавишу <Ctrl> и, не отпуская ее, последовательно щелкая на остальных регионах.

Все содержание документа можно выделить при помощи команды Edit / Select All (Правка / Выделить все) или нажатием клавиш <Ctrl>+<A>

Для снятия выделения щелкните мышью в любой части документа.

Удаление части документа

Выделенные регионы удаляются нажатием клавиши или <Ctrl>+<D>.

Весь текущий регион удаляется нажатием клавиш <Ctrl>+<D> или командой Edit / Delete (Правка / Удалить)

Пустые строки в документе можно удалить, помещая щелчком мыши в их верхнюю часть курсор ввода и нажимая нужное число раз клавишу .

Для вставки n пустых строк ниже курсора ввода нажмите нужное число раз клавишу <Enter>.

Вырезка, копирование, вставка и перемещение части документа

Для вырезки, копирования выделенных регионов в буфер обмена и для вставки их из буфера в документ используйте одно из стандартных средств:

- верхнее меню Edit (Правка);

- контекстное меню;
- кнопки правки на панели инструментов Standard (Стандартная);
- сочетание горячих клавиш <Ctrl>+<X>, <Ctrl>+<C>, <Ctrl>+<V>.

Для перемещения и копирования выделенных регионов документа удобнее использовать технологию перетаскивания их мышью:

- для перемещения поместите указатель мыши на один из выделенных регионов — он приобретет форму ладони. Затем нажмите левую кнопку мыши и перетащите при нажатой кнопке выделение в желаемое место. При отпускании кнопки мыши, выделенные регионы переместятся на новое место;
- для копирования выделенных регионов перетаскивайте их мышью при нажатой клавише <Ctrl>.

1.3 Переменные и функции

Основные инструменты математика — это операции с переменными величинами и функциями. В Mathcad переменные, операторы и функции реализованы в интуитивной форме, т. е. выражения в редакторе вводятся и вычисляются так, как они были бы написаны на листе бумаги. Порядок вычислений в документе Mathcad также очевиден: математические выражения и действия воспринимаются процессором слева направо и сверху вниз.

Определение переменных в Mathcad

Чтобы определить переменную, достаточно ввести ее имя и присвоить ей некоторое значение, для чего служит оператор присваивания.

x := 10	оследова-
$v = (v = 2)^2 + 1$	тельность
y := (x - 3) + 1	шагов:
s '= "Hello"	1) B
N . 110H0,	В

Π

e

Д И

Листинг 1.3 - Присваивание переменной константы, выражения и строкового значения

те в желаемом месте документа имя переменной.

- Введите оператор присваивания с помощью клавиши <;> или нажатием соответствующей кнопки Definition (Присваивание) на панели инструментов Calculator (Арифметика) или Evaluation (Выражения).
- 3) Введите в появившийся фрейм требуемое значение переменной.

Кнопка оператора присваивания для удобства помещена сразу на две панели Calculator и Evaluation 3 .

Ввести новое значение переменной возможно как в виде числа, так и в виде математического выражения, содержащего другие переменные и функции, а также в виде строкового выражения (листинг 3.1). В последнем случае будет создана переменная *s* не численного, а строкового типа.

Функции

Функции в Mathcad записываются в обычной для математика форме, например,

f(x)=sin(x),

гдеf(x) — функция;

f— имя функции;

х — список переменных.

Легче всего ввести написание функции в документ при помощи клавиатуры.

В Mathcad формально можно разделить функции на два типа:

- 1) встроенные функции;
- 2) функции, определенные пользователем.

Применение функций обоих типов в расчетах совершенно одинаково, с тем исключением, что любую встроенную функцию можно сразу использовать в любом месте документа, а пользовательскую функцию необходимо предварительно определить в документе до момента вычисления ее значения.

Определение функции пользователя

Для того чтобы определить функцию пользователя, например, $f(x,y) = x^2 - \cos(x+y)$, необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Введите в желаемом месте документа имя функции (f).
- 2) Введите в круглых скобках имена переменных через запятую (x, y).
- Введите оператор присваивания с панели инструментов или нажатием клавиши <;>.
- Введите в появившийся фрейм выражение, определяющее функцию x² - cos(x+y), пользуясь клавиатурой или панелями инструментов.

$$f(x) := x^2 \cdot \cos(x + y)$$

Тhis variable or function
is not defined above.
нте впервые, то для ввода
имвол равенства "=", кото-

Рисунок 1.4 - Сообщение об ошибке ("Эта переменная или функция ранее не определена")

Все переменные, присутствующие справа в выражении определения функции, либо должны входить в список аргументов функции (в скобках, слева после имени функции), либо должны быть определены ранее. В противном случае будет выведено сообщение об ошибке, причем имя неопределенной переменной будет выделено красным цветом (рис. 1.4).

Вывод значений переменных и функций

Чтобы вычислить в документе некоторое математическое выражение, которое может состоять из переменных, операторов и функций (встроенных и определенных пользователем ранее), выполните:

- 1) Введите это выражение, например $x \times y$.
- 2) Нажмите клавишу <=>.

В результате справа от введенного знака равенства появится вычисленное значение выражения. *Нельзя изменять содержимое выражения справа от знака равенства*, поскольку оно есть результат работы вычислительного процессора Mathcad, совершенно скрытой от глаз пользователя. Подчас (когда выражение содержит функции, реализующие разные численные методы, часто в сложных комбинациях) алгоритмы расчета бывают очень сложными и занимают значительное время. О том, что некоторое выражение документа находится в стадии вычисления, свидетельствует обрамляющая его зеленая рамка и невозможность предпринять какое-либо действие с программой Mathcad.

Перед тем как вычислить значение математического выражения, пользователь обязан определить значение каждой входящей в него переменной. Вычисляемое выражение может содержать любое количество переменных, операторов и функций.

Обязательное требование: совпадение количества аргументов при определении и выводе значения функций.

Операторы

Каждый оператор в Mathcad обозначает некоторое математическое действие в виде символа. Каждый оператор действует на одно или два числа (переменную или функцию), которые называют операндами. Если в момент вставки оператора одного или обоих операндов не хватает, то недостающие операнды будут отображены в виде местозаполнителей (фреймов). Символ любого оператора в нужное место документа вводится одним из двух основных способов:

- 1) нажатием соответствующей клавиши (или сочетания клавиш) на клавиатуре;
- 2) нажатием указателем мыши соответствующей кнопки на одной из математических панелей инструментов.

Большинство математических панелей содержат сгруппированные по смыслу математические операторы, а вызвать эти панели на экран можно нажатием соответствующей кнопки на панели Math (Математика).

Арифметические операторы

Операторы, обозначающие основные арифметические действия, вводятся с панели Calculator (Арифметика), показанной на рис. 1.9:

Calcu	ulate	or						×	
sin	cos	tan	ln	log	n!	i	$ \times $	Ł	
۳Ţ	e^{X}	$\frac{1}{\times}$	()	\times^2	$\times^{\! Y}$	π	7	8	
9	7	л÷	4	5	6	\times	÷	1	
2	З	+	:=		0	—	=		

С помощью панели «Арифметика» можно ввести не только приведенные на панели операторы, но и их часто используемые комбинации, например, возведение экспоненты в степень, смешанное произведение и деление, а также мнимую единицу и число

Рисунок 1.9 - Панель Calculator (Арифметика)

 π .

	1 + 3 - 7 = -	3			$\frac{5}{2} = 2.5$
	-(-2) = 2				2
л.	5! = 120				$5 \div 2 = 2.5$
Бb	-10 = 10	e 01	nepan	nop	$2\frac{3}{4} = 2.75$
ли	Вычислительни инструментов Са	sie o lcult	пе т ото us	$\sqrt{4} =$	= 2
				$\sqrt[3]{123}$	5 = 5
				$e^{\ln(3)}$) = 3

 $3^2 = 9$

пане-

кументе появляется символ соответствующего математического действия, снабженный несколькими местозаполнителями (фреймами). Количество и расположение фреймов определяется типом оператора и в точности соответствует их общепринятой математической записи. Например, при вставке оператора суммы (рис. 1.10) необходимо задать четыре величины: переменную, по которой надо произвести суммирование, нижний и верхний пределы, а также само выражение, которое будет стоять под знаком суммы (пример заполненного оператора суммы см. ниже в листинге 1.5).



Рисунок 1.10 - Вставка оператора суммирования

Для того чтобы вычислить неопределенный интеграл, следует заполнить два местозаполнителя: подынтегрального выражения и переменной интегрирования.

После ввода какого-либо вычислительного оператора имеется возможность вычислить его значение либо численно, нажатием клавиши <=>, либо символьно, с помощью оператора символьного вывода < \rightarrow >.

Основные вычислительные операторы:

- дифференцирование и интегрирование;
- производная;
- определенный интеграл;
- неопределенный интеграл;
- суммирование и вычисление произведения;
- сумма ранжированной переменной;
- произведение ранжированной переменной;
- пределы: двусторонний; левый; правый.

Операторы суммирования и вычисления произведения фактически являются более удобной записью операторов сложения и умножения с большим количеством операндов. А вот вычислительные операторы поиска производных и интегралов существенно отличаются от операторов умножения и сложения тем, что реализованы на основе определенных численных методов, которые в скрытой (невидимой для пользователя) форме запускаются вычислительным процессором Mathcad.



Листинг 1.5 - Примеры использования вычислительных операторов

Сообщения об ошибках

Когда процессор Mathcad по тем или иным причинам не может вычислить выражение, он вместо ответа выдает сообщение об ошибке (рис. 3.4). Если курсор находится вне формулы с ошибкой, то в ней

$$f(3) = \bullet$$

$$f(\underline{2}) = \bullet \bullet$$
This variable or function is not defined above.

Рисунок 1.11 - Сообщение об ошибке

имя функции или переменной, которая вызвала ошибку, отмечается красным цветом. При щелчке на такой формуле под ней появляется текстовое сообщение о типе ошибки, обрамленное черным прямоугольником (рис. 1.11, снизу).

Если некоторые выражения вызывают ошибку, они просто игнорируются, а следующие выражения в документе по-прежнему вычисляются. Конечно, если формулы, вызвавшие ошибку, влияют на значения нижеследующих формул, то они будут также интерпретированы как ошибочные. Поэтому, встречая в документе сообщения об ошибках, найдите сначала самое первое из них. Часто ее устранение позволяет избавиться и от последующих ошибок.

1.4 Численные методы

Интегрирование. Операторы интегрирования

Интегрирование, дифференцирование, как и множество других математических действий, устроено в Mathcad по принципу "как пишется, так и вводится". Чтобы вычислить определенный интеграл, следует напечатать его обыч-



Рисунок 1.12. Оператор интегрирования

ную математическую форму в документе. Делается это с помошью панели Calculus (Вычисления) нажатием кнопки со значком интеграла или вводом с клавиатуры сочетания клавиш <Shift>+<7> (или символа "&"). Появится символ интеграла с несколькими фреймами (рис. 1.12), в которые нужно ввести нижний и верхний интервалы интегрирования. подынтегральную функцию и переменную интегрирования.

Можно вычислять интегралы с одним или обоими бесконечными пределами. Для этого на месте соответствующего предела введите символ бесконечности, воспользовавшись, например, той же самой панелью Calculus (Вычисления). Чтобы ввести — ∞ (минус бесконечность), добавьте знак минус к символу бесконечности, как к обычному числу.

