

Лабораторное занятие №2.1

Тема: Основы работы и программирования в программной среде MATHCAD.

1. ИНТЕРФЕЙС MATHCAD

1.1. Меню

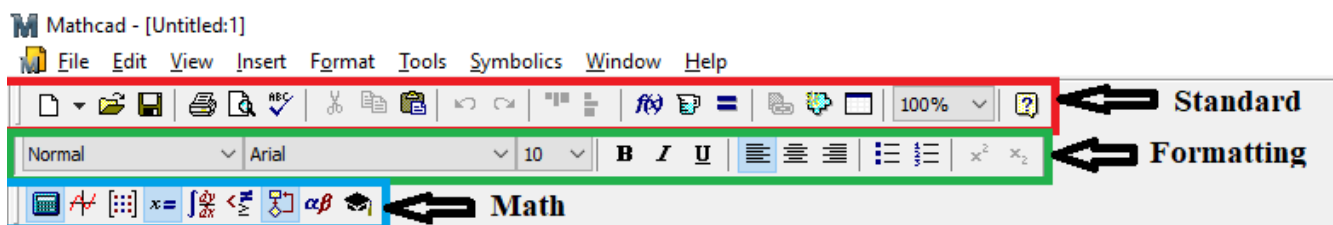


Рис 1.0

Интерфейс MathCAD аналогичен интерфейсу других Windows-приложений. После запуска на экране появляется рабочее окно MathCAD с главным меню и тремя панелями инструментов: **Standard (Стандартная)**, **Formatting (Форматирование)** и **Math (Математическая)**.

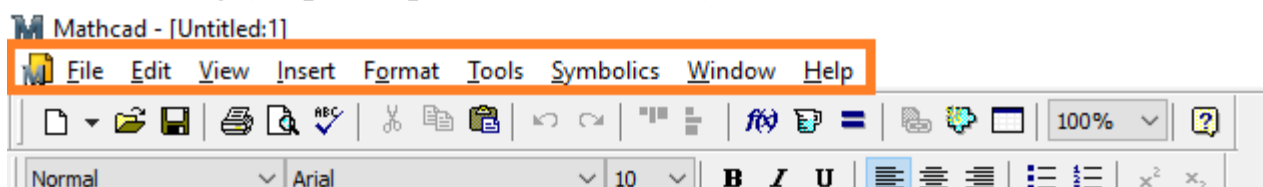


Рис 1.1

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, графиков;
- **Tools**(Сервис) – команды управления вычислительными процессами дополнительными возможностями;
- **Symbolics**(Символика) – команды символьных вычислений;
- **Window** (Окно) – команды управления расположением окон с различными документами на экране;
- **Help**(Справка) – команды вызова контекстно-зависимой справочной информации, сведений о версии программы, а также доступа к ресурсам и электронным книгам.

Чтобы выбрать команду, нужно щелкнуть 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. 1.2. Чтобы выполнить такую команду, например команду вызова на экран панели инструментов **Symbolic**(Символика), нужно навести указатель мыши на пункт **Toolbars**(Панели инструментов) выпадающего меню **View**(Вид) и выбрать в появившемся подменю пункт **Symbolic**(Символика).

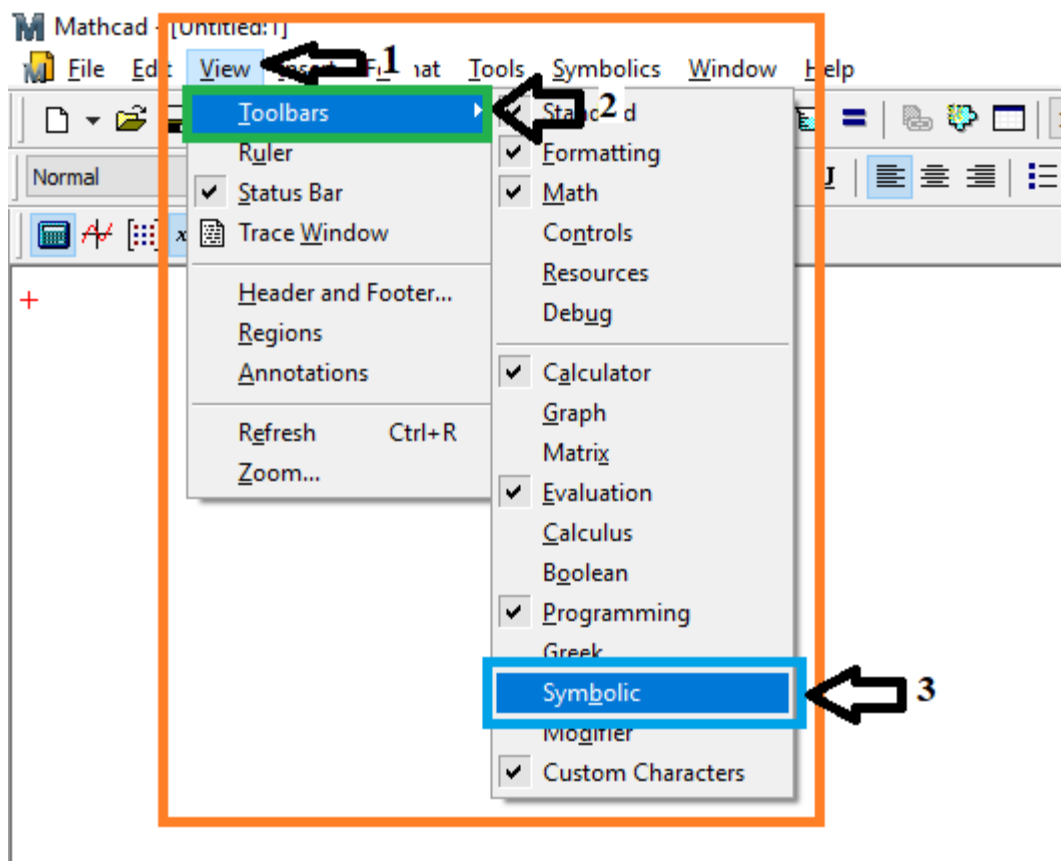


Рис. 1.2. Работа с меню

Помимо верхнего меню схожие функции выполняют всплывающие меню (рис. 1.3). Они появляются при нажатии в каком-либо месте документа правой кнопки мыши. При этом состав данных меню зависит от места их вызова, поэтому их еще называют контекстными. MathCAD сам «догадывается», в зависимости от контекста, какие операции могут потребоваться в текущий момент, и помещает в меню соответствующие команды. Поэтому использовать контекстное меню проще, чем верхнее.

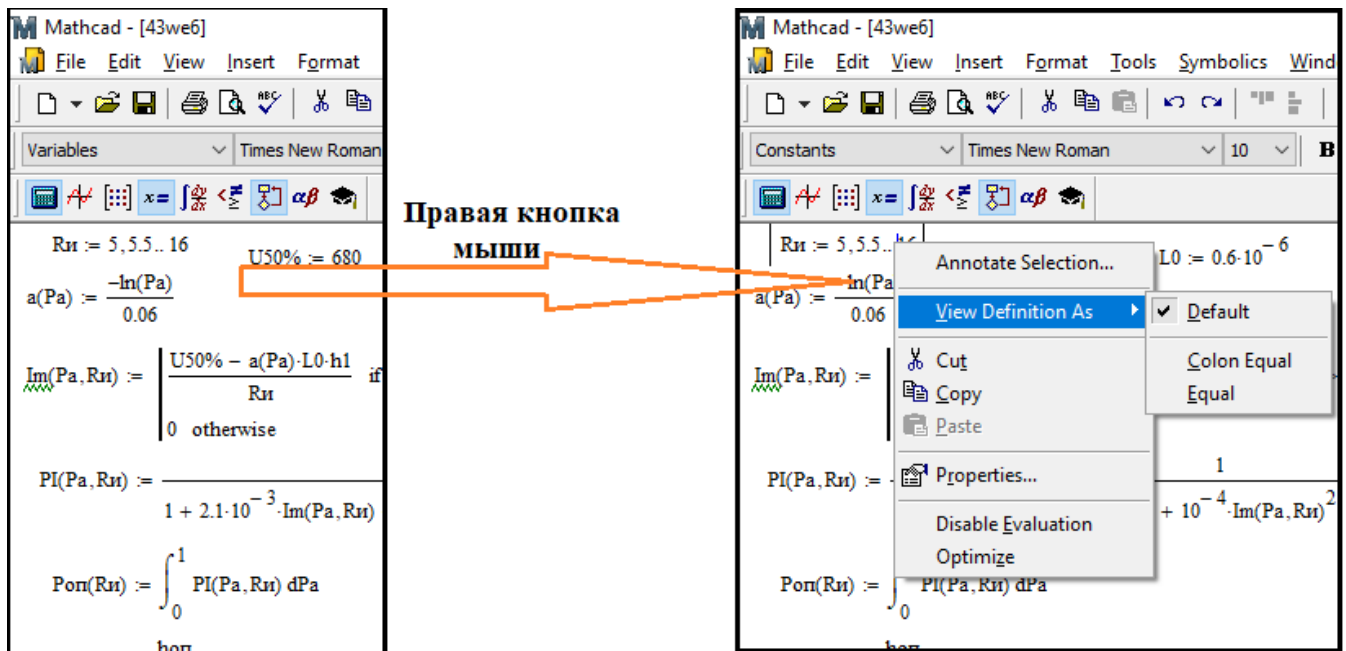


Рис. 1.3. Контекстное меню

1.2. Панели инструментов

Панели инструментов служат для быстрого (в один щелчок мыши) выполнения наиболее часто применяемых команд. Все действия, которые можно выполнить с помощью панелей инструментов, доступны и через верхнее меню. На рис. 1.4 изображено окно MathCAD с пятью основными панелями инструментов, расположенными непосредственно под строкой меню. Кнопки в панелях сгруппированы по сходному действию команд:

- **Standard** (Стандартная) – служит для выполнения большинства операций, таких как действия с файлами, редакторская правка, вставка объектов, доступ к справочным системам;
- **Formatting** (Форматирование) – служит для форматирования (изменения типа и размера шрифта, выравнивания и т.п.) текста и формул;
- **Math** (Математика) – служит для вставки математических символов и операторов в документы;
- **Resources** (Ресурсы) – служит для вызова ресурсов MathCAD;
- **Controls** (Элементы управления) – служит для вставки в документы стандартных элементов управления интерфейса пользователя;
- **Debug** (Отладка) – служит для управления отладкой MathCAD-программ.

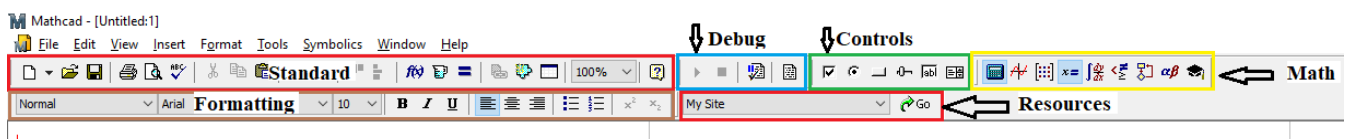


Рис. 1.4. Основные панели инструментов

Группы кнопок на панелях инструментов разграничены по смыслу

вертикальными линиями – разделителями. При наведении указателя мыши на любую из кнопок рядом с кнопкой появляется всплывающая подсказка (рис. 1.5). Наряду со всплывающей подсказкой, более развернутое объяснение готовящейся операции можно отыскать в строкесостояния.

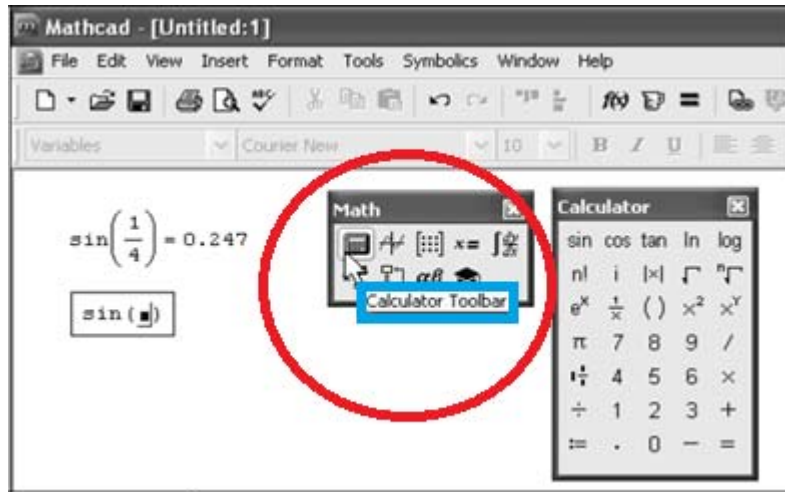


Рис. 1.5. Использование панелей инструментов Math и Calculator

Панель **Math**(Математика) предназначена для вызова на экран еще девяти панелей (рис. 1.6), с помощью которых и происходит вставка математических операций в документы. Чтобы показать какую-либо из них, нужно нажать соответствующую кнопку на панели **Math**(рис. 1.5).

