

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный аграрный университет»**

*И.Я. Федоренко*

**МАТНСАД В РАБОТЕ МАГИСТРАНТА**

*Учебное пособие для студентов вузов,  
осваивающих образовательные программы магистратуры  
по направлению подготовки «Агроинженерия»*

Барнаул 2022

УДК 681.3.06

ББК 32.973.26-018.2я73

**Рецензенты:**

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой математики, механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ **А.А. Смышляев**;

д.т.н., профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические системы» ФГБОУ ВО «Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова» **С. Ф. Сороченко**.

Федоренко, И. Я. **Mathcad в работе магистранта**: учебное пособие для студентов вузов, осваивающих образовательные программы магистратуры по направлению подготовки «Агроинженерия» / И. Я. Федоренко. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. – 95 с. – Текст: непосредственный.

В учебно-теоретическом издании изложены основы работы в пакете *Mathcad* версии *Prime 7* для создания документов, построения графиков, матричных и векторных операций, решения алгебраических и дифференциальных уравнений, планирования эксперимента. Содержит большое количество примеров документов *Mathcad Prime*, которые позволят студентам не только лучше понять и усвоить учебный материал, но и эффективно использовать данный математический пакет при выполнении курсовых работ, а также при работе над магистерскими диссертациями.

Предназначено для студентов агроинженерных специальностей при изучении учебных дисциплин, включающих математические вычисления различной сложности, в том числе обработку экспериментальных данных, корреляционный и регрессионный анализ данных, а также для аспирантов, инженеров и научных сотрудников, использующих в своих расчетах математический пакет *Mathcad Prime*.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ (протокол № 6 от 12 апреля 2022 г.).

© Федоренко И.Я., 2022

© ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, 2022

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
Вопросы для самоконтроля по введению.....	11
1. ПРИСТУПАЯ К РАБОТЕ С MATHCAD PRIME 7.....	12
1.1. Сведения о рабочей области PTC Mathcad Prime.....	12
1.2. Сведения о документах и областях.....	15
1.3. Настройка документа.....	16
1.4. Сведения о форматах файлов.....	18
1.5. Сведения о контекстных меню.....	18
1.6. Сведения о подсказках клавиш и сочетаниях клавиш.....	19
1.7. Задание для самостоятельной работы.....	21
2. РАБОТА С МАТЕМАТИЧЕСКИМИ ВЫРАЖЕНИЯМИ.....	26
2.1. Вставка математических элементов.....	26
2.2. Ввод математических выражений.....	29
2.3. Использование индексов в имени переменной или функции для определений имен.....	32
2.4. Сведения о пользовательских функциях.....	33
2.5. Задания для самостоятельной работы.....	35
3. СВЕДЕНИЯ О БЛОКАХ РЕШЕНИЯ.....	52
3.1. Общие сведения.....	52
3.2. Сведения о переменных блока решения.....	53
3.3. Методы решения алгебраических уравнений.....	54
3.4. Решение ОДУ.....	55
3.5. Задание для самостоятельной работы.....	58
4. ГРАФИКИ.....	62
4.1. Общие сведения о графиках.....	62
4.2. Сведения о графиках XY.....	62
4.3. Сведения о 3D-графиках.....	68
4.4. Задание для самостоятельной работы.....	73
5. СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ.....	81
5.1. Символьный модуль.....	81
5.2. Сравнение символьных и арифметических расчетов.....	82
5.3. Сведения об аналитическом преобразовании.....	83
5.4. Задание для самостоятельной работы.....	84
6. СВЕДЕНИЯ О ФУНКЦИЯХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	89
6.1. Матрицы планирования.....	89
6.2. Регрессионный анализ.....	90
6.3. Моделирование методом Монте-Карло.....	91
6.4. Пример. Поверхность отклика второго порядка.....	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	95

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Прогресс в современной науке и технологии в значительной степени обязан компьютерным расчетам и моделированию. Эти виды инженерной деятельности положены в основу при отборе материала для данного учебного пособия.

Математический пакет *Mathcad* используется в большинстве аграрных вузов при подготовке студентов технического профиля. Он легко осваивается студентами благодаря понятному интерфейсу и обычному математическому языку написания программ. Если по старым версиям *Mathcad* издано очень много различной литературы, то новые версии *Prime* пока не нашли должного отражения в методических материалах. Восполнить в некоторой степени данный пробел призвано данное пособие. Это важно еще по причине организационных мероприятий разработчика данного математического продукта фирмы *PTC* (США).

В конце 2021 года американская фирма *PTC* прекратила продажу следующих версий *PTC Mathcad*: *Mathcad 15* и *Mathcad Prime 1.0–Prime 6.0*. Начиная с 1 января 2022 года, единственной версией *Mathcad*, доступной по подписке, является *PTC Mathcad Prime 7*, а также версии *PTC Mathcad Prime*, выпущенные с начала 2022.

В конце марта 2022 года компания *PTC* выпустила на рынок новую версию *PTC Mathcad Prime 8*. Однако бесплатная 30-дневная пробная версия и покупка лицензии недоступны для российских пользователей. Поэтому изложенные в пособии материалы соответствуют *Mathcad Prime 7*.

В *Mathcad Prime 7* реализован, в сравнении с ранее выпущенными версиями, ряд важных усовершенствований, которые расширяют возможности инженерных расчетов. Так, можно преобразовывать старые документы *Mathcad*. Это легко и не требует установки прежней версии приложения. Вычисления в документе можно задавать с помощью удобных полей со списком для определения переменных. Документы можно сохранять в формате PDF напрямую. Введено много других улучшений в плане удобства использования, начиная с об-

новленного алгоритма прокрутки и изменения масштаба для удобства чтения и заканчивая возможностью удалять основные линии сетки.

Кроме того, *Mathcad Prime 7* включает полную поддержку нового символического механизма, представленного в *PTC Mathcad Prime 6* (старый символический механизм был полностью исключен из *Prime 7*). В *Prime 7* этот новый символический механизм содержит ряд улучшений по сравнению с первоначальным выпуском в *Mathcad Prime 6*. Кроме того, новый механизм позволяет РТС вносить улучшения в символические вычисления по требованию пользователей, что ранее было недоступно.

Учебное пособие содержит также варианты заданий для студентов. В этой части оно может служить практикумом для самостоятельной работы студентов и фондом оценочных средств.

Учебное пособие базируется на материалах сопроводительной справки *Mathcad Prime 7*[1], переформатированных и адаптированных к учебным целям. В данном учебном пособии акценты смещены в сторону инженерных расчетов и компьютерного моделирования технологических процессов и устройств.

Автор благодарит рецензентов пособия к.т.н. доцента Смышляева А. А. и д.т.н. профессора Сороченко С. Ф., осуществивших рецензирование рукописи и рекомендовавших ее в печать.

Барнаул, апрель 2022 г.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует множество систем компьютерной математики или, проще, математических пакетов. Наиболее популярными из них являются *Maple*, *MatLab*, *Mathcad*. Для выполнения научных и инженерных расчетов любой сложности в настоящее время часто используют пакет *Mathcad*. Чем объяснить популярность этого пакета? Пакет *Mathcad* является мощной системой компьютерной математики, сочетающей в себе визуально ориентированный входной язык, удобный редактор текста и формул, численный и символьный процессоры. Пакет достаточно прост в изучении, а наличие большого числа электронных книг существенно упрощает его применение для решения конкретных научно-инженерных задач.

*Замечание.* В дальнейшем при изложении материала вместо длинного названия версии РТС *Mathcad Prime 7* будем использовать краткое название *Mathcad*.

*Mathcad* применяется для выполнения, документирования и совместного использования вычислений и инженерных расчетов. *Mathcad* позволяет объединить инженерные математические записи, форматированные тексты, графики и изображения в единый документ, что облегчает визуализацию, проверку и документирование знаний, и их совместную работу. При вводе уравнений в документ *Mathcad* автоматически рассчитывает результаты. *Mathcad* отличается надежностью и обладает всеми функциональными возможностями, необходимыми для вычислений, обработки данных и инженерных расчетов.

- *Основные преимущества:*
- Защищенная передача конструкторского замысла и проектных знаний.
- Интуитивно понятное построение расчетов с использованием стандартного математического представления.
- Создание документов профессионального качества с использованием активных математических формул, полнофункциональных графиков, *RTF* и изображений.

- Адаптация стандартных расчетов для оптимизации изделий нового поколения и устранение необходимости в воссоздании расчетов.

- Повышение производительности за счет полной поддержки единиц измерения на всем протяжении расчетов.

- Мгновенный доступ к обширному набору учебных материалов и руководств непосредственно из программы, что позволяет быстро достичь необходимой производительности труда.

- Выполнение расчетов с использованием стандартной нотации операторов для алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений, логики, линейной алгебры и пр.

- Вычисление, решение символьных выражений и манипулирование ими.

- Поддержка разных типов файлов, включая: - скалярные значения, векторы и матрицы; - комплексные числа. - Создание доступных для выбора списков элементов для выполнения расчетов с помощью таких функций, как поле со списком и управление вводом.

*Функции:*

- анализ данных;
- аппроксимация и сглаживание кривых;
- вероятность и статистика;
- обработка сигналов и изображений;
- дифференциальные уравнения;
- решение и оптимизация;
- планирование эксперимента и сотни других.

*Построение графиков:*

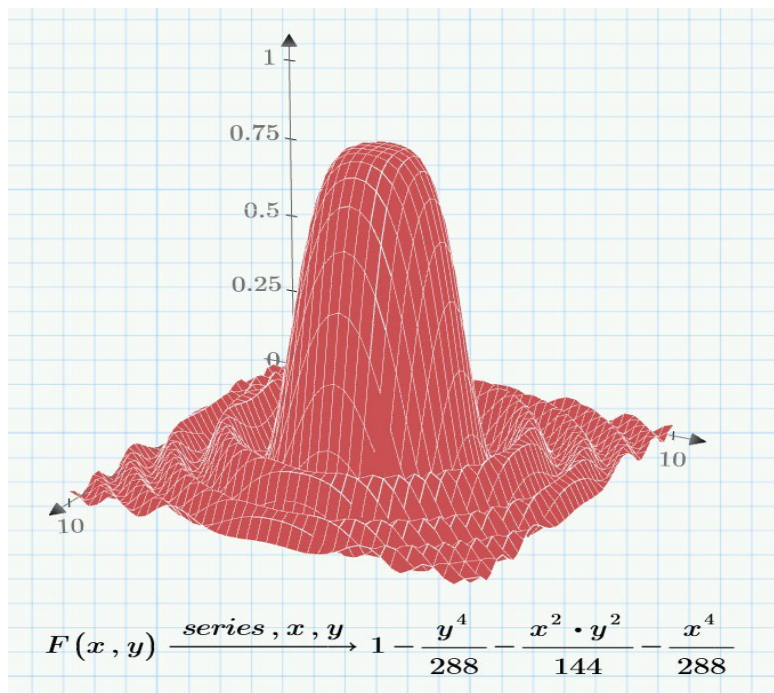
- Графики в координатах  $X Y$ :

- точечные, линейные, гистограммы, столбчатые, диаграммы «стебель с листьями», каскадные диаграммы, графики погрешностей, коробчатые диаграммы и спецэффекты;

- 3D-графики (рис. 1В);

- Графики в полярных координатах;

- Контурные графики.



*Рис. 1В. Пример 3D-графика*

*Решения:*

- Алгоритмы решения для линейных и нелинейных систем алгебраических и дифференциальных уравнений (рис. 2В);
- Оптимизация ограниченных систем с помощью надежного и мощного модуля *KNITRO*®;
- Отображение символьных решений систем уравнений.

*Данные:*

- компонент *Integrate Microsoft*® *Excel*® для двустороннего обмена данными с документом *Mathcad*;
- Подключение к внешним файлам данных с использованием функций чтения и записи разных форматов файлов, включая: - текстовые файлы (*.txt*);- файлы *Excel* (*.xlsx, .xls, .csv*); - файлы изображений (*.bmp, .jpg*);
- Использование интерфейса *Mathcad API* для записи мощных элементов интеграции при взаимодействии между *Mathcad* и сторонними приложениями, с которыми пользователь привык работать;
- Включение внедренного содержимого из внешних приложений (*OLE*).



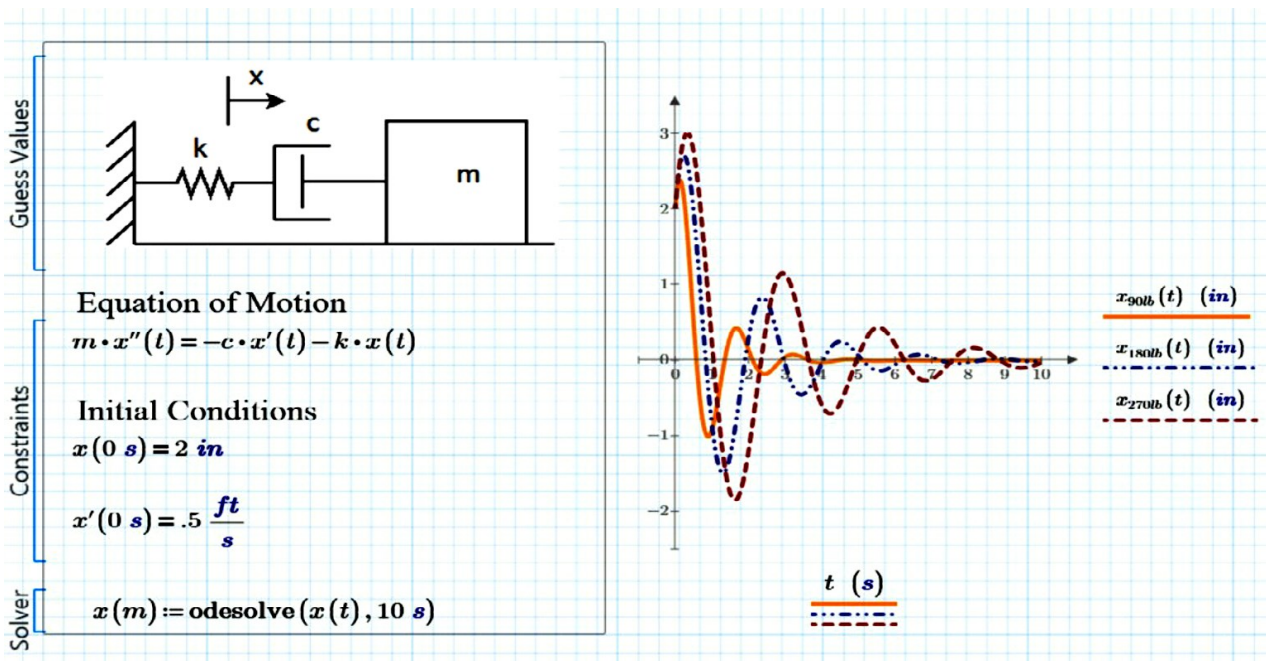


Рис. 2В. Изображение расчетной схемы и численное решение дифференциального уравнения

Блокнот для инженерных расчетов на базе Mathcad:

- документирование конструкторского замысла путем внедрения документов Mathcad непосредственно в деталь или сборку продукта проектирования PTC Creo (рис. 3В);

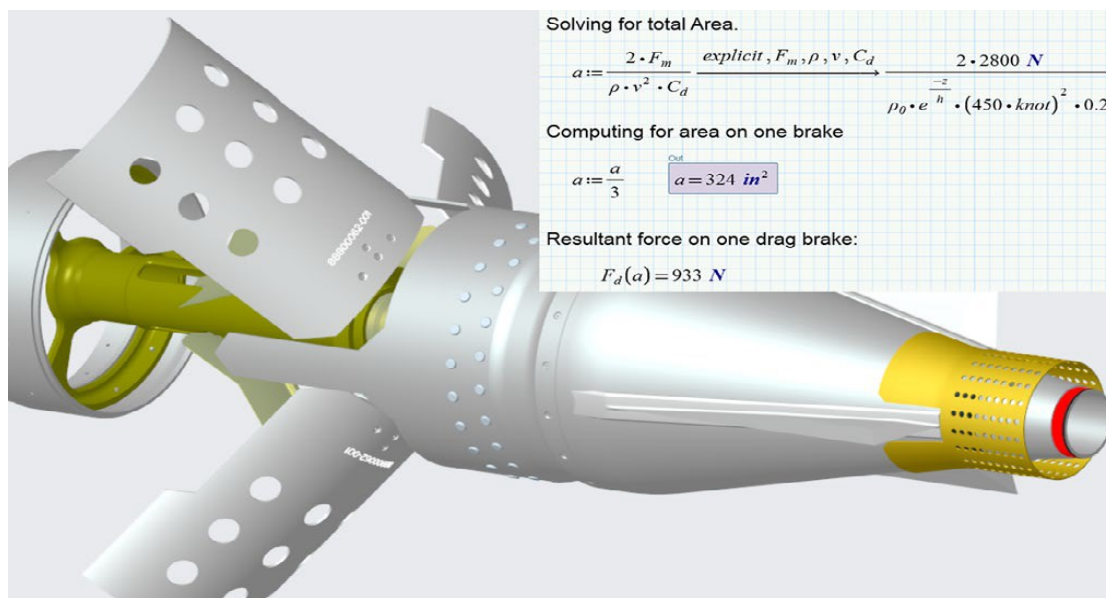


Рис. 3В. Совместное использование PTC Mathcad Prime 7 и PTC Creo Parametric

- управление моделями PTC Creo на основании данных Mathcad;

- ссылка на параметры *PTC Creo* в качестве исходных данных для расчетов *Mathcad*.

*Программирование:*

- Добавление логики с помощью знакомых конструкций программирования и привычной математической нотации (рис. 4B);
- циклы (*for, while*);
- условные выражения (*if, else if, else*);
- улавливание ошибок (*try/on error*);
- построение рекурсивных функций.

```
try
  M ← READ_IMAGE(InputFile)
on error
  error("File not found")
for i ∈ 0 .. rows(M) - 1
  for j ∈ 0 .. cols(M) - 1
    if Mi,j < 125
      Ai,j ← 255 - Mi,j + contrast
      if Ai,j > 255
        Ai,j ← 255
    else
      Ai,j ← 255 - Mi,j - contrast
      if Ai,j < 0
        Ai,j ← 0
  WRITEBMP(OutputFile, A)
return [ max(A)
        mean(A)
        min(A) ]
```

Рис. 4B. Пример программируемого пользователем модуля

### Что нового в PTC Mathcad Prime 7

Дополнительные возможности сгруппированы по функциональным областям:

- Элемент управления входными данными "Поле со списком"(управление расчетами в документе с помощью простых в создании и использовании раскрывающихся меню для определений переменных);

- Автономный преобразователь (преобразование унаследованных документов Mathcad в Mathcad Prime 7 без необходимости устанавливать устаревшую версию приложения);
- Улучшения символьных операций (РТС Mathcad Prime 7 полностью использует новый символьный механизм, который был введен в РТС Mathcad Prime 6);
- Улучшения удобства использования.

### ***Вопросы для самоконтроля по введению***

1. Основные особенности и возможности математического пакета *Mathcad*.
2. Что размещается в математической и текстовой областях документа *Mathcad*?
3. В каких форматах можно сохранить документ *Mathcad*?
4. Какие вкладки ленты присутствуют в пакете *Mathcad 15* и *Prime 7.0*?
5. Как можно поменять размер шрифта в документе *Mathcad*?

# 1. ПРИСТУПАЯ К РАБОТЕ С MATHCAD PRIME 7

## 1.1. Сведения о рабочей области PTC Mathcad Prime

Первое, что бросается в глаза при запуске *Mathcad Prime* – это новая система меню, основанная на так называемой «ленте» (*ribbon*). Интерфейс пользователя, основанный на технологии «*ribbon*» в настоящее время применяется во многих приложениях *Windows*, включая и *MS Office*. Естественно, что данная технология непосредственно коснулась и *Mathcad*. На слайде мы можем видеть первые шесть «ленточек» меню *Mathcad Prime*: Математика, Ввод/вывод, Функции, Матрицы/таблицы, Графики и Форматирование, в которых «спрятаны» основные новинки *Mathcad Prime*.

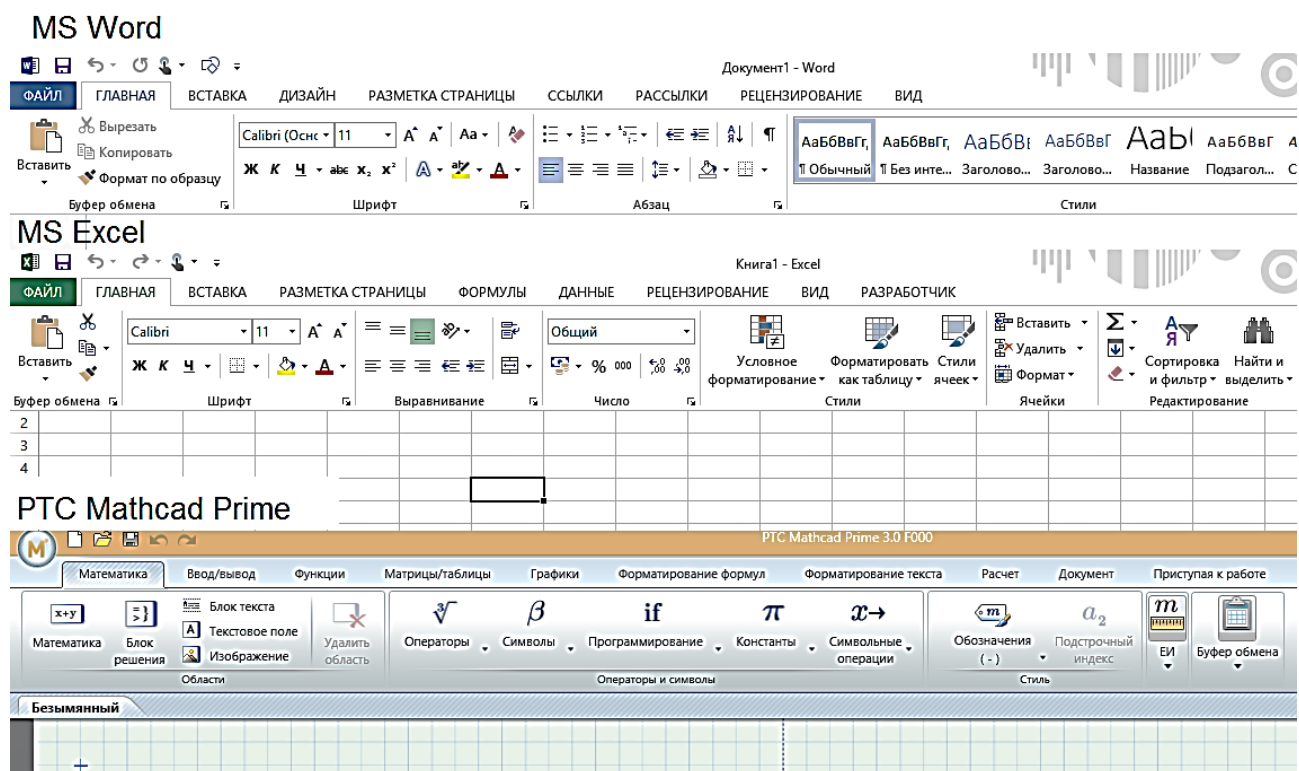


Рис 1.1. Ленточный интерфейс (*ribbon*)

Показанный интерфейс существенно отличается от интерфейса *Mathcad 15* (рис. 1.2).