Чтобы получить результат интегрирования, следует ввести знак равенства или символьного равенства. В первом случае интегрирование будет проведено численным методом, во втором (в случае успеха) будет найдено точное значение интеграла с помощью символьного процессора Mathcad. Эти два способа иллюстрирует листинг 1.6. Конечно, символьное интегрирование возможно только для небольшого круга несложных подынтегральных функций.

$$\int_0^{\pi} \sin(x) \, dx = 2$$
$$\int_0^{\pi} \sin(x) \, dx \to 2$$

Листинг 1.6 - Численное и символьное вычисление определенного интеграла

Подынтегральная функция может зависеть от любого количества переменных. Именно для того чтобы указать, по какой переменной Mathcad следует вычислять интеграл, и нужно вводить ее имя в соответствующий фрейм.

Кратные интегралы

Для того чтобы вычислить кратный интеграл, необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Введите, как обычно, оператор интегрирования.
- 2) В соответствующих фреймах введите имя первой переменной интегрирования и пределы интегрирования по этой переменной.
- 3) На месте ввода подынтегральной функции введите еще один оператор интегрирования.
- 4) Точно так же введите вторую переменную, пределы интегрирования и подынтегральную функцию (если интеграл двукратный) или следующий оператор интегрирования (если более чем двукратный) и т. д., пока выражение с многократным интегралом не будет введено окончательно.

Пример символьного и численного расчета двукратного интеграла в бесконечных пределах приведен в листинге 4.2. Обратите внимание, что символьный процессор "угадывает" точное значение интеграла рі а вычислительный определяет его приближенно и выдает в виде числа 3.142.

$$\begin{array}{l}
\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\left(x^{2}+y^{2}\right)} dx \, dy \rightarrow \pi \\
\xrightarrow{hom}{mai} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\left(x^{2}+y^{2}\right)} dx \, dy = 3.142 \\
\begin{array}{c}
\mathcal{I}_{\mathbf{i}} \\
\mathcal{I}_{\mathbf{i}}
\end{array}$$

кратные интегралы, если они имео разным переменным. Не перепуременным.

Листинг 1.7 - Символьное и численное вычисление кратного интеграла

С помощью Mathcad можно вычислять производные скалярных функций любого количества аргументов, от нулевого до 5-го порядка включительно. И функции, и аргументы могут быть как действительными, так и комплексными. Невозможно дифференцирование функций только вблизи точек их сингулярности

Вычислительный процессор Mathcad обеспечивает достаточную точность численного дифференцирования. Символьный процессор позволяет с легкостью осуществить рутинную работу вычисления производных громоздких функций, поскольку, в отличие от всех других операций, символьное дифференцирование выполняется для подавляющего большинства аналитически заданных функций.

Первая производная

Для того чтобы продифференцировать функцию f (x) в некоторой точке, выполните.

- 1) Определите точку x, в которой будет вычислена производная, например x := 1.
- 2) Введите оператор дифференцирования нажатием кнопки Derivative (Производная) на панели Calculus (Вычисления) или введите с клавиатуры вопросительный знак <?>.
- 3) В появившихся фреймах (рис. 1.13) введите функцию, зависящую от аргумента x, т. е. f(x), и имя самого аргумента x.
- 4) Введите оператор <=> численного или < →> символьного вывода для получения ответа.



Рисун

Листинг 1.8 - Численное и символьное дифференцирование

рования функции f(x) = cos(x)ln(x) приведен в листинге 1.8.

Не забывайте предварительно определять точку, в которой производится численное дифференцирование, как это сделано в первой строке листинга 1.8. Иначе будет выдано сообщение об ошибке, гласящее, что переменная или функция, входящая в выражение, ранее не определена. В этом случае, вместо значения производной (числа или числового выражения) будет выдана аналитическая.

Между тем, символьное дифференцирование не требует обязательного явного задания точки дифференцирования.

Для численного дифференцирования Mathcad применяет довольно сложный алгоритм, вычисляющий производную с точностью до 7-8-го знака после запятой.

Производные высших порядков

Маthcad позволяет численно определять производные высших порядков, от 0-го до 5-го включительно. Чтобы вычислить производную функции f(x) *N*-го порядка в точке x, нужно проделать те же самые действия, что и при взятии первой производной, за тем исключением, что вместо оператора производной необходимо применить опе

···- 0 1	ратор
X 0.1	N-й
d^2 2	произ
$\frac{1}{2}\cos(x) \cdot x^2 = 1.94$	вод-
dx ²	ной.
	Этот
$\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{dx}^2}\cos(x)\cdot x^2 \to 1.99\cdot\cos(.1)4\cdot\sin(.1)$	опе-
	ратор
	BBO-
	дится
	с той
Листинг 19 - Численное и символьное вычисление второй произволной	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	пане-

ли Calculus (Вычисления) либо с клавиатуры нажатием клавиш <Ctrl>+<?> и содержит еще два фрейма, в которые следует поместить число N.

Производная" при N=0 по определению равна самой функции, при N=1 получается обычная первая производная. Листинг 1.9 демонстрирует численное и символьное вычисление второй производной. Обратите внимание, что, как и при вычислении обычной производной, необходимо перед оператором

дифференцирования присвоить аргументу функции значение, для которого будет вычисляться производная.

Чтобы вычислить производную порядка выше 5-го, следует последовательно применить несколько раз оператор N-й производной, подобно тому, как вводились операторы кратного интегрирования. Однако для символьных вычислений этого не потребуется — символьный процессор умеет считать производные порядка выше 5-го. Сказанное иллюстрирует листинг 1.10, в котором сначала численно, а затем символьно вычисляется седьмая производная синуса в точке x=0.1.

$$x \coloneqq 0.1$$
$$\frac{d^5}{dx^5} \frac{d^2}{dx^2} \sin(x) = -0.995$$
$$\frac{d^7}{dx^7} \sin(x) \rightarrow -\cos(.1)$$

Листинг 1.10 - Численное и символьное вычисление седьмой производной

Частные производные

С помощью обоих процессоров Mathcad можно вычислять производные функций любого количества аргументов. В этом случае, как известно, производные по разным аргументам называются частными. Чтобы вычислить частную производную, необходимо, как обычно, ввести оператор производной с панели Calculus (Вычисления) и в соответствующем фрейме напечатать имя переменной, по которой должно быть осуществлено дифференцирование. Пример приведен в листинге 1.11, в первой строке которого определена функция двух переменных, а в двух следующих строках символьным образом вычислены ее частные производные по обеим переменным: *х* и *у*, соответственно. Чтобы определить частную производную численным методом, необходимо предварительно задать значения всех аргументов, что и сделано в следующих двух строках листинга. Последнее выражение в

листинге снова (как и в третьей строке) определяет символьно частную производную по *y*. Но поскольку переменным *x* и *y* уже присвоено конкретное значение, то в результате получается число, а не аналитическое выражение.

$$f(x, y) := x^{2 \cdot y} + \cos(x) \cdot y$$

$$\frac{d}{dx} f(x, y) \rightarrow 2 \cdot x^{2 \cdot y} \cdot \frac{y}{x} - \sin(x) \cdot y$$

$$\frac{d}{dy} f(x, y) \rightarrow 2 \cdot x^{2 \cdot y} \cdot \ln(x) + \cos(x)$$

$$x := 1 \qquad y := 0.1$$

$$\frac{d}{dy} f(x, y) = 0.54$$

$$\frac{d}{dy} f(x, y) \rightarrow \cos(1)$$

Листинг 1.11 - Символьное и численное вычисление частных производных

Частные производные высших порядков рассчитываются точно так же, как и обычные производные высших

Задания для самостоятельной работы по теме

Упражнение 1. Выполнить следующие операции с комплексными числами:

$$Z := -3 + 2i$$

|Z| = ? Re(Z) = ? Im(Z) = ? arg(Z) = ?

$$\sqrt{5} = ? \qquad \sqrt{-5} = ? \qquad 2 Z = ?$$

Z1 := 1 + 2i Z2 := 3 + 4i

Z1 + Z2 = ? Z1 - Z2 = ? Z1 Z2 = ? Z1/Z2 = ?

Упражнение 2. Определить переменные: *a* := 3.7, *b* := 4.52, *c* := 0.149. Рассчитать Z и N.

$$Z := \frac{2ab + \sqrt[3]{c}}{\sqrt{\left(a^2 + b^a + b\right) \cdot c}} \qquad N := e^{\sin c} \cos \frac{a}{b}.$$

Упражнение 3. Выполнить следующие операции:

Упражнение 4. Сформировать таблицу.

$$X(\alpha) := \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha)$$
$$Y(\alpha) := 1.5 \cos(\alpha)^2 - 1$$
$$P(\alpha) := \cos(\alpha).$$

Вычислить значения функций $X(\alpha)$, $P(\alpha)$, $Y(\alpha)$ и сумму этих величин при α :=0, $\pi/2$, π , 2π , 3π , 5π , 5.5π . Оформить результат в виде таблицы.

α	$X(\alpha)$	$Y(\alpha)$	$P(\alpha)$	$X(\alpha) + Y(\alpha) + P(\alpha)$
0				
π⁄2				
π				

2π		
3π		
5π,		
5.5π,		

Упражнение 5. Найти первую производную

$\frac{1}{(tg2x+1)}$	(2x+3)sin(x)
$\frac{\cos(x)}{2x+5}$	$\frac{1}{1+n+n}$
l + x	i + x + x sin x

 $\overline{l-x}$ $\overline{l+\sin x}$

$$\frac{\cos 2x}{\left(1-\cos 3x\right)^2} \qquad e^{2x}\sin 2x$$

Упражнение 6. Вычислить пределы

$$\lim \frac{x^{2} + 2x + 5}{x^{2} + l} \qquad x \to l$$
$$\lim (2 \sin x - \cos x + ctgx) \qquad x \to \frac{\pi}{2}$$
$$\lim \frac{(x+h)^{3} - x^{3}}{h} \qquad h \to 0$$
$$\lim x \left(\sqrt{x^{2} + l} - x\right) \qquad x \to +\infty$$
$$\lim x \left(\sqrt{x^{2} + l} - x\right) \qquad x \to -\infty$$
$$\lim \frac{\sqrt{x^{2} - 3}}{\sqrt[3]{x^{3} + l}} \qquad x \to \infty$$

Упражнение 7. Вычислить интегралы (численно и символьно)

$$\int_{0}^{0.4} x^{2} \cdot \lg(x+2) dx$$
$$\int_{0.8}^{1.2} \frac{\operatorname{ctg} 2x}{(\sin 2x)^{2}} dx$$

2 Урок 2. Работа с графиками

2.1. Работа с двумерными графиками

В Mathcad встроено несколько различных типов графиков, которые можно разбить на две большие группы.

- 1. Двумерные графики:
 - ХҮ (декартовый) график (ХҮ Plot);
 - полярный график (Polar Plot).
- 2. Трехмерные графики:

- график трехмерной поверхности (Surface Plot);
- график линий уровня (Contour Plot);
- трехмерная гистограмма (3D Bar Plot);
- трехмерное множество точек (3D Scatter Plot);
- векторное поле (Vector Field Plot).