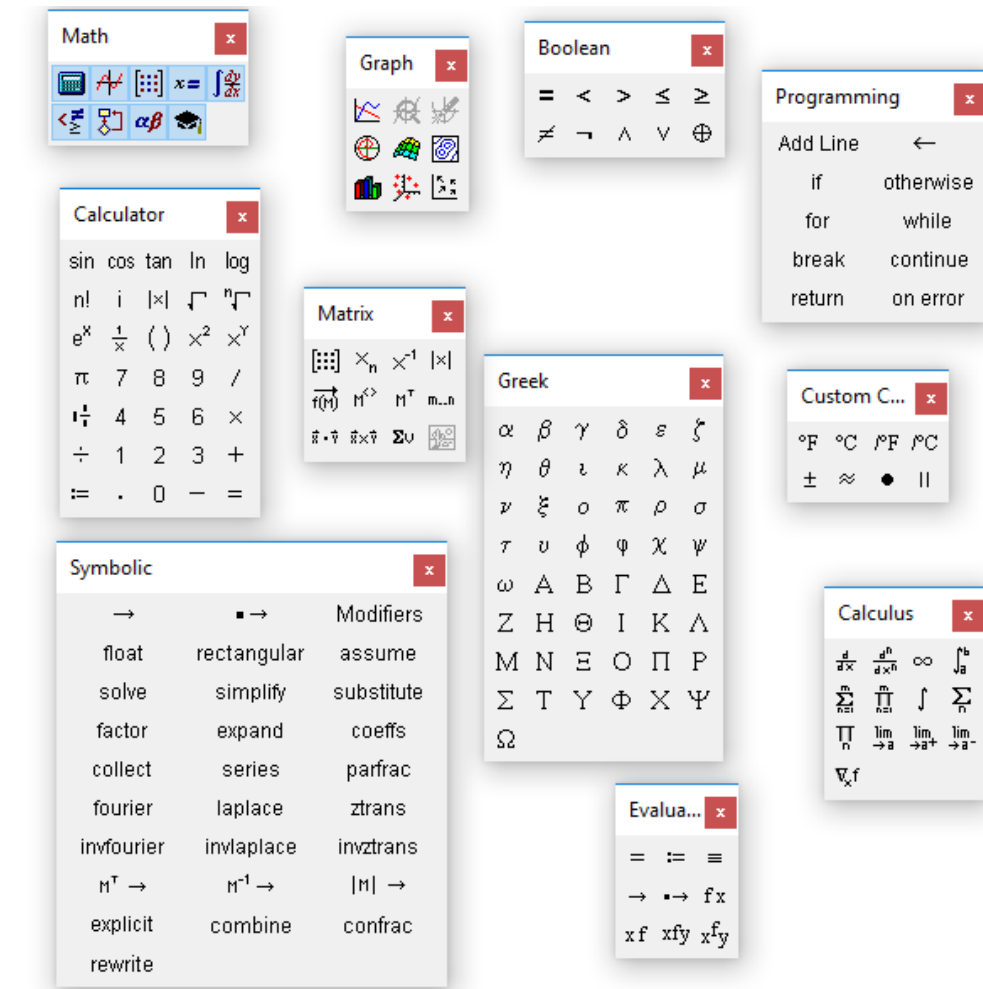
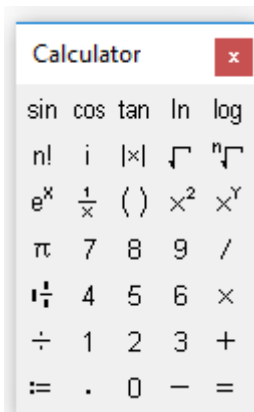


Рис. 1.6. Математические панели инструментов

Перечислим назначение математических панелей:

– **Calculator**(Калькулятор) – служит для вставки основных математических операций, получила свое название из-за схожести набора кнопок с кнопками типичного калькулятора;



– **Graph**(График) – для вставки графиков



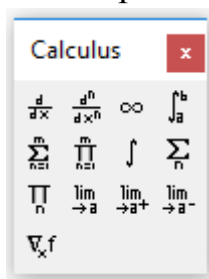
– **Matrix**(Матрица) – для вставки матриц и матричных операторов;



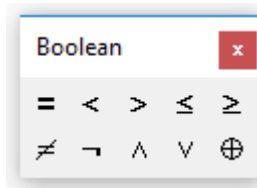
– **Evaluation**(Вычисления) – для вставки операторов управления вычислениями;



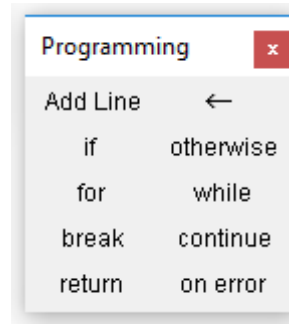
– **Calculus**(Матанализ) – для вставки операторов интегрирования, дифференцирования, суммирования и др.;



– **Boolean**(Булевы операторы) – для вставки логических (булевых) операторов;



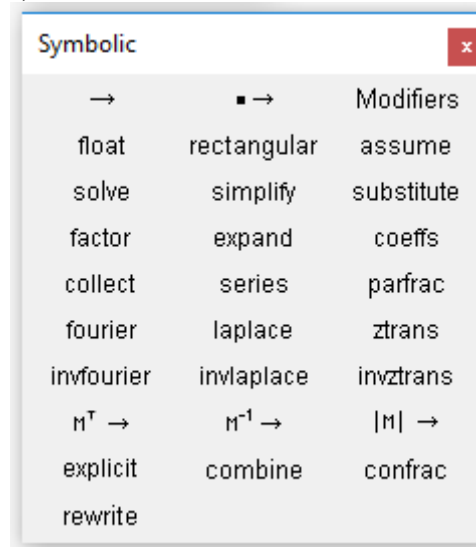
– **Programming** (Программирование) – для программирования средствами MathCAD;



– **Greek**(Греческие символы) – для вставки греческих символов;



– **Symbolic**(Символика) – для вставки символьных операторов.



Важно заметить, что 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.

1.3. Строка состояния

В нижней части окна MathCAD, под горизонтальной полосой прокрутки, находится строка состояния. На ней отображается основная информация о режиме редактирования (рис. 1.7), разграниченная разделителями (слева направо):

- 1) контекстно-зависимая подсказка о готовящемся действии;
- 2) режим вычислений: автоматический (AUTO) или задаваемый вручную (CalcF9);
- 3) текущий режим раскладки клавиатуры CAP;
- 4) текущий режим раскладки клавиатуры NUM;
- 5) номер страницы, на которой находится курсор.



Рис. 1.7. Строка состояния

2. ОСНОВЫ РАБОТЫ В MATHCAD

2.1. Перемещение по документу

Просматривать документ вверх-вниз и вправо-влево удобно с помощью вертикальной и горизонтальной полос прокрутки, перемещая их бегунки (в этом случае обеспечивается плавное перемещение вдоль документа) рис 1.8

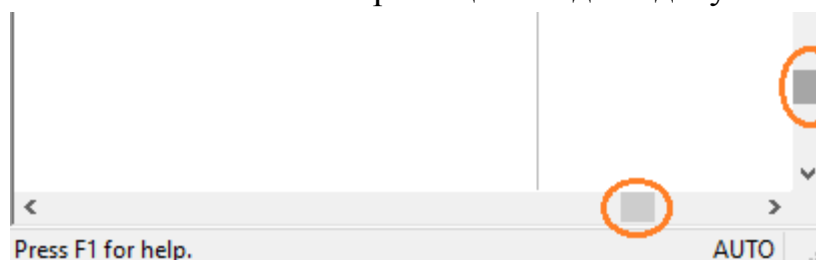


Рис 1.8

или щелкая мышью с одной из двух сторон бегунка (при этом перемещение по документу будет скачкообразным)рис 1.9.

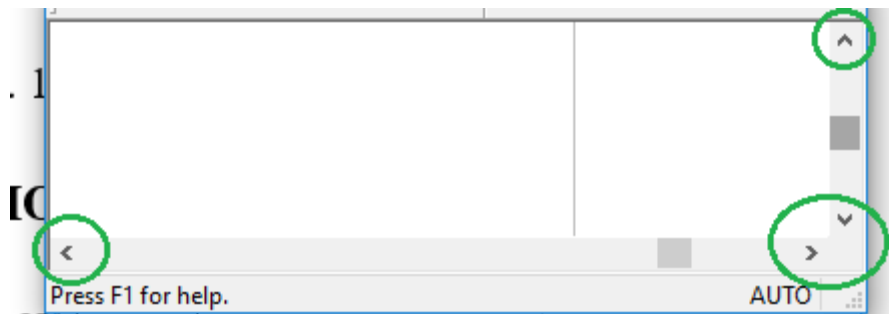


Рис 1.9

Также для перемещения курсора по документу можно использовать клавиши листания страниц <PgUp> и <PgDn>. Во всех перечисленных случаях положение курсора не меняется, а просматривается содержание документа. Кроме того, если документ имеет большой размер, просматривать его содержимое удобно при помощи меню **Edit | GotoPage** (Правка | Перейти к странице) рис 1.10.

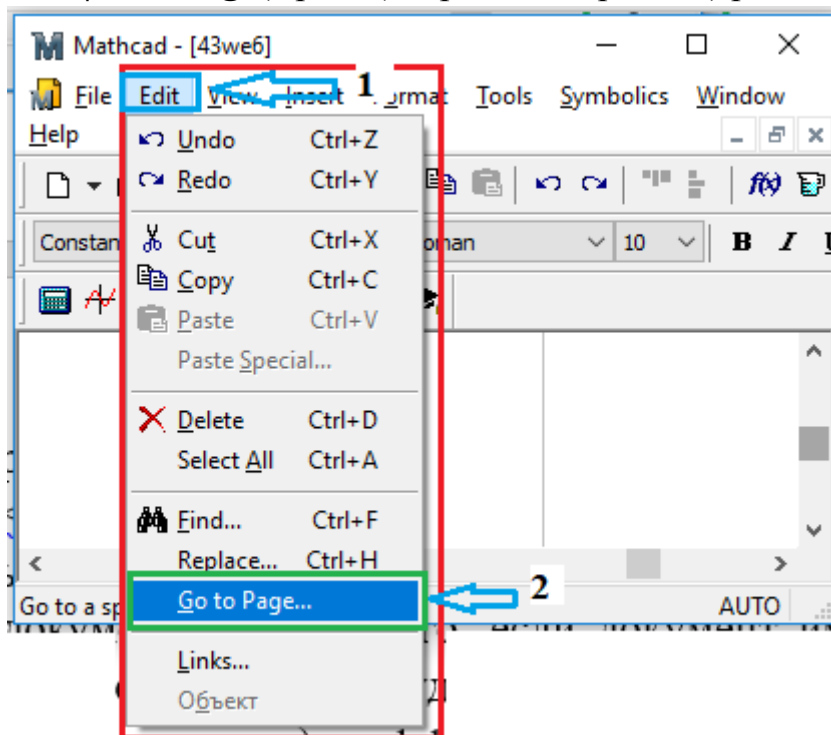


Рис 1.10

При выборе этого пункта откроется диалог, позволяющий перейти к странице с заданным номером.

Для того чтобы двигаться по документу вверх-вниз и вправо-влево, перемещая курсор, следует нажимать на соответствующие клавиши управления курсором. Попадая в область регионов с формулами и текстом, курсор превращается в две линии ввода – вертикальную и горизонтальную синего цвета. При дальнейшем перемещении курсора внутри региона линии ввода смещаются на один символ в соответствующую сторону. При выходе за пределы региона курсор снова становится курсором ввода в виде красного крестика рис 1.11

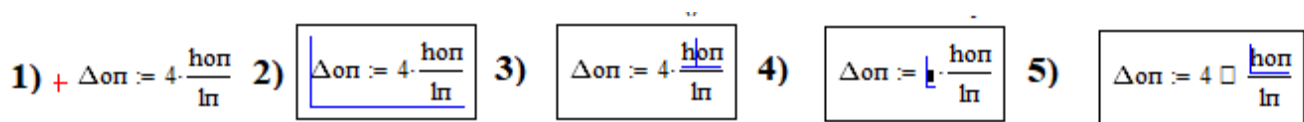


Рис 1.11

. Переместить курсор можно и щелчком мыши в соответствующем месте. Если щелкнуть на пустом месте, то в нем появится курсор ввода, а если в пределах региона – то линии ввода.