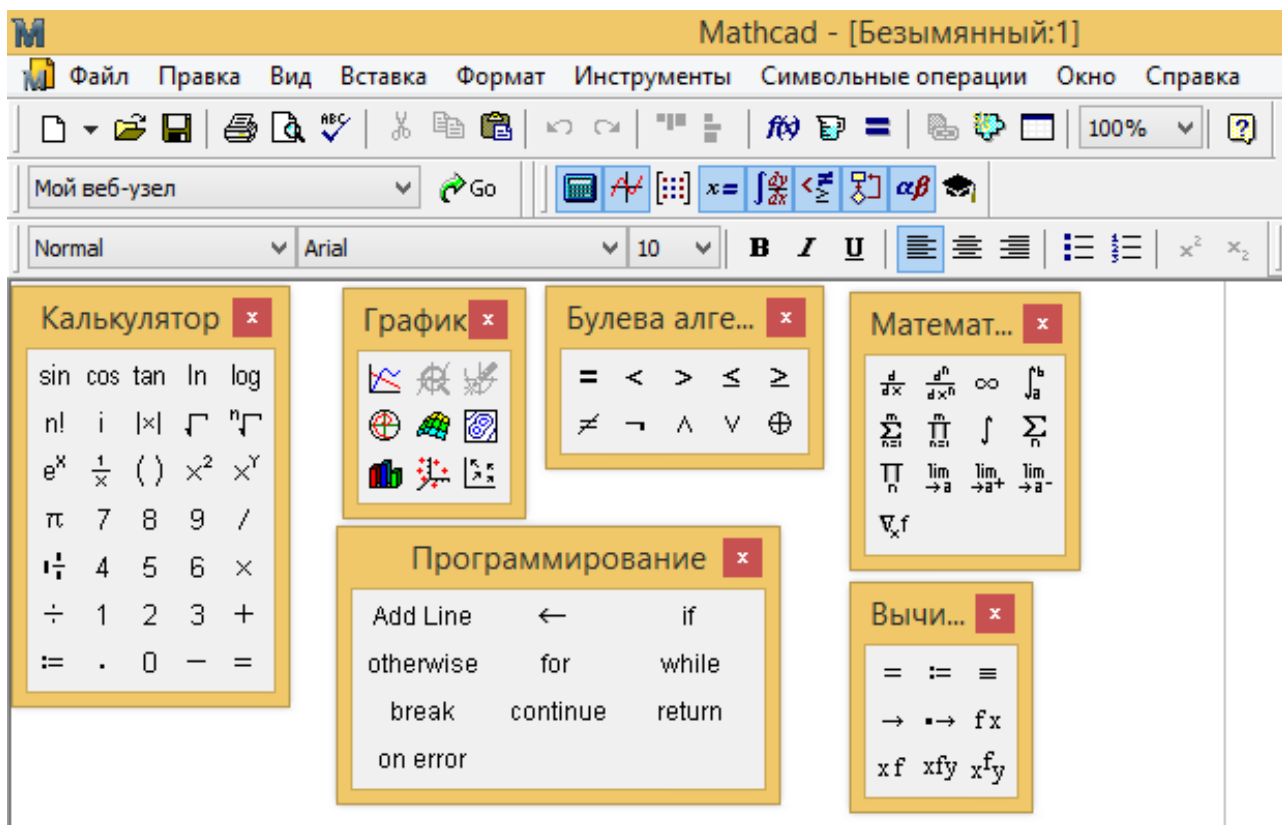



Рис 1.2. Архаичный интерфейс Mathcad 15

Приятным сюрпризом для многих пользователей Mathcad Prime является то, что система меню, все описания и все подсказки даются на русском языке. Кроме того, пользователи могут найти в Интернете видеоролики на русском языке с показом основных приемов работы с *Mathcad Prime*. Имеется также много анимационных уроков по работе с *Mathcad Prime* на английском и русском языках.

При запуске Mathcad Prime открывается новый документ, в который можно добавить текст, уравнения, графики и изображения. Количество одновременно открытых документов ограничивается только ресурсами операционной системы. Рабочая область Mathcad Prime содержит следующие элементы документа и пользовательского интерфейса:

- Строка заголовка - расположена в верхней части окна и отображает установленную версию *Mathcad Prime*.

- **Mathcad Prime Кнопка**  - располагается в строке заголовка и содержит следующие элементы:

**Создать (New), Открыть (Open), Сохранить (Save), Сохранить как (Save As), Закрывать (Close)** - команды для работы с файлами;

**Печать (Print)** - команда для печати текущего документа;

**Опции (Options)** - открывает диалоговое окно **Опции PTC Mathcad (PTC Mathcad Options)** и предоставляет доступ к вкладкам **Лицензия (License)** и **Опции (Options)**;

**О программе (About)** - открывает диалоговое окно **О программе PTC Mathcad Prime 7 (About PTC Mathcad Prime 7)** с информацией о продукте, версии, языковой настройке и ссылке на документ по защите авторского права;

**Выход (Exit)** - выход из **Mathcad Prime**, если не требуется сохранения ни одного из открытых документов. В противном случае открывается окно запроса с опцией, позволяющей сохранить или не сохранять каждый несохраненный документ.

**Недавно использовавшиеся документы (Recently Used Worksheets)** - список последних использовавшихся документов.

**Лента** — содержит вкладки, на которых сгруппированы связанные команды. На каждой вкладке можно просматривать выпадающие меню и кнопки. При наведении курсора на меню или на кнопку открывается всплывающая подсказка, поясняющая функцию выбранного элемента. Некоторые всплывающие подсказки включают сочетание клавиш, которое можно ввести для выполнения той же самой функциональности.

**Панель быстрого доступа** - содержит часто используемые команды, которые не могут быть удалены из этой панели. Однако можно добавить или удалить другие команды, которые часто используются. По умолчанию панель быстрого доступа располагается над лентой. Чтобы панель быстрого доступа отображалась ниже ленты, щелкните правой кнопкой мыши любую вкладку и выберите **Показать панель быстрого доступа под лентой (Show Quick Access Toolbar Below the Ribbon)**.

**Контекстные меню** - щелкните правой кнопкой мыши вне любой области документа, чтобы открыть контекстное меню, предоставляющее доступ к часто используемым командам.

**Панель открытых документов** - расположена непосредственно под лентой и содержит одну или несколько вкладок. При первом открытии *Mathcad Prime* загружает новый документ с именем *Untitled*, на основе которого можно создать свой новый документ. При открытии существующего документа *Mathcad Prime* открывает его в новой вкладке, которая получает имя документа.

В режиме РТС Mathcad Prime Express на правой стороне панели появляются две дополнительные кнопки:

- **Обновить (Upgrade)** - обновление до платной лицензии для доступа ко всем расширенным возможностям.

- **Активировать (Activate)** - активация вновь приобретенной лицензии.

- **Строка состояния** - содержит номера страниц документа, цветной кружок, показывающий состояние расчета и кнопок: "Найти и заменить" (**Find and Replace**), "Регулятор масштабирования" (**Zoom Slider**), "Просмотр страницы" (**Page View**) и "Режим черновика" (**Draft View**).

- **Окно "Функции" (Functions)** - окно инструментов дополнительных функций, содержащее список всех встроенных функций, доступных для поиска. Чтобы открыть это окно, на вкладке **Функции (Functions)** в группе **Функции (Functions)** надо щелкнуть **Все функции (All Functions)**. Доступны два представления: **Просмотр по категории (View by Category)** и **Просмотр по имени (View by Name)**. После того, как нужная функция найдена, ее можно вставить в активный документ.

## 1.2. Сведения о документах и областях

В документах *Mathcad* выполняются и отображаются вычисления. При запуске *Mathcad* открывается страница пустого документа. Затем можно начинать вводить уравнения, текстовые и другие элементы в любом месте документа. В

документах можно добавлять и настраивать нижние и верхние колонтитулы, а также изменять отображение сетки и полей страницы.

Чтобы ввести математические и другие элементы, необходимо предварительно задать область. Области документа содержат данные элементов. Существуют следующие типы областей:

- *Math*
- *Таблица*
- *график*;
- *блок решения*;
- *изображение*;
- *текстовое поле*;
- *блок текста*.

Можно открыть одновременно несколько документов. Каждый открытый документ помещается на новую вкладку под лентой. Чтобы перейти в нужный документ, щелкните его вкладку. Чтобы закрыть документ, нажмите клавиши **Ctrl+W**.

### **1.3. Настройка документа**

На вкладке **Документ (Document)** можно изменить настройки по умолчанию для любого из следующих элементов в соответствии с требованиями.

• Используйте опции в группе **Страница (Page)** для настройки параметров печати документа:

**Размер страницы (Page Size)** - задает размер страницы печати: Letter, Legal, A3, A4 и т. д.

**Ориентация страницы (Page Orientation)** — ориентация страницы: **Книжная (Portrait)** или **Альбомная (Landscape)**.

**Поля (Margins)**- задает тип поля: **Стандартный (Standard)**, **Узкий (Narrow)**, **Широкий (Wide)** или **Унаследованный (Legacy)**.

Можно также выбрать **Пользовательские поля (Custom Margins)** и независимо задать каждое из четырех полей на странице.



▪ При задании пользовательского поля в верхней части списка типов полей появляется **Посл. польз. настройка (Last Custom Setting)**. Эта опция сохраняет последние пользовательские настройки, которые были применены к любому из открытых документов, и применяется только к текущей сессии PTC Mathcad Prime.

▪ Если открыть второй документ и применить другой набор пользовательских полей, то в нижнюю часть списка типов полей добавляется тип **Пользовательский (Custom)**. Эта опция отображает пользовательские настройки активного документа.

▪ Для каждого документа в сессии Mathcad Prime можно выбрать другой тип полей.

▪ **Показать сетку (Show Grid)** - переключает отображение и печать линий сетки на странице.

▪ **Шаг сетки (Grid Size)** — шаг сетки: **Стандартный (Standard)** или **Мелкий (Fine)**.

▪ **Показать главные линии сетки (Show Major Gridlines)** - переключает показ главных линий сетки на странице.



• Используйте опции в группе **Просмотр (View)** для настройки вида страницы:

◦ **Страница (Page)**- отображает страницу в представлении печати. Это представление печатного документа.

▪ Отображаются поля, верхние и нижние колонтитулы.

▪ Области, расположенные на странице черновика, скрыты.

▪ Математические области страницы черновика влияют на расчет документа.

▪ Если страница черновика содержит какие-либо области, на правой стороне документа появляется кнопка **Переключиться в режим черновика (Switch to Draft View)** . Чтобы переключиться в режим черновика, щелкните значок .

**Режим черновика (Draft View)** - отображает документ в виде черновика. В этом представлении отображается главная страница документа и страница черновика справа от вертикальной пунктирной линии. При этом:

- Поля, верхние и нижние колонтитулы не отображаются.
- Содержимое страницы черновика видимо, но недоступно для печати.
- Математические области страницы черновика влияют на расчет документа.
- Используйте горизонтальную полосу прокрутки, чтобы достичь правой кромки страницы черновика.

Перетащите ползунок масштабирования, чтобы увеличить или уменьшить масштаб на странице.

Опции в группе **Просмотр (View)** также доступны на панели задач документа.

#### **1.4. Сведения о форматах файлов**

С помощью команды **Сохранить как (Save As)** можно сохранить документ в файл одного из следующих XML-форматов, которые идеально подходят для получения, поиска и хранения информации:

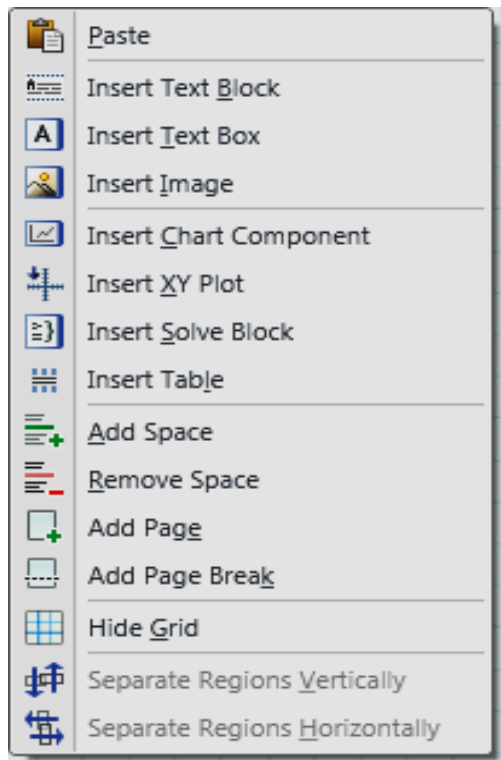
- MCDX** - собственный формат файла *Mathcad* для документов.
- MCTX** - собственный формат файла *Mathcad* для шаблонов.
- RTF** - формат *Microsoft RTF*.
- XPS**- формат *Microsoft XPS (XML Paper Specification)*. Этот формат подобен формату *PDF*.
- PDF** - формат переносимого документа *Adobe*.

Для сохранения документа в формате *PDF Mathcad Prime* использует принтер **Печать в PDF**. Убедитесь, что эта функция включена в вашей ОС.

#### **1.5. Сведения о контекстных меню**

Контекстные меню позволяют пользователям получать доступ к соответствующим командам без перехода на ленту и выполнения их поиска.

При открытии пустого документа *Mathcad* вкладка **Математика (Math)** открывается по умолчанию, что предоставляет пользователям доступ к командам в группах **Области (Regions)**, **Операторы и символы (Operators and Symbols)**, **Стиль (Style)**, **ЕИ (Units)** и **Буфер обмена (Clipboard)**.

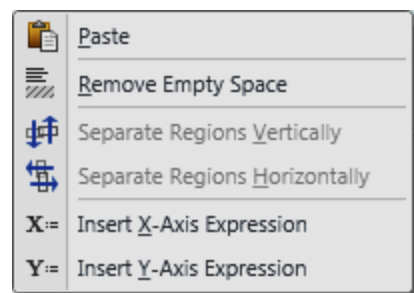


Пользователи также могут получить доступ к контекстному меню, щелкнув правой кнопкой мыши (ПКМ). Контекстное меню содержит некоторые из активных команд ленты, а также другие полезные команды.

Например, пользователь может вставить изображение, нажав кнопку **Изображение (Image)** или выбрав опцию **Вставить изображение (Insert Image)** в контекстном меню.

*Mathcad* предоставляет другие контекстные меню, которые являются специфичными для определенных областей в документе,

таких как **Компонент "Диаграмма" (Chart Component)** или **Компонент Excel (Excel Component)**. Такие меню содержат команды, относящиеся к текущей области, которая находится под рукой. Например, контекстное меню для области **Компонент "Диаграмма"** содержит следующие команды:




Здесь пользователи могут вставить выражения для оси X или оси Y из выпадающего меню **Компонент "Диаграмма"** или из контекстного меню.

### 1.6. Сведения о подсказках клавиш и сочетаниях клавиш

PTC Mathcad предоставляет подсказки клавиш, которые помогают быстрее выполнить нужную команду ленты простым нажатием клавиш без использования мыши.


Подсказки клавиш - это буква или цифра, которая отображается в виде значка ниже или рядом с вкладкой, командой или раскрывающимся меню ленты. Подсказки клавиш указывают, какие клавиши следует нажимать для активации определенной команды.

Работать более эффективно помогают подсказки клавиш и сочетания клавиш, предназначенные для ввода и правки уравнений. С помощью нажатия сочетаний клавиш можно обращаться к большинству команд ленты. Подсказки клавиш для вкладок ленты и кнопки *Mathcad* отображаются, если нажать и отпустить клавишу **ALT** или **F10**. Для продолжения навигации по интерфейсу пользователя и активации команд можно нажать букву, указанную в подсказке клавиши.

В *Mathcad* подсказки клавиш с одинаковыми буквами или цифрами могут использоваться на разных вкладках или в разных группах, и такие подсказки клавиш активируют команду, назначенную для них в *Mathcad*. Например, нажатие клавиши с буквой **T** (подсказка клавиши ) на верхнем уровне ленты позволяет открыть вкладку **Матрицы/таблицы (Matrices/Tables)**, а на вкладке **Форматирование текста (Text Formatting)** выполняет команду **Уменьшить размер шрифта (Decrease Font Size)**.

*Использование подсказок клавиш:*

1. Нажмите и отпустите в документе клавишу **ALT** или **F10**. Над вкладками ленты отобразятся подсказки клавиш.

Например, подсказка клавиши  отображается под вкладкой **Матрицы/таблицы (Matrices/Tables)**.

2. Нажмите на клавиатуре клавишу с буквой или цифрой, показанной внутри значка подсказки клавиши, чтобы открыть соответствующую вкладку или команду. Например, при нажатии клавиши **P** открывается вкладка **Графики (Plots)** и отображаются подсказки клавиш для каждой команды на вкладке **Графики (Plots)**.

3. Продолжайте нажимать подсказки клавиш, пока не достигнете нужной команды. Например, чтобы открыть меню **Вставить график (Insert Plot)**, нажмите клавишу **P**, а затем нажмите клавишу **0**.

4. Чтобы скрыть подсказки клавиш, нажмите и отпустите клавишу *ALT* или *F10*.

*Основные сочетания клавиш:*

Сочетание клавиш	Действие
F1	Открывает справку РТС Mathcad.
Ctrl+F1	Свернуть или развернуть ленту.
F5 или F9	Вычислить активную область формул или график и все связанные области.
Ctrl+F5	Вычислить повторно все области в документе.


## ***1.7. Задание для самостоятельной работы***

### **Задание 1.7.1. Перемещение по рабочей области Mathcad и ее настройка**

В этом упражнении требуется совершить переходы по рабочей области *Mathcad* и справочному центру.

1. В среде *Mathcad* изучите вкладку **Математика (Math)** и щелкните другие вкладки ленты. Посмотрите, какие там есть кнопки и команды. Все операторы, функции, единицы измерения, символы, матрицы и средства построения графиков доступны на ленте. Чтобы получить дополнительные сведения о команде, поместите указатель мыши на соответствующий элемент ленты.

Все вкладки ленты разделены на группы. Например, на вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** находятся списки **Операторы (Operators)**, **Символы (Symbols)**, **Программирование (Programming)**, **Константы (Constants)** и **Символьные операции (Symbolics)**.

2. Чтобы просмотреть список команд, вызываемых кнопкой **Mathcad** , нажмите ее. Затем изучите панель быстрого доступа, расположенную рядом с кнопкой *Mathcad*.

3. Чтобы добавить кнопку на панель быстрого доступа, на вкладке **Математика (Math)** в группе **Области (Regions)** щелкните правой кнопкой мыши значок **Блок текста (Text Block)** и выберите в контекстном меню команду **Добавить в панель быстрого доступа (Add to Quick Access Toolbar)**.

По умолчанию панель быстрого доступа находится справа от кнопки *Mathcad* и выше ленты.

4. Чтобы удалить добавленную кнопку, щелкните ее правой кнопкой мыши и выберите команду **Удалить с панели быстрого доступа (Remove from Quick Access Toolbar)**.

### Задание 1.7.2. Вставка разрывов страниц и изображений

1. Чтобы вставить разрыв страницы, в документе *shipping.mcdx* поместите синее перекрестие под график и нажмите клавиши **Ctrl+"Ввод"**. Разрыв страницы можно также вставить, нажав кнопку **Добавить разрыв страницы (Add Page Break)** на вкладке **Документ (Document)** в группе **Интервал (Spacing)**.

2. Чтобы вставить изображение на новую страницу, щелкните **Изображение (Image)** на вкладке **Документ (Document)** или на вкладке **Математика (Math)**. В документе появится кнопка **Выбрать изображение (Browse for Image)**. Нажмите кнопку и выберите изображение, которое требуется вставить.

3. Вставьте изображение и сохраните файл.

4. Вставьте блок текста над изображением и введите абзац текста. Блок текста будет смещать изображение вниз по странице по мере своего расширения.

### Задание 1.7.3. Вставка математических элементов и их форматирование в тексте

1. Откройте новый документ, а затем вставьте следующее математическое выражение.

$$m := 1 \text{ kg}$$

2. На вкладке **Математика (Math)** в группе **Области (Regions)** выберите **Текстовое поле (Text Box)**, чтобы вставить область текстового поля.

3. Введите следующий текст.

This is the math equation that sums up the theory of relativity:

4. На вкладке **Математика (Math)** в группе **Области (Regions)** щелкните **Математика (Math)**, чтобы вставить область формул в область текстового поля, и введите уравнение  $E:=m \cdot c^2$ .

This is the math equation that sums up the theory of relativity:  $E:=m \cdot c^2$

*Mathcad* обработает введенную область формул как любую другую область формул в документе.

5. Введите следующий текст и вычислите  $E$ .

Evaluate energy E when m=1 Kg:  $E=(8.988 \cdot 10^{16}) J$

6. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** выберите *Wide Latin* в раскрывающемся списке **Шрифт (Font)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий выбранной опции форматирования.

Evaluate energy E when m=1 kg:  $E=(8.988 \cdot 10^{16}) J$

7. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** выберите красный цвет в раскрывающейся палитре **Цвет шрифта (Font Color)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий выбранной опции форматирования.

Evaluate energy E when m=1 kg:  $E=(8.988 \cdot 10^{16}) J$

8. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** выберите желтый цвет в раскрывающейся палитре **Цвет подсвечивания (Highlight Color)**.