Деление графиков на типы несколько условно, т. к., управляя установками многочисленных параметров, можно создавать комбинации типов графиков, а также новые типы (например, двумерную гистограмму распределения, которая является разновидностью простого ХҮ-графика).

Все графики можно создать с помощью панели инструментов Graph (График), открытой с панели Math (Математика). Чтобы создать график (например, двумерный декартов), выполните следующие действия:

- Поместите курсор ввода в то место документа, куда требуется вставить график. (Если на экране нет панели Graph (График), вызовите ее нажатием кнопки с изображением графиков на панели Math (Математика)).
- Нажмите на панели Graph (График) кнопку X-Y Plot для создания Декартового графика (рис. 2.1) или другую кнопку для иного желаемого типа графика.



Рисунок 2.1 - Создание Декартового графика при помощи панели Graph

В результате в обозначенном месте документа появится пустая область графика с одним или несколькими фреймами (рис. 2.1, слева). Введите в фреймы имена переменных или функций, которые должны быть изображены на графике. В случае Декартова графика это два фрейма для данных, откладываемых по осям X и Y.

Если имена данных введены правильно, нужный график появится на экране. Созданный график можно изменить, в том числе меняя сами данные, форматируя его внешний вид или добавляя дополнительные элементы оформления. Чтобы удалить график, щелкните в его пределах и выберите в верхнем меню Edit (Правка) пункт Cut (Вырезать) или Delete (Удалить).

Создание двумерного графика

К двумерным графикам относят графики в декартовой и полярной системах координат. Созданный однажды *график одного типа нельзя переделать в график другого типа* (в отличие от трехмерных графиков). Для построения ХҮ-графика необходимы два ряда данных, откладываемых по осям X и Y.

Самый простой и наглядный способ построения декартова



Рисунок 2.2 - ХҮ-график двух векторов

графика — это формирование двух векторов данных, которые затем будут отложены вдоль осей X и Y. Последовательность построения графика двух векторов X и Y показана на рис. 2.2. В этом случае в местоза-полнители (фреймы) возле осей вводятся просто имена векторов.



Так же допускается откладывать

Рисунок 2.3 - ХҮ-график двух векторов, заданных элементами

по осям элементы векторов, т. е. вводить в фреймы возле осей имена х_i и у; соответственно (рис. 2.3). В

результате получается график, на котором отложены точки, соответствующие парам элементов векторов, соединенные отрезками прямых линий. Образованная ими ломаная называется рядом данных или кривой (trace).

Обратите внимание, что Mathcad автоматически определяет границы графика, исходя из диапазона значений элементов векторов,



Рисунок 2.4 - Быстрое построение графика функции

заключается во введении функции в один из фреймов (например у оси Y), а имени аргумента — в фрейм у другой оси (рис. 2.4). В результате Mathcad сам создает график функции в пределах значении аргумента, по умолчанию принятых равными от -10 до 10. Разумеется, впоследствии можно поменять диапазон значений аргумента, и график автоматически подстроится под него.

графика,

Полярный график



Рисунок 2.5 - Полярные графики

димо нажать кнопку Polar Plot на панели Graph (График) (рис. 2.5) и вставить в фреймы имена переменных и функций, которые будут нарисованы в полярной системе координат угол (нижний фрейм) и радиус-вектор (левый фрейм). Точно так же, как при создании Декартова графика, по осям могут быть отложены два вектора (рис. 2.5, слева), элементы векторов и ранжированные переменные в различных сочетаниях, а также может быть осуществлено быстрое построение графика функции (рис. 2.5, справа).

Отображение на графике нескольких рядов данных

На одном графике может быть отложено до 16 различных зависимостей. Чтобы построить на графике еще одну кривую, необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Поместите курсор в конец выражения, стоящего в надписи координатной оси (Хи /или Y) (рис. 2.6).
- 2) Нажмите клавишу <,>.
- 3) В результате появится фрейм, в который нужно ввести выражение для второй кривой. Щелкните в любом месте вне этого выражения (на графике или вне его). Вторая кривая будет отображена на графике. На рис. 2.6 уже нарисованы два ряда данных, а нажатие клавиши с запятой <,> приведет к появлению третьего фрейма, с помощью которого можно определить третий ряд данных. Чтобы убрать один или несколько рядов данных с графика, удалите клавишами



Рисунок 2.6 - Построение на одном графике двух рядов данных
<BackSpace> или соответствующие им надписи у координатных осей.

Столбчатые графики (гистограммы)

В Mathcad есть несколько столбчатых типов графиков, подходящих для построения гистограмм. Три различных типа иллюстрируются рис. 2.7.



Рисунок 2.7 - Столбчатые типы графиков

2.2 Трехмерные графики. Создание трехмерных графиков

Чтобы создать трехмерный график, требуется нажать кнопку с изображением любого из предложенных типов трехмерных графиков на панели инструментов Graph (График). В результате появится пустая область графика с тремя осями (рис. 2.8) и единственным фреймом в нижнем левом углу. В этот фрейм следует ввести либо имя z функции z(x,y) двух переменных (определенной ранее) для быстрого построения трехмерного графика, либо имя матричной переменной z, которая задаст распределение данных z,x,y на плоскости XY.



Рисунок 2.8 - Создание трехмерного графика

Для графиков, задаваемых матрицами, шкалу плоскости ХҮ приходится задавать вручную. Mathcad просто рисует поверхность, точки в пространстве или линии уровня, основываясь на двумерной структуре этой матрицы. При быстром же построении графиков имеется возможность строить их в различном диапазоне аргументов, подобно двумерным графикам.

		(1	1	0	1.1	1.2
(-2) (-2) (-2)		1	2	3	2.1	1.5
z(x, y) := x + y	z :=	1.3	3.3	5	3.7	2
		1.3	3	5.7	4.1	2.9
		1.5	2	6.5	4.8	4)

Листинг 2.1 - Функция и матрица для построения трехмерных графиков



Рисунок 2.10 - График линий уровня функции (листинг 2.1 слева) и график линий уровня, заданный матрицей (листинг 2.1. справа) график ры,

заданной параметрически. Для определения функции необходимо задать вектор, состоящий из трех компонент. Пусть этими компонентами являются функции двух переменных (x,y), заданные в виде вектора-столбца (A).

Введите имя функции, в скобках через запятую введите независимые переменные, поставьте знак присвоить и задайте через панель «Матрица» вектор, состоящий из трех строк и одного столбца (Листинг 2.2).



Третий шаг – построение графика поверхности. Для этого выберите на панели «Графики» кнопку «График поверхности»





Рисунок 2.11 - График поверхности функции, заданной на листинге 2.2.

Введите имя функции (А) в единственный фрейм и щелкните мышью на свободной части документа. Трехмерный график построен (Рис. 2.11).

Функция построения трехмерных графиков CreateMesh.

Функция *CreateMesh* введена в пакет Маткад, начиная с 11-й версии (Mathcad 11), и служит для построения поверхностей и фигур, заданных функцией. Функция *CreateMesh* создает сетку на поверхности, определенной функцией G.

CreateMesh(G, или f1, f2, f3), x0, x1, y0, y1, xgrid, ygrid, fmap)

Параметры x0, x1, y0, y1 – диапазон изменения переменных, *xgrid*, *ygrid* - размеры сетки переменных, *fmap* - функция отображения. Эти переменные (если они будут использованы) нужно задать до обращения к функции!

Все параметры, за исключением *G* или (*f1*, *f2*, *f3*), - факультативные (т.е. могут отсутствовать). Функция *CreateMesh* по умолчанию создает сетку на поверхности с диапазоном изменения переменных по х: от -5(x0) до 5(x1); по y: от -5(y0) до 5(y1) и с сеткой 20 (xgrid) ×20 (ygrid) точек.

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

A := CreateMesh(z)



Рисунок 2.12 - Построение графика с помощью функции CreateMesh Построение точечного графика (Функция Стешерисе)

Нередко поверхности и пространственные кривые представляют в виде точек, кружочков или иных фигур. Для определения исходных данных для такого вида графиков используется функция *CreateSpace* (рис. 2.13, способ 1).

CreateSpace (F, t0, t1, tgrid, fmap)

Функция возвращает вложенный массив трех векторов, представляющих x-, y-, и z-координаты пространственной кривой, определенной функцией F. t0 и t1 - диапазон изменения переменной, tgrid - размер сетки переменной, fmap - функция отображения. Все параметры, за исключением F, - факультативные.



Рисунок 2.13 – Два способа построения точечных графиков

Построение пересекающихся фигур

Особый интерес представляет собой возможность построения на одном графике ряда разных фигур или поверхностей с автоматическим учетом их взаимного пересечения. Для этого надо раздельно задать матрицы соответствующих поверхностей и после вывода шаблона 3D-графика перечислить эти матрицы под ним с использованием в качестве разделителя запятой (Рис. 2.14).



Рисунок 2.14 – Построение пересекающихся фигур

Форматирование графиков. Форматирование осей

Возможности форматирования координатных осей графиков включают в себя управление их внешним видом, диапазоном, шкалой, нумерацией и отображением некоторых значений на осях при помощи маркеров.

Когда график создается впервые, Mathcad выбирает представленный диапазон для обеих координатных осей автоматически. Чтобы изменить этот диапазон, нужно выполнить действия:

- Перейдите к редактированию графика, щелкнув в его пределах мышью. График будет выделен, а вблизи каждой из осей появятся два поля с числами, обозначающими границы диапазона.
- Щелкните мышью в области одного из полей, чтобы редактировать соответствующую границу оси.
- 3) Пользуясь клавишами управления курсором и клавишами <BackSpace> и , удалите содержимое поля.
- 4) Введите новое значение диапазона.
- 5) Щелкните за пределами поля, и график будет автоматически перерисован в новых пределах.

Чтобы вернуть автоматический выбор какого-либо диапазона, удалите число из соответствующего поля и щелкните мышкой вне его. Граница шкалы

будет выбрана Mathcad, исходя из значений данных, представляемых на графике.

Форматирование шкалы

Изменение внешнего вида шкалы, нанесенной на координатную ось, производится с помощью диалогового окна Formatting Currently Selected X-Y Plot (Форматирование выбранного графика), перейти в которое можно, дважды щелкнув мышью в области построенного графика.



Рисунок 2.15 - Диалоговое окно Formatting Currently Selected X-Y Plot (форматирование выбранного X-Y графика)

Рассмотрим форматирование шкалы на примере Х-Ү –графиков. Для форматирования шкалы следует перейти на вкладку Х-Ү Ахез (Оси Х-Ү) (рис. 2.15). Вызвать это окно можно двойным щелчком мыши в области графика или выполнением команды Format / Graph / Х-

У Plot (Формат / График / Х-У График), или выбором в контекстном меню команды Format (Формат)

С помощью флажков и переключателей легко поменять внешний вид каждой из осей Перечислим доступные опции и поясним их действие:

Log Scale (Логарифмическая шкала) — график по данной оси будет нарисован в логарифмическом масштабе. Это полезно, если данные различаются на несколько порядков,

Grid Lines (Линии сетки) — показать линии сетки (пример на рис 2.16);

Numbered (Нумерация) — показать нумерацию шкалы. Если убрать этот флажок, то числа, размечающие шкалу, пропадут;

Autoscale (Автомасштаб) — выбор диапазона оси производится автоматически процессором Mathcad;

Show Markers (Показать метки) — выделение значений на осях.

