

Лекция 10

Литература

1. Дьяконов В. П. MATLAB 6/5.SP1/7.0+Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 800 с.: ил.
2. Дьяконов В. П. MATLAB и Simulink для радиоинженеров. М.: ДМК Пресс, 2011. 976 с.
3. Солонина А. и др. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink: Учебное пособие. СПб: БХВ -Петербург, 2012. 432 с
4. Стефанова И. А. Изучение системы MATLAB+Simulink. Учебно-методическое пособие. Самара: ПГУТИ, 2015. – 92с.
5. Стефанова И. А. Применение системы MATLAB + Simulink в технике связи. Задания и методические указания к лабораторным работам по информатике. Самара: ПГУТИ, 2015. – 72с
6. Стефанова И. А. Моделирование устройств телекоммуникаций в системе MATLAB + Simulink. Учебное пособие. Самара: ИУНП ПГУТИ, 2016. – 148с
7. Стефанова И. А. Обработка данных и моделирование в математических пакетах. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика». Самара: ИУНП ПГУТИ, 2016. – 66с
8. Абзалилов, Д.Ф., Малакаев М.С., Широкова Е.А. Практические задания по высшей математике с применением программы Maxima. Учебно-методическое пособие для студентов. Казань: Мехмат, 2012. – 80с

10. Обзор математических пакетов

10.1 Особенности

1. При программировании предметного пользователя интересует конечный результат, а не техника программирования (рутинные детали мало значительны).
2. Полезен большой набор встроенных математических функций. (В языках программирования их надо отдельно программировать).
3. Желательно автоматизировать формирование таблиц.
4. Желательно автоматизировать формирование графиков.
5. Желательны графики в разных форматах (декартовы, полярные, объемные и др.).
6. Полезна анимация.
7. Хорошо иметь средства для моделирования процессов.

Подобными свойствами обладают специализированные математические пакеты - системы компьютерной математики (СКМ):

- MATLAB, // Паскаль + встроенная поддержка математики
- Maple, // Поддержка символьных преобразований
- Mathematic, // Компьютерная алгебра
- Mathcad, // Универсальный пакет.
- Maxima // Компьютерная алгебра

Наибольшее распространение в России имеют пакеты Mathcad, MATLAB, Maxima.

- Mathcad для математических расчетов.
- MATLAB для расчетов и моделирования. Содержит много встроенных пакетов расширения, а также пакет имитационного моделирования Simulink.
- Maxima для математических расчетов алгебраических выражений.

10.2. Mathcad

Первая версия создана в 80-х годах в университете Стэнфорда (Stanford – США).
Современные версии для ПК готовит фирма Math Soft Application.
Web страница в Интернете - www.mathsoft.com

Это универсальный пакет для всех, содержащий наиболее часто используемые математические средства. Пакет ориентирован на пользователей, разрабатывающих прикладные программы для конкретных предметных областей.

MathCAD = Mathematics Computer Assistance Design (Математическое конструирование с помощью компьютера).

Достоинства:

- Математический интерфейс. Программирование на языке математики. Для непрограммиста имеются формулы в привычном математическом начертании.
- Есть мощная поддержка графики (двумерной и трехмерной)
- Возможен импорт графики из других программ.
- Большое количество встроенных математических функций (сотни).

Практически все основные математические формулы.

- Встроенные справочники по предметным областям.
- Возможна анимация.
- Символьная математика.
- Есть версии, в которых интерфейс на русском языке

Недостатки:

- Это интерпретатор.
- Возможности программирования ограничены. Они заложены в технику написания подпрограмм

10.3 Maple

Первая версия создана в 80-х годах в университете Waterloo (Канада) сначала для больших компьютеров. Современные версии для ПК готовит фирма Waterloo Maple.

Эта СКМ ориентирована на профессиональных математиков, позволяющая выполнять сложные математические расчеты. Однако ее основное ядро эффективно могут использовать все

Достоинства:

- Математический интерфейс. Программирование на языке математики
- Есть мощная поддержка графики (двумерная и трехмерная).
- Огромное количество встроенных математических функций (2700).

Практически все известные математические формулы.

- Символьная математика. Основные аналитические преобразования.

Недостатки:

- Это интерпретатор.
- Возможности программирования ограничены.
- Поддержка в основном символьной математики.

10.4. Mathematical

Это конкурент системы Maple. Их возможности близки друг к другу.

Пакет для математиков, позволяющий выполнять сложные математические расчеты.

Современные версии готовит фирма Wolfram Research Incorporated. (Название по фамилии главы фирмы, лондонского вундеркинда – Wolfram).

Достоинства:

- Математический интерфейс. Программирование на языке математики
- Есть мощная поддержка графики.
- Огромное количество встроенных математических функций (практически все).
- Символьная математика.

Недостатки:

- Это интерпретатор.
- Возможности программирования ограничены.
- Поддержка в основном символьной математики.

10.5 MATLAB

MATLAB = Matrix Laboratory (Лаборатория Матриц).

Первая версия создана в конце 70-х годов в Стэнфордском университете (Stanford – США) для преподавания теории матриц. Современные версии готовит фирма MathWorks.

Web страница в Интернете – www.mathworks.com

Достоинства:

- Матричная математика обеспечивает очень высокую скорость математических действий (примерно в 10 раз выше, чем Mathcad).
- Язык программирования близок к языкам Pascal, Delphi и Basic.
- Есть поддержка двумерной и трехмерной графики (в отдельном окне).
- Большое количество встроенных математических функций. Несколько тысяч для различных предметных областей.
- Есть возможность создания собственных функций в виде М-файлов, которые дополняют стандартный набор математических операций.
- Есть средства разработки графического пользовательского интерфейса.
- Есть встроенная система имитационного моделирования блочно организованных систем Simulink.