Область математического выражения примет вид, соответствующий выбранной опции форматирования.



Evaluate energy E when m=1 kg:  $E = (8.988 \cdot 10^{16}) \text{ J}$

9. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Результаты (Results)** выберите **(Проектирование) ((Engineering))** в раскрывающемся списке **Формат результатов (Result Format)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий выбранной опции форматирования.




Evaluate energy E when m=1 kg:  $E = (89.876 \cdot 10^{15}) \text{ J}$

10. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** дважды щелкните **Уменьшить размер шрифта (Decrease Font Size)**. Размер шрифта выражения станет равным 9.



Evaluate energy E when m=1 kg:  $E = (89.876 \cdot 10^{15}) \text{ J}$

11. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** щелкните  **Удалить формат (Remove Format)**. Будет восстановлен первоначальный формат математического выражения.



Evaluate energy E when m=1 kg:  $E = (89.876 \cdot 10^{15}) \text{ J}$

### **Задание 1.7.5. Форматирование документа**

1. Откройте новый документ и введите две следующие области формул.

$$x := 3$$

$$y := x + 5$$

Шрифт формул по умолчанию: *Mathcad UniMath Prime*, размер шрифта по умолчанию: 11, цвет шрифта по умолчанию: черный.

2. Вставьте текстовую область (**Шрифт (Font)**=Arial, **Размер шрифта (Font Size)**=10), содержащий область формул.

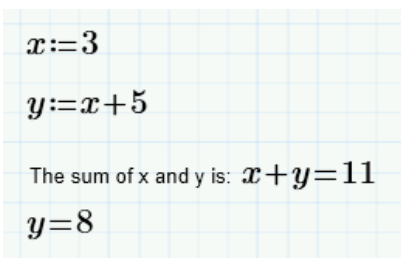


The sum of x and y is:  $x + y = 11$

3. Вставьте другую область формул для вычисления  $y$ .

$$y = 8$$

4. Щелкните любое место в документе, за исключением области формул или текстовой области. На вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** выберите 16 в раскрывающемся меню **Размер шрифта (Font Size)**. Размер формул во всех областях формул станет равным 16. Размер текста остается без изменений.



$x := 3$

$y := x + 5$


The sum of x and y is:  $x + y = 11$

$y = 8$

## 2. РАБОТА С МАТЕМАТИЧЕСКИМИ ВЫРАЖЕНИЯМИ

### 2.1. Вставка математических элементов

Математические выражения в документе *Mathcad Prime* отображаются в привычной форме: деление с дробной чертой, показатели степени в верхнем положении и составные дроби. Редактор уравнений работает внутри структуры математического выражения. При вводе *Mathcad Prime* собирает части выражения, используя правила приоритета и дополнительные правила для упрощения ввода знаменателей, степеней и подкоренных выражений.

Математика - это режим вставки по умолчанию в *Mathcad Prime*. Начальная точка вставки помечается синим перекрестием . Текущую точку вставки можно изменить, щелкнув пустое место в документе. При вводе букв, чисел и операторов появляется область формул с синей вертикальной линией в точке вставки. Этот курсор можно использовать для правки математических выражений.

Все, что начинается с цифры, *Mathcad Prime* интерпретирует как число.

Точки и запятые используются следующим образом:

- точка используется в качестве разделителя целой и дробной частей числа;
- запятая используется для отделения аргументов функции и индексов матрицы или для указания шага в диапазоне.

В числах, больших 999, не используется ни запятая, ни точка для разделения цифр на группы по три. Например, для ввода числа десять тысяч нужно ввести с клавиатуры 10000.

Часть математических выражений можно выбрать с помощью клавиши пробела или клавиш со стрелками. Математические элементы можно группировать по одному, либо все одновременно. Расположение курсора с левой или правой стороны элемента может повлиять на группировку. Выбранную группу можно копировать и вставлять в другую область формул. К выбранной группе

можно применять оператор до тех пор, пока группа не будет включать в себя результат:

Нажать клавиши	Описание
Shift+Home	Перемещает курсор влево.
Shift+End	Перемещает курсор вправо.

$$a \cdot b + c \rightarrow a \cdot \sqrt{b + c}$$

Группа, не включающая результат, подобна набору элементов, заключенному в невидимые круглые скобки. Например, операнды представляют собой группы, поэтому при замене или удалении оператора группы остаются без изменений:

$$\frac{a}{b} \cdot c^d \rightarrow \frac{a}{b} + c^d$$

$$a \cdot \sqrt{b + c} \rightarrow a \cdot (b + c)$$

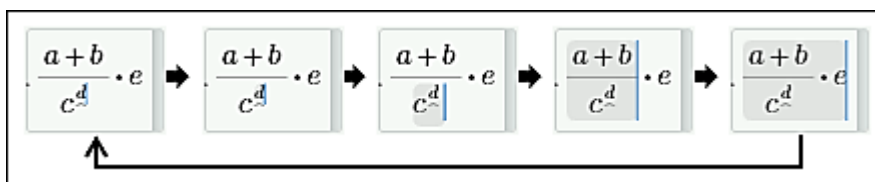
Группировать математические элементы можно, используя сочетания клавиш или указатель. Чтобы сгруппировать, нужно перетащить указатель в математическом выражении на элементы. Выбранные элементы подсвечиваются.

Добавление элементов поодиночке:

1. Щелкните математическое выражение, чтобы появился курсор.
2. Чтобы выбрать элементы согласно правилам предшествования или математическому порядку операций, нажимайте "Пробел", пока не подсветятся все нужные элементы.

Выбор зависит от начального расположения курсора. Например:

$$\frac{a+b}{c^d} \cdot e \rightarrow \frac{a+b}{c^d} \cdot e \rightarrow \frac{a+b}{c^d} \cdot e \rightarrow \frac{a+b}{c^d} \cdot e \rightarrow \frac{a+b}{c^d} \cdot e$$



3. Чтобы управлять направлением группирования, используйте один из следующих методов:

*Другие методы группирования:*

1. Щелкните математическое выражение, чтобы появился курсор;
2. Чтобы изменить положение курсора по отношению к элементу или группе, используйте один из следующих методов.

Сочетания клавиш для редактирования математических выражений:

Сочетание клавиш	Действие
ВВОД	Перемещение курсора из текущей области.
Пробел	Удлинение группы на один член.
Home	Перемещение курсора к началу выражения.
End	Перемещение курсора к концу выражения.
←	Перемещение курсора к следующей точке вставки слева.
Ctrl+←	Перемещение курсора влево от текущего члена и влево от следующего члена.
Shift+←	Удлинение группы на один член влево.
→	Перемещение курсора к следующей точке вставки справа.
Ctrl+→	Перемещение курсора вправо от текущего члена и вправо от следующего члена.
Shift+→	Удлинение группы на один член вправо.

## 2.2. Ввод математических выражений

Вводить математические выражения в Mathcad так же просто, как писать на листе бумаги. Выражения можно вводить прямо с клавиатуры, используя обычные математические обозначения.

В область формул или текстовую область можно вводить следующие типы математических выражений:

алгебраические;	$3x^2 + 2xy + 5$								
дифференциальные и интегральные;	$\int_2^3 x^2 dx$								
логические;	$2 < 3$								
матрицы и векторы;	$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$								
таблицы;	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>x</math></td> <td style="text-align: center;"><math>y</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>(m)</math></td> <td style="text-align: center;"><math>(s)</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	$x$	$y$	$(m)$	$(s)$	1	2	3	4
$x$	$y$								
$(m)$	$(s)$								
1	2								
3	4								
строковые.	"string A 09 1"								

В любом месте документа можно ввести математические выражения, для этого необходимо:

1. Щелкните, чтобы поместить перекрестие, а затем непосредственно введите выражения, используя естественную математическую нотацию.

2. Чтобы ввести математические выражения в текстовую область, щелкните текстовую область, а затем на вкладке **Математика (Math)** в группе **Области (Regions)** щелкните **Математика (Math)**. В области формул появляется пустой местозаполнитель. Либо нажмите клавиши *Ctrl+Shift+M*.

3. Введите цифры, буквы и математические операторы, чтобы создать область формул. Например, введите  $3/4+5^2=$ , чтобы получить следующий результат

$$\frac{3}{4+5^2}=0.103$$

Можно вставить операторы, символы и константы с вкладки **Математика (Math)**. Выберите требуемый элемент из группы **Операторы и символы (Operators and Symbols)**.

Можно также скопировать частично или полностью область формул и вставить ее в текстовую область.

Определение переменной:

1. Введите в документ имя переменной, которую нужно определить.
2. Введите двоеточие, чтобы вставить оператор определения :=.
3. Введите в местозаполнитель число, строку и выражение или введите один из операторов области дискретных значений.

•При определении переменной ее можно использовать во всех вычислениях, которые вводятся внизу или справа от уравнения, которое ее определяет. Можно также переопределить переменную, и новое определение будет использовано в следующих уравнениях.

•При вводе оператора области дискретных значений появятся новые местозаполнители. Необходимо ввести скаляры в каждый из этих местозаполнителей, чтобы создать переменную-диапазон.

•Можно оценить переменные путем ввода оператора оценки сразу после их определения. Например:

$$c := \sin(2) = 0.909$$

•Можно использовать матрицу или вектор для определения нескольких переменных одновременно: каждый элемент с правой стороны назначается одновременно соответствующему элементу с левой стороны. Например:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 10 \\ 15 \\ 20 \end{bmatrix}$$

*Имена переменных, имена функций, названия единиц измерения, имена констант и т. д. в общем называют идентификаторами.*

Идентификаторы могут содержать любой допустимый символ Юникода из базовой многоязыковой плоскости (BMP), за исключением пробела и управляющих символов, но с дополнительным ограничением: первый символ не может быть десятичной цифрой (0-9). Символы BMP Юникода определяются как имеющие код в диапазоне 0-65535.

Обозначение, связанное с идентификатором, считается частью его имени, отличающего его от другого идентификатора. Это позволяет определить новую функцию *mean* с обозначением "Переменная" (*Variable*) и при этом ссылаться на встроенную функцию **mean**, для которой указано обозначение "Функция" (*Function*). Однако если вы определите новую функцию *mean* с обозначением "Функция" (*Function*), то будет скрыто встроенное определение этой функции.

Идентификаторы являются зависимыми от регистра, могут иметь любую длину и могут содержать любую комбинацию допустимых символов:

- Буквы - буквы верхнего и нижнего регистра.
- Цифры — от 0 до 9; имя не может начинаться с цифр. *Mathcad* интерпретирует цифры в начале имени в сочетании с буквами либо как мнимое число ( $2i$  или  $3j$ ), либо как множитель для переменной ( $3x$ ).
- Точка - единственный символ пунктуации, точка может использоваться в любом месте, даже как первый символ.

*Символы:*

- Символ подчеркивания `_`.
- Любой символ, перечисленный в списке **Символы (Symbols)** группы **Операторы и символы (Operators and Symbols)** на вкладке **Математика (Math)**. Чтобы добавить греческий символ, введите сначала латинский символ, а затем нажмите сочетание клавиш *Ctrl+G*. Чтобы добавить число *pi*, введите символ *p* и нажмите *Ctrl+G*.

- Любая константа, перечисленная в списке **Константы (Constants)** группы **Операторы и символы (Operators and Symbols)** на вкладке **Математика (Math)**.

- Другие стандартные символы. Для поиска кодов специальных символов можно обратиться к программе "*Таблица символов*".

Чтобы получить доступ к карте символов *MS Windows*, щелкните **Пуск (Start)>Стандартные - Windows (Windows Accessories)>Таблица символов (Character Map)**.

Индексы в имени переменной или функции - любая комбинация допустимых символов, включая число как первый символ. Подстрочный индекс может быть помещен в любое место в идентификаторе. Идентификатор может содержать различные подстрочные индексы, такие как  $H_2SO_4$ .

*Дополнительные сведения:*

- Идентификаторы не могут содержать символы, имеющие специальное значение в Mathcad, такие как перечисленные на вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** в списке **Операторы (Operators)**.

- Одному и тому же имени можно назначить различные метки. Например, можно ввести выражение  $f(x)$  и обозначить его как функцию, а затем ввести выражение  $f$  и обозначить его как переменную.

- Для встроенных констант, переменных или функций используются зарезервированные имена. После переопределения этих имен их встроенное значение теряется. Например, если определить функцию с именем *mean*, будет переопределена функциональность встроенной функции *mean*.

### ***2.3. Использование индексов в имени переменной или функции для определений имен***

Используйте литеральные подстрочные индексы только в целях именования. Литеральные подстрочные индексы можно использовать для создания наименований, таких как  $Vector_1$  и  $H_2O$ . Литеральные подстрочные индексы работают только в областях формул, а не в текстовых областях.



Чтобы ввести литеральный подстрочный индекс в виде именованной переменной, на вкладке **Математика (Math)** щелкните **Подстрочный индекс (Subscript)**. Затем переключитесь в то место, где нужно вставить подстрочный индекс. Можно также нажать клавиши *CTRL* +/-

Хотя литеральные подстрочные индексы отображаются как индексы матриц, которые вставляются с помощью оператора индекса, они отличаются по функции. Литеральные подстрочные индексы - это часть имени переменной или функции, в то время как индексы матрицы назначают и возвращают значение для вектора или матрицы. Если щелкнуть литеральный подстрочный индекс, появится курсор. Если щелкнуть индексы матрицы, то отображается синий открытый прямоугольник.

Оператор индекса в имени переменной или функции	Оператор индекса матрица
H <sub>2</sub> O	$M[2,2]:=2$ $M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$

Чтобы вставить символ литерального подстрочного индекса, недоступный на клавиатуре, используйте сочетание клавиш или таблицу символов. Не используйте меню **Константы (Constants)**. Например, чтобы вставить символ  $\infty$ , нажмите клавиши *Ctrl+Shift+Z* в местозаполнителе литерального подстрочного индекса.

#### 2.4. Сведения о пользовательских функциях

Пользователь может использовать встроенные функции или определять собственные функции. После определения функции ее можно использовать в любом месте ниже или правее определения.

При вычислении выражения, содержащего функцию, *Mathcad* выполняет следующие действия:

- вычисление аргументов в скобках;
- замена фиктивных аргументов в определении функции фактическими аргументами, стоящими в скобках;
- вычисление, указанное в определении функции;
- возврат результатов в виде значения функции.

$x1 := 0$	$y1 := 1.5$	$dist(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$
$x2 := 3$	$y2 := 4$	
$x3 := -1$	$y3 := 1$	
$dist(x1, y1) = 1.5$		
$dist(x2, y2) = 5$		
$dist(x3, y3) = 1.414$		

Аргументами пользовательской функции могут быть скалярные значения, векторы и матрицы. Например, упомянутую выше функцию можно определить следующим образом:

$$dist(v) := \sqrt{(v^2)_0 + (v^2)_1}$$

В этом примере функция получает в качестве аргумента вектор, а возвращает скалярный результат. Имена пользовательских функций чувствительны к регистру. Функция  $f(x)$  отлична от функции  $F(x)$ .

При определении функции не требуется определять имена в списке аргументов. На этом этапе определяются действия, которые *Mathcad* выполняет с аргументами, а не с тем, что представляют аргументы. Определения аргументов необходимо предоставить только при вычислении функции. Однако если в определении функции используется имя переменной, отсутствующей в списке аргументов, необходимо определить это имя выше определения функции. Зна-

чение такой переменной в момент определения функции станет постоянной частью этой функции.

$a := 2$	$t := -4$
$f(x) := x^a$	$f(t) = 16$
$f(2) = 4$	
$f(3) = 9$	
$f(\sqrt{5}) = 5$	
$a := 3$	
$f(2) = 4$	
$a := 5$	
$f(2) = 4$	


Если требуется, чтобы функция зависела от значения переменной, необходимо включить эту переменную в список аргументов. В противном случае *Mathcad* будет использовать фиксированное значение переменной на момент определения функции в документе.

## **2.5. Задания для самостоятельной работы**

### **Задание 2.5.1. Ввод и решение уравнения**

В среде *Mathcad* можно вводить математические выражения с помощью общепринятых обозначений. Можно вводить числа, переменные, символы, а также операторы и функции. Можно объединить несколько математических элементов в группу, а затем применить какой-либо оператор ко всей этой группе. Уравнения можно править, добавляя, удаляя или заменяя операторы. После выполнения этого упражнения вы научитесь:

- вводить и решать уравнения;
- править уравнения.

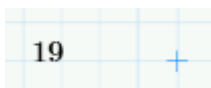
1. Щелкните значок . Откроется новый пустой документ с сеткой и синим перекрестием. Это перекрестие указывает точку вставки следующей области, математической или текстовой. Щелкая сетку или нажимая клавиши со стрелками, можно изменять положение перекрестия.

2. Введите число 19.



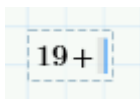
Будет создана область формул, отмеченная границей вокруг числа 19.

3. Щелкните любое место за пределами области формул. Граница исчезнет, а синее перекрестие появится вновь.

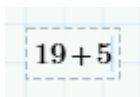


4. Щелкните число 19, чтобы активизировать область формул. Должен появиться синий курсор. С помощью клавиш со стрелками переместите курсор в крайнюю правую точку для вставки в области формул (как на шаге 2).

5. Чтобы вставить оператор сложения, введите знак + (плюс).

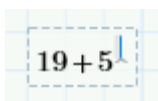


Введите число 5.

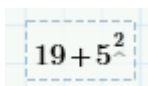


Не вводите пробелы. *Mathcad* вставляет пробелы вокруг каждого оператора по мере надобности.

6. Чтобы вставить оператор возведения в степень, на вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** щелкните **Операторы (Operators)**. Откроется список **Операторы (Operators)**. Щелкните  $x^y$ . Появится место заполнитель.

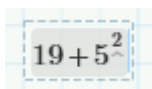


Введите число 2.

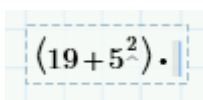


При наведении курсора на оператор в списке **Операторы (Operators)** появляется всплывающая подсказка, содержащая краткое описание оператора и сочетание клавиш для быстрого выбора.

7. Чтобы сгруппировать элементы  $19$  и  $5^2$ , нажмите 3 раза клавишу "Пробел". Группа считается завершенной, когда все требуемые элементы выделены цветом.

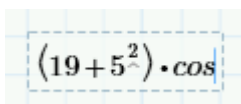

$$19 + 5^2$$

8. Чтобы вставить оператор умножения, введите знак \* (звездочка).

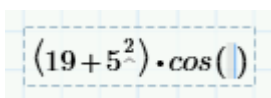

$$(19 + 5^2) \cdot$$

*Mathcad* вставляет круглые скобки, чтобы показать, что умножается вся группа.

9. Чтобы вставить функцию косинус, введите cos.

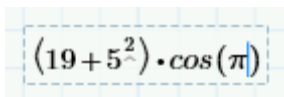

$$(19 + 5^2) \cdot \cos$$

10. Чтобы добавить аргумент для функции косинус, введите знак ( (служит для ввода обеих скобок).


$$(19 + 5^2) \cdot \cos($$

Появится пара круглых скобок с пустым местозаполнителем между ними. Обратите внимание, что пустые местозаполнители появляются также на шагах 5, 6 и 8 при вводе оператора. В большинстве случаев при появлении таких местозаполнителей необходимо заполнить их до вычисления выражения.

11. Чтобы вставить константу  $\pi$ , введите  $p$ , а затем нажмите клавиши *Ctrl+G*. Чтобы просмотреть список констант, на вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** щелкните **Константы (Constants)**.


$$(19 + 5^2) \cdot \cos(\pi)$$

12. Чтобы вычислить выражение, введите знак = (равно).

$$(19 + 5^2) \cdot \cos(\pi) = -44$$

Появятся оператор вычисления и результат. Для удаления результата нажмите клавишу *Backspace*, чтобы выбрать результат и знак равенства, а затем нажмите клавишу *Delete*.

### Задание 2.5.2. Правка уравнений

1. Чтобы править уравнение, введенное в предыдущем задании, необходимо активизировать его область формул. Щелкните область. Вокруг активированной области появится пунктирный прямоугольник:

$$(19 + 5^2) \cdot \cos(\pi) = -44$$

Для форматирования области достаточно выделить ее. Щелкните документ и проведите указателем по выделяемой области. На выделенной области появится прямоугольник темно-серого цвета:

$$(19 + 5^2) \cdot \cos(\pi) = -44$$

2. Щелкните оператор сложения. Оператор станет синим, а оба его операнда, математические элементы  $19$  и  $5^2$ , будут сгруппированы.

$$(19 + 5^2) \cdot \cos(\pi) = -44$$

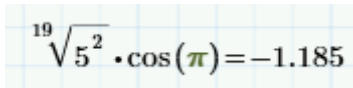
3. Чтобы заменить оператор сложения на оператор квадратного и N-го корня, введите знак  $\sqrt{\quad}$  (косая черта) и нажмите клавишу "Ввод". Результат будет автоматически пересчитан.

$$\left(\sqrt[19]{5^2}\right) \cdot \cos(\pi) = -1.185$$

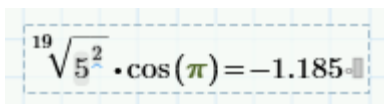
4. Чтобы удалить или заменить корневое выражение, дважды щелкните n-й корневой оператор и нажмите клавишу *Backspace* или *Delete*.

5. Чтобы отменить операцию удаления, нажмите клавиши *Ctrl+Z*.

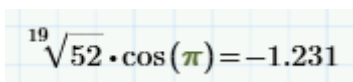
6. Круглые скобки вокруг первого элемента больше не нужны. Можно выделить одну из скобок и нажать клавишу Delete или Backspace. Обе скобки будут удалены. Щелкните любое место за пределами области формул. Результат будет автоматически пересчитан.


$$\sqrt[19]{5^2} \cdot \cos(\pi) = -1.185$$

7. Потренируйтесь в перемещении курсора вокруг, а также внутри и снаружи области формул при помощи клавиш со стрелками, сочетаний клавиши Ctrl с клавишами со стрелками, клавиш Home и End. Завершите на операторе возведения в степень ^.

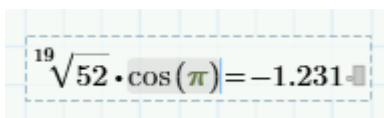

$$\sqrt[19]{5^2} \cdot \cos(\pi) = -1.185-$$

8. Чтобы удалить оператор возведения в степень, нажмите клавишу Backspace или Delete. Числа 5 и 2 станут одним целым числом. Щелкните любое место за пределами области формул. Результат будет автоматически пересчитан.