AutoGrid (автосетка) — разбиение шкалы производится автоматически процессором Mathcad Если этот флажок установлен, то в поле ввода рядом с ним следует указать желаемое количество меток шкалы,

Equal Scales (Одинаковый масштаб) — оси х и У принудительно рисуются в одинаковом масштабе;

Axes Style (Вид оси) — можно выбрать один из трех видов системы координат:

Boxed (Прямоугольник);

Crossed (Пересечение) — координатные оси в виде двух пересекающихся прямых;

None (Her) — координатные оси не показываются на графике



Рисунок 2.16 - Линии сетки на Декартовом и полярном графиках, вид осей — Crossed

іжды на

самой оси.

Аналогично форматируются оси и в трехмерных графиках.

Форматирование рядов данных

С помощью вкладки Traces (Ряды данных) диалогового окна Formatting Currently Selected X-Y Plot (Форматирование выбранного графика) легко установить комбинацию параметров линии и точек длякаждого из рядов данных, представленных на графике. Пользователю требуется выделить в списке нужный ряд данных (его положение в списке оответствует положению метки зависимости y оси Y) и изменить в списках в середине диалогового окна желаемые установки

(рис. 2.17). На вкладке Traces (Ряды данных) регулируются следующие параметры:



Рисунок 2.17 - Вкладка Traces диалога Formatting Currently Selected X-Y Plot

Symb

ol (Символ) — символ, которым обозначаются отдельные точки данных; Line (Линия) — стиль линии: solid (сплошная);

> dot (пунктир); dash (штрих);

dadot (штрихпунктир).

Color (Цвет) — цвет линии и точек данных;

Weight (Толщина) — толщина линии и точек данных;

Туре (Тип) — тип представления ряда данных:

lines (линии);points (точки);

error (ошибки); bar (столбцы);

step (шаг);

draw (рисунок);

stem (стержень);

solid bar (гистограмма).

Для некоторых типов графиков те или иные параметры недоступны (например, нельзя задать символ для шаговой кривой).

Стиль, толщина и цвет линии

Изменяя параметры линии, можно добиться наилучшего восприятия разных зависимостей на одном графике.

Форматирование точек данных

Чтобы построить график в виде только точек данных, перейдите в диалоге форматирования выбранного графика к списку Туре (Тип) и выберите в нем пункт points (точки). Чтобы вместе с точками была показана и кривая, выберите другой тип ряда данных (например, линии (lines)).

Внешний вид точки задает список Symbol (Символ), а их размер — Weight (Толщина).



Трассировка и увеличение графиков

Рисунок 2.18 - Трассировка графика

Трассировка позволяет очень точно изучить строение графика. Для того чтобы включить режим трассировки, щелкните в области графика правой кнопкой мыши и выберите в контекстном меню пункт Trace (Трассировка). В результате появится окно трассировки (рис. 2.18), а в поле графика Вы увидите две пересекающиеся пунктирные линии. Перемещая указатель мыши по графику, Вы тем самым передвигаете точку пересечения линий трассировки При этом координаты точки указываются с высокой точностью в окне трассировки в полях X-Value (Значение X) и Y-Value (Значение Y). Нажатие кнопки Сору X (Копировать X) или Сору Y (Копировать Y) копирует соответствующее число в буфер обмена. В дальнейшем его можно вставить в любое место документа или в маркер, нажав клавиши <Ctrl>+<V>.

Если установлен флажок Track Data Points (Следовать за рядом данных), как это показано на рис. 5.18, то линии трассировки следуют точно вдоль графика. Если нет, то они могут перемещаться по всей области графика.

Помимо трассировки, в Mathcad предусмотрена еще одна удобная возможность просмотра графика в увеличенном масштабе. Для вызова диалогового окна Zoom (Масштаб графика) выберите в контекстном меню, либо в меню Format (Формат) пункты Graph (График) и Zoom (Масштаб). После этого указателем мыши выберите прямоугольную область на графике, которую Вы планируете просмотреть в увеличенном масштабе (рис. 2.18), и нажмите кнопку Zoom (Увеличить). В результате часть графика будет прорисована более крупно. Далее можно либо продолжать изменять масштаб, либо вернуться к прежнему виду графика кнопкой Full View (Показать целиком), либо закрыть диалог Zoom для окончательной перерисовки графика в крупном масштабе (нажав кнопку OK)

Форматирование трехмерных графиков

Форматирование трехмерных графиков выполняется с помощью диалогового окна 3-D Plot Format (Форматирование 3-D графика), которое вызывается двойным щелчком мыши в области графика (Рис. 2.19). Параметры трехмерных графиков всех типов устанавливаются посредством этого диалогового ок-

CreateMesh(F)

Рисунок 2.19 - Диалоговое окно 3-D Plot Format

В

на.

рование 3-D графика) доступно большое количество параметров, изменение которых способно очень сильно повлиять на внешний вид графика. Они сгруппированы по принципу действия на нескольких вкладках. Остановимся коротко на возможностях оформления трехмерных графиков, поясняя их, главным образом, примерами.

Изменение типа графика

Чтобы поменять тип уже имеющегося графика (например, построить вместо поверхности график линий уровня и т. д.), просто установите соответствующий переключатель в нижней части вкладки General (Общие) и нажмите кнопку ОК. График будет перерисован.

Вращение графика

Самый простой способ ориентации системы координат с графиком в трехмерном пространстве — это перетаскивание ее указателем мыши. Попробуйте перемещать при нажатой левой кнопке мыши указатель в пределах графика, и Вы увидите, как поворачивается график.

Другой способ изменения ориентации графика — с помощью полей Rotation (Вращение), Tilt (Наклон) и Twist (Поворот) на вкладке General (Общие), которые в совокупности определяют соответствующие углы (в градусах) и тем самым задают направление всех трех осей координат в пространстве.

Стиль осей

С помощью группы переключателей Axes Style (Стиль осей) можно задать один из следующих стилей осей координат:

- Perimeter (Периметр)
- Comer (Углом)
- None (Her).

Если установить флажок Show Box (Показать куб), то координатное пространство будет изображено в виде куба.

Масштабирование графика

В поле Zoom (Масштаб) вкладки General (Общие) можно задать числовое значение масштаба.

Форматирование осей

Вкладка Axes (Оси) содержит три вложенных вкладки, в которых задаются параметры для каждой из трех координатных осей. В частности, можно включить или отключить показ линий сетки, нумерации и задать диапазон по каждой из осей (рис. 2.20). Смысл этих операций сходен с аналогичными операциями для двумерных графиков. При помощи еще одной вкладки — Backplanes (Плоскости заднего плана) задается показ проекций координатной сетки на три скрытые плоскости трехмерного графика (пример форматирования плоскости ХҮ показан на рис. 2.20).



помощью вкладки Appearance (Появление) для контурного и поверхностного графиков. При выборе переключателя Fill Surface (Заливка поверхности) из группы Fill Options (Опции заливки) получается доступ к опциям цвета (в группе Color Options). Если выбрать переключатель Solid Color (Один цвет), то получится однотонная заливка поверхности. Если установить переключатель Colormap (Цветовая схема), то поверхность или контурный график будут залиты разными цветами и оттенками, причем выбрать цветовую схему можно на вкладке Advanced (Дополнительно).

2.3 Спецэффекты

В той же вкладке Advanced (Дополнительно) имеется доступ к управлению несколькими специальными эффектами оформления графиков, благодаря которым они смотрятся более красиво. Shininess (Сияние) — имеется возможность регулировать сияние в пределах от 0 до 128;

- 1) Год (Туман) эффект тумана;
- 2) Transparency (Прозрачность) задается процент прозрачности графика
- Perspective (Перспектива) показ перспективы с определением видимости расстояния.

Еще один спецэффект подсветки графика задается на вкладке Lighting (Подсветка), причем имеются как встроенные схемы подсветки, так и возможность задавать ее цвет и направление самому пользователю. Заголовок графика

Заголовок графика определяется на вкладке Title (Заголовок) и может быть расположен как сверху, так и снизу графика.

Редактирование точек данных

На многих типах графиков допускается показ точек данных. Формат точек, включая тип символа, размер, соединение их линией задается на вкладке Appearance (Оформление. Опции форматирования точек те же самые, что и для двумерных графиков.

Создание анимации

Во многих случаях самый зрелищный способ представления результатов математических расчетов — это анимация. Mathcad позволяет создавать анимационные ролики и сохранять их в видеофайлах.

Основной принцип анимации в Mathcad — покадровая анимация. Ролик анимации — это просто последовательность кадров, представляющих собой некоторый участок документа, который выделяется пользователем. Расчеты производятся обособленно для каждого кадра, причем формулы и графики, которые в нем содержатся, должны быть функцией от номера кадра. Номер кадра задается системной переменной **FRAME**, которая может принимать лишь натуральные значения. По умолчанию, если не включен режим подготовки анимации, FRAME=0.

Последовательность действий для создания ролика анимации, например демонстрирующего перемещение гармонической бегущей волны, следующая.

1) Введите в документ необходимые выражения и графики, в которых участвует переменная номера кадра FRAME.

- 2) Подготовьте часть документа, которую Вы желаете сделать анимацией, таким образом, чтобы она находилась в поле Вашего зрения на экране. В нашем примере подготовка сводится к определению функции $f(x,t):=sin(x^2+t)$ и создании ее Декартова графика y(x, FRAME).
- Выполните команду Tools / Animation / Record (Сервис / Анимация / Запись).
- 4) В диалоговом окне Animate (Анимация) задайте номер первого кадра в поле From (От), номер последнего кадра в поле То (До) и скорость анимации в поле At (Скорость) в кадрах в секунду (рис. 2.21).
 5) Выделите протаскиванием указателя мыши при нажатой левой кнопке
- 5) Выделите протаскиванием указателя мыши при нажатой левой кнопке мыши область в документе, которая станет роликом анимации.
 6) В диалоговом окне Animate (Анимация) нажмите кнопку Animate
- 6) В диалоговом окне Animate (Анимация) нажмите кнопку Animate (Анимация). После этого в окошке диалогового окна Animate (Анимация) будут появляться результаты расчетов выделенной области, сопровождающиеся выводом текущего значения переменной FRAME. По окончании этого процесса на экране появится окно проигрывателя анимации (рис. 2.21).
- 7) Запустите просмотр анимации в проигрывателе нажатием кнопки воспроизведения в левом нижнем углу окна проигрывателя.
- В случае если вид анимации Вас устраивает, сохраните ее в виде видеофайла, нажав кнопку Save As (Сохранить как) в диалоговом окне Animate (Анимация). В появившемся диалоговом окне Save Animation (Сохранить анимацию) обычным для Windows способом укажите имя файла и его расположение на диске.
- (Сохранить анимацию) обычным для windows способом укажите имя файла и его расположение на диске.
 9) Закройте диалог Animate (Анимация) нажатием кнопки Cancel (Отмена) или кнопки управления его окном. Сохраненный видеофайл можно использовать за пределами Mathcad. Скорее всего, если в проводнике Windows дважды щелкнуть на имени этого файла, он будет загружен в проигрыватель видеофайлов Windows, и Вы увидите его на экране компьютера. Таким образом, запуская видеофайлы обычным образом, можно устроить красочную презентацию результатов работы как на своем, так и на другом компьютере.