Недостаток – программирование не на языке математики (как в программировании).

СКМ содержит четыре группы компонент:

- продукты MATLAB, Toolboxes,
- продукты Simulink.
- Blocksets .

10.6 Maxima

Maxima = Macsyma.

Maxima - система компьютерной алгебры, осуществленная на языке Lisp. Maxima происходит из системы Macsyma, получившая развитие 80-х годах как часть Проекта МАКИНТОША. Первоначально она была коммерческой, но в 1998 благодаря профессору Техасского Университета Вильяма Шелтеру (William Schelter) было разрешено открыть исходные тексты DOE Macsyma согласно Лицензии GNU. В 2000 открылся проект свободной Maxima в Source Forge под именем Maxima.

Достоинства:

- Полнофункциональная система. Программирование на языке Lisp
- Большое количество встроенных математических функций.
- Есть поддержка графики.
- Символьная математика.
- Численные методы анализа.

Недостатки:

- Это интерпретатор.
- Возможности программирования ограничены.

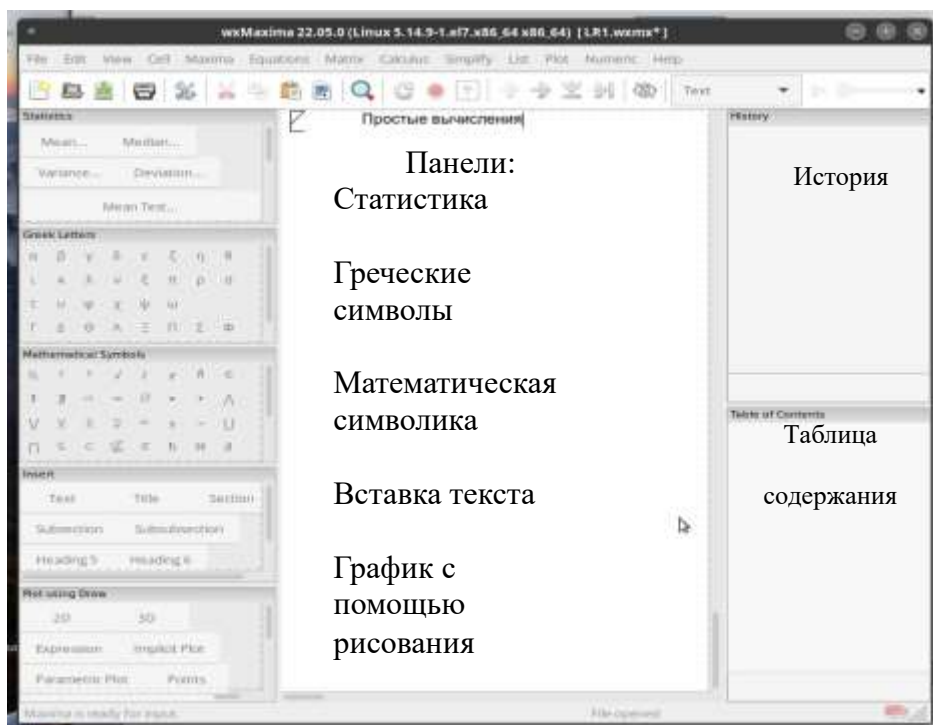
Версии пакета:

- Maxima; //консольное приложение
- wxMaxima; //с графической оболочкой

11.0. Структура окна программы Maxima

Традиционный интерфейс Windows, Linux.

Рабочее окно открывается после запуска системы *Maxima*. В окне системы присутствуют окно центра ресурсов и палитры математических знаков. С помощью меню *Вид* можно менять состав инструментальных панелей и устанавливать интерфейс системы *Maxima* под решение конкретных задач.



В рабочем поле *Maxima* можно создавать области вычисляемые, текстовые, графические.

Окно программы содержит строку меню с перечнем команд, главную панель инструментов, панели математических знаков – математическая символика, строку состояний.

Окно в порядке сверху вниз содержит: **заголовок** с именем документа,

Menu Bar - главное меню,

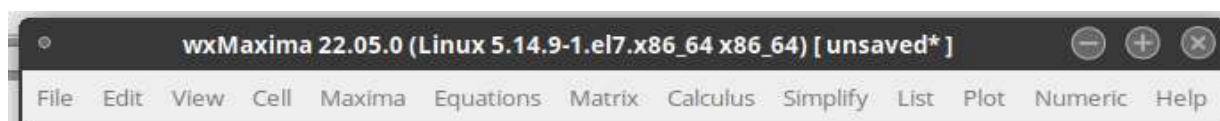
Tool Bar - панель инструментов,

Math Palette – палитры математических знаков,

рабочее поле – окно ввода и редактирования,

статусную строку.

Menu Bar – главное меню содержит строку с названиями пунктов, объединяющих операции определенного функционально назначения.



Файл,	Матрицы,	Справка
Редактирование,	Вычисления,	
Вид,	Упростить,	
Ячейка,	Список,	
Максима,	График,	
Решить,	Числовой	

Tool Bar – **Стандартная** панель инструментов содержит кнопки для быстрого выполнения операций. Кнопки имеют вид, подсказывающий действие. Имеются всплывающие окна – подсказки, краткое описание операции.



Имеется возможность работы как с математическими выражениями (Maths), так и с текстовыми областями (Text).

Math Palette – палитры математики:

Статистика,

Греческие символы,

Символьная математика,

Вставка текста,

Построение графиков

Служат для ввода функций, греческих и математических символов, работы с текстом, рисование графиков.

Главная математическая служит для математических преобразований



11.1. Содержание документа

Unsaved – название не сохраненного документа в *Maxima*. При сохранении документ получает расширение *.wxmx.

Документ содержит области трех типов:

1. Вычисляемые - формулы.
2. Текстовые.
3. Графики.