2.2. Ввод и редактирование формул

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

Перечислим еще раз элементы интерфейса редактора MathCAD:

- указатель мыши – играет обычную для приложений Windows роль, следуя за движениями мыши;
- курсор – обязательно находится в одном из трех видов:
 - курсор ввода – крестик красного цвета, который отмечает пустое место в документе, куда можно вводить текст или формулу (рис 1.11 -1);
 - линии ввода – горизонтальная и вертикальная линии синего цвета, выделяющие в тексте или формуле определенную часть (рис 1.11 -2);
 - линия ввода текста – вертикальная линия, аналог линий ввода для текстовых областей (рис 1.11 -3);
- местозаполнители – появляются внутри незавершенных формул в местах, которые должны быть заполнены символом или оператором:
 - местозаполнитель символа – черный прямоугольник (рис 1.11 -4);
 - местозаполнитель оператора – черная прямоугольная рамка (рис 1.11 -5).

Вводить математическое выражение можно в любом пустом месте документа MathCAD. Для этого нужно поместить курсор ввода в желаемое место документа, щелкнув в нем мышью, и ввести формулу, нажимая клавиши. При этом в документе создается математическая область, которая предназначена для хранения формул, интерпретируемых процессором MathCAD. Продемонстрируем последовательность действий например ввода выражения x^{5+x} (рис. 2.1):

1. Щелкнуть мышью, обозначив место ввода
2. Нажать клавишу $\langle x \rangle$ – в этом месте вместо курсора ввода появится регион с формулой, содержащей один символ x , причем он будет выделен линиями ввода.
3. Ввести оператор возведения в степень, нажав клавишу $\langle \wedge \rangle$, либо выбрав кнопку возведения в степень на панели инструментов Calculator (калькулятор) – в формуле появится местозаполнитель для введения значения степени, а линии ввода выделяют этот местозаполнитель.

4. Последовательно ввести остальные символы, нажимая клавиши <5>, <+>, <x>.

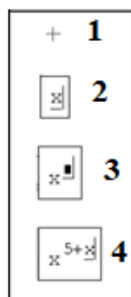


Рис. 2.1. Пример ввода формулы

Таким образом, поместить формулу в документ можно, начиная вводить символы, числа или операторы, например + или / (рис. 2.2). Во всех этих случаях на месте курсора ввода создается математическая область с формулой, содержащей и линии ввода. В последнем случае, если пользователь начинает ввод формулы с оператора, в зависимости от его типа, автоматически появляются и местозаполнители, без заполнения которых формула не будет восприниматься процессором MathCAD.

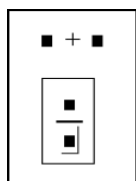


Рис. 2.2. Пример начала ввода операторов

Чтобы изменить формулу, нужно щелкнуть на нее мышью, поместив таким образом в ее область линии ввода, и перейти к месту, которое нужно исправить. Перемещать линию ввода в пределах формулы можно одним из двух способов: щелкая в нужном месте мышью или нажимая на клавиши со стрелками <←>, <SpaceBar> (<Пробел>) или <Ins>.

Клавиши со стрелками имеют естественное назначение, переводя линии ввода вверх, вниз, влево или вправо. Клавиша <Ins> переводит вертикальную линию ввода с одного конца горизонтальной линии ввода на противоположный. Клавиша <SpaceBar> предназначена для выделения различных частей формулы.

Если раз за разом нажимать клавишу <SpaceBar> в формуле, пример ввода которой рассмотрен выше (рис. 2.1), то линии ввода будут циклически изменять свое положение, как это показано на рис. 2.3,а. Если в ситуации, показанной сверху на этом рисунке, нажать стрелку <←>, то линии ввода переместятся влево (рис. 2.3,б). При нажатии клавиши <SpaceBar> линии ввода будут попеременно выделять одну из двух частей формулы.

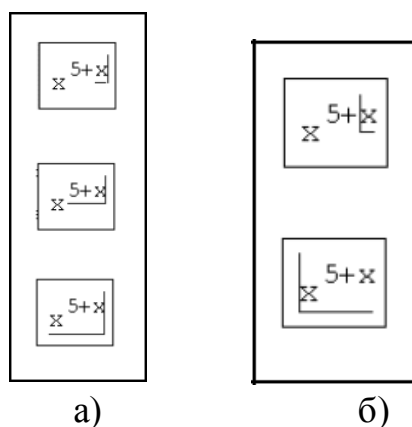


Рис. 2.3. Изменение положений линий ввода с помощью пробела (а) и клавишей <BackSpace> после сдвига стрелкой <←>(б)

Математические выражения содержат, как правило, самые различные, в том числе специфичные, символы, набор которых в MathCAD выполняется не так, как в большинстве текстовых процессоров. Для вставки символов в документы доступны следующие инструменты:

- большинство символов, например латинские буквы или цифры, для определения имен переменных и функций набираются на клавиатуре;
- греческие буквы легче всего вставляются с помощью панели инструментов **Greek** (Греческие символы) (рис. 2.4). Можно также ввести соответствующую латинскую букву и нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<G> (после этого, например, из латинской буква «a» получается греческая α);
- некоторые специальные символы (например, единицы измерения температуры и т.п.) доступны на панели **Custom Characters** (Специальные символы) (рис. 2.4);



Рис. 2.4. Панели инструментов Custom Characters и Greek

– операторы могут быть вставлены либо с различных математических панелей инструментов, либо соответствующим сочетанием клавиш. Например, наиболее часто употребляемые операторы (рис. 2.5) сгруппированы на панели **Calculator**(Калькулятор);

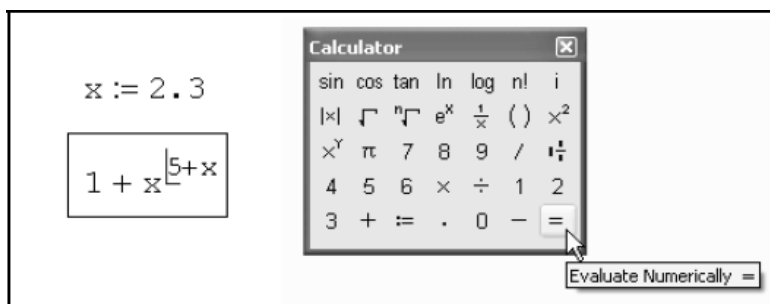


Рис. 2.5. Вставка оператора вывода

– имена функций вводятся либо с клавиатуры, либо с помощью команды **Insert | Function**(Вставка Функция) рис 2.6;

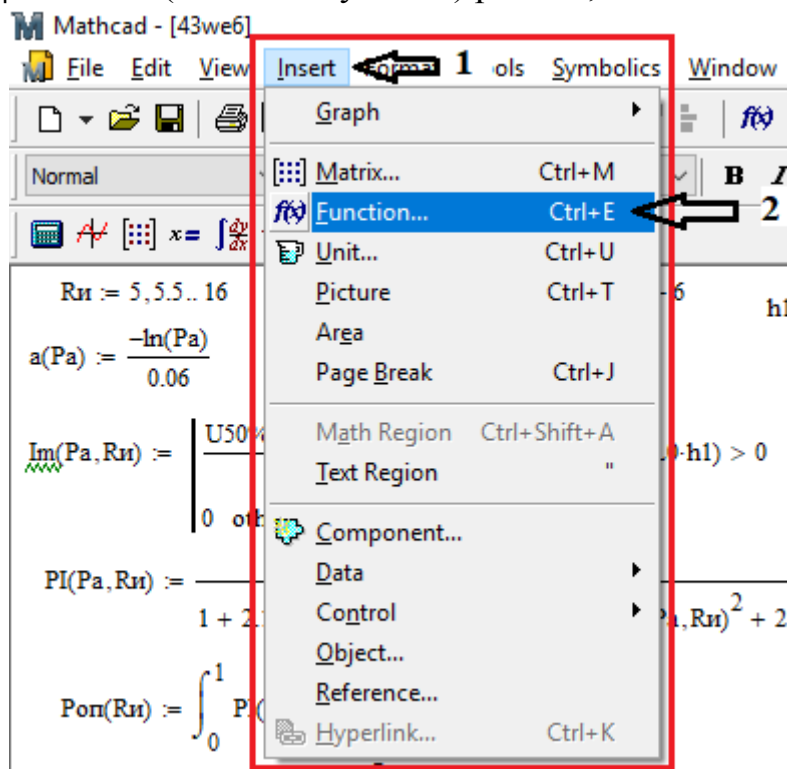


Рис 2.6

– скобки могут быть вставлены нажатием соответствующих клавиш. Однако для того чтобы выделить скобками уже введенную часть формулы, лучше поместить ее между линиями ввода и нажать клавишу '<'>(апостроф).

2.3. Ввод и редактирование текста

MathCAD– это система компьютерной математики. Основное его назначение заключается в редактировании и расчете математических формул. Вместе с тем MathCADобладает довольно развитыми средствами по

оформлению текста. Назначение текстовых областей в документах MathCAD для разных пользователей и разных задач может быть различным. Стоит различать подход к тексту, используемому:

- просто в видекомментариев;
- как элемент оформления документов для создания качественных отчетов в печатной и электронной формах.

Текстовую область можно разместить в любом незанятом месте документа MathCAD. Однако когда пользователь помещает курсор ввода в пустое место документа и просто начинает вводить символы, MathCAD по умолчанию интерпретирует их как начало формулы. Чтобы до начала ввода указать программе, что требуется создать не формульный, а текстовый регион, достаточно, перед тем как ввести первый символ, нажать клавишу $\langle \rangle$. В результате на месте курсора ввода появляется новый текстовый регион, который имеет характерное выделение (рис. 2.6). Курсор принимает при этом вид вертикальной линии красного цвета, которая называется линией ввода текста и аналогична по назначению линиям ввода в формулах. Теперь можно вводить любой текст в текстовый регион, причем очередной символ будет вставлен в позицию, обозначенную линией ввода текста.



Рис. 2.6. Вновь созданный текстовый регион

3. ЧИСЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

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.

3.1. Типы данных

Перечислим основные типы данных, которые обрабатываются процессорами системы MathCAD:

- числа (в том числе действительные, комплексные, а также встроенные константы) – MathCAD хранит все числа в формате двойной точности с плавающей точкой (не разделяя их на целые, булевы и т. д.);
- строки – любой текст, заключенный в кавычки;
- массивы (в том числе ранжированные переменные, векторы и матрицы) – упорядоченные последовательности чисел или строк.

Любое выражение, начинающееся с цифры, MathCAD интерпретирует как число. Поэтому для ввода числа нужно набирать его на клавиатуре. Несмотря на то, что MathCAD хранит все числа в одинаковом формате, вводить их можно в наиболее подходящем представлении, исходя из контекста документа:

- как целое число;
- как десятичное число с любым количеством десятичных цифр после точки;
- в представлении с порядком – в так называемом научном формате или представлении, для чего после ввода числа напечатайте символ умножения и введите 10 в нужной степени;
- как число в другой системе счисления.

Три первых представления иллюстрируются содержанием соответствующей строки рис. 3.1.

a := 10000	
b := 2.57285	c := 312.1
d := 4.17 · 10 ⁻²³	e := 314.2 · 10 ¹⁵

Рис. 3.1. Ввод действительных чисел

Большинство операций в среде MathCAD по умолчанию осуществляются над комплексными числами. Комплексное число является суммой действительного и мнимого числа, получающегося путем умножения любого действительного числа на мнимую единицу i . По определению, $i = \sqrt{-1}$ или

$i^2 = -1$. Чтобы ввести мнимое число, например $3i$, необходимо:

- 1) Ввести действительный множитель (3).
- 2) Ввести символ $\langle i \rangle$ или $\langle j \rangle$ непосредственно после него.

Для ввода мнимой единицы надо нажать клавиши $\langle 1 \rangle$, $\langle i \rangle$. Если просто ввести символ $\langle i \rangle$, то MathCAD интерпретирует его как переменную i . Комплексное число можно ввести в виде обычной суммы действительной и мнимой частей или в виде любого выражения, содержащего мнимое число. Примеры ввода и вывода комплексных чисел иллюстрируются рис. 3.2.

x := 2i + 4	x = 4 + 2i
y := 19.785j + 0.1	y = 0.1 + 19.785i
z := 23 · e ^{0.1i}	z = 22.885 + 2.296i

Рис. 3.2. Комплексные числа

Для работы с комплексными числами имеется несколько простых

функций и операторов, действие которых показано рис. 3.3.

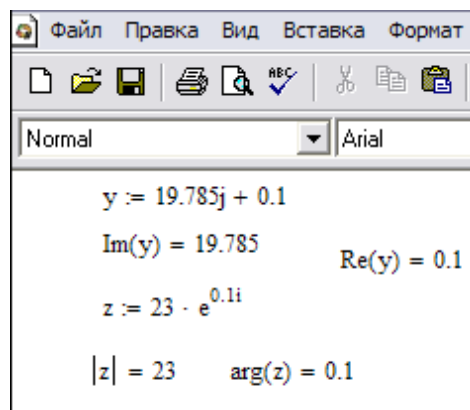


Рис. 3.3. Функции работы с комплексными числами

3.2. Скаляры, вектора и матрицы

Массивами называют упорядоченные последовательности чисел или элементов массива. Доступ к любому элементу массива возможен по его индексу, т. е. номеру в последовательности чисел (на рис. 3.4,а переменная a – это массив, a_i – его элемент). Применение массивов чрезвычайно эффективно в математических расчетах.