Рисунок 2.21 - Начало создания анимационного ролика

При создании файлов анимации допускается выбирать программу видеосжатия (кодек) и качество компрессии. Делается это с помощью кнопки Options (Параметры) в диалоговом окне Animate (Анимация).

Задания для самостоятельной работы по теме

Упражнение 1. Отобразить графически пересечение поверхностей

1.
$$fl(x, y) := \frac{(x+y)^2}{10}$$
 и $f2(x, y) := 5 \cdot \cos\left(\frac{x-y}{3}\right)$. Выполнить однотонную залив-

ку для поверхностей.

2. $f(x, y) = -\sin(x^2 + y^2)$ и $f(x, y) = x^2 + y^2 - 5$ в диапазонах переменных

x = 0...20 y = 0...20. Провести заливку «Палитра».

Упражнение 2. Построить Х-Үграфики функций и графически определить (приближенно) один из корней уравнения.

1. $y = 0.25 x^3 + x - 2$ $x \in [0, 2]$

2

$$y = cos(x - \sqrt{1 - 0.3x^{3}})$$

$$x \in [2,3]$$
3.

$$y = sin(x) / cos(x)$$

$$x \in [0, 1]$$

Упражнение 3. Используя переменную FRAME и команду Вид ⇒ Анимация, создать анимационные клипы

1. *x* := 0, 0.1 .. 30 *f*(*x*) := *x* + FRAME от 0 до 20

(Полярный и декартов графики)

2.
$$i := 0$$
.. FRAME + 1
 $g_i := 0.5 i \cos(i)$
 $h_i := i \sin(i)$
 $k_i := 2 i \text{ or } 0 \text{ до } 50$

(График поверхности)

3.
$$i := 0 .. 20 j := 0 .. 20$$

 $f(x,y) := sin(x^2 + y^2 + FRAME)$
 $x_i := -1.5 + 0.15 i$
 $y_j := -1.5 + 0.15 j$
 $M_{i,j} := f(x_i, y_j)$
от 0 до 50
(График Поверхности)

Упражнение 4. Построить X-Y и полярные графики $y = 3x - 4 \ln x - 5$ $x \in [2,6]$

2.
$$y = \sqrt{2 - 0.4x^2} - 1$$

 $x \in [0,1]$
3. $y = e^x - e^{-x}$
 $x \in [0,1]$
4. $y = 3x - 14 + e^x - e^{-2}$
 $x \in [2,4]$

Упражнение 5. Отобразить на одном X-Y графике два ряда данных: первый – синяя линия, второй – красные точки. Отобразить эти же ряды данных в полярных координатах.

1.
$$yl = sin(x^2)$$

 $y2 = cos(x)^2$
 $x \in [1,2]$

2.
$$y_1 = \sqrt[3]{x+3}$$

 $y_2 = tg(x) - sin(x^2)$

3.
$$y1 = sin(x / \pi)$$

 $y2 = sin(x) + cos(x)$

Упражнение 6. Построить гистограмму для рядов данных. Настроить удобный поворот изображения. Произвести заливку палитрой цветов.

1.
$$z(x, y) = sin x = cos(y)$$

$$2. g(x, y) = tg(xy)$$

Упражнение 7. Построить три кривых на одном графике (гистограмму).

$$f(x,y) \coloneqq x^{2} + y$$
$$g(x,y) \coloneqq x^{3} - y$$
$$g(x,y) \coloneqq x^{4}$$

Упражнение 8. Построить график поверхности. Осуществить вывод графиков как а) точки данных, б) диаграмма, в) контур, г) заплаты

$$z(x, y) := y^2 - \frac{1}{x + 100}$$

3 Урок 3. Решение алгебраических уравнений 3.1. Одно уравнение с одним неизвестным

Наиболее распространенной задачей в математике является решение уравнений. Для решения уравнения необходимо задать его в виде формулы. Рассмотрим решение алгебраического уравнения с одним неизвестным f(x) = 0. Например, рассмотрим решение уравнения sin(x) = 0.

Для решения таких уравнений Mathcad имеет встроенную функцию *root*, которая, в зависимости от типа задачи, может включать либо два, либо четыре аргумента и, соответственно, работает несколько по-разному.

root(f(x),x); либо **root(f(x),x,a,b);**

f(x) — скалярная функция, определяющая уравнение (sin(x) в нашем примере); x — скалярная переменная, относительно которой решается уравнение;

а, b — границы интервала, внутри которого происходит поиск корня.

Явный вид функции f(x) может быть определен непосредственно в теле функции *roo*t.

Первый тип функции *root* требует дополнительного задания начального значения переменной x. Для этого нужно просто предварительно присвоить x некоторое число, вблизи которого будет производиться поиск корня уравнения. Таким образом, присвоение начального значения требует априорной информации о примерной локализации корня. Данная проблема может быть легко решена, если предварительно построить график функции, заданной уравнением, по графику найти приблизительное значение величины x, при которой y обращается в нуль (кривая графика пересекает ось ОХ Рис. 3.1).

Хотя данное уравнение имеет бесконечное количество корней, Mathcad находит (с заданной точностью) только один из них, лежащий наиболее близко к x = 0.5 (т.е. $xl \approx 0$). Если задать другое начальное значение, например x = 3, то решением будет другой корень уравнения $x2 \approx \pi$ и т. д. Таким образом, для поиска корня средствами Mathcad требуется его предварительная локализация. Это связано с особенностями выбранного численного метода, который называется ме-

тодом

секущих.



Рисунок 3.1 - Листинг и графическое решение уравнения sin(x)=0

В вычислениях, приведенных в листинге рис. 3.1, погрешность вычисления TOL=0.001 (установлена по умолчанию). Чем меньше константа TOL, тем ближе к нулю будет значение f(x) в найденном корне, но тем больше времени будет затрачено вычислительным процессором Mathcad на его поиск.

Если уравнение не имеет корней, то при попытке найти решение будет выдано сообщение об ошибке. Кроме того, к ошибке или выдаче неправильного корня может привести и попытка применить метод секущих в области локального максимума или минимума f(x).

Иногда удобнее задавать не начальное приближение к корню, а интервал [a,b], внутри которого корень заведомо находится. В этом случае следует использовать функцию *root* с четырьмя аргументами, и присваивать начальное значение x не нужно. Поиск корня будет осуществлен в промежутке между a и b.

x := root (sin (x), x, -1, 1)x = 0

Листинг 3.1. Поиск корней алгебраического уравнения в заданном интервале

Когда root имеет четыре аргумента, следует помнить о двух ее особенностях:

- внутри интервала [*a*,*b*] не должно находиться более одного корня, иначе будет найден один из них, заранее неизвестно, какой именно;
- значения f(a) и f(b) должны иметь **разный знак**, иначе будет выдано сообщение об ошибке.

Если уравнение не имеет действительных корней, но имеет мнимые, то их также можно найти. В листинге 3.2. приведен пример, в котором уравнение $x^{2+1=0}$, имеющее два чисто мнимых корня, решается два раза с разными начальными значениями. При задании начального значения - 0.5 численный метод отыскивает первый корень (отрицательную мнимую единицу -i), а при начальном значении 0.5 находится и второй корень (i).

x := 0.5root $(x^{2} + 1, x) = i$ x := -0.5root $(x^2 + 1, x) = -i$

Листинг 3.2 - Поиск мнимого корня

Для решения таких уравнений второй вид функции *root* (с четырьмя, а не с двумя аргументами) неприменим, поскольку функция f(x) является положительно определенной, и указать интервал, на границах которого она имела бы разный знак, невозможно.

Функция f(x) может быть функцией не только x, а любого количества аргументов. Именно поэтому в самой функции *root* необходимо определить, относительно какого из аргументов следует решить уравнение.

3.2 Нахождение корней полинома

Если функция f(x) является полиномом, то все его корни можно определить, используя встроенную функцию *polyroots*(*v*),

где v — вектор, составленный из коэффициентов полинома.

Поскольку полином N-й степени имеет ровно N корней (некоторые из них могут быть кратными), вектор v должен состоять из N+1 элемента. Результатом действия функции **poiyroots** является вектор, составленный из N корней рассматриваемого полинома. При этом нет надобности вводить какое-либо начальное приближение, как для функции *root*. Ниже приведен алгоритм решения полинома на примере поиска корней полинома четвертой степени

$$f(x) := x^4 - 6x^3 + 12x^2 - 10x + 3$$

Шаг 1. Записать полином (без правой части), выделить указателем переменную, коэффициенты при которой необходимо определить (Рис. 6.2). Переменная *x* при этом будет выделена темным фоном.



Рисунок 3.2 - Определение коэффициентов полинома четвертой степени (шаг 2)

Символы, Коэффициенты полинома. Появляется вектор столбец с коэффициентами, в котором первым элементом является свободный член полинома, вторым — коэффициент при x_1 и т. д. Соответственно, последним n+1 элементом вектора должен быть коэффициент при старшей степени.

Шаг 3. Задайте вектор (например, *V*), поставьте знак присваивания, скопируйте полученный ранее вектор степеней полинома в буфер обмена (копировать) и вставьте его в правую часть созданного вектора *V* (вставить).

$$\mathbf{W} := \begin{pmatrix} 3\\ -10\\ 12\\ -6\\ 1 \end{pmatrix}$$

Шаг 4. Запишите (можно воспользоваться режимом «вставка функции» - Рис. 6.3) функцию *polyroots*, единственным аргументом которой будет сформированный на шаге 3 вектор *V*. Поставьте знак равенства и получите вектор корней полинома, среди которых могут быть и комплексные числа.



Рисунок 6.3 - Применение функции *polyroots* для поиска корней полинома (шаг 4)

3.3 Решение системы уравнений

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

Для решения системы уравнений необходимо выполнить следующее:

Шаг 1. Задать начальное приближение для всех неизвестных, входящих в систему уравнений. Mathcad решает систему с помощью итерационных методов.

Шаг 2. Напечатать ключевое слово *Given*. Оно указывает Mathcad, что далее следует система уравнений.

Шаг 3. Ввести уравнения и неравенства в любом порядке. (Используйте «**Ctrl** + =» для печати символа = (логический знак равенства). Между левыми и правыми частями неравенств (равенств) может стоять любой из символов =, <, >, $\leq u \geq$.

Шаг 4. Ввести любое выражение, которое включает функцию *Find*, например:

a := Find(x, y).

Функция *Find(z1, z2, ...)* Возвращает точное решение системы уравнений. Ключевое слово *Given*, уравнения и неравенства, которые следуют за ним, и какое-либо выражение, содержащее функцию *Find*, называют блоком решения уравнений.

Рассмотрим решение системы *n* нелинейных уравнений с *m* неизвестными

$$\begin{cases} f_{1}(x_{1},...,f_{m}) = 0\\ ..., \\ f_{n}(x_{1},...,f_{m}) = 0 \end{cases}$$

где $fl(x1, ..., x_m)$, ..., $f_n(x1, ..., x_m)$ — некоторые скалярные функции от скалярных переменных. Уравнений может быть как больше, так и меньше числа переменных.