Области можно:

1. Размещать порядке очередности, с учетом первенства выполняемых операций.
2. Удалять, перемещать, копировать.

Вычисления выполняются в командной строке **сверху вниз и слева направо**. Единственное требование - в каждом блоке должны быть ссылки на уже определенные величины.

11.2. Редакторы в Maxima

Система *Maxima* включает в себя 3 редактора:

- **Формульный**
- **Текстовый**
- **Графический**

Для работы в редакторах имеются средства редактирования в виде курсора.

Выделенный блок для редактирования может быть удален, скопирован (или перенесен) в буфер или заменен на содержимое буфера.

Ввод команд в *Maxima* заканчивается символом “;” или “\$”.

Символ “;” используется, если результат выполнения команды надо вывести на экран,

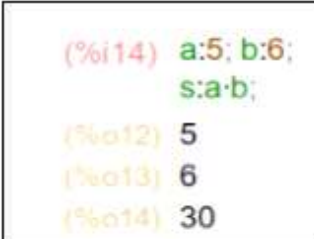
Символ “\$” используется, когда команда выполняется без вывода (также этот символ используется при выводе графиков). Выполнение команды происходит при нажатии комбинации “Shift+Enter” или “Ctrl+Enter”.

11.2. Формульный редактор

Обеспечивает отображение формул в математической форме. Формулы набираются с помощью клавиатуры последовательно с учетом правил старшинства операций и круглых скобок. Устанавливается в формульной области курсор и можно набирать выражение или формулу.

Вычисляемые области создаются при вводе латинских и греческих символов, написания выражений и программ.

Строки программ автоматически нумеруются системой *Maxima*.



```
(%i14) a:5; b:6;  
s:a*b;  
  
(%o12) 5  
(%o13) 6  
(%o14) 30
```

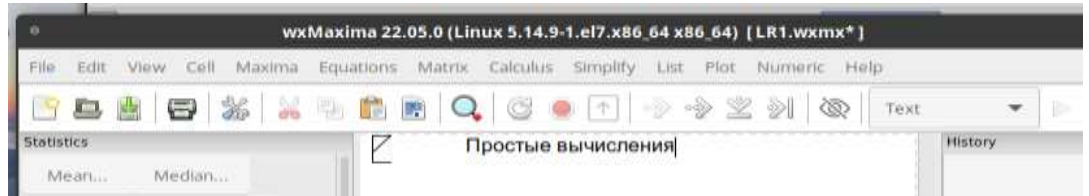
11.3. Текстовый редактор

Применяется для создания текстовых областей.

Для активизации текстового редактора необходимо на Стандартной панели выбрать из списка опцию Text и ввести текст символами Кириллицы / Латиницы (для формул).

Для редактирования текстовой области нужно установить в нее маркер ввода и редактировать текст обычным образом.

Есть возможность менять вид текстовой области, меняя тип, стиль и размер шрифта с помощью панели **Insert**.



11.4. Графический редактор

Применяется для создания графических областей. Они могут располагаться в любом месте после вычисления переменных, которые должны отображаться на графике. Для построения графика используются специальные функции:

plot2d() или **wxplot2d()**, **plot3d()**.

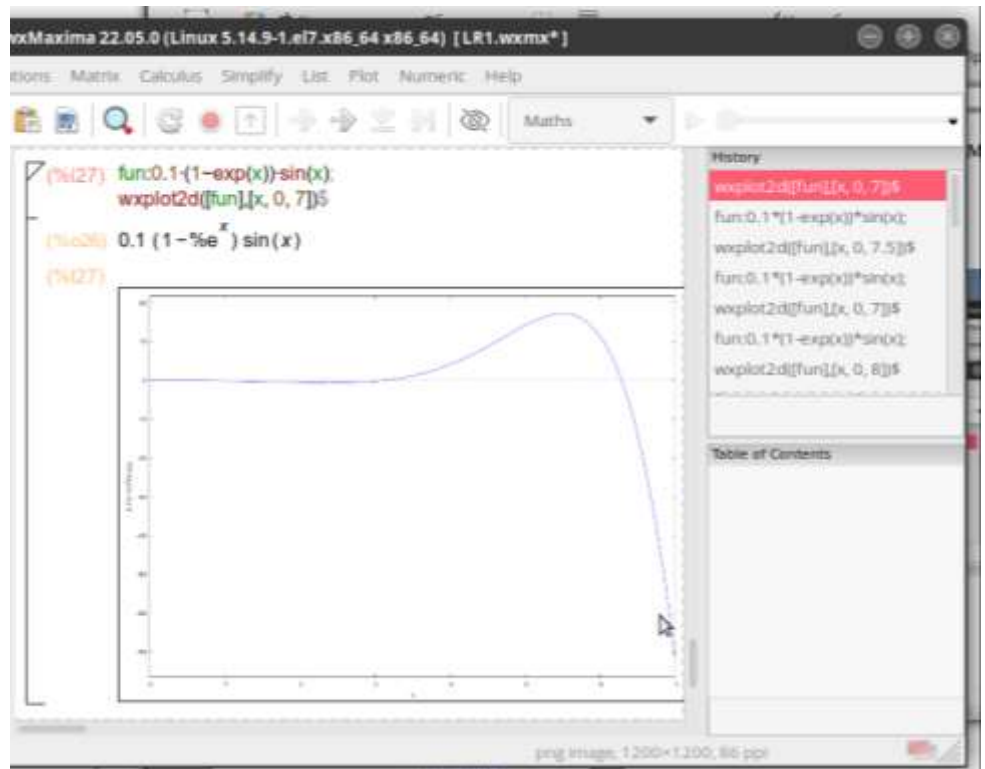
Функция **plot2d()** – строит график в **отдельном** окне, но при открытом окне с графиком дальнейшие вычисления в программе невозможны, поэтому это окно после просмотра графика необходимо закрыть.

wxplot2d() – строит график, **встроенный** в лист вычислений.