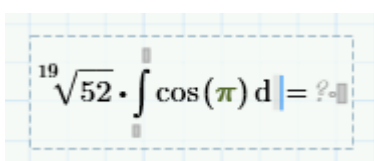

$$\sqrt[19]{52} \cdot \cos(\pi) = -1.231$$

При удалении оператора получающееся выражение зависит от вида оператора и его операндов.

9. Чтобы сгруппировать функцию косинус и ее аргументы, проведите указателем по выражению  $\cos(\pi)$ .


$$\sqrt[19]{52} \cdot \cos(\pi) = -1.231-$$

10. Чтобы вставить оператор интеграла, нажмите клавиши *Ctrl+Shift+I*. Появившийся оператор будет иметь 3 дополнительных местозаполнителя, выделенных синим цветом:


$$\sqrt[19]{52} \cdot \int \cos(\pi) d = ?$$

11. Поместите курсор поочередно на местозаполнители нижнего и верхнего пределов оператора интеграла и введите для нижнего и верхнего пределов интегрирования числа 0 и  $0.5\pi$  соответственно.

$$\sqrt[19]{52} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\pi) d\pi = ?$$

12. Удалите аргумент функции косинус  $\pi$  замените его на другую греческую букву, например  $\alpha$ . Введите латинскую букву  $a$  и нажмите клавиши *Ctrl+G*. Чтобы просмотреть список символов, на вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** щелкните **Символы (Symbols)**.

$$\sqrt[19]{52} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\pi = ?$$

Поместите курсор после аргумента  $\alpha$  функции косинуса и убедитесь, что на вкладке **Математика (Math)** в группе **Стиль (Style)** параметр **Обозначения (Labels)** имеет значение (-).

13. Чтобы определить переменную интегрирования, в оставшемся местозаполнителе введите греческую букву  $\alpha$ . Щелкните любое место за пределами области формул. Результат будет автоматически пересчитан.

$$\sqrt[19]{52} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 1.231$$

14. Чтобы вставить оператор деления, поместите курсор левее 52 и введите знак / (косая черта). Появится черта, обозначающая деление, и местозаполнитель над ней.

$$\sqrt[19]{\frac{1}{52}} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 1.231$$

15. Введите в местозаполнителе цифру "1", а затем нажмите клавишу *Enter*.

$$\sqrt[19]{\frac{1}{52}} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 0.812$$



16. Чтобы сгруппировать математические элементы уравнения, проведите курсором слева направо:

$$\sqrt[19]{\frac{1}{52}} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 0.812$$

17. Введите знак /. Появится черта, обозначающая деление, и местозаполнитель под ней.

$$\sqrt[19]{\frac{1}{52}} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 0.812$$

18. Введите в местозаполнителе цифру "2", а затем нажмите клавишу Enter.

$$\sqrt[19]{\frac{1}{52}} \cdot \int_0^{0.5\pi} \cos(\alpha) d\alpha = 0.406$$

Обратите внимание, как положение курсора влияет на получающееся выражение. На шаге 14 курсор был помещен слева от 52. После вставки оператора деления выражение 52 стало знаменателем. На шаге 16 курсор был помещен справа от группы. После вставки оператора деления группа стала числителем.

Перед тем как перейти к следующему упражнению, введите и решите следующее уравнение:

$$\int_1^{\frac{\pi}{4}} \int_1^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\left(\frac{2\pi \cdot \theta}{5}\right) \sin\left(\frac{3\pi \cdot \phi}{10}\right) e^{5\left(\frac{\theta}{\phi}\right)} d\theta d\phi}{\ln\left(\frac{1}{\sqrt{\theta^2 + \phi^2}}\right) \cos(\theta)^2 + \sin(\phi)^3} = 105.322$$

Числа 2 и  $\pi$  можно вводить без оператора умножения между ними. В среде *Mathcad* поддерживается неявное умножение. Оператор масштаба автоматически вставляется между двумя элементами. Однако *Mathcad* определяет  $\pi\theta$  как отдельную переменную. Чтобы ввести произведение двух

элементов, необходимо сначала ввести число  $\pi$ , затем вставить оператор умножения или оператор масштаба и, наконец, ввести переменную  $\theta$ .

### Задание 2.5.3. Форматирование математических элементов

#### Изменение шрифта формул

1. Откройте новый документ и введите математическое выражение.

$x:=5$

Шрифт формул по умолчанию: *Mathcad UniMath Prime*, размер шрифта по умолчанию: 11, цвет шрифта по умолчанию: черный.

2. Выберите область формул, а затем на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** щелкните *Wide Latin* в раскрывающемся меню **Шрифт (Font)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий выбранному шрифту.

**$x:=5$**

3. Выберите "14" в раскрывающемся меню **Размер шрифта (Font Size)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий выбранному размеру шрифта.


**$x:=5$**

4. Выберите красный цвет в раскрывающейся палитре **Цвет шрифта (Font Color)**. Математическое выражение получит выбранный цвет шрифта.

**$x:=5$**

5. Выберите желтый цвет в раскрывающейся палитре **Цвет подсвечивания (Highlight Color)**. Область формул получит выбранный цвет фона.

**$x:=5$**

6. Нажмите кнопку  **Удалить формат (Remove Format)**. Будет восстановлено первоначальное форматирование математического выражения и области.

$x:=5$

7. Нажмите четыре раза кнопку **Увеличить размер шрифта (Increase Font Size)**. При каждом нажатии размер шрифта увеличивается на 1, таким образом, окончательный размер шрифта будет равен 15.

$$x := 5$$

8. Нажмите четыре раза кнопку **Уменьшить размер шрифта (Decrease Font Size)**. Математическое выражение примет вид, соответствующий размеру шрифта 11.

$$x := 5$$

#### *Задание 2.5.4. Изменение формата результата*

1. Вставьте следующее математическое определение, а затем вычислите его.

$$x := 34567.0123$$

$$x = 3.457 \cdot 10^4$$

На вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Результаты (Results)** отображается поле **Формат результатов (Result Format)**, имеющее по умолчанию значение **(Общий) ((General))**, поле **Точность отображения (Display Precision)** со значением по умолчанию **(3)** и выключенная по умолчанию кнопка **Показывать нули в младших разрядах (Show Trailing Zeros)**.

2. Выберите вычисленную область формул, а затем выберите **(Десятичный) ((Decimal))** в раскрывающемся меню **Формат результатов (Result Format)**. Повторяйте это действие, выбирая **(Научный) ((Scientific))**, **(Проектирование) ((Engineering))** и **(Процент) ((Percent))**. Формат отображения математического выражения соответственно изменится на

<b>(Десятичный)</b>	<b>(Научный)</b>	<b>(Проектирование)</b>	<b>(Процент)</b>
$x = 34567.012$	$x = 3.457 \cdot 10^4$	$x = 34.567 \cdot 10^3$	$x = 3456701.23\%$

3. Выберите вычисленную область формул, а затем щелкните **Очистить формат (Clear Format)**. Формат восстановится и будет иметь значение **(Общий) ((General))**.

4. Выберите 5 в раскрывающемся меню **Точность отображения (Display Precision)**. Результат будет отображен только с 4 цифрами справа от десятичной точки, потому что 5-я цифра оказалась равной нулю, а кнопка **Показывать нули в младших разрядах (Show Trailing Zeros)** выключена.

$$x = 3.4567 \cdot 10^4$$

5. Нажмите кнопку **Показывать нули в младших разрядах (Show Trailing Zeros)**. Теперь в отображаемом результате появится нуль в младших разрядах.

$$x = 3.45670 \cdot 10^4$$

Нажмите кнопку **Показывать нули в младших разрядах (Show Trailing Zeros)** еще раз, чтобы отключить ее.

6. Выберите "8" в раскрывающемся меню **Точность отображения (Display Precision)**. Результат будет отображен с 8 цифрами справа от десятичной точки.

$$x = 3.45670123 \cdot 10^4$$

7. Выберите "15" в раскрывающемся меню **Точность отображения (Display Precision)**. Результат будет отображен с 8 цифрами справа от десятичной точки, которые содержат все цифры исходного числа.

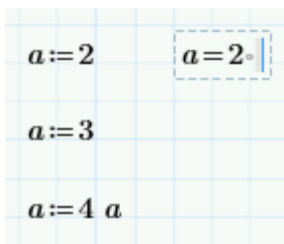
$$x = 3.45670123 \cdot 10^4$$

8. Нажмите кнопку **Показывать нули в младших разрядах (Show Trailing Zeros)**. Чтобы была достигнута указанная **Точность отображения (Display Precision)**, равная 15, будут отображены нули в младших разрядах.

$$x = 3.456701230000000 \cdot 10^4$$

### *Задание 2.5.5. Упорядочивание областей и применение обозначений*

1. В новом документе введите следующие выражения. Оставьте свободное место рядом с определениями переменных.



2. Выберите область формул с результатом  $a = 2$ .

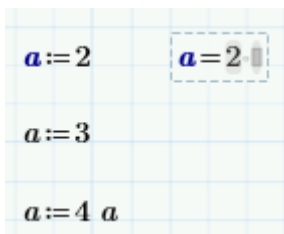
3. Чтобы переместить область формул в положение выше, ниже, левее или правее других областей, нажимайте клавиши со стрелками. Обратите внимание, как приведенные ниже правила влияют на результат в области формул:

В среде *Mathcad* признаются только определения переменных, расположенные выше или левее формул вычисления для этих переменных. Иначе появится сообщение об ошибке. Исключение из этого правила есть только для встроенных констант. Например, введите  $c =$ . Будет получен результат — скорость света.

При переопределении переменной новое определение будет действовать, начиная с этой точки вправо и вниз.

Переменную можно переопределять, используя саму эту переменную.

4. Чтобы различать разные математические типы, такие как переменные, функции или единицы измерения, используйте в их именах метки. Например, обозначьте первый символ  $a$  как единицу измерения. Установите курсор поочередно рядом с каждым именем и на вкладке **Математика (Math)** в группе **Стиль (Style)** выберите новое обозначение в списке **Обозначения (Labels)**. Формат буквы  $a$  изменится в соответствии с выбранным обозначением.



5. Повторите шаги 2 и 3 и наблюдайте, как метки влияют на результат области формул.

В некоторых случаях *Mathcad* автоматически назначает обозначения элементам. Например, при вставке функции, константы или единицы измерения с ленты эти элементы уже имеют метку.

Формат обозначения для определенного математического типа сохраняется на протяжении всего документа. Для настройки форматов обозначений можно использовать опции на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Стили обозначений (Label Styles)**.

### Задание 2.5.6. Определение и вычисление функций

1. Чтобы присвоить переменной имя  $\theta$ , введите  $q$  и нажмите клавиши **Ctrl+G**. Чтобы задать значение переменной  $\theta$ , вставьте оператор определения и введите число 67. На вкладке **Математика (Math)** в группе **ЕИ (Units)** щелкните **Единица (Unit)**. Откроется список **Единица (Unit)**. В категории **Угол (Angle)** щелкните символ "°" (градус).

$$\theta := 67^\circ$$

Символ градуса можно вставить по-другому – ввести *deg* после 67. При вычислении в градусах результат возвращается все равно в радианах:

$$67^\circ = 1.169$$

$$67 \text{ deg} = 1.169$$

2. Вычислите значение встроенной функции синус для этого угла. Чтобы просмотреть список встроенных функций, на вкладке **Функции (Functions)** в группе **Функции (Functions)** щелкните **Все функции (All Functions)**.

$$\sin(\theta) = 0.921$$

3. Выберите область формул. На вкладке **Расчет (Calculation)** в группе **Элементы управления (Controls)** щелкните **Отключить область (Disable Region)**. Отключенная область формул станет серой.

$$\sin(\theta) = 0.921$$

4. Измените определение угла на  $\pi/6$ . Отключенная область не будет пересчитана после изменения угла.

$$\theta := \frac{\pi}{6}$$

$$\sin(\theta) = 0.921$$

5. Выберите отключенную область и щелкните **Отключить область (Disable Region)**, чтобы изменить состояние переключателя на обратное. Результат будет пересчитан.

$$\theta := \frac{\pi}{6}$$

$$\sin(\theta) = 0.5$$

Любую область можно отключить, чтобы зафиксировать результат, полученный в определенный момент времени. Если отключить определение переменной, то в других областях, где используется эта переменная, появятся сообщения об ошибке, и они будут там до тех пор, пока определение переменной не будет вновь активировано.

### **Задание 2.5.7. Определение новых функций и проверка единиц измерения**

Математическое выражение можно сделать общедоступным, назначив его некоторой функции. Сначала нужно определить функцию и ее аргументы, а затем вычислить ее в определенных точках.

1. Вставьте имя функции и список ее аргументов.

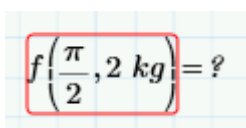
$$f(x, y)$$

2. Вставьте оператор определения и введите следующее выражение:

$$f(x, y) := 5 \text{ cm} + \sin(x) \cdot y$$

В этой функции *cm* обозначает сантиметры, а *x* и *y* являются аргументами функции *f*. Можно определить одну функцию с помощью другой, если их аргументы совпадают. Здесь аргументом функции **sin** является *x*, и *x*— тоже аргумент функции *f*.

3. Вычислите функцию *f* при  $x = \pi/2$  и  $y = 2 \text{ kg}$ :


$$f\left(\frac{\pi}{2}, 2 \text{ kg}\right) = ?$$

Появится сообщение об ошибке. Приложение *Mathcad* выполнило проверку единиц измерения в функции и обнаружило, что единицы измерения *x* и *y*

несовместимы с определением функции (значение  $x$  должно быть углом, а  $y$  - длиной).

4. Вычислите функцию  $f$  при  $x=\pi/5$  и  $y=3\text{ in}$ .

$$f\left(\frac{\pi}{5}, 3\text{ in}\right) = 0.095\text{ m}$$

Результат будет возвращен в метрах, потому что по умолчанию принята система единиц СИ. Чтобы сменить систему единиц измерения, на вкладке **Математика (Math)** в группе **ЕИ (Units)** выберите новую систему в списке **Система единиц измерения (Unit System)**.

### **Задание 2.5.8. Вставка векторов**

Векторы — это матрицы, имеющие только одну строку или столбец. Они используются для хранения одномерных наборов данных.

1. Чтобы вставить оператор матрицы, введите [ (левую квадратную скобку). Появится 1-элементный массив.

[ ]

2. Введите 2 4 6 5 9, нажимая клавишу *Tab* после каждого числа, чтобы вставить новую строку.

$\begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \\ 5 \\ 9 \end{bmatrix}$

3. Чтобы ввести матрицу по шаблону, на вкладке **Матрицы/таблицы (Matrices/Tables)** в группе **Матрицы и таблицы (Matrices and Tables)** щелкните **Вставить матрицу (Insert Matrix)**. Чтобы вставить вектор-строку (с 1 строкой и 6 столбцами), перетащите указатель на матрицу  $1 \times 6$ .

[ | | | | | ]

4. Введите следующие числа в пустые местозаполнители. Чтобы перейти от одного местозаполнителя к другому, нажмите клавишу *Tab* (переход вперед), клавиши *Shift+Tab* (переход назад) или клавиши со стрелками.

[ 8 4 0 1 33 2 ]



5. Вычислите следующее выражение, используя один из способов ввода векторов:

$$\begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 3 \end{bmatrix} + 2 \cdot \begin{bmatrix} 8 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 \\ 13 \\ 11 \end{bmatrix}$$

6. Чтобы вычислить скалярное произведение двух векторов, перемножьте их.

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 6 \\ 7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 8 \\ 0 \\ 7 \end{bmatrix} = 74$$

7. Чтобы сгруппировать два вектора, поместите курсор в левую часть области формул и дважды нажмите клавишу "Пробел". На вкладке **Математика (Math)** в группе **Операторы и символы (Operators and Symbols)** щелкните **Операторы (Operators)** и выберите оператор **Векторизация (Vectorization)** в списке **Векторы и матрицы (Vector and Matrix)**. Введите "=", чтобы вычислить выражение. Векторы будут поэлементно перемножены.

$$\overrightarrow{\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 6 \\ 7 \end{bmatrix}} \cdot \overrightarrow{\begin{bmatrix} 1 \\ 8 \\ 0 \\ 7 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} 1 \\ 24 \\ 0 \\ 49 \end{bmatrix}$$

### Задание 2.5.9. Определение матриц

1. Чтобы определить матрицу  $A$ , введите  $A$ :[

$$A := [ ]$$

2. Введите 1 4 2, нажимая клавиши  $Shift + "Пробел"$  после каждого числа.

$$A := [ 1 \ 4 \ 2 ]$$

3. Чтобы вставить строку, нажмите клавиши  $Shift + "Ввод"$  или установите указатель на последний элемент матрицы (2 в данном случае) и нажмите клавишу Tab.

$$A := \begin{bmatrix} 1 & 4 & 2 \\ \phantom{1} & \phantom{4} & \phantom{2} \end{bmatrix}$$

Чтобы изменить матрицу, используя ленту, на вкладке **Матрицы/таблицы (Matrices/Tables)** в группе **Строки и столбцы (Rows and Columns)** выберите один из параметров.

4. Поместите курсор в крайний левый пустой местозаполнитель. Введите 5 6 2 7 9 1 8 5 4, нажимая клавишу *Tab* после каждого числа.

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

5. Введите *B* и затем вставьте оператор определения.

$$B :=$$

6. На вкладке **Матрицы/таблицы (Matrices/Tables)** в группе **Матрицы и таблицы (Matrices and Tables)** щелкните **Вставить матрицу (Insert Matrix)**. Чтобы вставить матрицу из 4 строк и 3 столбцов, перетащите указатель на матрицу  $4 \times 3$ .

$$B := \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix}$$

7. Введите следующие числа в пустые местозаполнители:

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

8. Определите матрицу *C*. Назначьте этой переменной выражение, содержащее *A* и *B*.

$$C := 3A + B = \begin{bmatrix} 10 & 18 & 15 \\ 18 & 23 & 7 \\ 24 & 27 & 11 \\ 28 & 17 & 20 \end{bmatrix}$$

Добавляемые матрицы должны быть одинакового размера. Здесь обе матрицы *A* и *B* имеют размеры  $4 \times 3$ .

9. Вычислите элементы матрицы *C*.

Чтобы вычислить первый элемент матрицы *C*, введите *C*, вставьте оператор "Индекс матрицы" (Matrix Index) и введите 0,0=

$$C_{0,0} = 10$$

Чтобы вычислить третий элемент первого столбца, введите  $C$ , вставьте оператор "Индекс матрицы" (*Matrix Index*) и введите 2,0=

$$C_{2,0} = 24$$

Чтобы вычислить второй элемент второго столбца, введите  $C$ , вставьте оператор "Индекс матрицы" (*Matrix Index*) и введите 1,1=

$$C_{1,1} = 23$$

Отсчет индексов производится, начиная с верхнего левого элемента. Индексы первого элемента определяются системной переменной *ORIGIN*. Значение переменной **ORIGIN** можно изменить на вкладке **Расчет (Calculation)** или в самом документе. По умолчанию переменная *ORIGIN* имеет значение 0, поэтому первый элемент имеет индексы (0, 0).

10. Назначьте новые значения этим трем элементам. Для первого элемента введите  $C$ , вставьте оператор "Индекс матрицы" (*Matrix Index*) и введите 0,0:0

$$C_{0,0} := 0$$

$$C_{2,0} := 0$$

$$C_{1,1} := 0$$

После вычисления  $C$  можно будет увидеть элементы, которые были перепределены:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 18 & 15 \\ 18 & 0 & 7 \\ 0 & 27 & 11 \\ 28 & 17 & 20 \end{bmatrix}$$

## 3. СВЕДЕНИЯ О БЛОКАХ РЕШЕНИЯ

### 3.1. Общие сведения

Блоки решения используются для решения уравнений и систем линейных, нелинейных и дифференциальных уравнений. Также их можно использовать для решения проблем оптимизации, чтобы найти точки минимума и максимума данной функции при заданных ограничениях.

Блоки решения осуществляют поиск решения методом итераций, начиная с заданных значений начальных приближений. Часто найденное решение является аппроксимацией фактического решения, приемлемость которой определяется значениями допуска сходимости  $TOL$  и допуска ограничений  $CTOL$ .

Каждый блок решения может иметь только одну функцию решения. Однако если в конце одного блока решения определить какую-либо функцию, например  $f(a) := find(x)$ , то ее можно будет использовать в другом блоке решения. Первый блок решения называется параметризованным.

Кроме функции блока решения необходимо задать начальные приближения, а также начальные или граничные условия. Если ожидается, что решение будет комплексным, необходимо задать комплексные начальные приближения. Если задача решается для  $n$  переменных, блок решения должен содержать  $n$  уравнений. Допускается матричное представление как при решении с матричными переменными.

*Преимущества блока решения:*

- Можно ставить задачи в естественной математической нотации. Решаемые уравнения выражены в явном виде, а не спрятаны в определениях векторов и матриц или в определениях решателя.

- Можно задавать ограничения для поиска необходимого решения в определенной области пространства решений.

- Функции блока решения автоматически выбирают подходящий алгоритм для решения поставленной задачи.

- С помощью процесса итерации, используемого в блоках решения, можно находить решения систем нелинейных уравнений. Используя матричные вычисления, решить такую систему весьма сложно, если вообще возможно.

- Можно перемещать отдельные области внутри блока решения, а также перемещать всю область блока решения внутри документа.

### **3.2. Сведения о переменных блока решения**

При определении переменных в блоке решения применяются следующие правила.

- Оператор определения можно использовать только для определения переменных внутри блоков решения, но для таких определений нельзя использовать оператор глобального определения.

- При использовании оператора определения для присвоения значения переменной присвоение ограничивается областью внутри блока решения. Присвоенное значение может быть числом или ранее определенной переменной блока решения.

- Оператор определения можно использовать для присвоения переменной выходных данных функции блока решения. Такое присвоение распознается внутри и вне блока решения.

Например, в блоке решения ниже:

- Оператор определения используется для определения значений переменных  $x$ ,  $y$  и  $z$  в первом приближении.

- Для определения ограничений используются три уравнения.