В MathCAD условно можно выделить два типа массивов:

- векторы (одноиндексные массивы, рис.3.4,а), матрицы (двухиндексные, рис. 3.4,б) и тензоры (многоиндексные);
- ранжированные переменные – это векторы, элементы которых определенным образом зависят от их индекса. Ранжированные переменные предназначены для создания циклов или итерационных вычислений. Простейший пример ранжированной переменной – это массив с числами, лежащими в некотором диапазоне с некоторым шагом.

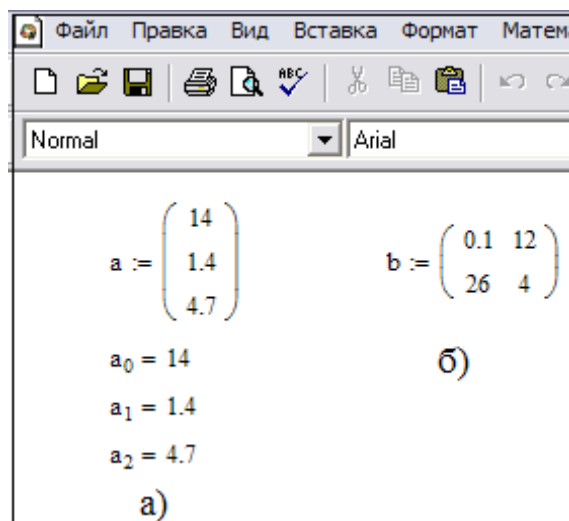


Рис. 3.4. Одномерные (а) и двумерные (б) массивы (матрицы)

Для создания ранжированной переменной s с элементами 0, 1, 2, 3, 4, 5 необходимо:

1. Поместить курсор ввода в нужное место документа.
2. Ввести имя переменной (s) и оператор присваивания $<:=>$ с клавиатуры или с панели инструментов.
3. Нажать кнопку Range Variable (ранжированная переменная) на панели Matrix (матрица), либо ввести символ $<:=>$ с клавиатуры.
4. В появившиеся местозаполнители (рис. 3.5) ввести левую и правую границы диапазона изменения ранжированной переменной 0 и 5.

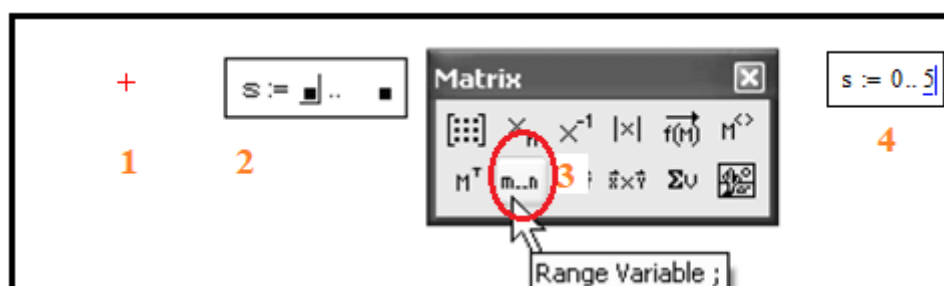


Рис. 3.5. Создание ранжированной переменной

Чтобы создать ранжированную переменную с шагом, не равным 1, например 0, 2, 4, 6, 8 (рис. 3.6), необходимо:

1. Создать ранжированную переменную в диапазоне от 0 до 8.
2. Поместить линии ввода на значение начала диапазона (0).
3. Ввести запятую.
4. В появившемся местозаполнителе ввести значение шага изменения ранжированной переменной (2).

$s := 0,2..8$

$s =$

0
2
4
6
8

Рис. 3.6. Создание ранжированной переменной с шагом отличным от единицы

Созданная ранжированная переменная будет иметь значения от 0 до 8 с шагом, равным 2. Результат создания ранжированной переменной иллюстрируется рис. 3.7. Нужно помнить о том, что ранжированные переменные – это просто разновидности векторов с упрощенной формой

задания элементов. Часто необходимо провести одни и те же вычисления циклически большое количество раз, например, вычисление некоторой функции $f(x)$ в некотором диапазоне x для построения подробного графика. Задание вручную всех значений аргумента (наподобие вектора с рис. 3.7) очень трудоемко, а с помощью использования ранжированной переменной x это делается в одну строку.

```
i := 0, 2 .. 8
s(i) := i2 + 1
```

i =	s(i) =	exp(s(i)) =
0	1	2.718
2	5	148.413
4	17	2.415·10 ⁷
6	37	1.172·10 ¹⁶
8	65	1.695·10 ²⁸

Рис. 3.7. Ранжированная переменная при параллельных вычислениях

Задание значений переменных

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

Чтобы присвоить переменной новое значение, например, переменную x сделать равной 10, необходимо:

1. Ввести в желаемом месте документа имя переменной, например, x .
2. Ввести оператор присваивания с помощью клавиши $\langle := \rangle$ или нажатием соответствующей кнопки Definition (Присваивание) на панели инструментов Calculator (Калькулятор) или Evaluation (Выражения) (рис. 3.8).
3. Ввести появившийся место заполнительное значение переменной.

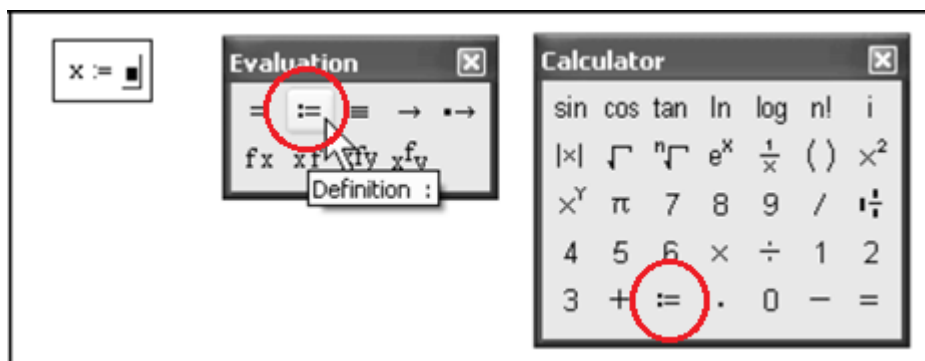


Рис. 3.8. Вставка логического оператора

Присвоить 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.

Если переменная с некоторым именем создается в данном документе впервые, то для ввода оператора присваивания вместо двоеточия допускается использовать символ равенства $\langle = \rangle$, который MathCAD автоматически заменит. Чтобы переопределить значение переменной, определенной в документе, оператор присваивания следует вводить не знаком равенства, а двоеточием, либо пользоваться панелью инструментов.

Не вполне соответствующий общепринятому математическому стилю вид оператора присваивания (не $=$, а $:=$) является компромиссом, связанным с назначением MathCAD как системы программирования. Этот оператор показывает, что он действует в отличие от других не слева направо, а справа налево, поскольку значение (справа) задается переменной (слева). Внешний вид этого оператора говорит пользователю MathCAD о действии, выполняемом в данном месте документа: значение переменной не выводится на экран (о чем говорит знак $=$), а присваивается ($:=$) данной переменной.

Функции в MathCAD записываются в обычной для математика форме: $f(x, \dots)$ – функция, где f – имя функции; x, \dots – список переменных.

Легче всего ввести написание функции в документ при помощи клавиатуры. В MathCAD формально можно разделить функции на два типа:

- Встроенные функции;
- функции, определенные пользователем.

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

1. Ввести в желаемом месте документа имя функции f .
2. Ввести левую скобку $\langle (\rangle$, имена переменных x , через запятую и правую скобку \rangle . При вводе левой скобки и запятой автоматически будут появляться соответствующие местозаполнители.
3. Ввести оператор присваивания с панели инструментов или нажатием клавиши с двоеточием.
4. Ввести в появившийся местозаполнитель выражение, определяющее функцию $x^2 \cdot \cos(x + y)$, пользуясь клавиатурой или панелями инструментов.

Результат ввода иллюстрируется рис. 3.9.

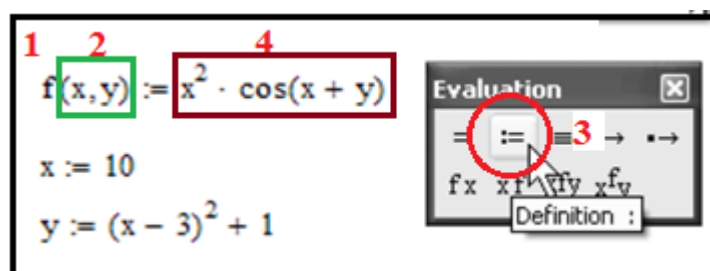


Рис. 3.9. Определение функции пользователя и введение выражений

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. 3.10).

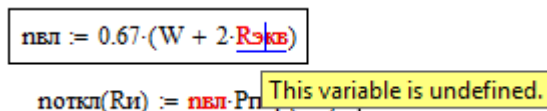


Рис. 3.10. Сообщение об ошибке

На рис. 3.11 приведен пример вычисления значения функции

$$f(x) = \frac{\exp(x^2 - 2,6)}{\pi} + \cos 2x$$

в точках $x = 1$ и $x = 1,46$.

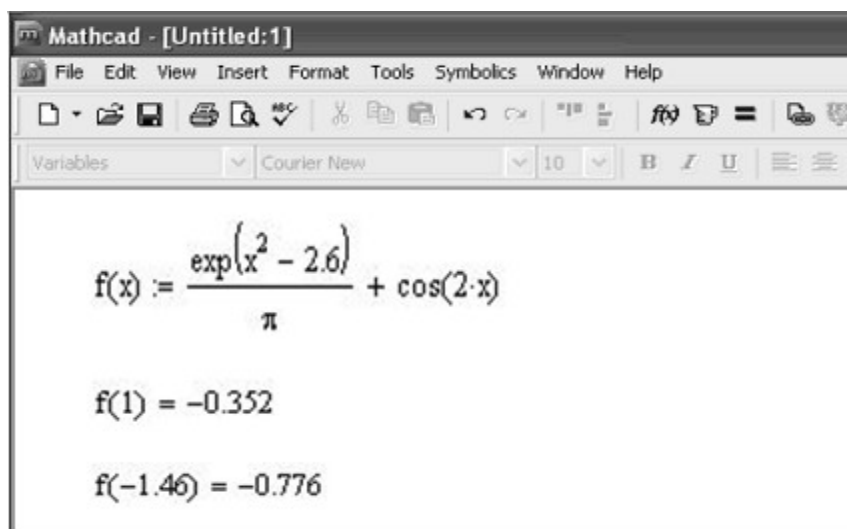


Рис. 3.11. Пример вычисления функции

3.3. Вывод значений переменных наэкрэн

Чтобы вычислить в документе некоторое математическое выражение, которое может состоять из переменных, операторов и функций, необходимо:

1. Ввести это выражение, например x^y .
2. Нажать клавишу $\langle = \rangle$.

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.

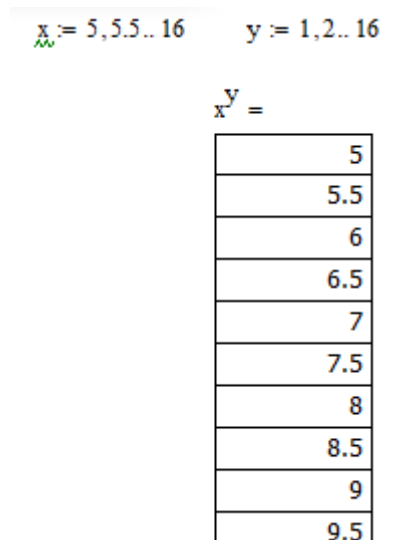


Рис 3.3.1

3.4. Математические операторы

Каждый оператор в MathCAD обозначает некоторое математическое действие в виде символа. В полном соответствии с терминологией, принятой в математике, ряд действий (например, сложение, деление, транспонирование матрицы и т.п.) реализован в MathCAD в виде встроенных операторов, а другие действия (например, **sin**, **erfi** т.п.) – в виде встроенных функций. 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. Символ любого оператора в нужное место документа вводится одним из двух основных способов:

- нажатием соответствующей клавиши (или сочетания клавиш);
- 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).