Функции имеют следующий формат:

plot2d(f(x), [x,xo,xn], [y,yo,yn])\$ – построение графика функции $y = f(x)$ в прямоугольнике $x \in [x_o, x_n]$, $y \in [y_o, y_n]$.

plot2d([f(x), g(x)], [x,xo,xn])\$ – построение графиков двух функций $y = f(x)$ и $y = g(x)$ для $x \in [x_o, x_n]$.



Команда **plot2d** имеет множество опций, позволяющих настроить внешний вид графика. Например, команда:

plot2d([F, Y], [x,0,6],[y,-2,10], [style, [points,2,3,4], [lines,3,2]], [legend, "F", "Y"]);

строит график двух функций: первая функция **F**, вторая функцией **Y**, в диапазоне изменения аргумента $x \in [0, 6]$, функций $y \in [-2, 10]$.

Кроме того, в команде использовались следующие опции:

style – задает стиль линии. Возможные значения **lines**, **points**, **linespoints**.

Команда **lines,n,m** имеет две дополнительные числовые опции, задающие толщину линии – **n** и ее цвет – **m**.

У команды **points,n,m,d** три опции, задающие размер маркера – **n**, его цвет – **m** и его форму – **d**.

Команда **linespoints,h,n,m,d** имеет 4 опции: толщина линии – **h**, размер маркера – **n**, цвет – **m**, форма – **d**.

Команда **legend, "F", "Y"** – задает подписи к линиям графиков.

Размер маркера может принимать значения $n \in [1... 9]$,

Цвет линии/маркера может принимать значения $m \in [1, 12]$:

1 (7) – синий, **2 (8)** – красный, **3 (9)** – зеленый,

4 (10) – фуксия, **5 (11)** – черный, **6 (12)** – циан (небесный).

d – тип маркера в цифрах: 1 (○), 2 (□), 3 (△), 4 (+), 5 (x), 6 (*)

Команда **[legend, false]** убирает окно с подписями линий графиков, **xlabel** – задает подпись к оси абсцисс, **ylabel** – задает подпись к оси ординат.

Другие возможные опции:

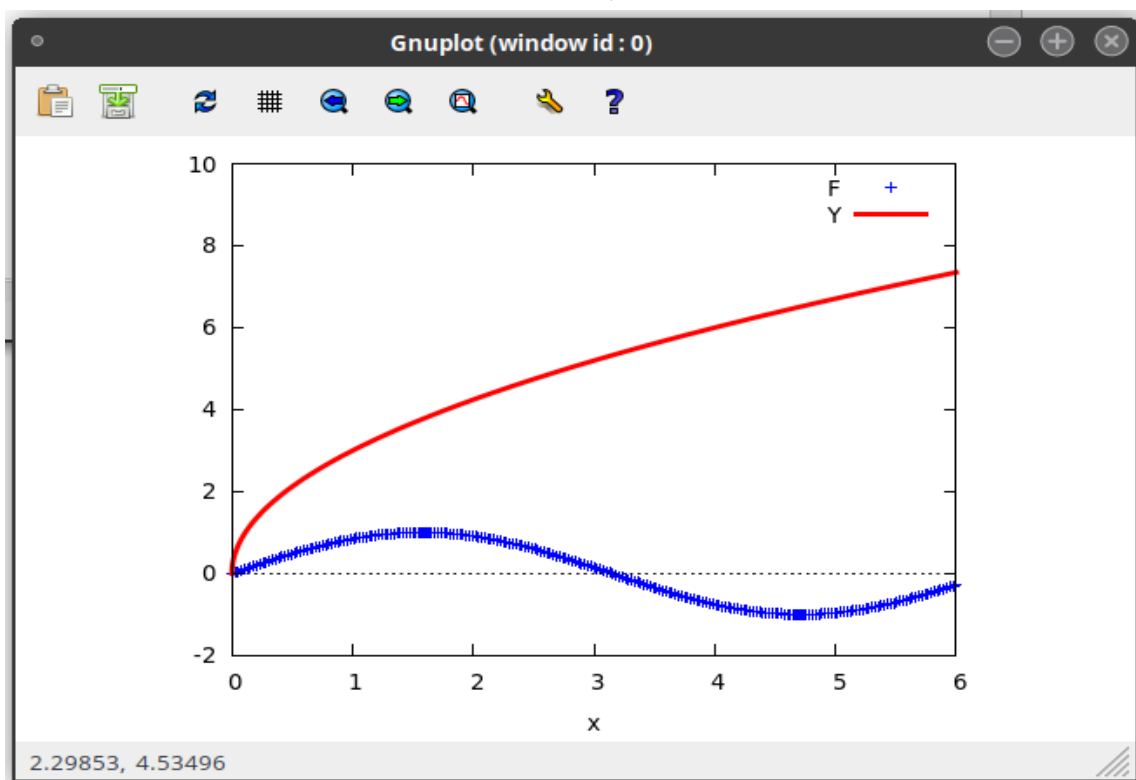
[box, false] – отменяет построение рамки вокруг рисунка с графиками;

[axes, false] – отменяет построение осей координат;

[logx] – ось абсцисс будет логарифмической;