- Функция блока решения *Find* используется для поиска решения, удовлетворяющего ограничениям.

- Оператор определения используется для присвоения выходных данных *Find* переменной *vec*.

- Начальные приближения вычисляются в нижней части блока решения.

```

x:=1
y:=1
z:=0

2*x+y=5-2*z^2
y^3+4*z=4
x*y+z=e^z

vec:=Find(x,y,z)=[ 1.422
                   0.975
                   0.768]

x=1      y=1      z=0

```

Вычисление переменных блока решения за пределами блока решения показывает, что:

- Переменная *vec* определена и возвращает одинаковый результат внутри и вне блока решения.

$$vec = \begin{bmatrix} 1.422 \\ 0.975 \\ 0.768 \end{bmatrix}$$

- Переменные *x*, *y* и *z* не определены вне блока решения, и их вычисление возвращает аналогичное сообщение об ошибке.

$$x = ?$$

$$y = ?$$

$$z = ?$$

### 3.3. Методы решения алгебраических уравнений

Если функция **find** не может больше улучшить решение, и при этом не выполнены условия всех ограничений, решатель прекращает поиск и выдает сообщение об ошибке. Это случается при возникновении одной из следующих ситуаций:

- решателю не удается более уменьшить погрешность;
- решатель достигает точки, в которой отсутствует база для построения следующей итерации;

- решатель достигает предела своей точности. Ошибки в округлениях делают маловероятным дальнейшее увеличение точности решения.

Эта проблема может быть вызвана следующими причинами.

- Решение не существует.

- Задано вещественное начальное приближение, а вещественное решение не существует. Попробуйте комплексное начальное приближение.

- Решатель вышел на локальный минимум значения погрешности или на неожиданную точку завершения. Попробуйте изменить начальное приближение или добавить неравенство.

- Значение переменной *CTOL* слишком мало. Попробуйте увеличить значение *CTOL* путем переопределения этой переменной документа вверху области блока решения.

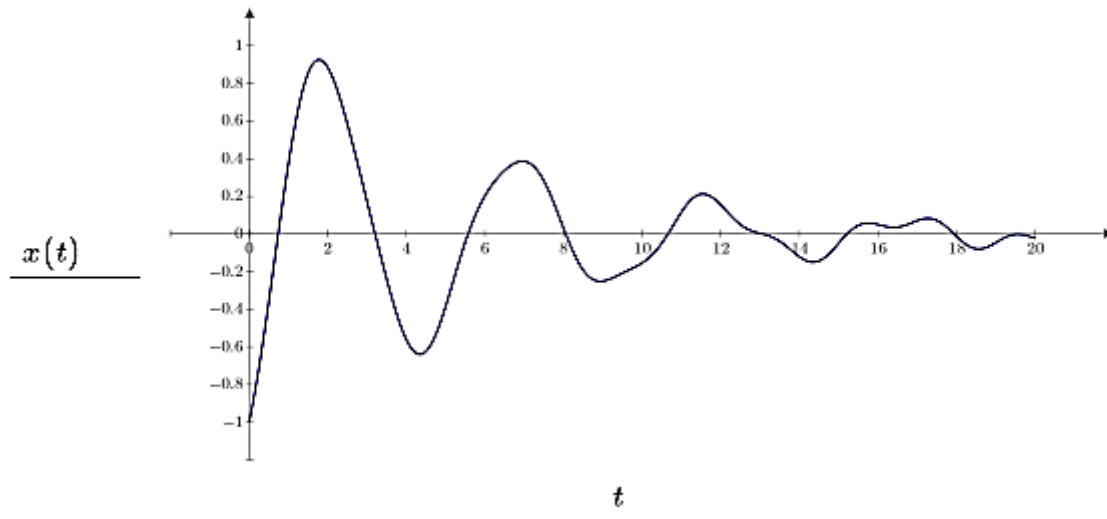
Если система не сходится, можно найти приближенное решение с помощью функции *minerr* вместо функции **find**.

### 3.4. Решение ОДУ

Для поиска функции, удовлетворяющей обыкновенному дифференциальному уравнению (ОДУ) в заданном диапазоне значений, можно использовать блоки решения и функцию *odesolve*.

```
3 * x''(t) + x'(t) + 5 * x(t) = sin(pi * t)
x(0) = -1
x'(0) = 1
x := odesolve(x(t), 20)
```

Здесь выходная функция рассчитана в диапазоне  $0 \leq x \leq 20$ :



При использовании ОДУ в блоках решения необходимо учитывать следующие ограничения:

- *Операторы.* Для решения ОДУ в блоках решения используйте оператор "равно". Не используйте операторы сравнения или неравенства. Для определения производных используйте оператор производной или оператор штрих, например  $d/dx$  и  $d^2/dx^2$  или  $y'(x)$  и  $y''(x)$ .

- *Начальные и граничные условия.* Для одного ОДУ  $n$ -го порядка должно быть задано независимых ограничений в форме равенства:

*Задача с начальными условиями.* Требуется значения функции  $y(x)$  и первых  $n - 1$  ее производных в одной начальной точке  $a$ .

*Граничная задача.*  $n$  ограничений должны задавать определенные значения функции  $y(x)$  и ее производных в начальной точке  $a$  или в конечной точке  $b$ . Ограничения должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к аргументам функции  $sbval$ . Функция **odesolve** вызывает функцию **sbval** в тех случаях, когда заданы граничные условия.

В любом случае конечные точки, используемые в граничных условиях, должны соответствовать конечным точкам, указанным в команде **odesolve**. *Mathcad* проверяет правильность типа и количества условий и возвращает ошибку при обнаружении несоответствия.

- *Алгебраические ограничения.* Можно задать алгебраические ограничения, например  $y(b) + z(b) = w(b)$ . В этом случае блок решения содержит одну допол-



нительную неизвестную функцию  $w$ , которую необходимо указывать в качестве одной из выходных функций **odesolve**.

•*Результат.* Результат вычислений функции **odesolve** необходимо назначить либо имени функции, либо вектору имен функций, без аргументов.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left( \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, T \right)$$

Неявным аргументом для этих функций является переменная интегрирования:

$$X(3) = -0.434$$

$$Y(3) = -1.963$$

•В зависимости от масштаба задачи и используемого относительного размера шага может потребоваться уменьшить значение  $TOL$ , чтобы получить приемлемые решения. Попробуйте сделать это, когда функция *Mathcad odesolve* сообщает о слишком большом числе шагов интегрирования.

•Функции, для которых находится решение, не должны содержать сингулярности в интервале интегрирования. В противном случае могут быть получены ненадежные результаты. Особенность, или *сингулярность* в математике, — это точка, в которой математический объект (обычно функция) не определен или имеет нерегулярное поведение (например, точка, в которой функция имеет разрыв или недифференцируема).

•При решении задач с периодическими функциями на интервалах, включающих много циклов, могут возникнуть псевдонимы. Чтобы получить требуемые частоты в результатах решения, увеличьте количество точек интерполяции.

•При решении обыкновенного дифференциального уравнения (ОДУ), в котором члены, содержащие производные высшего порядка, не являются линейными, или при решении системы ОДУ с помощью программного цикла используйте функцию *rkfixed* или какой-либо другой решатель ОДУ, вызываемый из командной строки. Результат вычислений параметризованного блока решения в программном цикле можно назначить также с помощью локальных функций.

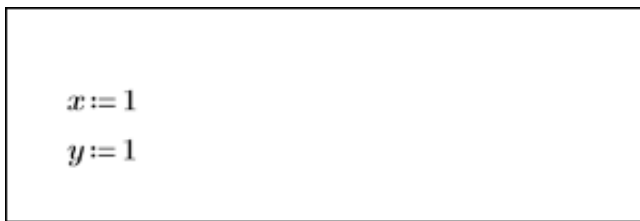
### 3.5. Задание для самостоятельной работы

#### Задание 3.5.1. Определение блоков решения

1. Щелкните в месте документа, где нужно вставить блок решения.
2. Нажмите клавиши *Ctrl+7*. Появится область блока решения.

Либо на вкладке **Математика (Math)** в группе **Области (Regions)** щелкните **Блок решения (Solve Block)**.

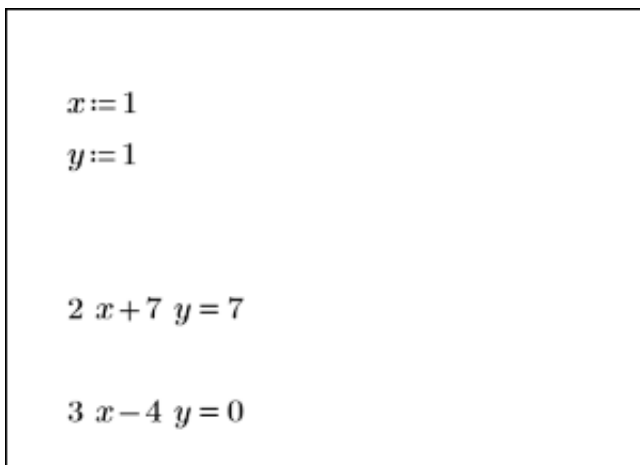
3. Для системы линейных уравнений щелкните внутри области блока решения, а затем задайте начальные приближения для всех неизвестных. Здесь задайте  $x$  и  $y$ .



A screenshot of a rectangular box representing a Solve Block. Inside the box, the text is as follows:

$$x := 1$$
$$y := 1$$

4. Используя логические операторы, задайте ограничения для всех неизвестных. Используйте оператор *Equal To*, чтобы определить эти два уравнения.



A screenshot of a rectangular box representing a Solve Block. Inside the box, the text is as follows:

$$x := 1$$
$$y := 1$$
  
$$2 x + 7 y = 7$$
  
$$3 x - 4 y = 0$$

5. Вызовите функции блока решения. Здесь назначьте выходные данные функции *find* переменной *sol*:

```
x := 1
y := 1

2 x + 7 y = 7

3 x - 4 y = 0

sol := find(x, y) = [0.966
                    0.724]
```

6. Убедитесь, что переменные  $x$  и  $y$ , локально определенные в данном блоке решения, не имеют значений за его пределами.

$$x = ?$$

$$y = ?$$

7. Убедитесь, что вектор  $sol$  имеет значение и может быть использован в расчетах правее и ниже блока решения, в котором он был определен.

$$sol = \begin{bmatrix} 0.966 \\ 0.724 \end{bmatrix}$$

*Дополнительные сведения.*

•Для определения ограничений при решении линейных или нелинейных уравнений и для решения задач оптимизации можно использовать следующие операторы:

Логический оператор *Equal To*

Операторы сравнения:  $<$ ,  $\leq$ ,  $>$ ,  $\geq$

Можно добавлять операторы сравнения, чтобы избежать нежелательных точек завершения.

Можно использовать логические операторы для определения начальных приближений, но нельзя использовать их для определения ограничений.

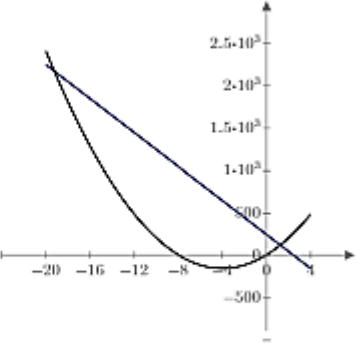
Нельзя использовать оператор *Inequality* ( $\neq$ ) для определения ограничения в блоке решения.

•Для определения дифференциальных уравнений и их начальных и граничных условий используйте оператор *Equal To*.

•Не используйте операторы *Range* и *Is Element Of* в блоках решения

Решение системы уравнений

Для поиска точки, удовлетворяющей системе линейных или нелинейных уравнений, можно использовать блоки решения и функцию *find*:

Пересечение кривых	Соответствующий блок решения
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <math display="block">\frac{250 - 100x}{10(x+4)^2 - 150}</math> </div> <div>  </div> </div> <p style="text-align: center;"><u><u>x</u></u></p>	<pre> x := -16 y := 0  y + 100 x = 250 0.1 y + 15 = (x + 4)^2  find(x, y) = [ -19.247                2.175 * 10^3 ] </pre>

В некоторых случаях для определения задачи достаточно одного ограничения:

```

x := 5
x^2 = 144
find(x) = 12

```

Если для системы уравнений находится более одного решения, можно попробовать изменить начальное приближение и посмотреть, как изменится при этом результат:

```

x := -5
x^2 = 144
find(x) = -12

```

Для задания ограничений в блоках решения можно использовать матричное представление:

$$\begin{aligned}x &:= 0 \\y &:= 0 \\z &:= 0 \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6 \\ 4 & 7 & 4 \\ 2 & 9 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -6 \\ 8 \\ 5 \end{bmatrix} \\ \mathbf{find}(x, y, z) &= \begin{bmatrix} 4.743 \\ -0.673 \\ -1.566 \end{bmatrix}\end{aligned}$$

## 4. ГРАФИКИ

### 4.1. Общие сведения о графиках

Можно создать следующие типы графиков:

- графики XY;
- полярные графики;
- контурные графики.
- 3D-графики

При построении графика он первоначально отображается в виде линейной кривой. Вид графика можно изменить с помощью параметров, имеющих на вкладке **Графики (Plots)**. Чтобы открыть список **Символ (Symbol)** или список **Стиль линии (Line Style)** в группе **Стили (Styles)**, щелкните стрелку справа от списка **Символ (Symbol)** или **Стиль линии (Line Style)**, соответственно. Чтобы открыть список **Изменить тип (Change Type)** в группе **Кривые (Traces)**, выберите пункт **Изменить тип (Change Type)**.

### 4.2. Сведения о графиках XY

Графики XY используются для визуализации функций и данных. Например, с их помощью можно сравнить результаты нескольких экспериментов или быстро найти корни уравнения.

Чтобы создать график, следует вставить в документ пустой график, задать выражения осей, а затем преобразовать получившийся график нужным образом:

- изменить стиль кривой для создания, к примеру, графика разброса;
- изменить тип кривой для создания столбчатой диаграммы, диаграммы "ящик с усами" или диаграммы распределения;
- добавить кривые для создания, к примеру, фронта Парето.

Для настройки графика требуется работа с его частями или областью. Например, для добавления кривых необходимо добавить выражения осей. Для изменения размера графика необходимо изменить размер области графика.

Для использования дополнительных опций форматирования и конструирования элементов диаграммы можно создать график XY во встроенном модуле **Компонент "Диаграмма" (Chart Component)**, а затем вызвать приложение *Mathcad Chart*, чтобы настроить диаграмму.

С помощью графиков XY можно изображать 2D-данные на 2D-графиках. Управлять кривыми можно, изменяя деления на оси X или оси Y (рис. 4.1).

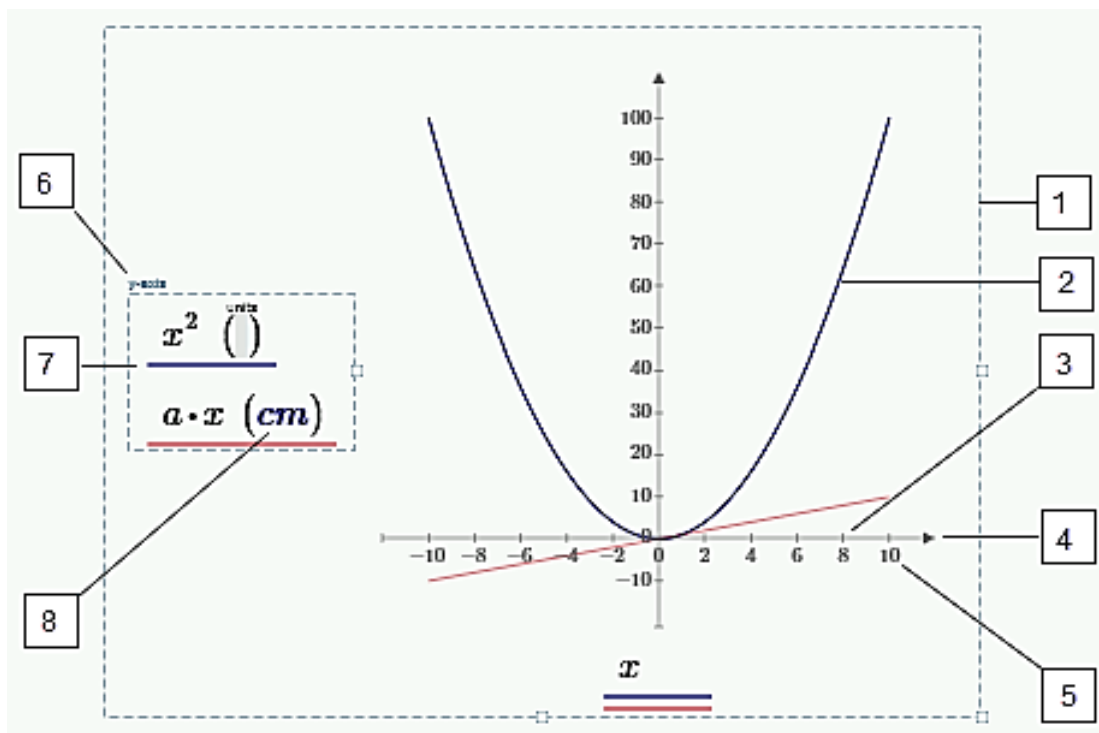


Рис. 4.1. Сведения о частях графика XY:

1. Область графика; 2. Кривая; 3. Деления; 4. Ось; 5. Значение деления; 6. Легенда оси; 7. Выражение оси; 8. Местозаполнитель единицы измерения

С частями графика можно выполнять следующие действия:

- *Кривые* — добавление или настройка кривых.
- *Выражения осей* — правка выражений осей или добавление новых выражений в графики. Изменение единиц или масштабирование выражений осей. Перемещение или изменение размера легенд осей.

• *Оси* — изменение масштабирования осей или перемещение осей. Изменение границ осей.

• *Деления* — настройка делений.

*Вид графика XY можно улучшить, выполнив следующие действия:*

- добавить вертикальные или горизонтальные маркеры;
- скрыть или показать выражения осей.

Кривые можно добавлять и настраивать. Также можно изменять единицы измерения, масштаб и расположение выражений осей.

Для увеличения *количества кривых* можно добавить выражения осей. Для диаграмм "ящик с усами" и диаграмм распределения можно добавить строки в массивы в выражениях осей, чтобы увеличить количество "ящичков" или факторов.

При увеличении числа выражений осей не требуется иметь одинаковое число выражений для осей  $X$  и  $Y$ . При создании кривых пары выражений осей выбираются последовательно до тех пор, пока не будет достигнуто последнее выражение для одной из осей. Это выражение применяется ко всем остальным выражениям второй оси.

Внешний вид кривых можно изменить. *По умолчанию* используются следующие значения:

• *Цвет (Color)* - *синий* для графиков XY и полярных графиков и *черный* для 3D-графиков

- *символ* — *нет*;
- *стиль линии* — *сплошная линия*;
- *толщина* — *тонкая*.

Если с выражением оси связаны единицы измерения, они автоматически отображаются в местозаполнителе единицы измерения. Активный местозаполнитель заключен в скобки. Отображаемые единицы измерения можно изменить так же, как это делается для результатов в области формул. Местозаполнитель единицы измерения также можно использовать для масштабирования выражений оси.



Положение легенды оси можно изменить. По умолчанию используются следующие расположения:

- легенда оси  $X$  — внизу;
- легенда оси  $Y$  — слева.

Кроме того, можно изменить размер легенд осей.

Добавление и удаление кривых можно провести следующим образом:

1. Добавьте на графике выражение оси  $Y$  (рис.4.2).
2. Нажмите клавишу "Ввод". Появится новая кривая графика. Оба выражения оси  $Y$  связаны с тем же выражением оси  $X$ .

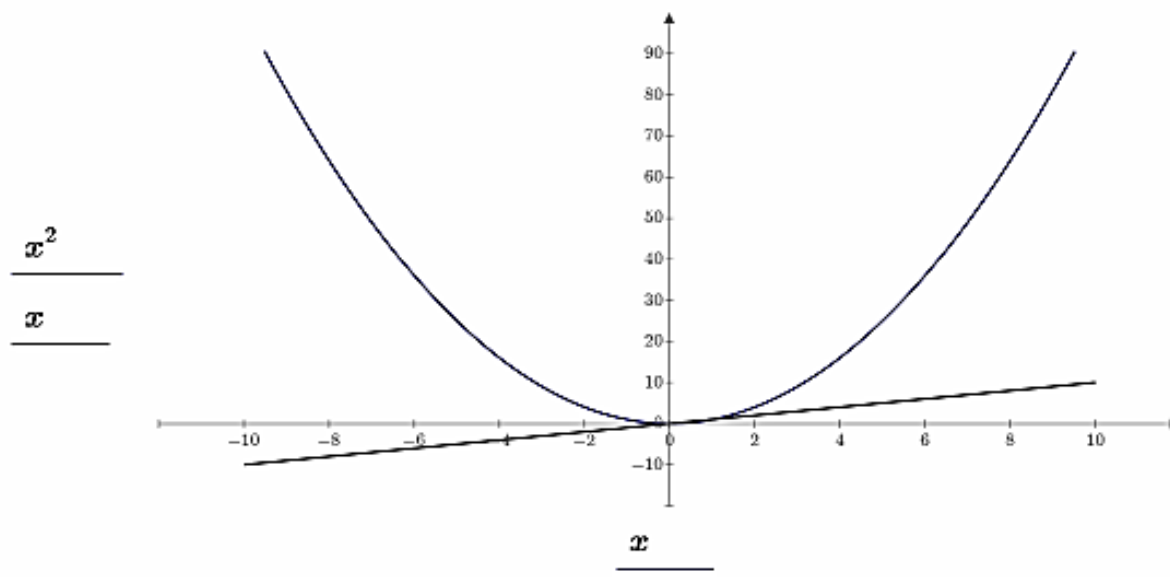


Рис. 4.2. Добавление кривых

3. Если нужно связать добавленное выражение оси  $Y$  с другим выражением оси  $X$ , добавьте другое выражение оси  $X$  и нажмите клавишу "Ввод". Кривая изменится соответствующим образом (рис. 4.3).

Либо повторите шаги 1–3, начав с добавления выражения оси  $X$ .

4. Чтобы удалить кривую, удалите выражения оси, которые определяют кривую. Возможно, потребуются удаление выражений на обеих осях. Кривая не исчезнет до тех пор, пока путем нажатия клавиши "Ввод" не будет вычислен график.