Вставлять логические операторы следует, пользуясь панелью инструментов Boolean (Булевы операторы). Блок *Given/Find* использует для поиска решения итерационные методы, поэтому, как и для функции *root*, требуется задать начальные значения для всех x_1, \ldots, x_m .

$$f(x, y) := x^{4} + y^{2} - 3$$

$$g(x, y) := x + 2 \cdot y$$

$$x := 1 \qquad y := 1$$
Given
$$f(x, y) = 0$$

$$g(x, y) = 0$$

$$v := Find(x, y)$$

$$v = \begin{pmatrix} 1.269 \\ -0.635 \end{pmatrix}$$

$$f(v_{0}, v_{1}) = -1.954 \times 10^{-7}$$

$$g(v_{0}, v_{1}) = 0$$

Листинг 3.4 - Решение системы уравнений

Сделать это необходимо до ключевого слова *Given*. Значение функции *Find* есть вектор, составленный из решения каждой переменной. Таким образом, число элементов вектора равно число аргументов *Find*.

В листинге 3.4. приведен пример решения системы двух уравнений.

В первых двух строках листинга вводятся функции, которые определяют систему уравнений. Затем переменным *x* и *y*, относительно которых она будет решаться, присваиваются начальные значения. После этого следует ключевое слово *Given* и два логических оператора, выражающих рассматриваемую систему уравнений.

Завершает вычислительный блок функция *Find*, значение которой присваивается вектору *v*. Следующая строка показывает содержание вектора *v*, т. е. решение системы. Первый элемент вектора есть первый аргумент функции *Find*, второй элемент — ее второй аргумент. В последних двух строках осуществлена проверка правильности решения уравнений.

Уравнения можно определить непосредственно внутри вычислительного блока. Таким образом, можно не определять заранее функции f(x,y) и g(x,y), как это сделано в первых двух строках листинга, а сразу написать:

Given $x^4 + y^2 = 3$ x + 2 y = 0Find(x,y)= Такая форма представляет уравнения в более привычной и наглядной форме, особенно подходящей для документирования работы.

Если предпринять попытку решить несовместную систему, Mathcad выдаст сообщение об ошибке, гласящее, что ни одного решения не найдено, и предложение попробовать поменять начальные значения или значение погрешности.

Вычислительным блоком с функцией *Find* можно найти и корень уравнения с одним неизвестным. Действие *Find* в этом случае совершенно аналогично выше рассмотренному примеру. Задача поиска корня рассматривается как решение системы, состоящей из одного уравнения. Единственным отличием будет скалярный, а не векторный тип числа, возвращаемого функцией *Find*. Пример решения уравнения приведен в листинге 3.5.

x := 0.5

Given

sin(x) = 0

 $Find(x) = -3.814 \times 10^{-7}$

Листинг 3.5 - Поиск корня уравнения с одним неизвестным с помощью функции *Find*

3.4 Символьное решение уравнений

Некоторые уравнения можно решить точно с помощью символьного процессора Mathcad. Делается это очень похоже на численное решение уравнений с применением вычислительного блока. Присваивать неизвестным начальные значения нет необходимости. Листинг 3.6 демонстрирует символьное решение уравнения с одним неизвестным. Аналогично решается и системы двух уравнений с двумя неизвестными соответственно.

Как видно, вместо знака равенства после функции *Find* в листингах следует знак символьных вычислений, который можно ввести с панели Symbolic (Символика) или, нажав клавиши <Ctrl>+<.>. Сами уравнения должны иметь вид логических выражений, т. е. знаки равенства нужно вводить с помощью панели Booleans (Булевы операторы).

```
Given

x^{2} + 2 \cdot x - 4 = 0
Find(x) \rightarrow \left(\sqrt{5} - 1 - 1 - \sqrt{5}\right)
Given

x^{4} + y^{2} - 3 = 0
```

Задания для самостоятельной работы по теме

Упражнение 1. Решить уравнение. Проверить графически.

1.
$$y = 3x - 4 \ln(x) - 5$$

 $x \in [2,4]$
2. $y = x - \frac{1}{3 + \sin(3.6x)}$
 $x \in [0,2]$
3. $y = 3x - 14 + e^x - e^{-x}$
 $x \in [2,3]$
4. $y = \sqrt{1 - x} - tg(x)$
 $x \in [0,1]$
5. $y = e^x - e^{-x} - 2$
 $x \in [0,1]$
6. $y = 2x^2 + 1.2 - \cos(x)$
 $x \in [0.5,1.5]$
7. $y = 1 - \sin(x) - \ln(1 + x)$
 $x \in [1,2]$
8. $y = 0.1x^2 - \ln(x)$
 $x \in [1,2]$
9. $y = e^{x-1} - x^3 - x$
 $x \in [1,2]$
10. $y = 0.25x_3 - x - 2$
 $x \in [0,3]$

11.
$$y = \frac{x-1}{3 + \sin(3.6x)}$$

 $x \in [1,2]$
12. $y = x^5 - x - 0.2x$
 $x \in [0,1]$
13. $y = \frac{x^7 - \sin(x)}{x}$
 $x \in [1,5]$
14. $y = x - \cos(x^2)$
 $x \in [1,5]$
15. $y = \frac{1 + \cos(x)}{x}$
 $x \in [2,4]$

Упражнение 2. Найти корни полинома. Проверить подстановкой.

1.
$$x^{4} - 2x^{3} + x^{2} - 12x + 20$$

2. $x^{4} + x^{3} - 17x^{2} - 45x - 100$
3. $x^{4} + 6x^{3} + x^{2} - 4x - 60$
4. $x^{4} - 5x^{3} + x^{2} - 15x + 50$
5. $x^{4} - 14x^{2} - 40x - 75$
6. $x^{4} - 4x^{3} - 2x^{2} - 20x + 25$
7. $x^{4} - x^{3} + x^{2} - 11x + 10$
8. $x^{4} + 5x^{3} + 7x^{2} + 7x - 20$
9. $x^{4} - x^{3} - 29x^{2} - 71x - 140$

$$10. x^{4} - 7x^{3} + 7x^{2} - 5x + 100$$

$$11. x^{4} + 7x^{3} + 9x^{2} + 13x - 30$$

$$12. x^{4} + 10x^{3} + 36x^{2} + 70x + 75$$

$$13. x^{4} + 3x^{3} - 23x^{2} - 55x - 150$$

$$14. x^{4} + 9x^{3} + 31x^{2} + 59x + 60$$

$$15. x^{4} - 6x^{3} + 4x^{2} + 10x + 75$$

Упражнение 3. Решить систему уравнений 1.

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8\\ 3x_1 + 3x_3 = 6\\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4\\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \end{cases}$$
2.

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4\\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7\\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2\\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2 \end{cases}$$
3.

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 22\\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 2x_4 = 17\\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26\\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 - x_4 = 8\\ x_1 - 2x_3 - 3x_4 = -7 \end{cases}$$
4.

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26\\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 4x_4 = 26\\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 4x_4 = 26\\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$$
5.

$$\begin{cases} 9x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23\\ 7x_1 - x_3 - 5x_4 = 37\\ 5x_1 - 2x_3 + x_4 = 22\\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$$

6.
$$\begin{cases} 2x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18\\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28\\ x_2 + x_3 + x_4 = 10\\ 11x_2 + x_3 + 2x_4 = 21 \end{cases}$$

7.
$$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158\\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128\\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7\\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$$

8.
$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66\\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63\\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146\\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$$

9.

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88\\ 5x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88\\ 7x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181\\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99 \end{cases}$$

10.
$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16\\ 2x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213\\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72\\ x_1 - 12x_3 - 5x_4 = -159 \end{cases}$$

11.
$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 - 8x_4 = -7\\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8\\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10\\ 2x_1 - x_2 + 2x_4 = 7 \end{cases}$$

12.
$$\begin{cases} 7x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5\\ 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60\\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27\\ 2x_1 - 2x_3 - x_4 = -1 \end{cases}$$

13.
$$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15 \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 18 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37 \\ 3x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30 \end{cases}$$

14.
$$\begin{cases}
6x_1 - 9x_2 + 5x_3 + x_4 = 124 \\
7x_2 - 5x_3 - x_4 = -54 \\
5x_1 - 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 83 \\
3x_1 - 9x_2 + x_3 + 6x_4 = 45
\end{cases}$$

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

Упражнение 4. Решить систему нелинейных уравнений

1. $\begin{cases} \sin x + 2y = 2, \\ \cos(y - 1) + x = 0, 7. \end{cases}$

. . .

2.
$$\begin{vmatrix} \sin y + x &= -0, 4, \\ 2y - \cos(x + 1) &= 0. \end{vmatrix}$$

e.

3.
$$\begin{cases} \sin(x+0.5) - y = 1, \\ \cos(y-2) + x = 0. \end{cases}$$

4.
$$\begin{cases} \sin(x+2) - y = 1,5, \\ \cos(y-2) + x = 0,5 \end{cases}$$

5.
$$\begin{cases} \cos x + y = 1,5, \\ 2x - \sin(y - 0,5) = 1. \end{cases}$$

6.
$$\begin{cases} \cos(x+0.5) - y = 2, \\ \sin y - 2x = 1. \end{cases}$$

7.
$$\begin{cases} \cos(x+0.5)+y=0.8,\\ \sin y-2x=1.6. \end{cases}$$

8.
$$\begin{cases} \cos(x-2) + y = 0, \\ \sin(y+0,5) - x = 1. \end{cases}$$

9.
$$\begin{cases} \sin(x-1) = 1.3 - y, \\ x - \sin(y+1) = 0.8. \end{cases}$$

10.
$$\begin{cases} \cos(x+0,5) + y = 1, \\ \sin(y+0,5) - x = 1. \end{cases}$$

11.
$$\begin{cases} \cos(x+0.5) + y = 1, \\ \sin y - 2x = 2. \end{cases}$$

12.
$$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \cos(y + 0, 5) - x = 2. \end{cases}$$

13.
$$\begin{cases} -\sin(x+1) + y = 0.8, \\ \sin(y-1) + x = 1.3. \end{cases}$$

14
$$\begin{cases} 2y - \sin(x - 0.5) = 1, \\ \cos(y) + x = 1.5. \end{cases}$$

15
$$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \sin(y - 1) + x = 1.3. \end{cases}$$

4 Урок 4. Программирование в MathCad

Программирование без программирования

В ранних версиях Mathcad (до Mathcad 11) встроенного языка программирования не было. Начиная с 11-й версии пакета, появился мощный и вместе с тем простой аппарат программирования. Для вставки программного кода в документы в Mathcad имеется специальная панель инструментов Programming (Программирование), которую можно вызвать на экран нажатием кнопки Programming Toolbar на панели Math (Математика), как показано на рис. 4.1. Большинство кнопок этой панели выполнено в виде текстового представления операторов программирования, поэтому их смысл легко понятен.

Изложим последовательно основные составные элементы языка программирования Mathcad и рассмотрим примеры его использования.

	Программир	ование	[
dz [:::]	Add Line	\leftarrow	if
 > ∠≓	otherwise	for	while
	break	continue	return
as (on error		

Рисунок 4.1 - Панель инструментов Программирование

 $f(x) := \begin{vmatrix} "negative" & \text{if } x < 0 \\ "positive" & \text{if } x > 0 \\ "zero" & \text{otherwise} \end{vmatrix}$ f(1) = "positive"f(-1) = "negative"f(0) = "zero"

Листинг 4.1 - Пример функции *f*(*x*), определенной с помощью программы пользователя

Основными

инструментами

+-

работы в Mathcad являются математические выражения, переменные и функции, сгруппированные в программные модули. Программный модуль обозначается в Mathcad вертикальной чертой, справа от которой последовательно записываются операторы языка программирования.