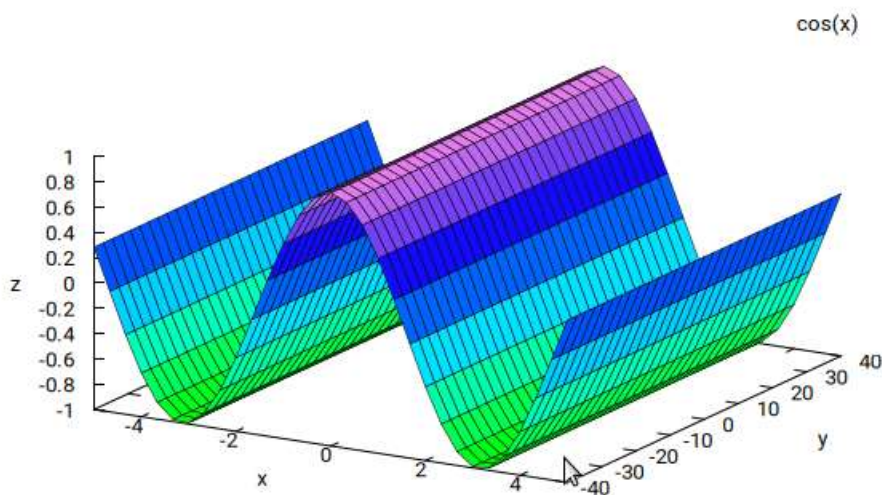
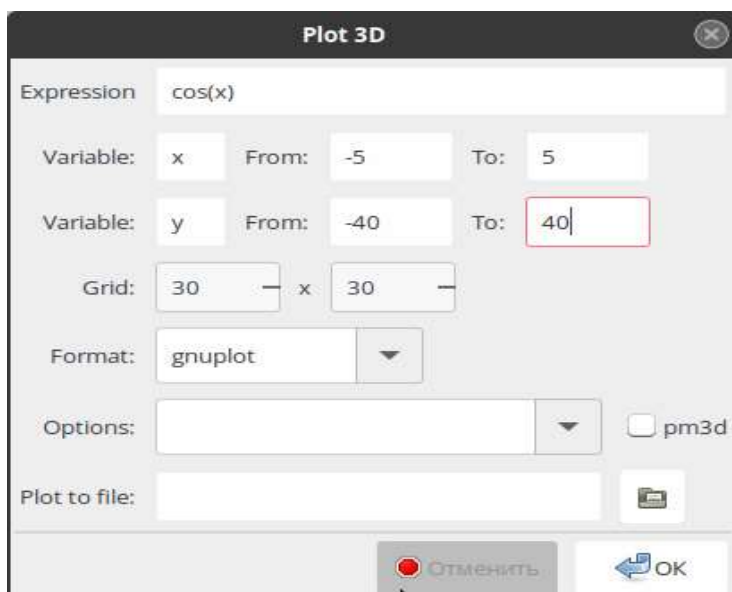
[logy] – ось ординат будет логарифмической.

Построение графиков с заданными атрибутами в отдельном окне:



Для построения объемного графика функции проще воспользоваться панелью *General Math* и командой или *Plot3D*:

1. Найти на панели *General Math* команду *Plot3D*
2. В открывшемся окне *Plot3D* заполнить поля:
Expression – функцией, для которой строится график,
Variable x – пределы изменения графика по оси x,
Variable y – пределы изменения графика по оси y,
Grid – интервал отображения сетки,
Options – вид представления графика, его оформление.
3. Подтвердить выполнение кнопкой ОК.



Команда **plot3d** имеет формат:

Plot3d([F, Y], [x,0,6],[y,-2,10],[plot_format,gnuplot]);

12. Данные в Maxima

12.1. Алфавит

Языка Maxima содержит:

- Строчные и прописные латинские буквы.
- Строчные и прописные греческие буквы.
- Строчные и прописные буквы кириллицы.
- Арабские цифры 0...9.
- Постоянные и переменные.
- Операторы.
- Встроенные функции.
- Специальные знаки.

Высота букв различается.
Для комментариев

При вычислениях лучше использовать латиницу и греческие символы. А в текстовых – можно использовать кириллицу.

При записи латинскими буквами названий греческих букв (beta), при выводе программа запишет результат греческими символами – β .

12.2. Числа

Целочисленные 123

Вещественные десятичные 12.3 // Разделитель целой и дробной части - точка

Вещественные, с плавающей точкой.

12.3*10⁻⁵ // Точность по умолчанию 15 десятичных цифр.

Если результат надо получить в десятичной форме, после команды вычисления следует дописать “, numer”:

```
(%i17) y:2*cos(x^2), x=-3, numer;
(%o17) -1.822260523769354
```

12.3. Константы

Константа – это объект языка Maxima, имеющий в процессе вычислений неизменное значение.

Константы имеют определенное числовое или символьное значение, представленное уникальным именем.

Постоянные в Maxima начинаются с символа “%”. Так, числа π , e , i следует писать так: “%pi”, “%e”, “%i”.

Найденные численные значения постоянных π и e приведены на рисунке.

Программа выводит 16 знаков числа. Установить меньшую точность вычисления можно командой **fpprintprec**, указав, сколько знаков числа следует выводить: **fpprintprec:n**, где **n** – число символов, выводимое на экран.

```

(%i1) %pi;
(%o1) pi

(%i2) %pi, numer;
(%o2) 3.141592653589793

(%i4) fpprintprec:3;
      %pi, numer;
(%o3) 3
(%o4) 3.14

(%i6) fpprintprec:6;
      %pi, numer;
(%o5) 6
(%o6) 3.14159

(%i7) %e, numer;
(%o7) 2.71828
  
```

12.4. Переменные

Это поименованные объекты, значения которых могут в программе изменять свои значения. Требования к идентификаторам:

- длина любая,
- начинается с буквы,
- не содержит пробелов,
- содержит любые буквы латинского и греческого алфавита,
- можно использовать символ подчеркивания,
- имя должно быть уникальным.