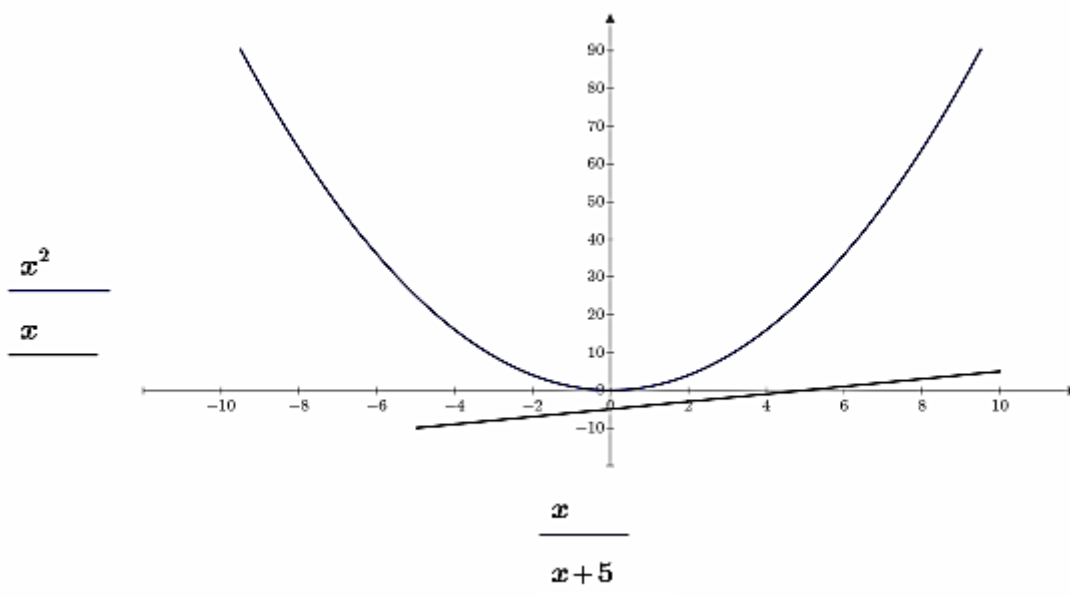


Рис.4.3. Изменение кривых

Форматирование выражения оси можно провести следующим образом:


1. Щелкните график или выберите выражение оси.

При выборе области графика форматирование применяется одновременно ко всем выражениям оси в этой области графика.

При выборе одной или нескольких областей графика форматирование применяется одновременно ко всем выражениям оси во всех выбранных областях графика.

2. Чтобы форматировать выбранные выражения, на вкладке **Форматирование формул (Math Formatting)** в группе **Шрифт формул (Math Font)** нужно изменить **Шрифт (Font)**, **Размер шрифта (Font Size)**, **Цвет шрифта (Font Color)** или **Цвет подсвечивания (Highlight Color)**. Соответственно изменятся выбранные выражения.

Также можно щелкнуть **Увеличить размер шрифта (Increase Font Size)** или **Уменьшить размер шрифта (Decrease Font Size)**, чтобы увеличить или уменьшить размер шрифта выбранных выражений.

3. Чтобы удалить применяемое форматирование, щелкните  **Удалить формат (Remove Format)**

Маркерами называются прямые линии, которые можно использовать для пометки определенных точек на графике или точек пересечения кривых. Выноска содержит значения координат точки пересечения маркера и кривой.

На графиках  $XU$  можно задавать как горизонтальные, так и вертикальные линейные маркеры. Эти маркеры включают выноски для  $x$ -координаты или  $y$ -координаты маркера. Переместить маркер можно, перетащив его мышью на графике или изменив значение его выноски. Чтобы удалить маркер, сначала щелкните его значение выноски.

Маркеры принадлежат той области дискретных значений, которая задана для оси. Например, при форматировании деления на оси  $X$ , соответственно, меняется формат значений выносок вертикальных маркеров.

Значение выноски маркера должно быть безразмерным скаляром или выражением.

1. Щелкните внутри области графика  $XU$ .

2. На вкладке **Графики (Plots)** в группе **Маркеры (Markers)** выберите пункт **Добавить вертикальный маркер (Add Vertical Marker)** или **Добавить горизонтальный маркер (Add Horizontal Marker)**. Маркер появится на графике.

Второй добавляемый маркер может перекрыть уже существующий. Передвиньте новый маркер, чтобы увидеть тот, который находится под ним.

3. Чтобы передвинуть маркер, перетащите его мышью на другое место.

Либо щелкните внутри его выноски и измените ее выражение. Нажмите клавишу "Ввод". Маркер переместится в новое положение.

4. Чтобы удалить маркер, щелкните линию маркера или щелкните внутри выноски маркера. Маркер станет активным. Удалите значение выноски, а затем нажмите клавишу *Delete*.

Либо щелкните линию маркера или внутри выноски маркера. Маркер станет активным. На вкладке **Графики (Plots)** в группе **Маркеры (Markers)** выберите пункт **Удалить маркер (Delete Marker)**.

- Выражение выноски может быть любым выражением, принимающим вещественное значение. Например, можно вставить имя переменной, определенной выше графика.

- Если новое положение оказывается за пределами диапазона деления, маркер перемещается в конец оси и появляется сообщение об ошибке. В этом случае его можно перетащить обратно в пределы диапазона оси или изменить выражение выноски так, что его рассчитанное значение окажется внутри диапазона оси.

### 4.3. Сведения о 3D-графиках

Трехмерные графики используются для визуализации функции двух переменных - функции, принимающей значения в виде векторов, или набора 3D-данных.

3D-графики принимают следующие типы данных:

- функция двух переменных;
- функция, принимающая значения в виде векторов для одного или двух параметров с тремя элементами, определяющими координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$ ;
- матрица с 3 столбцами, содержащими координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$ ;
- матрица  $m*n$ , в которой индексы ячейки представляют координаты  $x$  и  $y$ , а значение ячейки представляет координаты  $z$ ;
- вектор из трех векторов, представляющих координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и являющихся выходными данными функции *CreateSpace*;
- вектор из вложенных матриц, представляющих координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и являющихся выходными данными функции *CreateMesh*;

Можно строить графики для следующих типов кривых:

- поверхности, узлы которых соединены в сетку;
- кривые, подобные 2D-графикам, но отображенные в трехмерном пространстве;
- разбросанные данные, отображаемые отдельными точками.

С помощью форматирования стиля графика можно переключиться с отображения поверхности или кривой на отображение разбросанных данных.

По умолчанию для всех осей вновь вставленного 3D-графика задается область дискретных значений от -10 до +10. При вводе функции, матрицы или вектора в местозаполнитель выражения оси области дискретных значений осей автоматически изменяются так, чтобы поместились все точки данных.

После выбора оси в элементе выбора оси можно изменить область дискретных значений любой оси путем правки одного или более значений делений для нее:

- Деление нижнего предела (*Lower limit tick mark*);
- Деление интервала (*Interval tick mark*);
- Деление верхнего предела (*Upper limit tick mark*).

При построении графика функции двух переменных, определяющей  $Z$ -значение поверхности, можно управлять диапазонами построения на графике путем изменения значения делений или определения переменных-диапазонов над графиком либо использования функций *CreateSpace* или *CreateMesh*.

При построении графика функции, принимающей значения в виде векторов, необходимо указать вверху графика переменные-диапазоны для управления минимальными и максимальными границами областей дискретных значений на графике.

Невозможно построить графики для *сингулярностей*. Если область дискретных значений, для которой строится график, содержит сингулярности, следует выбирать точки графика таким образом, чтобы избежать сингулярностей.

С помощью управления просмотром можно управлять просмотром графика. Можно выполнять *увеличение и уменьшение масштаба, панорамирование графика и его вращение*. Можно также сбросить просмотр в начальное состояние.

#### *Создание 3D-графика:*

1. В документе щелкните место, в которое требуется вставить 3D-график, и нажмите клавиши *Ctrl+3*. Появится пустая область 3D-графика.

Кроме того, можно на вкладке **Графики (Plots)** в группе **Кривые (Traces)** выбрать **3D-график (3D Plot)** в списке **Вставить график (Insert Plot)**.

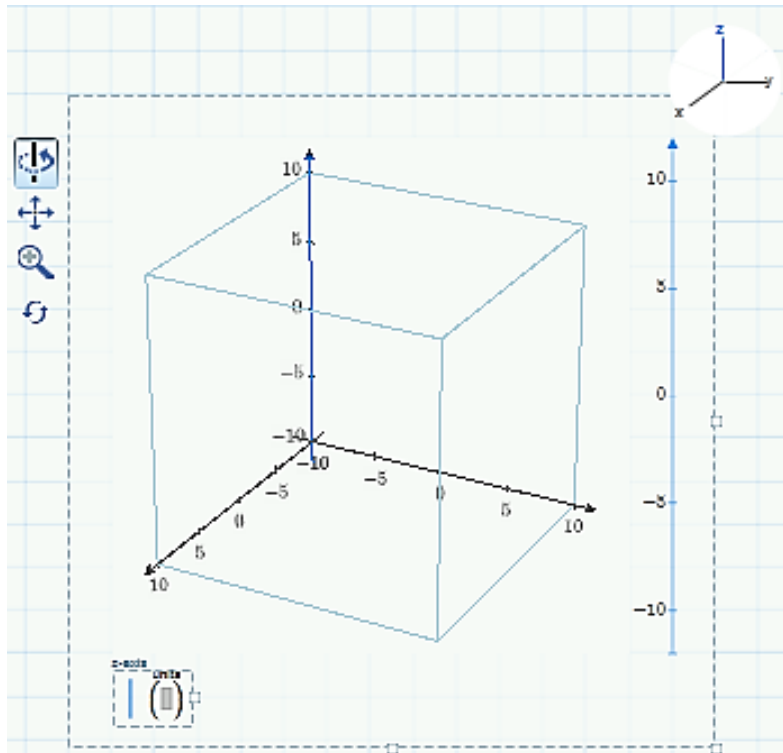


Рис. 4.4. Пустая область 3D-графика

2. В местозаполнитель выражения введите действительные данные и нажмите клавишу ВВОД. 3D-график отобразится в области графика.

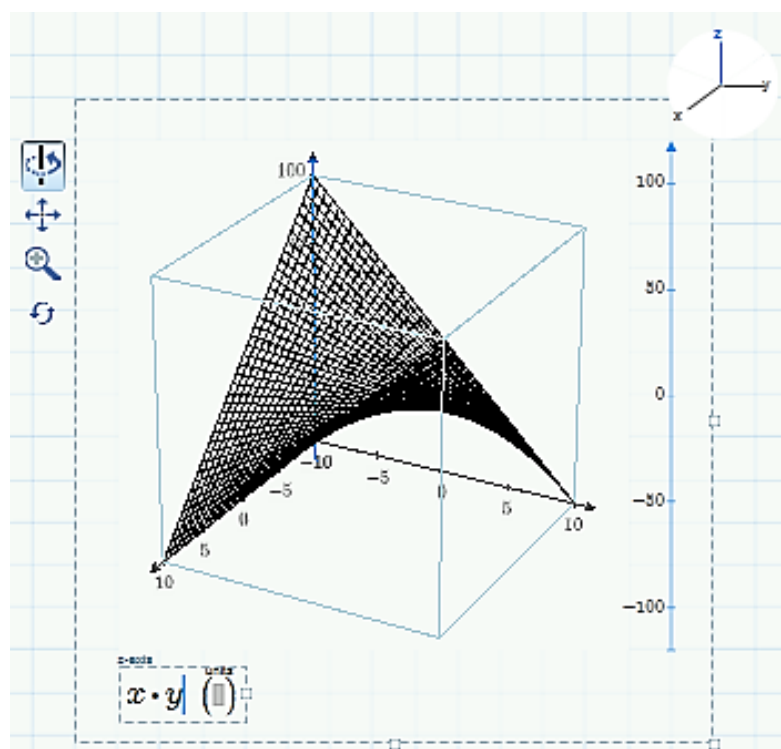


Рис. 4.5. Вид 3D-графика

Чтобы изменить диапазоны построения при построении графика функции, можно править значения делений, определить переменные-диапазоны над графиком либо использовать функции *CreateSpace* или *CreateMesh*.

*Изменение значений делений в 3D-графике:*

1. Щелкните область 3D-графика, который требуется править (рис. 4.6).

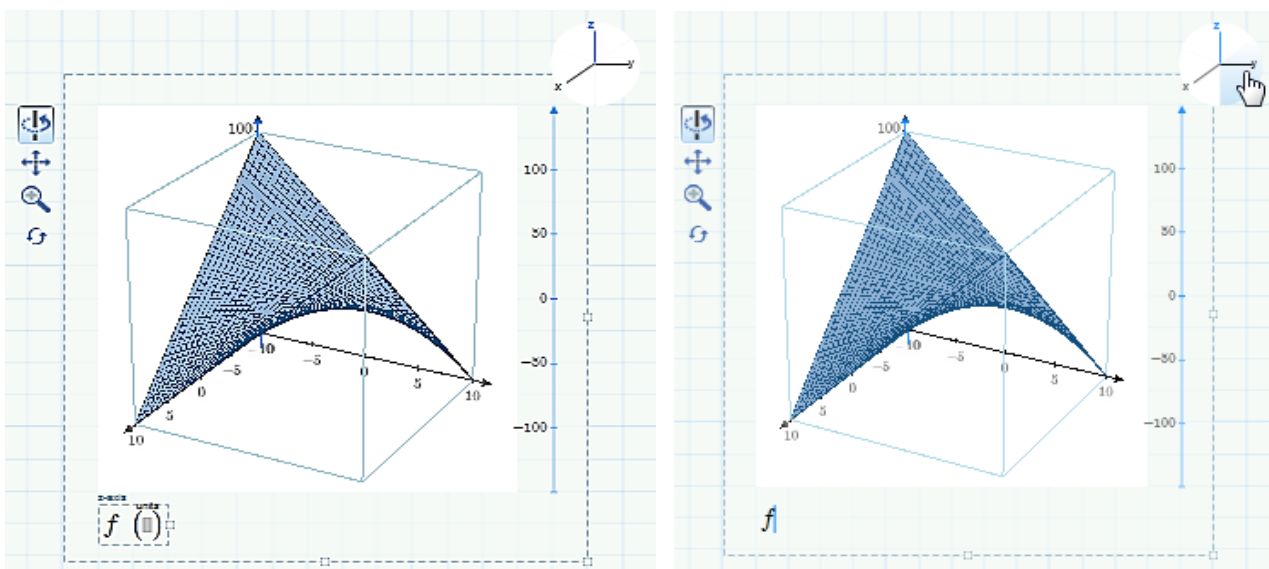


Рис. 4.6. Правка 3D-графика

2. На элементе выбора оси щелкните требуемую ось, например ось Y. Выбранная ось на элементе выбора оси и на графике окрасится в синий цвет.

3. На исправляемой оси щелкните значение деления, которое следует исправить.

Можно также нажать клавишу *Tab*, чтобы выбрать следующее значение деления на исправляемой оси или нажать клавиши *Shift+Tab*, чтобы выбрать предыдущее значение деления (рис. 4.7).

Исправляемая ось всегда отображается вертикально.

На каждой оси можно исправлять значения только первого, второго и последнего деления.

4. Чтобы исправить значение выбранного деления, удалите значение по умолчанию и введите вещественное число или выражение, вычисление которого дает вещественный результат.

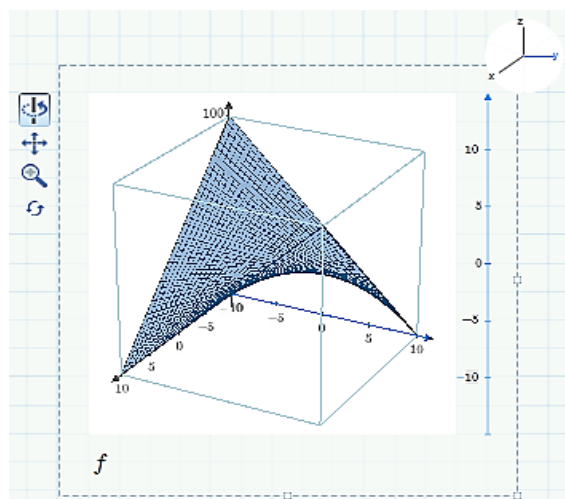


Рис. 4.7. Другой вариант поравки 3D-графика

5. Нажмите клавишу ВВОД. Все деления оси соответственно изменяются.

Если ввести константу (например,  $\pi$ ), отобразится ее численное значение.

При изменении первого или последнего деления изменится видимый диапазон графика. При изменении первого или второго деления изменится интервал между делениями.

#### *Сведения об осях и делениях*

Масштабирование и расположение осей можно изменять. Также можно править и настраивать деления и значения делений.

Оси графика можно задать в линейном или логарифмическом масштабе. По умолчанию масштаб осей является линейным.

Можно изменить расположение точки пересечения осей. По умолчанию она расположена следующим образом:

- в точке  $(0, 0)$ , если она находится в диапазоне точек на графике;
- в левом нижнем углу, если точка  $(0, 0)$  не находится в диапазоне точек на графике;
- в точке со значением 0 по одной оси и в нижней или левой части другой оси, если точка со значением 0 находится в диапазоне точек на графике только для одной из осей.



Для каждой из осей можно править три значения делений. Редактируемые деления управляют нижним пределом, верхним пределом и интервалом между делениями соответствующей оси.

Можно включать и выключать отображения делений и значений делений, которые по умолчанию являются видимыми. Также можно настроить значения делений. По умолчанию используются следующие настройки:

- Выходной формат — десятичный для линейных масштабов и экспоненциальный для логарифмических масштабов
- Показывать нули в младших разрядах — выключено
- Точность отображения — три десятичных знака

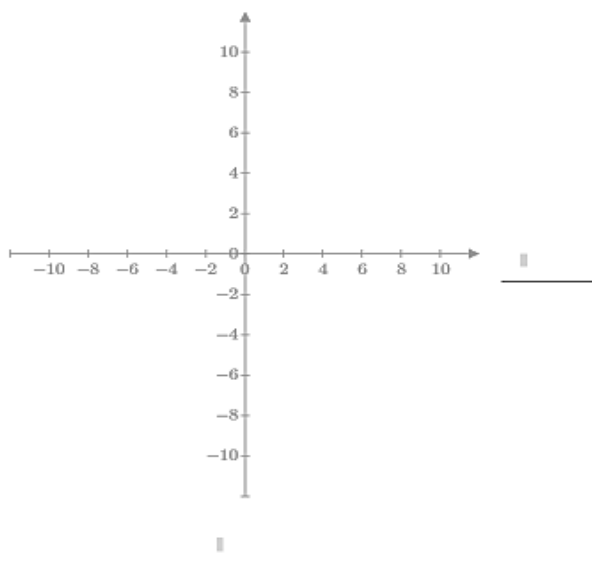
#### 4.4. Задание для самостоятельной работы

##### Задание 4.4.1. Создание графиков с несколькими кривыми

1. адайте функцию, приведенную ниже. Вставьте оператор абсолютного значения.

$$y(x) := 2 |x| + \sin(x)$$

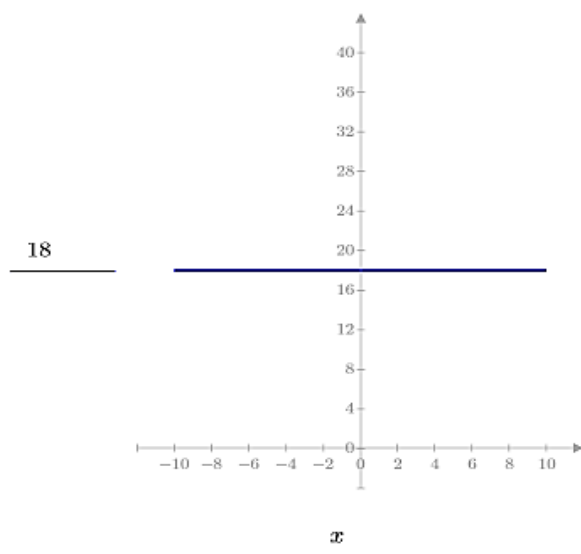
2. На вкладке **Графики (Plots)** в группе **Кривые (Traces)** щелкните **Вставить график (Insert Plot)**, а затем выберите **График XY (XY Plot)**. Появится пустой график.



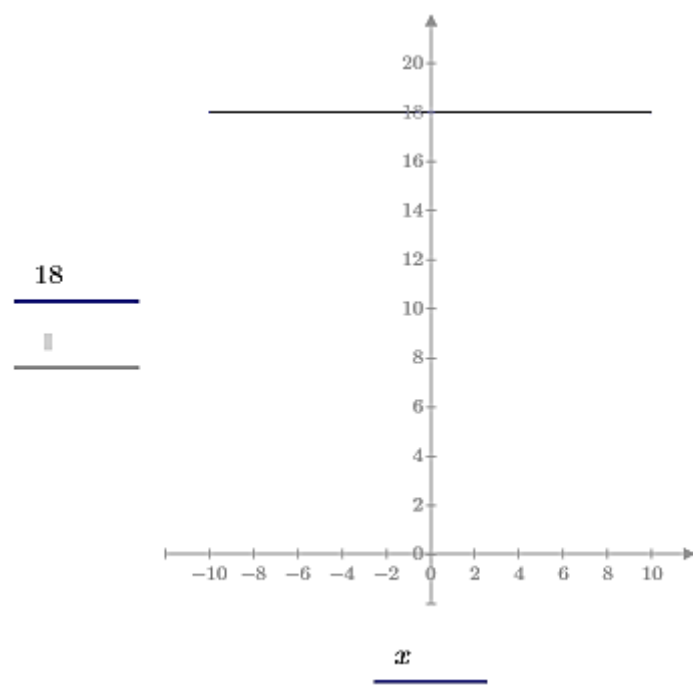
3. В местозаполнителе оси  $Y$ , в левой или правой части графика введите 18. Если необходимо, выберите и перетащите легенду оси  $Y$  влево.

4. В местозаполнителе оси  $X$  внизу графика введите  $x$ . Нажмите клавишу "Ввод" или щелкните любое место за пределами графика. Появится линейная кривая.

Переходить от одного местозаполнителя к другому можно, нажимая клавиши  $Tab$  или  $Shift+Tab$ . Местозаполнители единиц измерения в этой задаче можно игнорировать.