Создание программы (Add Line)

$$\begin{split} f(x) &\coloneqq & | "negative" & \text{if } x < 0 \\ & \text{if } x > 0 \\ & | "positive" \\ & "big positive" & \text{if } x > 1000 \\ & "zero" & \text{otherwise} \end{split}$$

f(1) = "positive"

 $f(10^5) =$ "big positive"

Листинг 4.2 - Пример программы, записанной в среде MathCad

Чтобы создать программный модуль, например, представленный выше (листинг 4.1), необходимо выполнить следующие шаги:

Шаг 1. Ввести часть выражения, которая будет находиться слева от знака присваивания и сам знак присваивания. В нашем примере это имя функции f(x).

Шаг 2. Вызвать на экран панель инструментов Programming (Программирование) (см. рис. 4.1).

Шаг 3. Нажать на этой панели кнопку Add Line (Добавить линию).

Шаг 4. Если приблизительно известно, сколько строк кода будет содержать программа, можно создать нужное количество линий повторным нажатием кнопки Add Line (Добавить линию) соответствующее число раз (на рис. 4.2 показан результат трехкратного нажатия).



Шаг 5. В появившиеся

Рисунок 4.2 - Начало формирования программного модуля

местозаполните-

ли (фреймы) ввести желаемый программный код, используя для этого про-
граммные операторы. В примере в каждый фрейм вводится строка, например, "negative" – в первый фрейм (рис. 4.4), затем нажать кнопку If (Если) на пане-ли Programming (Программирование)⁴ и в возникший фрейм ввести условие $(выражение x>o)^5$.

Шаг 6. После того как программный модуль полностью определен и ни один местозаполнитель не остался пустым, функция может использоваться обычным образом, как в численных, так и в символьных расчетах.



Рисунок 4.3 - Вставка первого программного оператора

Вставить строку программного кода в уже созданную

f(x) :=	"negative"	if $x > 0$
	"positive"	if $x < 0$
	"zero" otherwise	

"negative" if x > 0f(x) := if x < 0

Рисунок 4.4 - Вставка новой строки в существующую программу и результат нажатия кнопки Add Line

⁴ Не вводите с клавиатуры имена программных операторов! ⁵ Операторы *if* и Otherwise описаны ниже

программу можно в любой момент с помощью той же самой кнопки Add Line (Добавить линию). Для этого следует предварительно поместить курсор на нужное место внутри программного модуля линии ввода.

Например, расположение линии ввода на строке, показанной на рис. 4.4, приведет к появлению новой линии с местозаполнителем перед этой строкой. Если передвинуть вертикальную линию ввода из начала строки в ее конец, то новая линия появится после строки.

Не забывайте, что для желаемого размещения линий ввода внутри формулы можно использовать не только мышь и клавиши со стрелками, но и пробел. С помощью последовательных нажатий пробела линии ввода "захватывают" разные части формулы.

В режиме выполнения программы, а это происходит при любой попытке вычислить f(x), выполняется последовательно каждая строка кода. Рассмотрим работу каждой строки кода листинга 4.2. Поскольку x=1, то условие x<0 не выполнено, и в первой строке ничего не происходит.

Условие второй строки х>0 выполнено, поэтому выполняются обе следующие строки, объединенные короткой вертикальной чертой в общий фрагмент.

Функции f(x) присваивается значение f(x) = "positive".

Условие x>1000 не выполнено, поэтому значение "big positive" не присваивается f (x), она так и остается равной строке "positive".

Последняя строка не выполняется, т. к. одно из условий (x>0) оказалось истинным, и оператор otherwise (т. е. "иначе") не понадобился.

Таким образом, основной принцип создания программных модулей заключается в правильном расположении строк кода. Ориентироваться в их действии довольно легко, т. к. фрагменты кода одного уровня сгруппированы в программе с помощью вертикальных черт.

Локальное присваивание (←)

Язык программирования Mathcad не был бы эффективным, если бы не позволял создавать внутри программных модулей локальные переменные, которые были бы "не видны" извне, из других частей документа. Присваивание в пределах программ, в отличие от документов Mathcad, производится с помоцью оператора Local Definition (Локальное присваивание), который вставляется нажатием кнопки с изображением стрелки ← на панели Programming (Программирование).

Ни оператор присваивания :=, ни оператор вывода = в пределах программ не применяются!

$$f(x) := \begin{vmatrix} z \leftarrow 4 \\ z + x \end{vmatrix}$$
$$f(1) = 5$$

Листинг 4.3 - Локальное присваивание в программе

Локальное присваивание иллюстрируется листингом 4.3. Переменная *z* существует только внутри программы, выделенной вертикальной чертой. Из других мест документа получить ее значение невозможно.

Условные операторы (if, otherwise)

Действие условного оператора *if* состоит из двух частей. Сначала проверяется логическое выражение (условие) справа от него. Если оно истинно, выполняется выражение слева от оператора *if*. Если ложно — ничего не происходит, а выполнение программы продолжается переходом к ее следующей строке. Вставить условный оператор в



рис. 4.5):

Справа от оператора *if* необходимо ввести условие. Пользоваться логическими операторами можно, вводя их с панели Boolean (Булевы операторы).

Выражение, которое должно выполняться, если условие истинно, введите слева от оператора if.

Если необходимо, можно продолжить создание программного модуля, например, создать новую строку программного кода, нажав на панели Programming (Программирование) кнопку Add Line (Добавить строку), нажать кнопку условного оператора *if* и так далее.

Оператор otherwise используется совместно с одним или несколькими условными операторами *if* и указывает на выражение, которое будет выполняться, если ни одно из условий не оказалось истинным.

Операторы цикла (for, while, break, continue)

В языке программирования Mathcad имеются два оператора цикла: for и while. Первый из них дает возможность организовать цикл по некоторой переменной, заставляя ее пробегать некоторый диапазон значений. Второй создает цикл с выходом из него по некоторому логическому условию. Чтобы вставить в программный модуль оператор цикла, необходимо выполнить следующие шаги:

Шаг 1. Создать в программном модуле новую линию.

Шаг 2. Вставить один из операторов цикла for или while нажатием одноименной кнопки на панели Programming (Программирование).

Шаг 3. Если выбран оператор for (рис. 4.6), то нужно вставить в соответствующие фреймы имя переменной и диапазон ее значений (листинг 4.4), а если while — то логическое выражение, при нарушении которого должен осуществляться выход из цикла (листинг 4.5).

Шаг 4. В нижний фрейм ввести тело цикла, т. е. выражения, которые должны выполняться циклически.

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &\coloneqq \left| \begin{array}{c} \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{0} \\ \text{for } \mathbf{i} \in \mathbf{0} \dots \mathbf{5} \\ \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{z} + \mathbf{i} \end{array} \right. \\ \mathbf{x} &= \mathbf{15} \\ \mathbf{x} &\coloneqq \left| \begin{array}{c} \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{0} \\ \text{for } \mathbf{i} \in (1 \ 2 \ 3) \\ \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{z} + \mathbf{i} \end{array} \right. \\ \mathbf{x} &= \mathbf{6} \end{aligned} \right. \qquad \mathbf{A} \qquad \begin{array}{c} \text{Листинг 4.4 - Оператор цикла for } \\ \mathbf{A} & \text{сранжированной переменной } \\ \text{(A) и с вектором (B)} \end{array}$$

При необходимости дополните программу другими строками и введите в них нужный код.

Диапазон значений переменной в условии цикла for можно задать как с помощью диапазона ранжированной переменной (листинг 4.4-А), так и с помощью вектора (листинг 4.4-В)



Рисунок 4.6 - Вставка оператора цикла

 $\begin{aligned} \mathbf{x} &\coloneqq & \left| \begin{array}{c} \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{0} \\ \text{while } \mathbf{z} < \mathbf{10} \\ \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{z} + \mathbf{1} \\ \mathbf{x} &= \mathbf{10} \end{aligned} \right| \end{aligned}$

Листинг 4.5. Опратор цикла while

Иногда необходимо досрочно завершить цикл, т. е. не по условию в его заголовке, а в некоторой строке в теле цикла. Для этого предназначен оператор break. Модификации листингов 4.4 и 4.5 с прерыванием цикла оператором break приведены в листинге 4.6 (А и В соответственно). Например, (в случае А) как только значение переменной цикла і достигает 2, цикл, благодаря оператору break в последней строке программного модуля, прерывается. Соответственно, значение переменной х остается равным 0+1+2=3.

x '= $z \leftarrow 0$ $for \ i \in 0 \mathinner{.\,.} 5$ $z \leftarrow z + i$ Листинг 4.6 - Оператор break внут-A x = 3ри цикла for (А) и внутри цикла while (B) $\mathbf{x} := \mathbf{z} \leftarrow \mathbf{0}$ while z < 10 $z \leftarrow z + 1$ ницы завершения тела цикла, в его конце моная строка с оператором continue, который $\mathbf{x} = \mathbf{6}$ В панели Programming. Пример, модернизи-

рующий программный модуль, иллюстрируется листингом 4.7. Как видно, на результат программы наличие оператора continue не влияет.

$$\mathbf{x} := \begin{bmatrix} z \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in (1 \ 2 \ 3) \\ z \leftarrow z + i \\ \text{continue} \end{bmatrix}$$

$$J_{IUCTUHF} 4.7 - One partop continue B Bo3-KOHUE UUKJA for Bam3HA4EHUR$$

(return)