Для задания переменных используют оператор присваивания, вводимый знаком ":" .
 <Имя_переменной> : <Значение>

Операции над вещественными числами выполняются **в формате с двойной точностью (16 разрядов)**.

```
(%i14) a:5, b:6;  
      s:a*b;  
(%o12) 5  
(%o13) 6  
(%o14) 30
```

12.5. Операторы

Это элементы языка для создания математических выражений. Это:

символы арифметических операций, таких как * / + -

Операторы выполняют действия, как и функции, но используют иную форму записи.

Пользователь может создавать свои собственные операторы: префиксные, постфиксные, инфиксные, древовидные.

12.6. Функции

Функция – это зависимость одной переменной от другой $f(x)$ или нескольких переменных $f(x,y)$. При обращении к функции по имени с указанием аргументов она возвращает значение:

- численное,
- символьное (формулу),

В систему встроено сотни функций разнообразного назначения.

Пользователь может создавать свои собственные функции пользователя, присваивая им имена.

Тригонометрические функции

Функция	Описание
$\sin(X)$	Синус
$\cos(X)$	Косинус
$\tan(X)$	Тангенс
$\cot(X)$	Котангенс
$\sec(X)$	Секанс
$\csc(X)$	Косеканс

Обратные тригонометрические функции.

Функция	Описание
$\text{asin}(X)$	Обратный синус.
$\text{acos}(X)$	Обратный косинус.
$\text{atan}(X)$	Обратный тангенс. Результат в квадрантах 1 и 4.
$\text{acot}(X)$	Обратный котангенс.
$\text{asec}(X)$	Обратный секанс.
$\text{acsc}(X)$	Обратный косеканс.

Гиперболические функции.

Функция	Описание
$\sinh(X)$	Синус гиперболический.
$\cosh(X)$	Косинус гиперболический.
$\tanh(X)$	Тангенс гиперболический.
$\coth(X)$	Котангенс гиперболический.
$\text{sech}(X)$	Секанс гиперболический.
$\text{csch}(X)$	Косеканс гиперболический.

Обратные гиперболические функции.

Функция	Описание
$\text{asinh}(X)$	Обратный синус гиперболический.
$\text{acosh}(X)$	Обратный косинус гиперболический.
$\text{atanh}(X)$	Обратный тангенс гиперболический.
$\text{acoth}(X)$	Обратный котангенс гиперболический.
$\text{asech}(X)$	Обратный секанс гиперболический.
$\text{acsch}(X)$	Обратный косеканс гиперболический.

Степени, корни, логарифмы

Функция	Описание
$\text{abs}(X)$	Абсолютное значение X
X^Y	X в степени Y .
$\text{sqrt}(X)$	Квадратный корень из X .
$\text{exp}(X)$	Экспонента от X .
$\text{exp}(-X)$	Экспонента от X минус 1.
$\log(X)$	Натуральный логарифм от X .
$\log_{10}(X)$	Логарифм от X по основанию 10.

Статистические функции

Функция	Описание
$\text{sum}(X)$	Возвращает сумму элементов списка X
$\text{max}(X)$	Возвращает максимальное значение элементов списка X
$\text{min}(X)$	Возвращает минимальное значение элементов списка X
$\text{mean}(X)$	Возвращает среднее ариф. значение элементов списка X
$\text{sort}(X)$	Сортировка элементов списка X .

12.7. Математические выражения

`Y:2*log(x^2)+1` //Математическое выражение.

`Y` - Функция пользователя, с аргументом `x`,

`:` - оператор присвоения,

`2` и `1` - численные константы,

`*` и `+` - операторы,

`log(x)` - встроенная функция с аргументом `x`.

В примере аргумент x^2 .

```
(%i15) fpprintprec:5;
fun:10*(1-exp(x));
fun, x=3, numer;

(%o13) 5
(%o14) 10 (1 - %ex)
(%o15) -190.86
```

12.8. Массивы, векторы, матрицы

Массив - совокупность конечного числа упорядоченных элементов (численных или символьных), имеющих определенные адреса.

В системе Maxima применяются:

- одномерные массивы (векторы), //строка или столбец
- двумерные массивы (матрицы), //несколько строк и несколько столбцов

Примеры векторов:

Имя	Номер элемента	1	2	3
V1	Значение	3	5	1
V2	Значение	2	7	4

Задается вектор функцией `matrix()`

Порядковый номер элемента (его адрес) называется индексом массива.

Нижняя граница индексации равна 1.

Вектор можно задавать как в виде столбца,

`V:matrix([1],[2],[3])`

так и в виде строки `VS` (на рисунке)

`VS:matrix([2,5,9])`

Элемент вектора можно переопределить, обращаясь по имени с индексом в виде:

`V1[1]:0` `V1[2]:1` `V1[3]:4`

// для вектора V1

`V2[1]:a` `V2[2]:b` `V2[3]:c`

// для вектора V2

Матрица может рассматриваться, как совокупность нескольких векторов одинаковой длины. Вектор - частный случай матрицы.

Ввода матрицы с помощью функции `matrix()`.

Элемент матрицы задается именем и двумя индексами (строки и столбца): `M[i,j]`

`M1[3,1]:-6`

Векторы

```
(%i1) V1:matrix([3],[5],[1]);
```

```
(%o1)
⎡ 3 ⎤
⎢ 5 ⎥
⎣ 1 ⎦
```

```
(%i2) V2:matrix([2],[7],[4]);
```

```
(%o2)
⎡ 2 ⎤
⎢ 7 ⎥
⎣ 4 ⎦
```

```
(%i30) VS:matrix([2,5,9]);
```

```
(%o30) (2 5 9)
```



Матрицы

```
(%i1) M1:matrix([1,3,-5],[2,-3,4],[-6,2,7]);
```

```
(%o1)
⎡ 1  3 -5 ⎤
⎢ 2 -3  4 ⎥
⎣ -6  2  7 ⎦
```

13. Работа с векторами и матрицами в Maxima

13.1. Векторные и матричные операторы

Для работы с векторами и матрицами Maxima имеет ряд операторов и функций. Рассмотрим вначале операторы, введя следующие обозначения:

для векторов **V**, для матрицы **M** и для скалярных величин **z**.