Вычислительные операторы вставляются в документы при помощи панели инструментов **Calculus** (Вычисления). При нажатии любой из кнопок в документе появляется символ математического действия, снабженный несколькими местозаполнителями. Количество и расположение местозаполнителей определяется типом оператора и в точности соответствует их общепринятой математической записи. Например, при вставке оператора суммы (рис. 3.12) необходимо задать четыре величины: переменную, по которой надо произвести суммирование, нижний и верхний пределы, а также само выражение, которое будет стоять под знаком суммы.

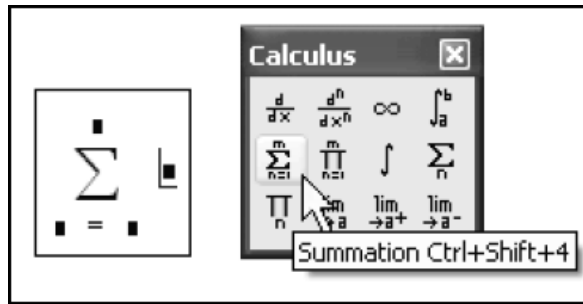


Рис. 3.12. Вставка оператора суммирования

Перечислим основные вычислительные операторы и приведем простейшие примеры их применения:

- дифференцирование (рис.3.13);
- интегрирование (рис.3.14);
- суммирование (рис.3.15);
- произведение (рис.3.15);
- суммирование ранжированной переменной (рис.3.16);
- произведение ранжированной переменной (рис.3.16).

В примерах на рис. 3.12–3.13 применен режим символьной математики, который далее будет рассмотрен более подробно (глава 4).

$$\frac{d}{dx} \sin(x) \rightarrow \cos(x)$$

$$\frac{d}{dx} \cos(x) \rightarrow -\sin(x)$$

Рис. 3.13. Операторы вычисления производных

$$\int_a^{\infty} \frac{1}{x^3} dx \rightarrow \frac{1}{(2 \cdot a^2)}$$

$$\int \ln(x) dx \rightarrow x \cdot \ln(x) - x$$

Рис. 3.14. Операторы интегрирования

$$\sum_{i=1}^{10} i = 55$$

$$\prod_{i=1}^{30} i = 2.653 \times 10^{32}$$

Рис. 3.15. Операторы суммирования и вычисления произведения

$i := 1..5$

$i!$	
1	
2	
6	
24	
120	

$$\sum_i i^2 = 55$$

$$\prod_i e^i = 3.269 \times 10^6$$

Рис. 3.16. Операторы суммирования и произведения ранжированной переменной

Рассмотрим примеры нахождения производной функции и интегралов (рис. 3.17–3.19).

The screenshot shows the Mathcad interface with the following content:

$$f(x) := \frac{\cos(x) - \cos(3 \cdot x)}{x}$$

$$\frac{d}{dx} f(x) \rightarrow \frac{(-\sin(x) + 3 \cdot \sin(3 \cdot x))}{x} - \frac{(\cos(x) - \cos(3 \cdot x))}{x^2}$$

Рис. 3.16. Пример нахождения производной функции

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{1 + \cos(x)} dx \rightarrow 1$$

$$\int_1^5 (2 \cdot x + 1) dx \rightarrow 28$$

Рис. 3.17. Пример нахождения определенных интегралов

$$\int \frac{(1+t)^2}{t \cdot (1+t^2)} dt \rightarrow \ln(t) + 2 \cdot \text{atan}(t)$$

$$\int \frac{1}{(x-1)^2} dx \rightarrow \frac{-1}{(x-1)}$$

Рис. 3.18. Пример нахождения неопределенных интегралов

3.5. Управление вычислениями

Документ MathCAD – это в полном смысле слова компьютерная программа, а сама система MathCAD – настоящая система программирования, правда, ориентированная на математика, а не на профессионального программиста. Большинство других сред программирования (Си, Фортран, Бейсик и т. п.) разделяют редактирование кода программ и их выполнение, которое можно вызвать предназначенными для этого командами. В MathCAD и код программы, и результат их выполнения объединены в документе. Тем не менее функции редактирования формул и их расчеты разделены, и пользователь имеет возможность управлять всеми важнейшими опциями вычислений.

Вообще говоря, имеются два режима вычислений:

- автоматический режим (automatic mode) – все вычисления выполняются автоматически по мере ввода формул;

- ручной режим (manual mode) – старт вычислений каждой формулы или всего документа производится пользователем.

Режим вычислений можно выбрать с помощью команды **Tools | Calculate Automatic Calculation** (Сервис | Пересчитать | Считать автоматически) как показано на рис. 3.20. Если в этой строке меню установлен

флажок проверки, значит, включен автоматический режим, если флажка нет, то редактируется документ в ручном режиме вычислений.

MathCAD осуществляет вычисления документа сверху вниз и слева направо. Пока очередное выражение находится в процессе расчета, оно выделяется рамкой зеленого цвета, а любые действия пользователя по дальнейшему редактированию документа блокируются.

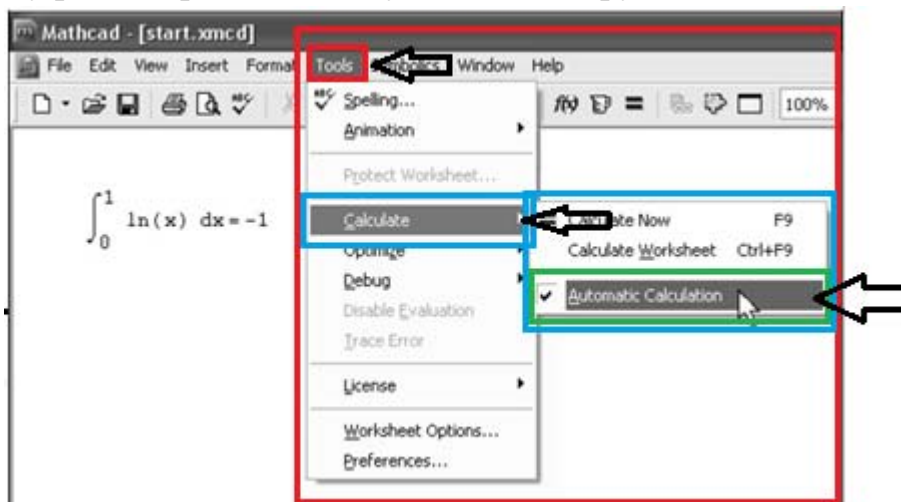


Рис. 3.20. Выбор режима вычисления

Установки режимов вычислений для всего документа сведены на вкладке **Calculations**(Вычисления) диалогового окна **WorksheetOptions**(Опции документа), вызываемого с помощью команды **Tools | WorksheetOptions**(Сервис | Опции документа) Рис 3.20.1.

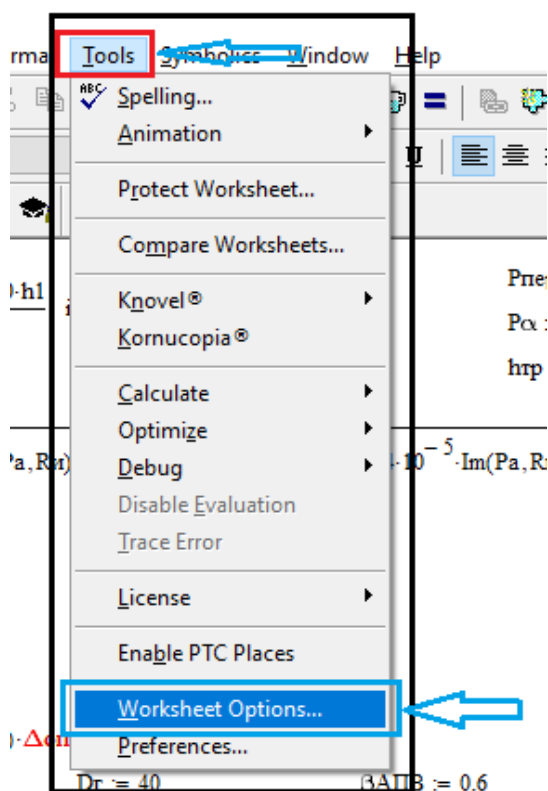


Рис 3.20.1

Опции сгруппированы на нескольких вкладках (рис. 3.21), а их набор приобрел такой вид:

- **Unit system**(Система измерения) – выбор системы, в которой отображаются размерные величины (СИ, СГС ит.д.);
- **Dimension**(Размерность) – задание набора единиц измерения основных размерных величин;
- **Compatibility** (Совместимость) – включение опций работы математического процессора по обработке команд присваивания;
- **Built-in variables**(Встроенные переменные) – определение значений системных констант, таких как ORIGIN , TOL или TOL;
- **Calculating**(Вычисление) – выбор опций режима вычислений;
- **Display**(Отображение) – выбор установок по умолчанию для символов операций, допускающих разное отображение на экране (например, присваивания, численного и символьного вывода, умножения).

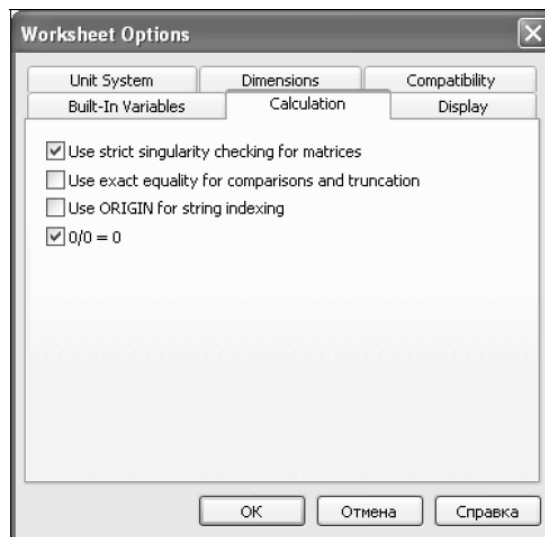


Рис. 3.21. Управление режимом вычислений документа в диалоговом окне WorksheetOptions

MathCAD позволяет отключить вычисление какой-либо формулы. При этом она не будет влиять на последующие вычисления. Чтобы не вычислять определенную формулу в документе, необходимо:

1. Щелкнуть правой кнопкой мыши на формуле.
2. Выбрать в контекстном меню пункт DisableEvaluations(Выключить вычисления), как показано на рис.3.22.

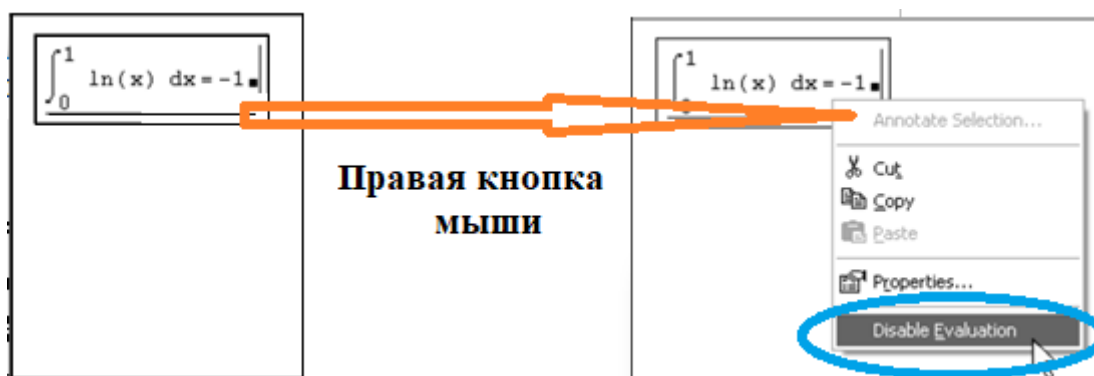


Рис. 3.22. Отключение вычисления формулы с помощью контекстного меню

Тем не менее в расчетах все равно могут появляться ошибки. Они могут быть связаны как с орфографическими ошибками, так и с более серьезными внутренними причинами, требующими знания численных алгоритмов расчетов. Искусство математика во многом состоит в умении анализировать ошибочные ситуации и находить правильный выход из них. В MathCAD встроены специальные возможности, которые позволяют отслеживать и устранять ошибки.

Когда процессор MathCAD по тем или иным причинам не может вычислить выражение, он вместо ответа выдает сообщение об ошибке. Если курсор находится вне формулы с ошибкой, то в ней 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. 3.23). 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.

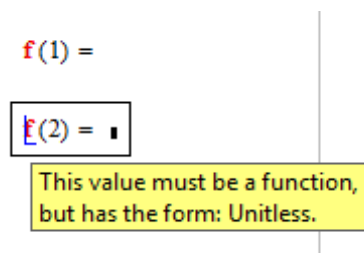


Рис. 3.23. Сообщение об ошибке

3.6. Создание графиков

В пакет MathCAD встроено несколько различных типов графиков, которые можно разбить на две большие группы:

- 1) Двумерные графики:
 - XY (декартов) график (XYPlot);
 - полярный график (PolarPlot).
- 2) Трехмерные графики:
 - график трехмерной поверхности (SurfacePlot);
 - график линий уровня (ContourPlot);
 - трехмерная гистограмма (3D BarPlot);
 - трехмерное множество точек (3D ScatterPlot);
 - векторное поле (Vector FieldPlot).