Если для определения переменной или функции применяется программный модуль, то его строки исполняются последовательно при вычислении в документе этой переменной или функции. Соответственно, по мере выполнения программы рассчитываемый результат претерпевает изменения. В качестве окончательного результата выдается последнее присвоенное значение. Чтобы подчеркнуть возврат программным модулем определенного значения,

~~~~ 2		MOX	кно
$I(x) :=  z \leftarrow x $		взять	за
return "zero" if $x = 0$		прав	ило
return "i" if $x = i$		дел	ать
Handler and Address (2), 2013. Discretistical Advances — 57, 2004.		ЭТО В	по-
z	Листинг 4.8 - Применение	след	ней
f(-1) = 1	оператора return	стр	оке
		П	ipo-
f(2) = 4		грамм	но <b>-</b>
		го.	
f(0) = "zero"		В	ме-
f(i) = "i"		сте с т	ем,
-(-)		MOX	кно

прервать выполнение программы в любой ее точке (например, с помощью условного оператора) и выдать некоторое значение, применив оператор return. В этом случае при выполнении указанного условия (листинг 4.8) значение, введенное в местозаполнитель после return, возвращается в качестве результата, а никакой другой код больше не выполняется. Вставляется в программу оператор return с помощью одноименной кнопки панели Programming (Программирование).

## Перехват ошибок (on error)

Программирование в Mathcad позволяет осуществлять дополнительную обработку ошибок. Если пользователь предполагает, что выполнение кода в каком-либо месте программного модуля способно вызвать ошибку (например, возможно деление на ноль), то эту ошибку можно перехватить с помощью оператора on error. Чтобы вставить его в программу, надо поместить курсор в нужное место программного модуля и нажать кнопку с именем оператора on error на панели Programming (Программирование). В результате появится строка с двумя фреймами и оператором on error посередине (рис. 4.7).

$$f(x) :=$$
 on error

Рисунок 4.7 - Вставка оператора перехода по ошибке

В правом местозаполнителе следует ввести выражение, которое должно выполняться в данной строке программы. В левом — выражение, которое бу-

 $\begin{array}{ll} f(n) := & \left| \begin{array}{c} z \leftarrow n \\ \\ "user \ error: \ can't \ divide \ by \ zero" & on \ error \displaystyle \frac{1}{z} \end{array} \right. \\ f(-2) \rightarrow \displaystyle \frac{-1}{2} \end{array}$ 

f(0) = "user error: can't divide by zero"

$$\begin{array}{ll} f(n) := & \left| \begin{array}{c} z \leftarrow n \\ error("user error: can't divide by zero") & on error \\ \hline 1 \\ f(-2) \rightarrow \frac{-1}{2} \\ \hline \hline f(0) = \left| \underbrace{\bullet}_{\mathbb{Q}} \\ \hline \hline \underbrace{ f(0) = \left| \underbrace{\bullet}_{\mathbb{Q}} \right| \\ \hline \hline \hline \end{array} \right. \end{array}$$

Листинг 4.9 - Перехват ошибки деления на ноль

дет выполнено вместо правого выражения, если при выполнении последнего возникнет ошибка. Приведем пример применения оператора оп еггог (листинг 4.9) в программном модуле, который рассчитывает функцию обратного числа значению п. Если n=0, то и присвоенное значение z=0, поэтому в последней строке программы выполняется правое выражение расчета i/z. Так происходит при расчете f (-2). Если попытаться вычислить f (0) как в конце листинга, то выполнение программы, заложенной в f (n), вызовет ошибку деления на ноль в последней строке программы. Соответственно, вместо выражения справа от оператора оп еггог будет выполнено левое выражение, присваивающее функции f(n) строковое значение "user error: cannot divide by zero" (пользовательская ошибка: деление на ноль невозможно). Конечно, этой строке можно присвоить и текст на русском языке.

Одной из самых впечатляющих возможностей Mathcad являются символьные вычисления, позволяющие решить многие задачи аналитически. Фактически, Mathcad "знает" математику, по крайней мере, на уровне неплохого ученого. Умелое использование интеллекта символьного процессора Mathcad избавит пользователя от огромного количества рутинных вычислений, к примеру, интегралов и производных (листинг 4.10). Обратите внимание на традиционную форму написания выражений, единственная особенность заключается в необходимости применения символа символьных вычислений → вместо

$$\int \frac{\ln(\mathbf{a} \cdot \mathbf{x})}{\mathbf{x}^{\mathbf{b}}} d\mathbf{x} \rightarrow \left[ \frac{-(1 - \ln(\mathbf{a}) + \mathbf{b} \cdot \ln(\mathbf{a}))}{-2 \cdot \mathbf{b} + 1 + \mathbf{b}^2} \cdot \mathbf{x} - \frac{1}{\mathbf{b} - 1} \cdot \mathbf{x} \cdot \ln(\mathbf{x}) \right] \cdot \mathbf{x}^{-\mathbf{b}}$$
$$\frac{d}{d\mathbf{x}} \frac{\left(\mathbf{x}^2 \cdot 250\right)}{\sqrt[5]{y}} \cdot \ln(\mathbf{z} \cdot \pi) \rightarrow 500 \cdot \frac{\mathbf{x}}{\frac{1}{y^5}} \cdot \ln(\mathbf{z} \cdot \pi)$$

Листинг 4.10 - Символьные вычисления

знака равенства. Его, кстати, можно ввести в редакторе Mathcad с любой из панелей Evaluation (Выражения) или Symbolic (Символика), а символы интегрирования и дифференцирования — с панели Calculus (Арифметика).

## Задания для самостоятельной работы по теме

**Упражнение 1**. Составить программу средствами Маткад: персональное задание получить у преподавателя.

### 5 СПИСОК ТЕМ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

#### 5.1 Основные этапы выполнения курсовой работы

Процесс написания курсовой работы складывается из следующих основных этапов:

- ознакомление студентов с тематикой работ и определение темы

- подбор необходимой литературы и одновременно разработка плана курсовой работы;

- утверждение плана курсовой работы руководителем;

- изучение и обработка литературы, подготовка ее обзора;

- подбор необходимых данных, их анализ, обобщение, составление таблиц, графиков, диаграмм;

написание работы по главам, сдача работы руководителю на проверку;

 доработка отдельных частей курсовой работы с учетом требований и замечаний руководителя (повторно выполненная работа сдается руководителю вместе с первым вариантом и сделанными по нему замечаниями);

- завершение и оформление курсовой работы в соответствии с требованиями стандарта и настоящих методических указаний;

- сдача курсовой работы руководителю для оформления допуска к ее защите;

- защита курсовой работы.

План это основа работы, и от того, как он составлен, будет зависеть качество курсовой работы. План тесно связан с ее структурой. Предлагается следующая структура курсовой работы:

1 Титульный лист.

- 2 Содержание (план работы).
- 3 Введение.
- 4 Основная часть (разделы, подразделы, пункты).
- 5 Заключение.
- 6 Список использованных источников.

7 Приложения (если они имеются).

*Титульный лист* - первый лист курсовой работы - заполняется в соответствии со стандартом на письменные студенческие работы.

Содержание является вторым по счету листом в курсовой работе. Его оформление должно соответствовать стандарту, т.е. включать все утвержденным руководителем разделы и подразделы курсовой работы с указанием страниц.

После Содержания, с нового листа следует **Введение**. Главное назначение **Введения** состоит в кратком обосновании выбора проблемы исследования. В общем случае, введение должно включать следующее:

- обоснование актуальности выбранной темы, т. е. степень ее значимости в данный момент и в данной ситуации для определенных экономических субъектов, или для экономики страны, или мирового хозяйства;

 определение цели и задач исследования; цель работы должна быть сформулирована четко и лаконично; поставленные задачи должны уточнять цель, конкретизировать ее, а, следовательно, соответствовать разделам и подразделам плана;

- описание объекта исследования, представляет собой краткую характеристику социально-экономического процесса или явления, создавшего проблемную ситуацию, исследуемую в работе;

- краткий аналитический обзор использованной литературы по теме; обзор литературы должен показать умение студента систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное и определять главное в современном состоянии изученности темы.

Объем текста **Введения** должен составлять не более 2-3-х страниц. После **Введения**, с нового листа следует первая часть курсовой работы. Первый раздел (теоретическая часть) представляет собой анализ различных

Первый раздел (теоретическая часть) представляет собой анализ различных теоретических взглядов российских и зарубежных исследователей по теме курсовой работы. При рассмотрении каждого направления необходимо делать ссылку на его автора и источник, где данные идеи нашли отражение. Здесь же необходимо дать определения основных понятий темы, показать подходы различных авторов к трактовке их сущности.

Содержание текста должно соответствовать заголовкам подразделов, причем каждый последующий подраздел должен логически вытекать из предыдущего и быть его продолжением. В целом все подразделы теоретической части должны полностью раскрывать первый раздел работы.

Для наглядности представленного в работе материала можно использовать структурно-логические схемы, иллюстрирующие общее и отличительное в подходах авторов, показывающие историю развития вопроса.

В конце каждого подраздела желательно сформулировать краткие выводы и указать, что предполагается сделать в следующем подразделе или разделе для дальнейшего развития темы, т.е. увязать содержание структурных составляющих работы в единое целое.

Второй раздел курсовой работы, который также начинается с нового листа, являясь логическим продолжением первого раздела, должен служить своеобразной иллюстрацией практической реализации изученных теоретических подходов по теме исследования.

Фактические данные, цифровую информацию следует обработать, сгруппировать, поместить в таблицы, провести их анализ, определить процентные соотношения, сопоставить и описать. На их основе составляются графики, диаграммы, схемы, с помощью которых можно проиллюстрировать изложенный материал.

ныи материал. Итоговым разделом курсовой работы является Заключение, которое также начинается с нового листа. Заключение представляет собой выводы, сделанные самостоятельно студентом, по каждому из написанных разделов курсовой работы. По первому разделу - это обобщение теоретических направлений проблемы с указанием ведущих экономистов, исследующих ее. Выводы должны быть сделаны в логической последовательности изложения материала по подразделам данной части работы. По второму разделу – краткое изложение результатов анализа существующей практики по исследуемому вопросу, их критическое осмысление. Объем заключения – 2-4 страницы.

Список использованных источников должен включать только те источники, которые были проработаны при выполнении курсовой работы и на которые имеются ссылки в тексте работы. Данный список должен включать не менее 3-5 литературных источников, в том числе действующие законодательные акты, регулирующие экономические отношения по исследуемой проблеме, решения правительства, статистические справочники, монографии, публикации в периодической печати и другие материалы. Список источников должен быть оформлен в соответствии со стандартом. Рекомендуется при изучении той или иной статьи, монографии, статистических данных сразу же выписывать полное их наименование и указывать страницу, если есть ссылка на данный источник в тексте работы.

ныи источник в тексте раооты. Приложения необходимы в том случае, если в курсовой работе использована большая по объему информация, на основе которой были сделаны таблицы, построены графики, диаграммы, содержащиеся в тексте внутри разделов и подразделов работы. В этом случае исходная информация в виде таблиц или иных документов помещается в Приложения в порядке использования этих данных в тексте работы. Тут же приводятся выдержки из Законодательных актов, на которые имеются ссылки в работе. Необходимо иметь ввиду, что все приложения должны быть помещены после списка источников, пронумерованы, а таблицы, в которых содержится исходная информация, должна иметь заголовки и ссылки на источник.

Защищенная курсовая работа студенту не возвращается и хранится на кафедре.

#### 5.2 Темы курсовых работ

- 1. Влияние компьютерной технологии на формирование общетвенного мнения
- 2. Этические нормы поведения в информационной сети
- 3. Система электронных платежей. Цифровые деньги.
- 4. Развитие информационной технологии с XVIII по XX век.
- 5. Электронные магазины в США, Китае, России.
- 6. Значение компьютерных технологий в жизни современного человека.
- 7. Интернет-магазин что это?
- 8. Мультимедийные информационные системы.
- 9. Основные этапы информационного общества.
- 10. Информационные системы в туризме.
- 11. Использование интернет в маркетинге.
- 12. Информационные системы в рекламном деле.
- 13. Автоматизация офисного документооборота на основе информационных технологий.
- 14. Негативное воздействие компьютера на здоровье человека и способы защиты.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Воскобойников Ю.Е., Воскобойникова Т.Н. Программирование
- 2. в математическом пакете Mathcad / Новосибирск: Изд. НГАСУ 1999.- 33 с.
- 3. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Mathcad 8 PRO в математике, физике и Internet / М.: «Нолидж» 2000. 512 с., ил.
- MatCAD 6.0 PLUS. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. / Пер. с англ. – М.: Информационно-издательский дом "Филинъ" - 1996. – 712 с.
- 5. Измайлов Г.К. Информатика. Пакет MathCAD: Лаб. практикум. / СПб.: Изд-во СПбГТУ 2001. 74 с.
- Плис А.И., Сливина Н.А. Математический практикум для экономистов и инженеров: Учебное пособие. / М.: Финансы и статистика - 2000. – 656 с., ил.