Оператор	Назначение
$V1+V2$	Сложение векторов V1 и V2.
$V1-V2$	Вычитание векторов V1 и V2
$-V$	Смена знака у элементов вектора V.
$-M$	Смена знака у элементов матрицы M.
$V-z$	Вычитание из вектора V скаляра Z.
$z \cdot V$ $V \cdot z$	Умножение вектора V на скаляр Z.
V/z	Деление вектора V на скаляр z
$V1 \cdot V2$	Позлементное умножение векторов V1 и V2.
$V1.V2$	Матричное умножение векторов V1 и V2.
$M1+M2$	Сложение матриц M1 и M2.
$M1-M2$	Вычитание матриц M1 и M2
$M1 \cdot M2$	Позлементное умножение матрицы M1 на матрицу M2.
$M1.M2$	Матричное умножение матриц M1 и M2.
$M1/M2$	Позлементное деление матрицы M1 на матрицу M2.
$z \cdot M$ $M \cdot z$	Умножение матрицы M на скаляр Z
M/z	Деление матрицы на скаляр z
$M^{(-1)}$	Обращение матрицы M.
M^n	Позлементное возведение матрицы M в степень n
$M^{\wedge}n$	Матричное возведение матрицы M в степень n
$V[n]$	Выделение элемента (n) из вектора V
$M[m,n]$	Выделение элемента (m,n) из матрицы M

Матричные операторы и функции набираются с помощью клавиш на клавиатуре.

13.2. Векторные и матричные функции

Векторные функции

$\text{length}(V)$ - длина вектора V.

$\text{mean}(V)$ - среднее арифметическое значение элементов V.

$\text{max}(a,b,c)$ - максимальный элемент списка с элементами вектора V(a,b,c).

$\text{min}(a,b,c)$ - минимальный элемент списка с элементами вектора V(a,b,c).

$\text{first}(V)$ – первый элемент вектора V.

$\text{last}(V)$ – последний элемент вектора V.

$\text{transpose}(V)$ – транспонирование вектора V.

Матричные функции

`col(M,n)` - выводит n -й столбец матрицы M .

`row(M,m)` - выводит m -й строку матрицы M .

`mean(M)` – среднее арифметическое значение элементов по столбцам массива M .

`addcol(M,[a,b,c])` – добавляет колонку с элементами $[a,b,c]$ в матрицу M .

`addrow(M,[a,b,c])` – добавляет строку с элементами $[a,b,c]$ в матрицу M .

`first(M)` – первая строка матрицы M .

`last(M)` – последняя строка матрицы M .

`transpose(M)` – транспонирование матрицы M .

`determinant(M)` – определитель (детерминант матрицы M).

Функции сортировки для векторов и матриц

`sort([a,b,c])` - сортировка элементов списка a,b,c вектора $V(a,b,c)$. Сортирует по возрастанию элементы списка.

`-sort([-a,-b,-c])` - сортировка элементов списка a,b,c вектора $V(-a,-b,-c)$. Сортирует по убыванию элементы списка.

`reverse(V)` - переставляет элементы вектора V в обратном порядке исходного вектора

`reverse(M)` - переставляет строки матрицы M в обратном порядке исходной матрицы.

Рассмотрим примеры векторных и матричных операторов и функций.

Векторы

```
(%i1) V1:matrix([3],[5],[1]);
```

$$V1 = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix}$$

```
(%i2) V2:matrix([2],[7],[4]);
```

$$V2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 7 \\ 4 \end{pmatrix}$$

```
(%i30) VS:matrix([2,5,9]);
```

$$VS = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 9 \end{pmatrix}$$

```
(%i3) V3=V1+V2;
```

$$V3 = \begin{pmatrix} 5 \\ 12 \\ 5 \end{pmatrix}$$

```
(%i4) V4=V1-V2;
```

$$V4 = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ -3 \end{pmatrix}$$

```
(%i5) V5=V1.V2;
```

$$V5 = 45$$

```
(%i6) V6=V1.V2;
```

$$V6 = \begin{pmatrix} 6 \\ 35 \\ 4 \end{pmatrix}$$

```
(%i7) V7=V1/V2;
```

$$V7 = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 5 \\ 7 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}$$

```
(%i8) V8=V1^3;
```

$$V8 = \begin{pmatrix} 27 \\ 125 \\ 1 \end{pmatrix}$$

```
(%i40) V=V1^^2;
```

$$V = \begin{pmatrix} 35 \end{pmatrix}$$

```
(%i11) s:2;
```

$$s = 2$$

```
(%i11) V9=V2-s;
```

$$V9 = \begin{pmatrix} 4 \\ 14 \\ 8 \end{pmatrix}$$

```
(%i12) V10=V1/s;
```

$$V10 = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 5 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

```
(%i13) V1[2];
```

$$V1[2] = 5$$

```
(%i14) S:V1[1]+V1[2]+V1[3];
```

$$S = 9$$

Векторные функции

```
(%i31) V1;
```

```
(%o31)  $\begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix}$ 
```

```
(%i15) first(V1);
```

```
(%o15) [3]
```

```
(%i16) last(V1);
```

```
(%o16) [1]
```

```
(%i17) V1:transpose(V1);
```

```
(%o17)  $\begin{pmatrix} 3 & 5 & 1 \end{pmatrix}$ 
```

```
(%i18) mean(V1);
```

```
(%o18) [3]
```

```
(%i19) length(V1);
```

```
(%o19) 3
```

```
(%i20) reverse(V1);
```

```
(%o20)  $\begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 3 \end{pmatrix}$ 
```

```
(%i21) col(V1,1);
```

```
(%o21)  $\begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix}$ 
```

```
(%i22) row(V1,2);
```

```
(%o22) (5)
```