Деление графиков на типы несколько условно, так как, управляя установками многочисленных параметров, можно создавать комбинации типов графиков, а также новые типы (например, двумерная гистограмма распределения является разновидностью простого XY-графика).

Все графики создаются одинаково с помощью панели инструментов **Graph** (График), различия обусловлены лишь отображаемыми данными.

Чтобы создать график, например двумерный декартов, необходимо:

1. Поместить курсор ввода в то место документа, куда требуется вставить график.

2. Если на экране нет панели **Graph** (График), вызвать ее нажатием кнопки с изображением графиков на панели **Math** (математика).

3. Нажать на панели **Graph** (График) кнопку **X-Y Plot** для создания декартова графика (рис. 3.24) или другую кнопку для иного типа графика.

4. В результате в обозначенном месте документа появится пустая область графика с одним или несколькими местозаполнителями (рис. 3.24, слева). В местозаполнители вводятся имена переменных или функций, которые должны быть изображены на графике. В случае декартова графика это два местозаполнителя данных, откладываемых по осям x и y .

Если имена данных введены правильно, нужный график появится на экране. Созданный график можно изменить, меняя сами данные, форматировать его внешний вид или добавляя дополнительные элементы оформления.

Самый наглядный способ создания графика – с помощью панели инструментов **Graph** (График). Аналогично создаются графики путем выбора соответствующего элемента подменю **Insert | Graph** (Вставка | График), показанного на рис. 3.25, либо нажатием соответствующей типу графика горячей клавиши.

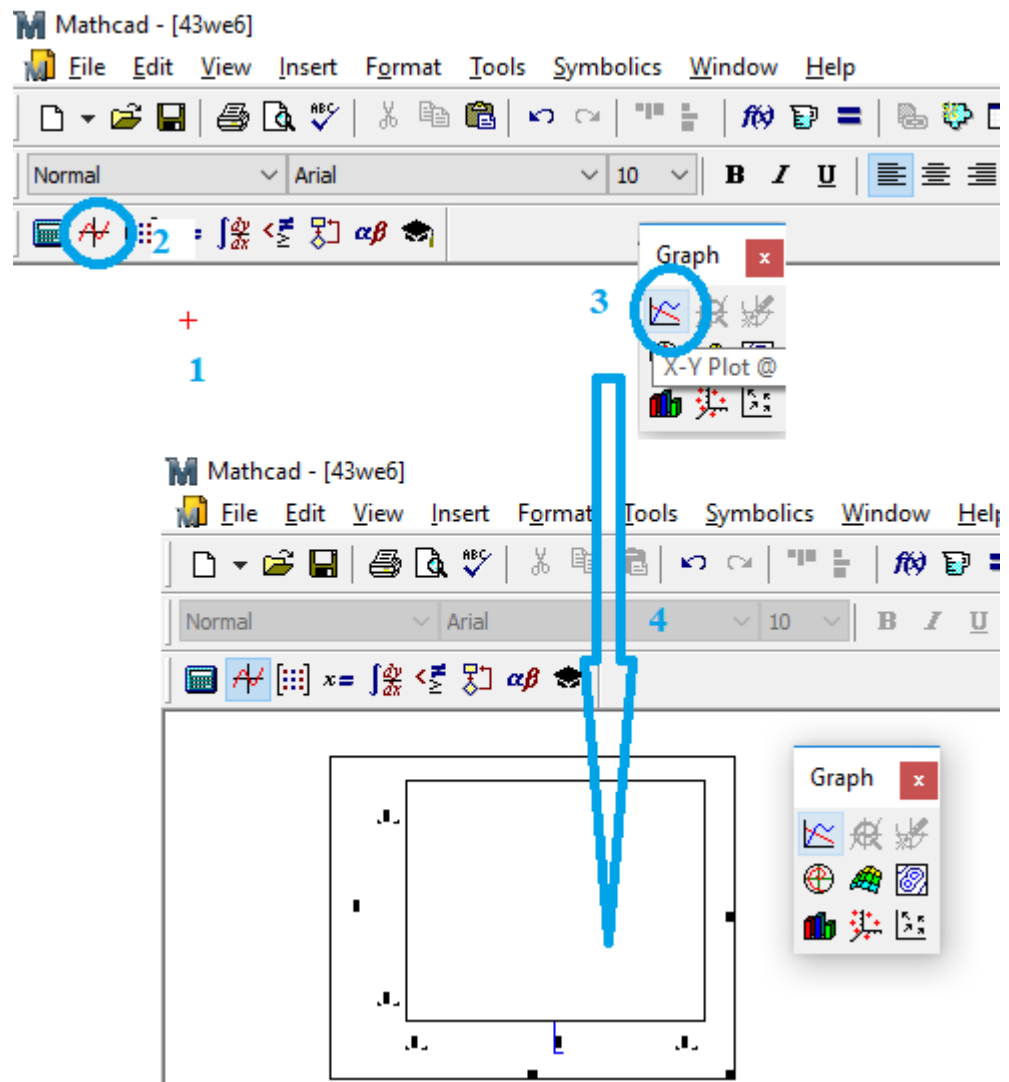


Рис. 3.24. Создание графика с помощью панели Graf

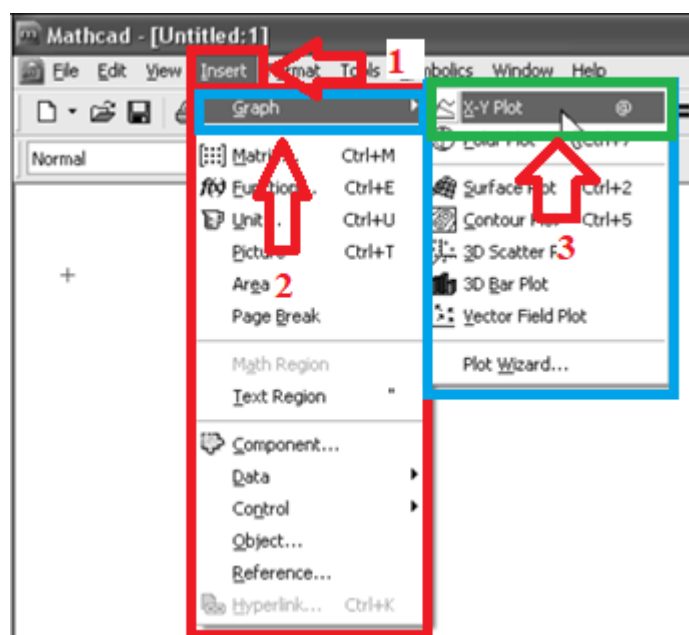


Рис. 3.25. Создание графиков посредством меню

Чтобы удалить график, нужно щелкнуть в его пределах и выбрать в верхнем меню **Edit**(Правка) команду **Cut**(Вырезать) или **Delete**(Удалить).

Рассмотрим пример построения графика линейной функции $y=a \cdot x+b$. Содержимое листа MathCAD с графиком функции представлены на рис.3.26.

Часто возникает необходимость визуализации некоторой математической зависимости при различных значениях одного или нескольких параметров функции, т.е. получения семейства кривых на одном графике. Для этого можно использовать возможность MathCAD по заданию функции пользователя с указанием формальных аргументов, числовые значения которых можно задать после объявления функции. Пример

построения семейства кривых функции $y = ax + b$ при различных значениях параметра b приведен на рис. 3.27.

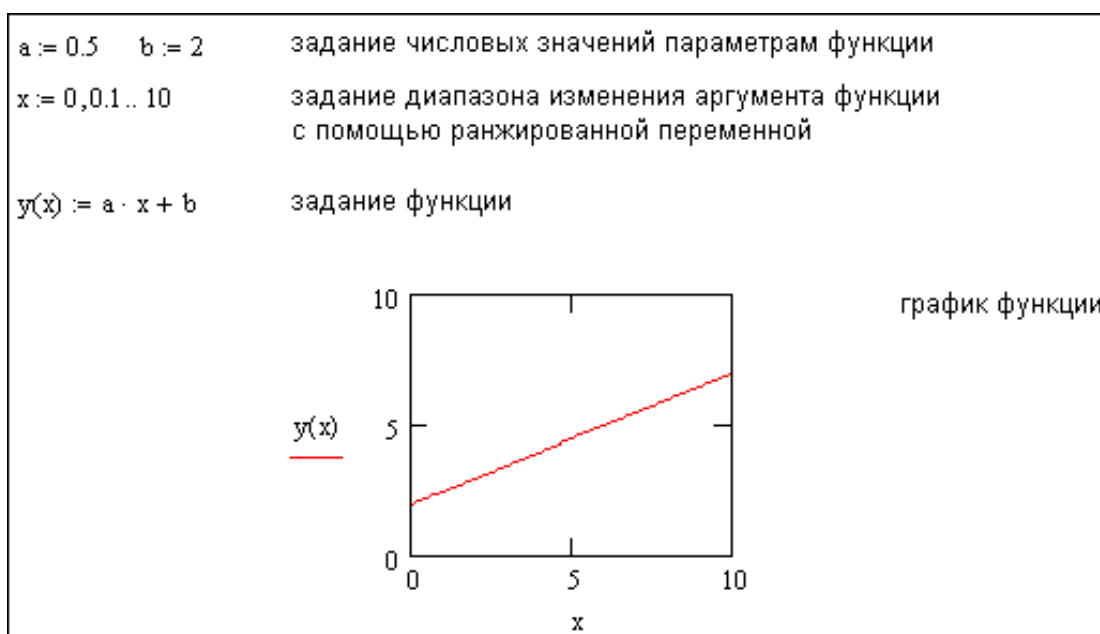


Рис. 3.26. Пример построения графика функции

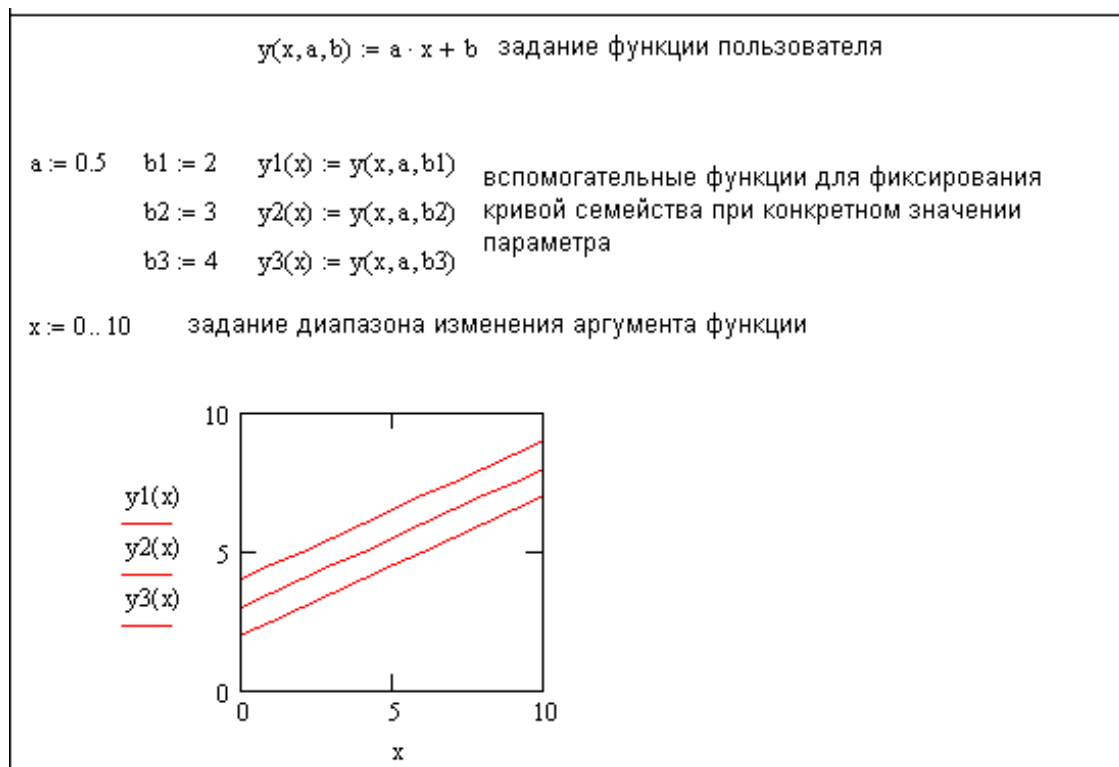


Рис. 3.27. Построение семейства кривых функции $y = ax + b$ при различных значениях параметра b

4. СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

В данной главе рассматриваются возможности символьного процессора MathCAD. Он позволяет решить многие задачи математики аналитически, без применения численных методов и, соответственно, без погрешностей вычислений.