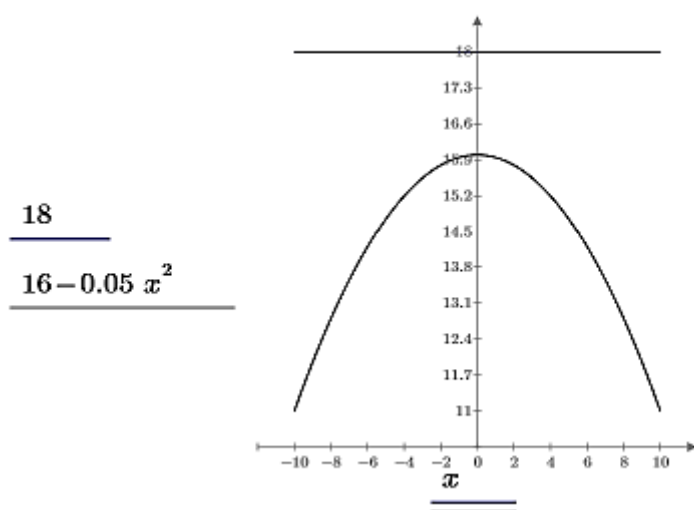


5. Установите курсор справа от 18. Щелкните **Добавить кривую (Add Trace)**. Появится новый местозаполнитель оси  $Y$  под текущим местозаполнителем.

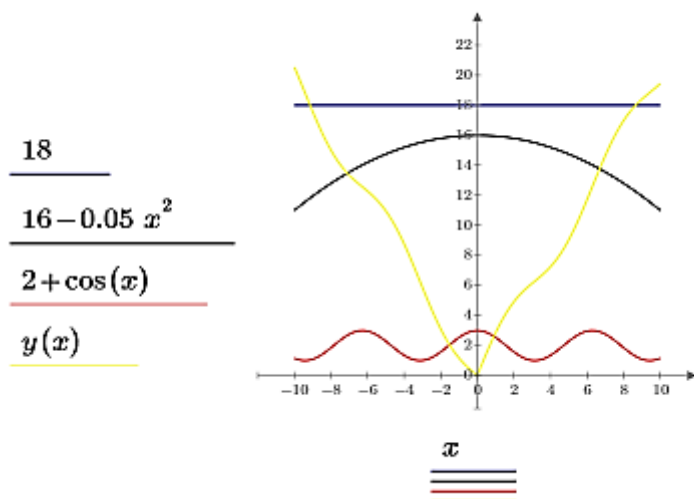


Когда курсор будет помещен в крайнюю левую точку ввода выражения оси и будет добавлено выражение оси, появится местозаполнитель оси над текущим местозаполнителем.

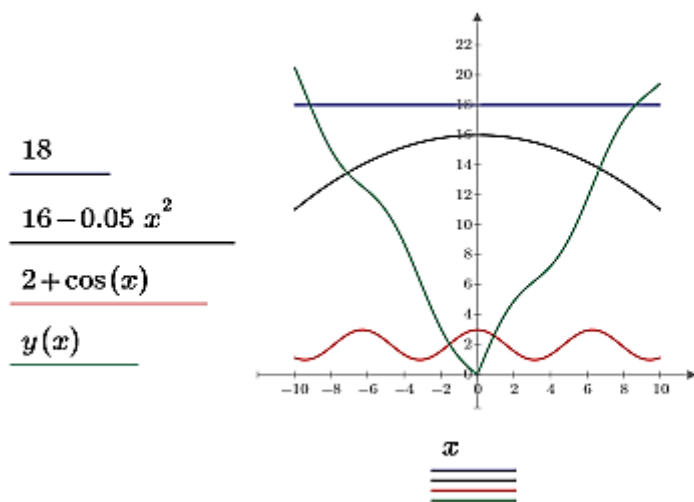
6. Введите  $16 - 0.05 x^2$  в местозаполнитель оси  $Y$ . Нажмите клавишу "Ввод". Появится вторая кривая.



7. Вставьте два дополнительных местозаполнителя оси  $Y$  и введите следующие два выражения.



8. Чтобы изменить цвет кривой выражения, например  $y(x)$ , щелкните выражение, а затем на вкладке **Графики (Plots)** в группе **Стили (Styles)** щелкните **Цвет кривой (Trace Color)** и выберите цвет.



•Выражения оси могут содержать встроенные и пользовательские функции.

•Выражения для оси Y должны обладать теми же независимыми переменными, что и выражения для оси X. Здесь независимой переменной является  $x$ .

•Можно использовать одно выражение оси для определения нескольких кривых, как на данном графике.

#### Задание 4.4.2. Форматирование графиков

1.Откройте лист Excel *shipping\_data*. Выделите ячейки, содержащие данные, с A1 по C9, и скопируйте их в буфер обмена. Чтобы вставить данные в таблицу в новом документе *Mathcad*, нажмите клавиши *Ctrl+V*.

66	2698	211
1280	8845	92
79	19707	101
3155	117092	298
1769331	936436	18900
299704	660375	15642
3110	3080	200
47404	996047	1087
559	76468	4349

В таблице каждый столбец является набором данных. Первая строка содержит имена наборов данных, во второй строке даются определения единиц измерения для каждого набора (если они есть), а остальные строки содержат сами данные.

2. Добавьте наименования наборов данных и единицы измерения, где это нужно.

<i>Weight</i> <i>(kg)</i>	<i>Value</i>	<i>Charges</i>
66	2698	211
1280	8845	92
79	19707	101
3155	117092	298
1769331	936436	18900
299704	660375	15642
3110	3080	200
47404	996047	1087
559	76468	4349

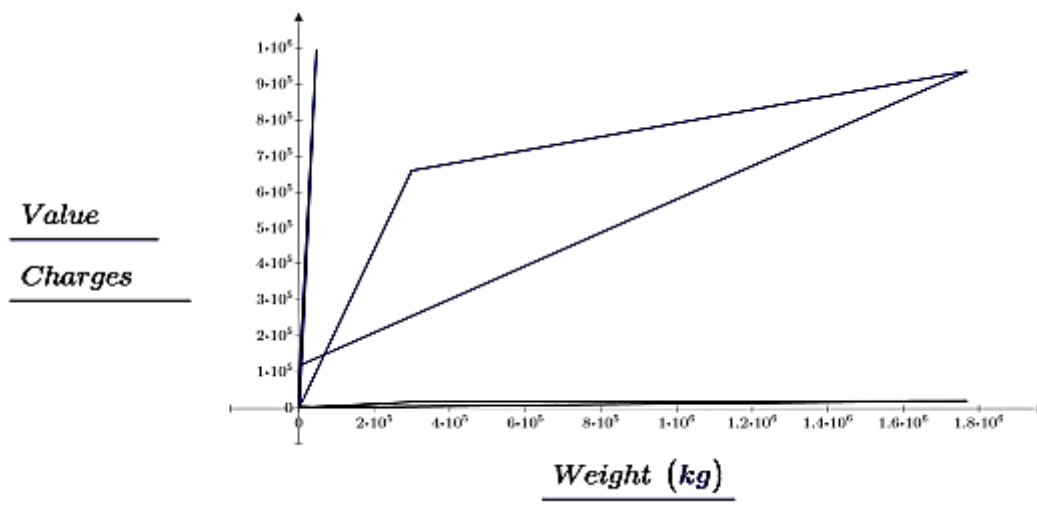
3. Для определения векторов-столбцов используйте таблицы. После этого в документе можно будет работать с векторами-столбцами:

$$Weight = \begin{bmatrix} 66 \\ 1.28 \cdot 10^3 \\ 79 \\ 3.155 \cdot 10^3 \\ 1.769 \cdot 10^6 \\ 2.997 \cdot 10^5 \\ 3.11 \cdot 10^3 \\ 4.74 \cdot 10^4 \\ 559 \end{bmatrix} kg$$

4. На вкладке **Графики (Plots)** в группе **Кривые (Traces)** щелкните **Вставить график (Insert Plot)** и выберите **График XY (XY Plot)**. Появится пустая область графика XY. Если необходимо, перетащите легенду оси Y на левую сторону графика.

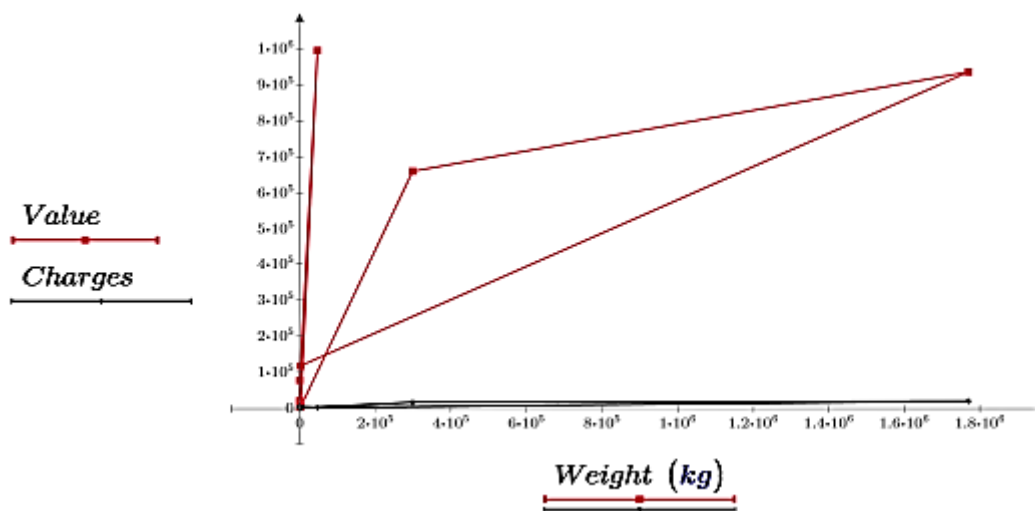
5. В местозаполнителе оси Y введите *Value*. Чтобы вставить новое выражение оси Y, нажмите клавиши *Shift*+*"Ввод"*, а затем введите *Charges*.

Щелкните местозаполнитель оси  $X$  и введите *Weight*. Нажмите клавишу "Ввод". Появятся следующие две кривые. Обратите внимание, что единица измерения  $kg$  отображается автоматически в местозаполнителе единицы измерения рядом с надписью *Weight*.

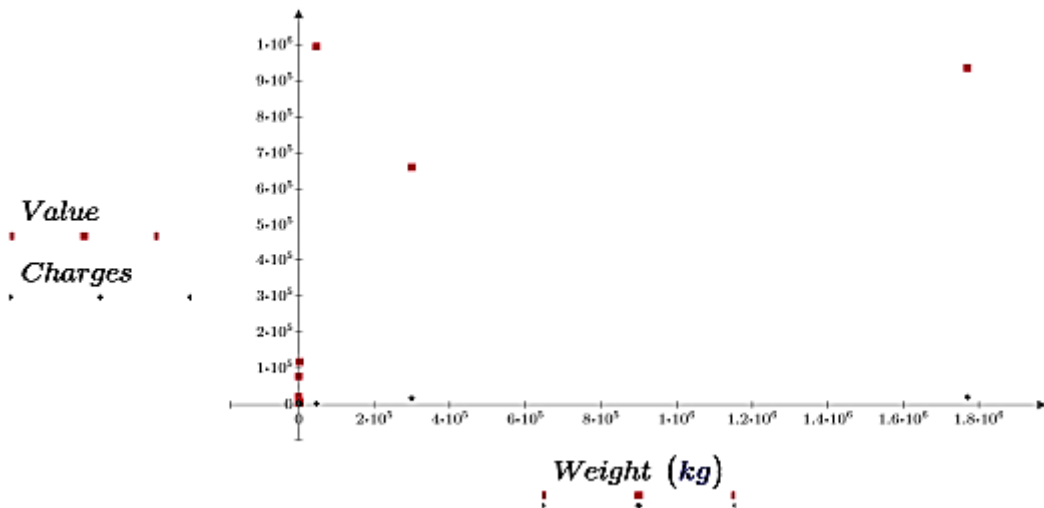


6. Щелкните *Value*. На вкладке **Графики (Plots)** в группе **Стили (Styles)** выберите красный цвет в списке **Цвет кривой (Trace Color)**. Выберите символ сплошного квадрата в списке **Символ (Symbol)**.

Щелкните *Charges*. Щелкните **Символ (Symbol)** и выберите крест.



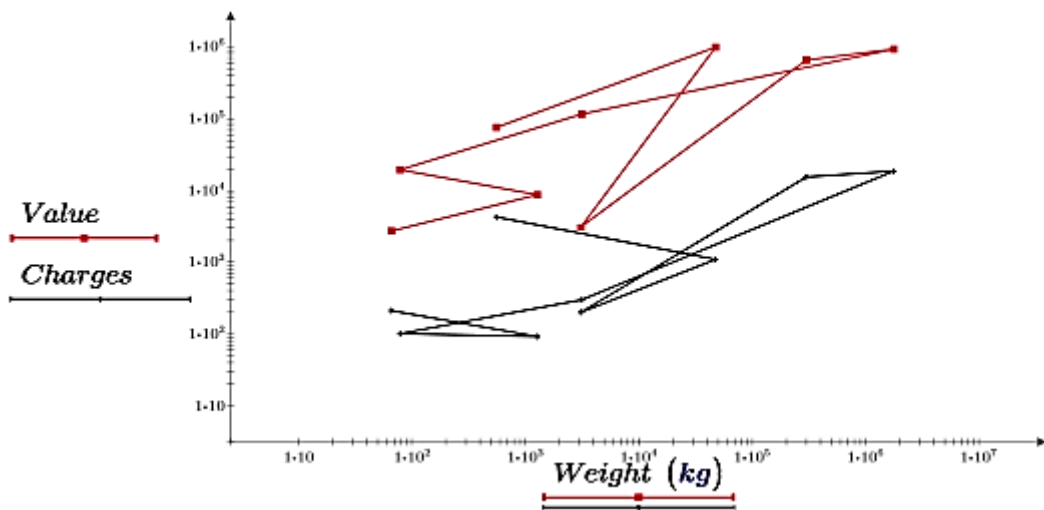
7. Щелкните *Weight*. Выберите **(нет) (none)** в списке **Стиль линии (Line Style)**. Обе линейные кривые исчезнут.



8. Восстановите линейные кривые для *Value* и *Charges*.

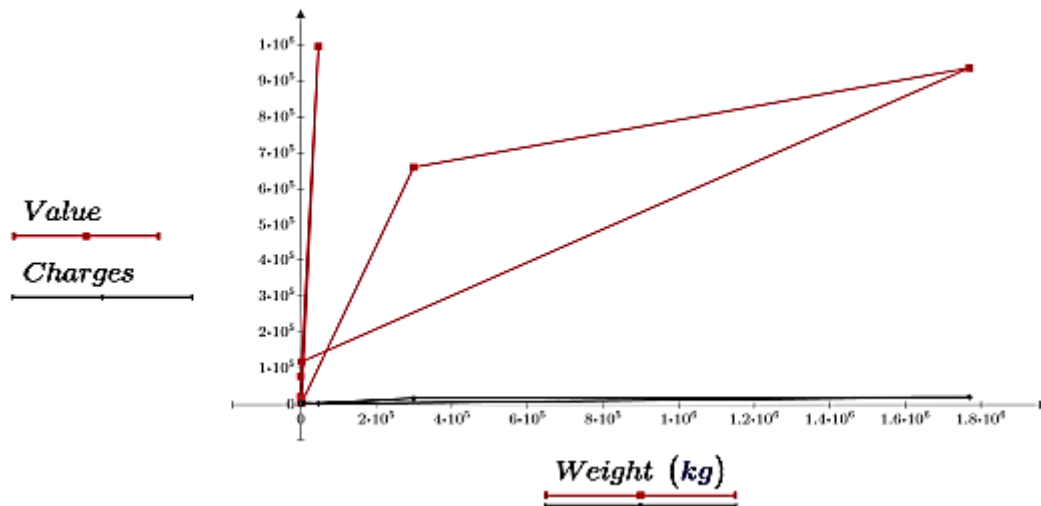
Щелкните *Value*, а затем в группе **Оси (Axes)** выберите **Логарифмический масштаб (Logarithmic Scaling)**. Масштаб оси Y изменится на логарифмический.

Щелкните *Weight*, а затем щелкните **Логарифмический масштаб (Logarithmic Scaling)**, чтобы изменить масштаб оси X на логарифмический.

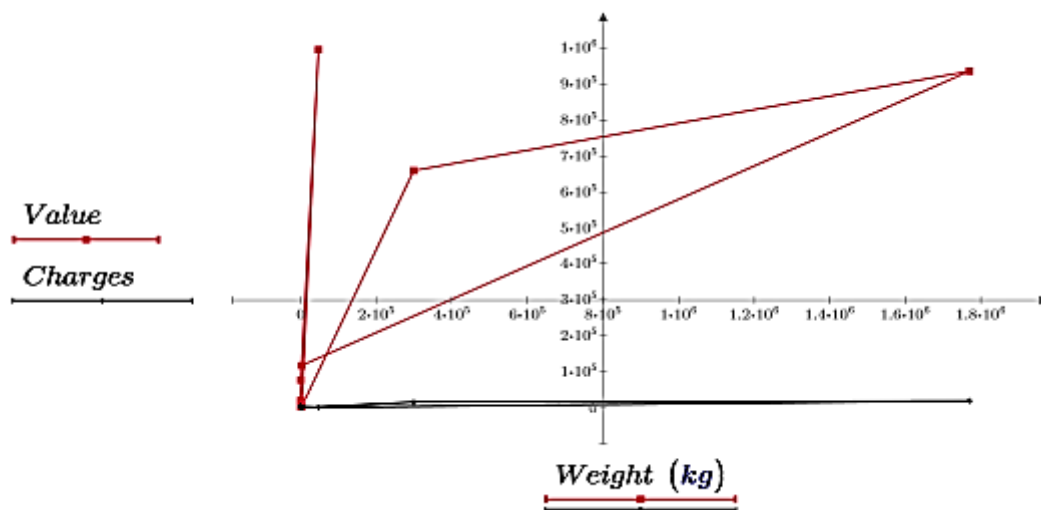


9. Чтобы восстановить экспоненциальный масштаб оси Y, щелкните *Value*, а затем в группе **Оси (Axes)** выберите **Логарифмический масштаб (Logarithmic Scaling)**.

Чтобы восстановить экспоненциальный масштаб для оси X, щелкните *Weight*, а затем выберите **Логарифмический масштаб (Logarithmic Scaling)**.



10. Перетащите каждую ось в новое расположение между любыми двумя делениями. Каждая ось привязывается к делению другой оси.



11. Чтобы добиться пересечения осей в 0, щелкните *Value*, а затем в группе **Оси (Axes)** выберите **Пересечение осей в 0,0 (Cross Axes at 0,0)**. Оси вернуться в свое предыдущее положение.

12. Сохраните документ под именем *shipping.mcdx*.

13. Чтобы закрыть *shipping.mcdx*, нажмите клавиши *Ctrl+W*.



## 5. СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

### 5.1. Символьный модуль

Помимо выполнения числовых расчетов *Mathcad Prime 7* можно также выполнять операции с символьными выражениями, содержащими переменные или математические символы. *Mathcad* возвращает результаты в символьной форме.

Аналитические преобразования функций внутри блоков решения не поддерживаются.

Последние две версии *Mathcad* содержат переработанный и усиленный модуль символьных вычислений.

Выражения в символьных расчетах вычисляются с использованием оператора аналитического преобразования ( $\rightarrow$ ) вместо оператора численного вычисления ( $=$ ). Все стандартные операторы *Mathcad* и многие встроенные функции можно вычислять аналитически.

Использование аналитических преобразований выражений имеет следующие преимущества.

- В отличие от числовых вычислений символьные операции позволяют вычислять выражения без присвоения значений переменным.

- Символьные результаты могут выявлять взаимосвязи переменных, которые не всегда очевидны из численных результатов.

- Символьные расчеты свободны от ошибок округления, присущих численным расчетам.

С помощью *Mathcad* можно аналитически выполнить следующие операции математического анализа:

- Пределы;
- Производные и интегралы;
- Простейшие дроби;

- Ряды Тейлора;
- Непрерывные дроби;
- Символьные преобразования: Фурье, Лапласа, z-преобразование и их обратные преобразования.

Ниже приведены некоторые примеры символьных расчетов:

$$2x + 5x \rightarrow 7 \cdot x$$

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

$$x^2 - x - 1 \xrightarrow{\text{solve}} \left[ \begin{array}{c} \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \\ -\frac{\sqrt{5} + 1}{2} \end{array} \right]$$

## 5.2. Сравнение символьных и арифметических расчетов

Вычисление выражения аналитически может быть более точным, чем вычисление того же выражения с использованием знака равенства. Различие показано в следующих двух примерах.

- Аппроксимация сложения дробей:

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{9} = 0.444$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{9} \rightarrow \frac{4}{9}$$

Первый результат, вычисленный с использованием знака равенства, является численной аппроксимацией результата сложения двух дробей. Число отображаемых цифр зависит от текущей настройки параметра **Точность отображения (Display Precision)**. Второй результат, вычисленный с помощью оператора аналитического преобразования, точный. Если в этом случае различие незначительно, то при решении других задач символьные результаты могут быть существенно более точными, чем результаты вычислений с использованием знака равенства.

- Аппроксимация встроенных констант:

$$\sin(\pi) = 1.225 \cdot 10^{-16}$$

$$\sin(\pi) \rightarrow 0$$

В *Mathcad* константа  $\pi$  является аппроксимацией  $\pi$ , а не ее точным значением. Следовательно, при численном вычислении  $\sin(\pi)$  используется эта аппроксимация и результатом является именно ее синус. Это не сбой при вычислении синуса, это артефакт, показывающий, что происходит при аппроксимации вещественного числа.

В символьном расчете *Mathcad* обрабатывает единицы измерения как имена неопределенных переменных. Приложение не комбинирует единицы измерения одного и того же количества, если единицы не совпадают:

$$2 \text{ m} + 3 \text{ m} \rightarrow 5 \cdot \text{m}$$

$$2 \text{ m} + 3 \text{ cm} \rightarrow 2 \cdot \text{m} + 3 \cdot \text{cm}$$

### 5.3. Сведения об аналитическом преобразовании

При аналитическом преобразовании выражений определенные в документе функции и переменные используются, где это возможно, для сокращения выражений. Можно использовать аналитические преобразования для вычисления выражений, содержащих операторы, интегралы, производные, операции с матрицами, большинство матричных функций, суммы и произведения. При аналитическом преобразовании арифметических выражений возвращаемые результаты выражаются через символы и переменные исходного выражения.