05.0 (Linux 5.14.9-1.el7.x86_64 x86_64) [V1.wx

axima Equations Matrix Calculus Simplify



```
(%i23) addcol(V1,[k,5,f]);
```

```
(%o23)  $\begin{pmatrix} 3 & k \\ 5 & 5 \\ 1 & f \end{pmatrix}$ 
```

```
(%i24) addrow(V1,[e]);
```

```
(%o24)  $\begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \\ e \end{pmatrix}$ 
```

Работа со списками данных

```
(%i26) max(3,5,1);
```

```
(%o26) 5
```

```
(%i27) min(3,5,1);
```

```
(%o27) 1
```

```
(%i28) sort([3,5,1]);
```

```
(%o28) [1,3,5]
```

```
(%i29) -sort([-3,-5,-1]);
```

```
(%o29) [5,3,1]
```

Ready for user input



Матрицы

```
(%i1) M1:matrix([1,3,-5],[2,-3,4],[-6,2,7]);
```

```
(%o1) 
$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 \\ 2 & -3 & 4 \\ -6 & 2 & 7 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i2) M2:matrix([3,-2,6],[-2,5,7],[8,2,-1]);
```

```
(%o2) 
$$\begin{pmatrix} 3 & -2 & 6 \\ -2 & 5 & 7 \\ 8 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i3) M3=M1+M2;
```

```
(%o3) 
$$M3 = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 11 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i4) M4=M1-M2;
```

```
(%o4) 
$$M4 = \begin{pmatrix} -2 & 5 & -11 \\ 4 & -8 & -3 \\ -14 & 0 & 8 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i5) M5=M1.M2;
```

```
(%o5) 
$$M5 = \begin{pmatrix} -43 & 3 & 32 \\ 44 & -11 & -13 \\ 34 & 36 & -29 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i6) M6=M1.M2;
```

```
(%o6) 
$$M6 = \begin{pmatrix} 3 & -6 & -30 \\ -4 & -15 & 28 \\ -48 & 4 & -7 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i7) M7=M1/M2;
```

```
(%o7) 
$$M7 = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & -\frac{3}{2} & -\frac{5}{6} \\ -1 & -\frac{3}{5} & \frac{4}{7} \\ -\frac{3}{4} & 1 & -7 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i8) M8=M1^3;
```

```
(%o8) 
$$M8 = \begin{pmatrix} 1 & 27 & -125 \\ 8 & -27 & 64 \\ -216 & 8 & 343 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i9) M9=M1^3;
```

```
(%o9) 
$$M9 = \begin{pmatrix} 173 & 103 & -445 \\ -18 & -141 & 274 \\ -586 & 72 & 789 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i11) s:2;
```

```
M10=M1*s;
```

```
(%o10) 2
```

```
(%i11) 
$$M10 = \begin{pmatrix} 2 & 6 & -10 \\ 4 & -6 & 8 \\ -12 & 4 & 14 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i12) M11=M2/s;
```

```
(%o12) 
$$M11 = \begin{pmatrix} \frac{3}{2} & -1 & 3 \\ -1 & \frac{5}{2} & \frac{7}{2} \\ 4 & 1 & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

```

```
(%i13) M1[2,3];
```

```
(%o13) 4
```



```
(%i15) M1[2,3]:7;
```

```
M1;
```

```
(%o14) 7
```

```
(%i15) 
$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 \\ 2 & -3 & 7 \\ -6 & 2 & 7 \end{pmatrix}$$

```

```
(%i16) S1:M1[1,1]+M1[1,2]+M1[1,3];
```

```
(%o16) -1
```

```
(%i17) S2:M1[1,1]+M1[2,1]+M1[3,1];
```

```
(%o17) -3
```

The screenshot shows the wxMaxima 22.05.0 interface on a Linux system. The main window displays a series of commands and their results for matrix operations:

```

(%i18) first(M1);
(%o18) [1, 3, -5]

(%i19) last(M1);
(%o19) [-6, 2, 7]

(%i20) M12:transpose(M1);
(%o20)

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -6 \\ 3 & -3 & 2 \\ -5 & 7 & 7 \end{pmatrix}$$


(%i21) determinant(M1);
(%o21) -133

(%i22) mean(M1);
(%o22)

$$\left[-1, \frac{2}{3}, 3\right]$$


(%i23) reverse(M1);
(%o23)

$$\begin{pmatrix} -6 & 2 & 7 \\ 2 & -3 & 7 \\ 1 & 3 & -5 \end{pmatrix}$$


(%i24) col(M1,1);
(%o24)

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -6 \end{pmatrix}$$


(%i25) row(M1,2);
(%o25)

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & 7 \end{pmatrix}$$


(%i26) addcol(M1,[k,2,f]);
(%o26)

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 & k \\ 2 & -3 & 7 & 2 \\ -6 & 2 & 7 & f \end{pmatrix}$$


(%i27) addrow(M1,[e,h,5]);
(%o27)

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 \\ 2 & -3 & 7 \\ -6 & 2 & 7 \\ e & h & 5 \end{pmatrix}$$


```

The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Cell, Maxima, Equations, Matrix, Calculus, Simplify, List, Plot, Numeric, Help), a toolbar with icons for file operations and mathematical functions, and a sidebar with panels for Statistics, Greek Letters, Mathematical Symbols, Insert, and Plot using Draw. The History panel on the right shows the sequence of commands entered. The status bar at the bottom indicates "Maxima is ready for input."