4.1. Способы символьных вычислений

Символьные вычисления в MathCAD можно осуществлять в двух различных вариантах:

- с помощью команд меню;
- с помощью оператора символьного вывода ключевых слов символьного процессора и обычных формул (в справочной системе MathCAD этот способ называется символьными вычислениями в реальном времени).

Первый способ более удобен, когда требуется быстро получить какой-либо аналитический результат для однократного использования, не сохраняя ход вычислений. Второй способ более нагляден, так как позволяет записывать выражения в математической форме и сохранять символьные вычисления в документах MathCAD. Кроме того, аналитические преобразования, проводимые через меню, касаются только одного, выделенного в данный момент, выражения. Соответственно, на них не влияют формулы, находящиеся в документе MathCAD выше этого выделенного выражения (например, операторы присваивания значений какому-либо переменным). Оператор символьного вывода, напротив, учитывает все предыдущее содержимое документа и выдает результат с его учетом.

Для символьных вычислений при помощи команд предназначено главное меню **Symbolics** (Символика), объединяющее математические операции, которые MathCAD умеет выполнять аналитически (рис. 4.1). Для реализации второго способа (рис. 4.2) применяются все средства MathCAD, пригодные для численных вычислений (например, панели Calculator (Калькулятор), Evaluation (Выражения) и т.д.), и специальная математическая панель инструментов, которую можно вызвать на экран нажатием кнопки **Symbolic Keyword Toolbar** (Панель символики) на панели **Math** (Математика). На панели **Symbolic** (Символика) находятся кнопки, соответствующие специфическим командам символьных преобразований.

Символьные вычисления иллюстрируют примеры, приведенные ранее на рис. 3.11-3.12.

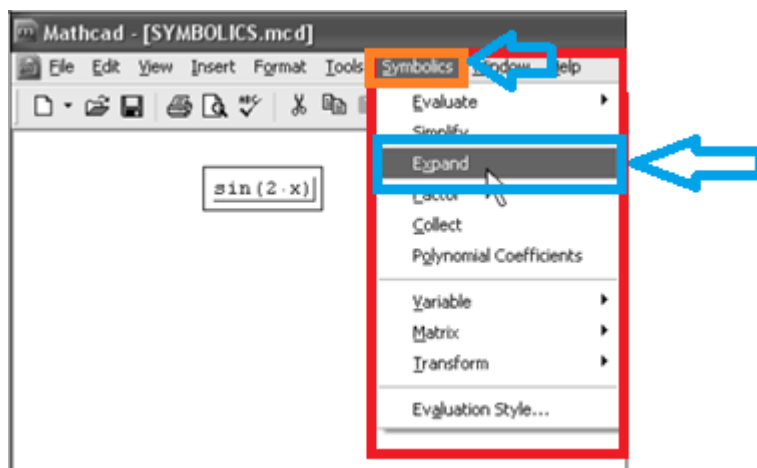


Рис. 4.1. МенюSymbolics

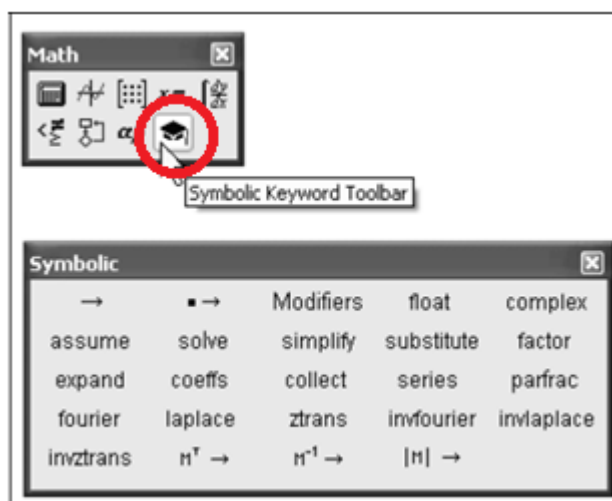


Рис. 4.2. ПанельSymbolic

4.2. Интегрирование

Интегрирование в MathCAD реализовано в виде вычислительного оператора. Допускается вычислять интегралы от скалярных функций в пределах интегрирования, которые также должны быть скалярами. Несмотря на то, что пределы интегрирования обязаны быть действительными, подынтегральная функция может иметь и комплексные значения, поэтому значение интеграла может быть комплексным. Если пределы интегрирования имеют размерность, то она должна быть одной и той же для обоих пределов. 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 обычную математическую форму в документе. Делается это с помощью панели **Calculus**(Вычисления) нажатием кнопки со значком интеграла или комбинации клавиш <Shift>+ <7>(или символа «&», что тоже самое). Появится символ интеграла с несколькими местозаполнителями (рис. 4.3), в которые нужно ввести нижний и верхний интервалы интегрирования, подынтегральную функцию и переменную интегрирования.

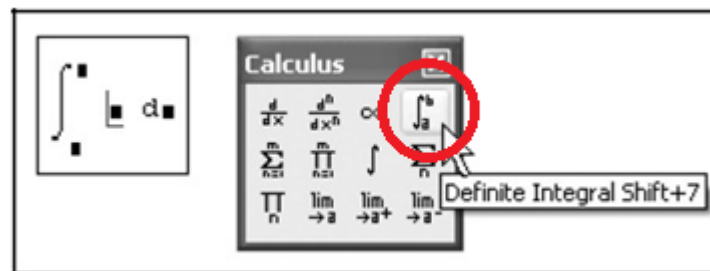


Рис. 4.3. Оператор интегрирования

Чтобы получить результат интегрирования, следует ввести знак равенства или символного равенства. В первом случае интегрирование будет проведено численным методом, во втором – будет найдено точное значение интеграла с помощью символьного процессора MathCAD. Оба способа иллюстрирует рис. 4.4. Символьное интегрирование возможно только для небольшого круга несложных подынтегральных функций.

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

$$\int_0^{\pi} \sin(x) dx \rightarrow 2$$

Рис. 4.4. Численное и символьное вычисления определенного интеграла

Разработчиками MathCAD запрограммированы четыре численных метода интегрирования:

- **Romberg**(Ромберга) – для большинства функций, не содержащих особенностей;
- **Adaptive**(Адаптивный) – для функций, быстро меняющихся на интервале интегрирования;
- **InfiniteLimit**(Бесконечный предел) – для интегралов с бесконечными пределами;

– **SingularEndpoint**(Сингулярный предел) – для интегралов с сингулярностью на конце. Модифицированный алгоритм Ромберга для функций, не определенных на одном или обоих концах интервала интегрирования.

Выбор численного метода осуществляется установкой флажка **AutoSelect**(Автоматический выбор) в контекстном меню Рис 4.3.1

. Попробовать другой метод можно, например, чтобы сравнить результаты расчетов в специфических случаях, когда есть сомнения в их правильности.

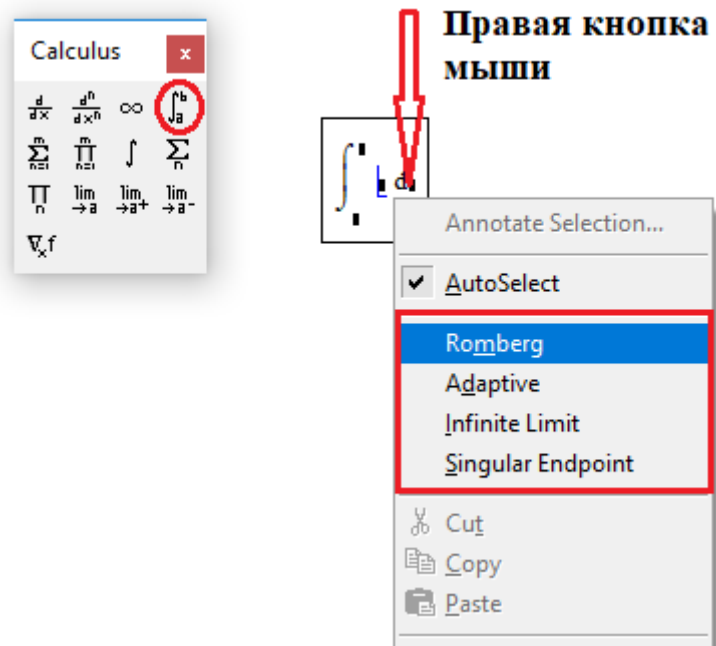


Рис 4.3.1

4.3. Дифференцирование

С помощью MathCAD можно вычислять производные скалярных функций любого количества аргументов, от 0-го 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 превосходную точность численного дифференцирования. Но больше всего пользователь оценит возможности символьного процессора, который позволяет с легкостью осуществить рутинную работу вычисления производных громоздких функций, поскольку, в отличие от всех других операций, символьное дифференцирование выполняется успешно для подавляющего большинства аналитически заданных функций.

Для дифференцирования функцию $f(x)$ в некоторой точке, следует:

1. Определить точку x , в которой будет вычислена производная.
2. Ввести оператор дифференцирования нажатием кнопки

Derivative(производная) на панели **Calculus**(Вычисления) или нажать комбинацию клавиш $\langle \text{Shift} \rangle + \langle ? \rangle$. В появившихся местозаполнителях(рис. 4.5) ввести функцию, зависящую от аргумента x , т.е. $f(x)$, и имя самого аргумента.

3. Ввести оператор численного $\langle \Rightarrow \rangle$ или символического $\langle \rightarrow \rangle$ вывода для получения ответа.

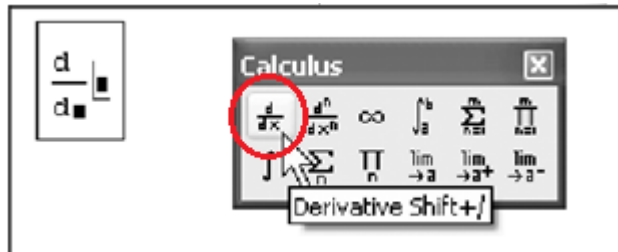


Рис. 4.5. Оператор дифференцирования

Пример дифференцирования функции $f(x)=\cos(x)-\ln(x)$ приведен на рис. 4.6.

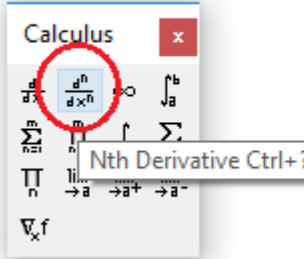
$$x := 0.01$$

$$\frac{d}{dx} \cos(x) \cdot \ln(x) = 100.041$$

Рис. 4.6. Численное дифференцирование

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 темисключением, что вместо оператора производной необходимо применить оператор N -й производной (NthDerivative). Этот оператор вводится с той же панели **Calculus**(Вычисления), либо с клавиатуры нажатием комбинации клавиш $\langle \text{Shift} \rangle + \langle \text{Ctrl} \rangle + \langle ? \rangle$, и содержит еще два местозаполнителя, в которые следует поместить число N . В полном соответствии с математическим смыслом оператора, определение порядка производной в одном из местозаполнителей приводит к автоматическому появлению того же числа в другом из них.

«Производная» при $N = 0$ по определению равна самой функции. При $N = 1$ получается обычная первая производная. Пример с рис. 4.7 показывает численное и символьное вычисления второй производной. Стоит обратить внимание, что, как и при вычислении обычной производной, необходимо перед оператором дифференцирования присвоить аргументу функции значение, для которого будет вычисляться производная.



$$x := 0.1$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \cos(x) \cdot x^2 = 1.94$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \cos(x) \cdot x^2 \rightarrow 1.99 \cdot \cos(.1) - .4 \cdot \sin(.1)$$

Рис. 4.7. Численное и символьное вычисления второй производной

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 месте заполнить печатать имя переменной, по которой должно быть осуществлено дифференцирование.

В первой строке примера, приведенного на рис. 4.8, определена функция двух переменных, а в двух следующих строках символьным образом вычислены ее частные производные по обеим переменным – x и y . Чтобы определить частную производную численным методом, необходимо предварительно задать значения всех аргументов, что и сделано в следующих двух строках примера. Последнее выражение в примере снова (как и в третьей строке) определяет символьно частную производную по y . Но поскольку переменным x и y уже присвоены конкретные значения, то в результате получается число, а не аналитическое выражение.

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

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

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

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

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

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

Рис. 4.8. Численные и символьные вычисления частных производных

Стоит обратить внимание, что в примере на рис. 4.8 оператор дифференцирования записан в форме частной производной. Подобно тому, как существует возможность выбирать вид, например, оператора присваивания, можно записывать операторы дифференцирования в виде обычной или частной производной. Запись оператора не влияет на вычисления, а служит лишь более привычной формой представления расчетов.

5. ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В MATHCAD

Последние версии MathCAD имеют не очень мощный, но весьма элегантный собственный язык программирования. С одной стороны он дает возможность программисту эффективно применять программный код в документах MathCAD, а с другой – простота и интуитивность языка программирования позволяют быстро ему обучиться. Программные модули внутри документа MathCAD сочетают в себе и обособленность (поэтому их легко отличить от остальных формул), и простоту смыслового восприятия. Несмотря на небольшое число операторов, язык программирования MathCAD позволяет решать самые различные, в том числе и довольно сложные задачи и является серьезным подспорьем для расчетов.

5.1. Основы программирования

Для вставки программного кода в документы MathCAD имеется специальная панель инструментов **Programming** (Программирование), которая вызывается на экран нажатием кнопки **Programming Toolbar** на панели **Math** (Математика) (рис. 5.1). Большинство кнопок этой панели выполнено в виде текстового представления операторов программирования.

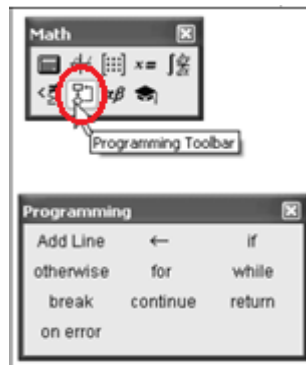


Рис. 5.1. Панель инструментов Programming

Основными инструментами работы в MathCAD являются переменные, математические выражения, функции. Нередко не удастся записать формулу, использующую ту или иную внутреннюю логику, в одну строку. Назначение программных модулей как раз и заключается в определении выражений, переменных и функций в несколько строк, часто с применением специфических программных операторов. Несмотря на принципиальную эквивалентность определения функций и переменных через встроены

функции MathCAD или программные модули, программирование имеет ряд существенных преимуществ, которые в ряде случаев делают документ более простым и читаемым:

- возможность применения циклов и условных операторов;
- простота создания функций и переменных, требующих нескольких простых шагов (как в примере на рис.5.2);
- возможность создания функций, содержащих закрытый для остального документа код, включая преимущества использования локальных переменных и обработку исключительных ситуаций (ошибок).

```
f(x) := | "negative"   if x < 0
        | "positive"  if x > 0
        | "zero"     otherwise
f(1) = "positive"
f(-1) = "negative"
f(0) = "zero"
```

Рис. 5.2. Функция условия, определенная с помощью программы

Как видно из примера на рис. 5.2, программный модуль обозначается в MathCAD вертикальной чертой, справа от которой последовательно записываются операторы языка программирования.

Чтобы создать программный модуль, требуется:

1. Ввести часть выражения, которая будет находиться слева от знака присваивания, и сам знак присваивания. В примере это имя функции $f(x)$.
2. При необходимости вызвать на экран панель инструментов **Programming** (Программирование) (рис. 5.1).
3. Нажать на этой панели кнопку **AddLine** (Добавить линию).
4. Если приблизительно известно сколько строк кода будет содержать программа, можно создать нужное количество линий повторным нажатием кнопки **AddLine** (Добавить линию) соответствующее число раз.
5. В появившиеся местозаполнители ввести желаемый программный код используя программные операторы. В рассматриваемом примере в каждый местозаполнитель вводится строка, например, "positive" (рис. 5.3), затем нажимается кнопка **if** (Если) на панели **Programming** (Программирование) и в возникший местозаполнитель вводится выражение $x > 0$ (рис.5.4).

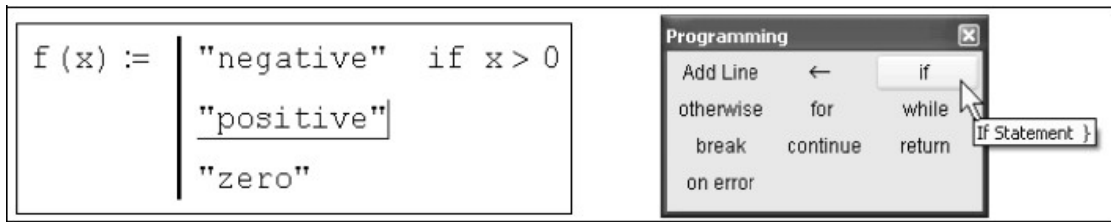


Рис. 5.3. Вставка программного оператора

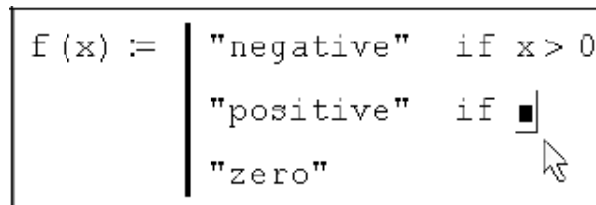


Рис. 5.4. Вставка условия в программу

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.

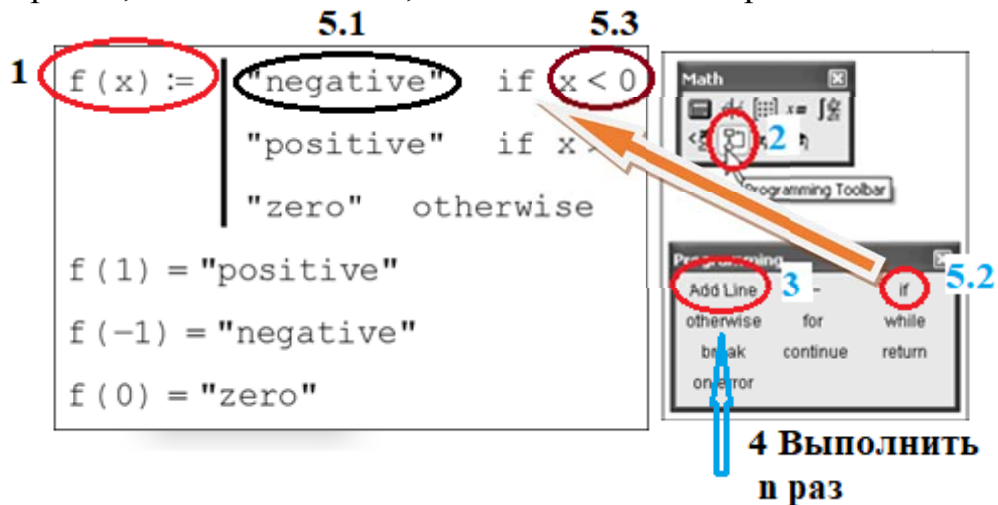


Рис 5.4.1

5.2. Разработка программы

Вставить строку программного кода в уже созданную программу можно в любой момент с помощью той же самой кнопки **AddLine** (Добавить линию). Для этого следует предварительно поместить на нужное место внутри программного модуля линии ввода. Например, расположение линии ввода на строке, показанной на рис. 5.5, приведет к появлению новой линии с местозаполнителем перед этой строкой. Если передвинуть вертикальную линию ввода из начала строки (как на рис. 5.5) в ее конец, то новая линия появится после строки. Если выделить строку не целиком, а лишь некоторую ее часть, то это повлияет на положение в программе новой строки

кода (результат нажатия кнопки AddLineпоказан на рис.5.6).

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

Рис. 5.5. Вставка новой строки в существующую программу

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

Рис. 5.6. Результат вставки новой линии в программу

5.3. Условные операторы

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 программу можно следующим образом:

1. Ввести левую часть выражения и оператор присваивания.
2. Создать новую строку программного кода, нажав на панели Programming(Программирование) кнопку AddLine(Добавить строку).
3. Нажать кнопку условного оператора IF (рис.5.7).
4. Справа от оператора IF ввести условие. Логические операторы вводятся с панели Boolean (Булевы операторы).
5. Выражение, которое должно выполняться, если условие оказывается истинным, вводится слева от оператора IF.
6. Если в программе предусматриваются дополнительные условия, то в программу добавляется еще одна строка нажатием кнопки AddLine(Добавить строку) и вводят их таким же образом, используя операторы IF или otherwise.

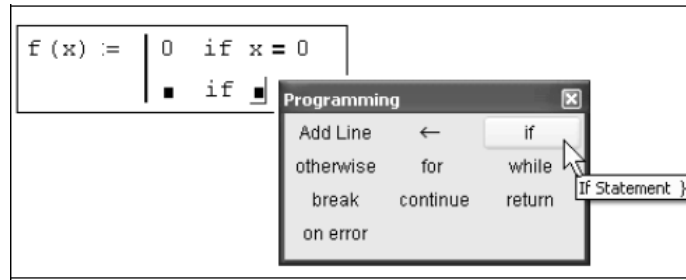


Рис. 5.7. Вставка условного оператора

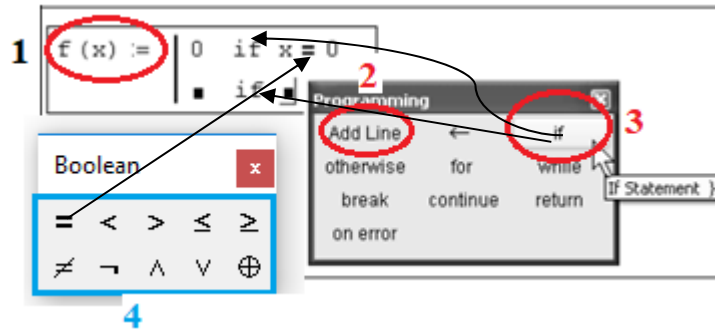


Рис 5.7.1

В режиме выполнения программы, а это происходит при любой попытке вычислить $f(x)$, выполняется последовательно каждая строка кода. Например, в предпоследней строке на рис. 5.8 вычисляется $f(1)$.

```

f(x) := | "negative"   if x < 0
        | if x > 0
        | | "positive"
        | | "big positive"   if x > 1000
        | | "zero"   otherwise
f(1) = "positive"
f(105) = "big positive"

```

Рис. 5.8. Пример усовершенствования программы

Рассмотрим работу каждой строки кода этого примера:

1. Поскольку $x=1$, то условие $x < 0$ не выполнено, и в первой строке ничего не происходит.
2. Условие второй строки $x > 0$ выполнено, поэтому выполняются обе следующие строки, объединенные короткой вертикальной чертой в общий фрагмент.
3. Функции $f(x)$ присваивается значение $f(x) = \text{"positive"}$.
4. Условие $x > 1000$ не выполнено, поэтому значение "bigpositive" не присваивается $f(x)$, она так и остается равной строке "positive".

5. Последняя строка не выполняется, так как 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, так как фрагменты кода одного уровня сгруппированы в программе с помощью вертикальных черт.

5.4. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные команды главного меню MathCAD.
2. Как осуществляется ввод формул в редакторе MathCAD?
3. Как в формулу вставить специальные символы?
4. Какие основные типы данных может обрабатывать MathCAD?
5. Как ввести комплексное число в документе MathCAD?

6. Перечислите основные этапы создания ранжированной переменной.
7. Как присвоить некоторое значение переменной?
8. Как вывести значение переменной на экран?
9. Как отключить вычисление какой-либо формулы?
10. Как провести операцию символьного вычисления?
11. Как можно создать график в MathCAD?
12. С помощью какой панели инструментов можно произвести интегрирование в MathCAD?
13. Как в MathCAD продифференцировать функцию в точке?
14. Как в MathCAD создать программный модуль?

5.5. Задания для самостоятельной работы

1. Определить функции пользователя:

а) $f(x,y) = x^3 \cdot \sin(x+y)$, где б) $x = 5, y = x^3 + 7$;

$f(x, y) = (x^2 + 4) \cdot \lg xy$, где $x = 3, y = x^2 + 15x + 8$;
 $x^5 + 24y$

в) $f(x, y) = \frac{z + 18}{z + 18}$, где $x = -1, z = x + x^2, y = (x + 9)^4 + z$.

2. Найти сумму:

а) $f(x) = (x + 5)^i$, где $x = 26, i = 1 \div 5$;

б) $f(x) = (x^3 + y)^i$, где $x = 11, y = 5x, i = 1 \div 7$.

3. Найти произведение:

а) $f(x) = (54 - x)^i$, где $x = 17, i = 1 \div 6$;

б) $f(x) = (x^4 + 3y)^i$, где $x = 32, y = 4x - 21, i = 1 \div 8$.

4. Вычислить интегралы:

а) $\int_e^{e^2} \frac{\sqrt{\ln x}}{x} dx$; б) $\int_1^2 \ln(3x + 2) dx$; в) $\int_{-\frac{1}{3}}^0 \frac{dx}{\sqrt{2 - 6x - 9x^2}}$; г) $\int_0^1 \frac{2x}{1 + x^2} dx$;

д) $\int \frac{dx}{x^3 + 1}$; е) $\int_1^{\sqrt{2}} \frac{xdx}{\sqrt{4 - x^2}}$; ж) $\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{\sin x}$

5. Построить график функции:

а) $y = 4x + 9$ при $x = [1, 10]$;

б) $y = 2x^2 + 3$ при $x = [5, 15]$.