Если арифметическое выражение не содержит десятичные числа, результат выполнения оператора аналитического преобразования будет возвращен в символьной форме. Например, *Mathcad* возвращает сумму двух простых дробей в виде дроби:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{13} \rightarrow \frac{15}{26}$$

Однако если выражение содержит десятичное число, *Mathcad* возвращает результат в виде десятичного числа

$$0.5 + \frac{1}{13} \rightarrow 0.57692307692307692308$$

*Mathcad* рассчитывает этот результат с помощью аналитического преобразования с плавающей запятой, возвращая результаты переменной точности.

*Mathcad* вычисляет подкоренные выражения путем извлечения корней, насколько это возможно. Если результат не является рациональным числом, *Mathcad* возвращает ответ, выраженный через знак корня.

$$\sqrt{3} + \sqrt{27} \rightarrow 4 \cdot \sqrt{3}$$

Чтобы был возвращен числитель или знаменатель символьной дроби, можно использовать функции *numer* и *denom*. Пример:

$$\text{numer} \left( \frac{a^2 + b^2}{\sqrt{a+1}} \right) \rightarrow b^2 + a^2$$

$$\text{denom} \left( \frac{a^2 + b^2}{\sqrt{a+1}} \right) \rightarrow \sqrt{a+1}$$

Результаты, возвращаемые некоторыми символьными вычислениями, могли бы занять нескольких страниц, но *Mathcad* изящно усекает результат, позволяя пользователю видеть его полностью, если это необходимо. Цепочки символьных областей, области с аналитическими преобразованиями и последующими численными вычислениями и области с определениями и последующими символьными вычислениями будут подвергнуты такому же усечению, если их содержимое слишком велико.

## **5.4. Задание для самостоятельной работы**

### **Задание 5.4.1. Символьные решения уравнений**

1. Введите следующее уравнение:

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 + x + 2 = 0$$

2. Вставьте оператор аналитического преобразования, введите ключевое слово *solve* в местозаполнитель и нажмите клавишу ВВОД:

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 + x + 2 \xrightarrow{\text{solve}} \left[ \begin{array}{l} \sqrt{3} \cdot 1i - 1 \\ -(\sqrt{3} \cdot 1i) - 1 \end{array} \right]$$

Поскольку правая часть уравнения равняется 0, нет необходимости вводить часть =0 выражения.

3. Введите константу 2 в десятичный формат в виде 2.0, чтобы возвращать ответ в формате с плавающей точкой.

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 + x + 2.0 \xrightarrow{\text{solve}} \left[ \begin{array}{l} -1.0 + 1.7320508075688772935i \\ -1.0 - 1.7320508075688772935i \end{array} \right]$$

4. Решите уравнение с одной переменной:

$$e^x = -1 \xrightarrow{\text{solve}} \pi \cdot 1i$$

5. Решите уравнение с несколькими переменными:

$$\frac{\alpha \cdot f + 1}{f - \beta} = e^{-\alpha} \xrightarrow{\text{solve}, f} \frac{\beta \cdot e^{-\alpha} + 1}{e^{-\alpha} - \alpha}$$

Когда уравнение содержит несколько переменных, необходимо указать, относительно какой переменной его следует решать.

6. Найдите решение для полинома четвертого порядка:

$$x^4 - 3 \cdot x^3 + 17.2 \cdot x^2 - 3 \cdot x + 60.5 \xrightarrow{\text{solve}} \left[ \begin{array}{l} -0.34464298797634823247 + 1.9168634105775423629i \\ -0.34464298797634823247 - 1.9168634105775423629i \\ 1.8446429879763482325 + 3.5421915825432999263i \\ 1.8446429879763482325 - 3.5421915825432999263i \end{array} \right]$$

Приведенный выше результат показывает, что аналитическое решение полинома четвертого порядка дает четыре численных решения.

7. Найдите корни полинома с параметрическими коэффициентами:

	$a := 1$	$b := 2$	$c := 3$	
--	----------	----------	----------	--

$$f(x) := a \cdot x^3 + b \cdot x + c$$

$$f(x) \xrightarrow{\text{solve}, x} \begin{bmatrix} -1 \\ \frac{\sqrt{11} \cdot 1i + 1}{2} \\ \frac{-(\sqrt{11} \cdot 1i) + 1}{2} \end{bmatrix}$$

### Задание 5.4.2. Решение полиномов в радикалах

По умолчанию *Mathcad* решает полиномиальные уравнения до 4-й степени через радикалы. Решения выражаются через радикалы с использованием обычных арифметических операторов.

1. Найдите решение для следующего полинома:

$$x^4 - x^2 + 1 \xrightarrow{\text{solve}} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1i + 2}}{2} \\ \frac{-\sqrt{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1i + 2}}{2} \\ \frac{\sqrt{-(2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1i) + 2}}{2} \\ \frac{-\sqrt{-(2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1i) + 2}}{2} \end{bmatrix}$$

Математик Галуа в девятнадцатом веке доказал, что имеются полиномы степени 5 и выше, которые невозможно решить через радикалы. Для таких полиномов *Mathcad* возвращает численную аппроксимацию корней.

2. Найдите решение для полинома степени 5:

$$x^5 - 10 \cdot x + 2 \xrightarrow{\text{solve}} \begin{bmatrix} -1.8251134808337678023 \\ -0.049612509519204534977 - 1.7817417950586724694i \\ -0.049612509519204534977 + 1.7817417950586724694i \\ 0.20003202562870940866 \\ 1.7243064742434674636 \end{bmatrix}$$

Приведенный выше результат показывает, что аналитическое решение полинома четвертого порядка дает четыре численных решения.

### Задание 5.4.3. Производные и интегралы

1. Найдите производную выражения, которое содержит функцию *atan*.

$$\frac{d}{dz}(z \cdot \operatorname{atan}(z)) \rightarrow \operatorname{atan}(z) + \frac{z}{z^2 + 1}$$

2. Назначьте результат символьного дифференцирования функции, которая может оказаться полезной, если отсутствуют значения всех переменных.

$$f(x) := \frac{d}{dx}(2 \cdot x^2 + y) \rightarrow 4 \cdot x$$

$$f(2) = 8$$

3. Возьмите производную функции  $\sin$  с комплексным аргументом

$$\frac{d}{dx} \sin(x \cdot 1i + y) \rightarrow 1i \cdot \cos(y + 1i \cdot x)$$

4. С помощью ключевого слова *rectangular* отобразите результат в стандартной форме  $a+bi$ .

$$\frac{d}{dx} \sin(x \cdot 1i + y) \xrightarrow{\text{rectangular}} \frac{(-e^{-(2 \cdot x)} + 1) \cdot \sin(y)}{2 \cdot e^{-x}} + \frac{\cos(y) \cdot e^{-(2 \cdot x)} + \cos(y)}{2 \cdot e^{-x}} \cdot 1i$$

5. Найдите неопределенный интеграл функции.

$$\int e^x \cdot \sin(x) dx \rightarrow \frac{-\left(\sqrt{2} \cdot e^x \cdot \sin\left(\frac{3 \cdot \pi}{4} + x\right)\right)}{2}$$

6. Рассчитайте интеграл, указав пределы интегрирования.

$$\int_0^1 e^x \cdot \sin(x) dx \rightarrow \frac{-\left(\sqrt{2} \cdot e \cdot \sin\left(\frac{3 \cdot \pi}{4} + 1\right)\right) + 1}{2}$$

7. Рассчитайте интеграл численно.

$$\int_0^1 e^x \cdot \sin(x) dx = 0.909$$

8. Используйте ключевое слово *float*, чтобы отобразить результаты с большей точностью

$$\int_0^1 e^x \cdot \sin(x) dx \xrightarrow{\text{float}, 30} 0.909330673631478617034602154687$$

9. Рассчитайте выражения, которые содержат параметры в интегрируемой функции или в пределах интегрирования.

$$\int_1^c x^3 dx \rightarrow \frac{c^4 - 1}{4}$$

$$\int a \cdot x^2 dx \rightarrow \frac{a \cdot x^3}{3}$$

10. Рассчитайте параметризованный интеграл, который ведет себя как имеющий предел при определенных условиях.

$$\int_0^{\infty} e^{-c \cdot t1} dt1 \rightarrow -\left( \lim_{t1 \rightarrow \infty} \frac{e^{-(c \cdot t1)}}{c} \right) + \frac{1}{c}$$

$$\int_0^{\infty} e^{-c \cdot t1} dt1 \xrightarrow{\text{assume, } c > 0} \frac{1}{c}$$

11. Покажите, что *Mathcad* понимает фундаментальную теорему математического анализа, утверждающую следующие соотношения между производными и интегралами:

$$\int \frac{d}{dx} G(x) dx \rightarrow G(x)$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x G(t) dt \rightarrow G(x)$$



## 6. СВЕДЕНИЯ О ФУНКЦИЯХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

### 6.1. Матрицы планирования

Функции и графики для планирования экспериментов (DOE) можно использовать при разработке матриц планирования эксперимента, для анализа и отбраковки факторов, разработки статистических моделей и проведения моделирования методом Монте-Карло.

Матрицы планирования можно создавать с помощью встроенных функций. С помощью утилит DOE можно анализировать свойства матриц планирования дробных факторных экспериментов или изменять такие матрицы. Например, функция *doelabel* используется для преобразования закодированных значений матрицы плана в вещественные значения. Для дальнейшего изменения матриц планирования можно также использовать векторные и матричные функции. Например, функция *stack* используется для добавления центральных точек в полный или дробный факторный план, а функция *augment* используется для добавления внешнего массива, учитывающего шумовые коэффициенты в планах Тагучи.

Для отбраковки факторов можно рассчитать эффекты или эффекты уровня факторов, взаимодействий или блокировки планирования. Функция *quickscreen* идеально подходит для отбраковки 2-уровневых кодированных планов. Функция *effects* представляет собой более общую функцию и позволяет рассчитывать эффекты уровня для любых матриц плана.

Чтобы решить, какие факторы важны, результаты эксперимента можно показать в виде диаграммы "ящик с усами", диаграммы распределения или фронта Парето. Также для тестирования важности факторов можно провести анализ дисперсии (ANOVA) с помощью функции *anova*.

## 6.2. Регрессионный анализ

Функцию *polyfit* можно использовать для быстрого сопоставления поверхности многомерной полиномиальной регрессии. Для работы с коэффициентами регрессии используется функция *polyfitc*. Данная функция также возвращает дополнительную информацию о каждом коэффициенте регрессии. Для выполнения более полного набора диагностики используется функция *polyfitstat*. Данная функция возвращает параметры модели, выходные данные функции *polyfitc*, данные ANOVA для регрессии и подробный анализ всех выполнений или точек данных, используемых для создания поверхности многомерной полиномиальной регрессии. Для улучшения численной точности данные внутренне масштабируются по среднеквадратическому отклонению во всех функциях полиномиальной регрессии, если задана модель линейного порядка. Если задан частичный или неполный полином, масштабирование не проводится.

Для других типов функций аппроксимации используйте для расчета параметров аппроксимации функцию *multidfit*.

Все указанные выше функции принимают матрицы планирования.

Итак, для создания, анализа или изменения матриц планирования используются следующие функции:

- *fullfact*, *fractfact*, *plackettburman*— возвращает факториальные матрицы планирования.

- *boxbehnken*, *boxwilson*— возвращает матрицы планирования Бокса-Бенкена или Бокса-Вильсона (или центральные композиционные).

- *taguchi*, *mtaguchi*— возвращает матрицы планирования Тагучи.

- *fractruns*, *fractresol*, *fractalias*— анализирует свойства дробных факториальных матриц планирования.

- *block*, *doelabel*, *foldover*, *randomize*— изменяет матрицы планирования.

Функции для отбраковки факторов:

Для анализа экспериментов используются следующие функции.

- *quickscreen*, *effects*— рассчитывает эффекты фактора.

- *anova*— осуществляет анализ дисперсии на факторных планах.

Для выполнения регрессионного анализа можно использовать следующие функции:

- *polyfit*— создает поверхности многомерной полиномиальной регрессии.

- *polyfitc*— вычисляет коэффициенты многомерной полиномиальной регрессии.

- *polyfitstat*— отображает результаты статистического анализа с помощью многомерной полиномиальной регрессии.

- *multidfit*— определяет параметры функции многомерной аппроксимации.

### **6.3. Моделирование методом Монте-Карло**

Методы Монте-Карло позволяют смоделировать (при большом числе итераций) статистическое поведение сложной системы, построенной из компонентов с уникальными дисперсиями. Вместо поиска алгоритмического, аналитического решения в этих методах используется многократная подстановка случайных величин в качестве значений всех компонентов сложной системы для моделирования ее статистического поведения.

Можно генерировать случайные числа для моделирования методом Монте-Карло, используя одну из следующих функций: *LogNormal*, *Normal*, *Uniform*, *Weibull*. Можно также использовать функцию *montecarlo* для создания выборки методом Монте-Карло для заданной функции. Это удобно, например, при прогнозировании поведения будущих экспериментов с помощью моделей регрессии, созданных в предыдущих экспериментах.

### **6.4. Пример. Поверхность отклика второго порядка**

Функции *boxwilson*, *polyfitc* и *polyfit* используются для планирования эксперимента и создания модели изучаемого процесса. Блок решения используется для поиска максимального предсказываемого моделью выхода.

1. Задайте матрицу планирования **boxwilson**.

$$X := \text{boxwilson}(2) = \begin{bmatrix} \text{"Run"} & \text{"Block"} & \text{"A"} & \text{"B"} \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & 1 & 1 & -1 \\ 3 & 1 & -1 & 1 \\ 4 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & 1 & 0 & 0 \\ 7 & 1 & 0 & 0 \\ 8 & 1 & 0 & 0 \\ 9 & 1 & 0 & 0 \\ 10 & 1 & 1.414 & 0 \\ 11 & 1 & -1.414 & 0 \\ 12 & 1 & 0 & 1.414 \\ 13 & 1 & 0 & -1.414 \end{bmatrix}$$

2. Задайте вещественные значения для  $A$  (время реакции в минутах) и  $B$  (температура по Фаренгейту), являющихся естественными переменными для изучаемого химического процесса.

$$Vals := \begin{bmatrix} \text{"t"} & 77.93 & 80 & 85 & 90 & 92.07 \\ \text{"T"} & 167.93 & 170 & 175 & 180 & 182.07 \end{bmatrix}$$

3. Вызовите функцию *doelabel* для преобразования кодовых значений матрицы планирования в вещественные значения естественных переменных.

$$D := \text{doelabel}(X, Vals) = \begin{bmatrix} \text{"Run"} & \text{"Block"} & \text{"t"} & \text{"T"} \\ 1 & 1 & 80 & 170 \\ 2 & 1 & 90 & 170 \\ 3 & 1 & 80 & 180 \\ 4 & 1 & 90 & 180 \\ 5 & 1 & 85 & 175 \\ 6 & 1 & 85 & 175 \\ 7 & 1 & 85 & 175 \\ 8 & 1 & 85 & 175 \\ 9 & 1 & 85 & 175 \\ 10 & 1 & 92.07 & 175 \\ 11 & 1 & 77.93 & 175 \\ 12 & 1 & 85 & 182.07 \\ 13 & 1 & 85 & 167.93 \end{bmatrix}$$

4. Запишите выход химического процесса для каждого выполнения.

$$Y := \begin{bmatrix} 76.5 \\ 77.0 \\ 78.0 \\ 79.5 \\ 79.9 \\ 80.3 \\ 80.0 \\ 79.7 \\ 79.8 \\ 78.4 \\ 75.6 \\ 78.5 \\ 77.0 \end{bmatrix}$$

5. Вызовите функцию **polyfitc** для осуществления с кодовыми значениями полиномиальной регрессии второго порядка.

$$\text{polyfitc}(X, Y, 2) = \begin{bmatrix} \text{"Term"} & \text{"Coefficient"} & \text{"Std Error"} & \text{"95\% CI Low"} & \text{"95\% CI High"} & \text{"VIF"} & \text{"T"} & \text{"P"} \\ \text{"Intercept"} & 79.94 & 0.201 & 79.465 & 80.415 & NaN & 397.642 & 1.11 \cdot 10^{-16} \\ \text{"A"} & 0.745 & 0.159 & 0.369 & 1.121 & 1 & 4.687 & 0.001 \\ \text{"B"} & 0.765 & 0.159 & 0.389 & 1.141 & 1 & 4.814 & 9.669 \cdot 10^{-4} \\ \text{"AB"} & 0.25 & 0.225 & -0.281 & 0.781 & 1 & 1.112 & 0.151 \\ \text{"AA"} & -1.376 & 0.17 & -1.779 & -0.973 & 1.017 & -8.075 & 4.294 \cdot 10^{-5} \\ \text{"BB"} & -1.001 & 0.17 & -1.404 & -0.598 & 1.017 & -5.875 & 3.075 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

6. Извлеките коэффициенты регрессии из выходных данных функции **polyfitc**.

$$c := \text{polyfitc}(X, Y, 2)^{(1)}$$

7. Создайте функцию кодовых значений, моделирующую химическую реакцию. Данная функция используется для прогнозирования выхода на  $A=-1$  и  $B=-1$ .

$$\text{yield}(A, B) := c_1 + c_2 \cdot A + c_3 \cdot B + c_4 \cdot A \cdot B + c_5 \cdot A^2 + c_6 \cdot B^2$$

$$\text{yield}(-1, -1) = 76.302$$

8. Вызовите **polyfit** для создания функции вещественных значений, моделирующей химическую реакцию. Данная функция используется для прогнозирования выхода на  $t=80$  мин и  $T=170F$ .

$$\text{Yield} := \text{polyfit}(D, Y, 2)$$

$$\text{Yield}\left(\begin{bmatrix} 80 \\ 170 \end{bmatrix}\right) = 76.302$$

Как и ожидалось, рассчитанный выход такой же, как и в шаге 7.

9. Для поиска максимального выхода используйте блок решения.

```
a := 85
b := 175

f(a, b) := Yield( $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ )

 $\begin{bmatrix} t_{max} \\ T_{max} \end{bmatrix}$  := maximize(f, a, b)
```

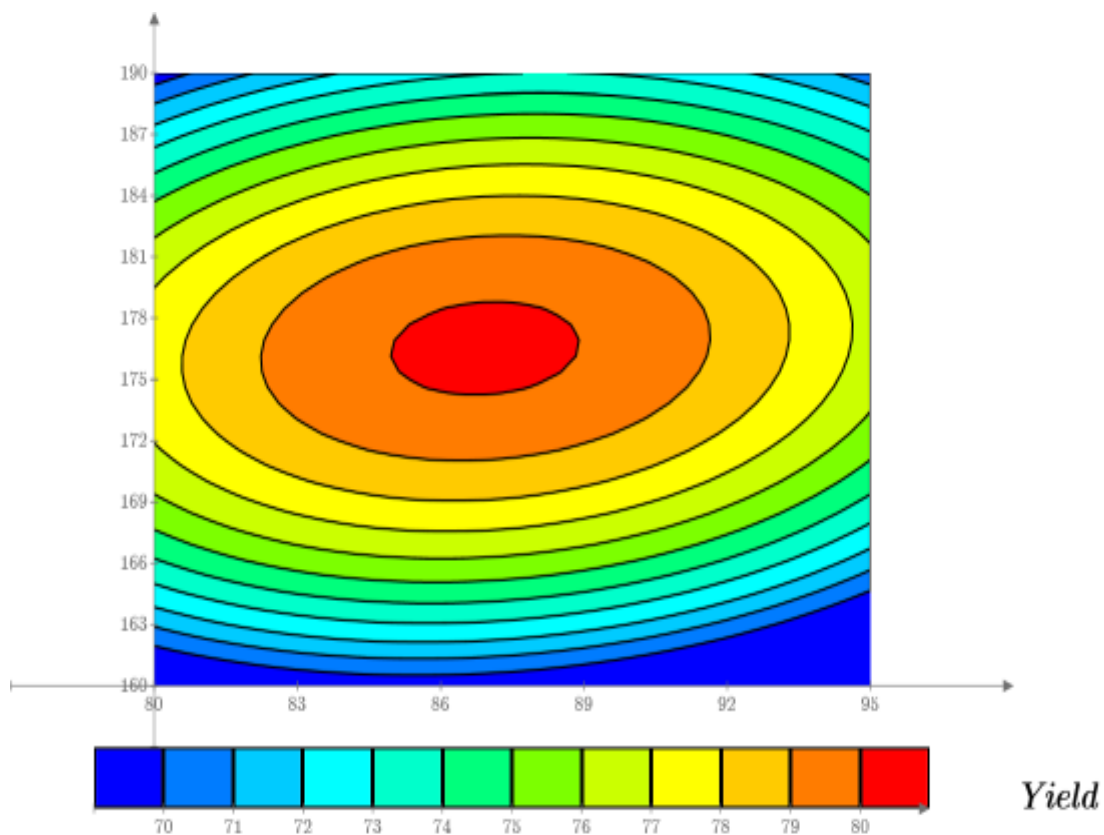
$$Yield\left(\begin{bmatrix} t_{max} \\ T_{max} \end{bmatrix}\right) = 80.216$$

10. Используйте контурный график, чтобы визуально представить изменение выхода в области  $t_{max}$  и  $T_{max}$ .

$$t_{max} = 86.544$$

$$T_{max} = 177.103$$

$$Yield(t, T) := Yield\left(\begin{bmatrix} t \\ T \end{bmatrix}\right)$$



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справка PTC Mathcad.— Текст: электронный// — URL: <https://support.ptc.com>. (дата обращения: 26.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Воскобойников, Ю. Е. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME: учебное пособие / Ю. Е. Воскобойников, А. Ф. Задорожный. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-2052-0.— Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213059> (дата обращения: 26.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Учебно-теоретическое издание*

***И.Я. Федоренко***

## **МATHCAD В РАБОТЕ МАГИСТРАНТА**

*Учебное пособие для студентов вузов,  
осваивающих образовательные программы магистратуры  
по направлению подготовки «Агроинженерия»*

Подписано в печать 11.05.2022 г. Формат 60×84/16.

Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографная.

Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 6. Уч.-изд. л. 4,8.

Тираж 50 экз. Заказ № 17.

РИО Алтайского ГАУ

656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98,

тел. 203-299