

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»

**М.Н. Корницкая**

**Выполнение инженерных и научных  
расчетов в системе  
SMathStudio**

*Учебное пособие по курсу «Информатика»  
для студентов строительных специальностей  
очно-заочной формы обучения*

Барнаул 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1 Работа в среде SMathStudio .....	4
Тема 2 Запись и вычисление арифметических выражений в системе SMathStudio.....	7
2.1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	7
2.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SMATHSTUDIO КАК КАЛЬКУЛЯТОРА.....	11
2.3 ВЫРАЖЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ.....	11
2.4 ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫРАЖЕНИЙ НА ЭКРАНЕ В СИСТЕМЕ SMATHSTUDIO.....	13
2.5 ПРАВИЛА ЗАПИСИ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ .....	13
2.6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	14
Тема 3 Работа с единицами измерения .....	15
3.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ.....	15
3.2 ПРОСМОТР РАЗМЕРНОЙ ВЕЛИЧИНЫ В РАЗНЫХ ЕДИНИЦАХ ИЗМЕРЕНИЯ .....	16
3.3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	17
Тема 4 Массивы: векторы и матрицы .....	17
4.1 СОЗДАНИЕ ВЕКТОРОВ И МАТРИЦ .....	17
4.2 ДОСТУП К ЭЛЕМЕНТАМ МАССИВА .....	19
4.3 ОПЕРАЦИИ НАД ВЕКТОРАМИ.....	21
4.4 ВЕКТОРНЫЕ ОПЕРАТОРЫ.....	22
4.5 ВЕКТОРНЫЕ ФУНКЦИИ .....	22
4.6 ОПЕРАЦИИ НАД МАТРИЦАМИ .....	23
4.7 МАТРИЧНЫЕ ОПЕРАТОРЫ.....	25
4.8 МАТРИЧНЫЕ ФУНКЦИИ .....	26
4.9 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	27
Тема 5 Функции пользователя .....	29
5.1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	29
5.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ .....	30
5.3 ОБРАЩЕНИЕ К ФУНКЦИИ .....	30
5.4 НЕСКОЛЬКО ДЕЙСТВИЙ ПРИ ОПИСАНИИ ФУНКЦИИ .....	33
5.5 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	33
Тема 6 Создание графиков .....	35
6.1 ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ФУНКЦИИ ОДНОГО АРГУМЕНТА .....	35
6.2 ФОРМАТИРОВАНИЕ ГРАФИКА .....	36
6.3 ПОСТРОЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ГРАФИКОВ В ОДНОМ БЛОКЕ .....	37
6.4 НАНЕСЕНИЕ ТОЧКИ НА ГРАФИК .....	38
6.5 ОТОБРАЖЕНИЕ НА ГРАФИКЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЕКТОРА .....	39
6.6 ОТОБРАЖЕНИЕ НА ГРАФИКЕ ТОЧЕК, ЗАДАННЫХ ВЕКТОРАМИ X и Y .....	39
6.7 ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ТРЕХМЕРНЫХ ГРАФИКОВ) .....	40
6.8 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	41
Тема 7 Разветвляющийся вычислительный процесс .....	43
7.1 ЗАПИСЬ УСЛОВИЙ .....	43
7.2 РЕАЛИЗАЦИЯ УСЛОВНОГО БЛОКА В MCAD.....	45
7.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ В РАЗВЕТВЛЯЮЩИХСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	48
7.4 ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЗНАЧЕНИЙ В РАЗВЕТВЛЯЮЩЕМСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	49
7.5 ВЛОЖЕННЫЕ РАЗВЕТВЛЯЮЩИЕСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ .....	49
7.6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....	52

## Тема 1

### Работа в среде SMathStudio

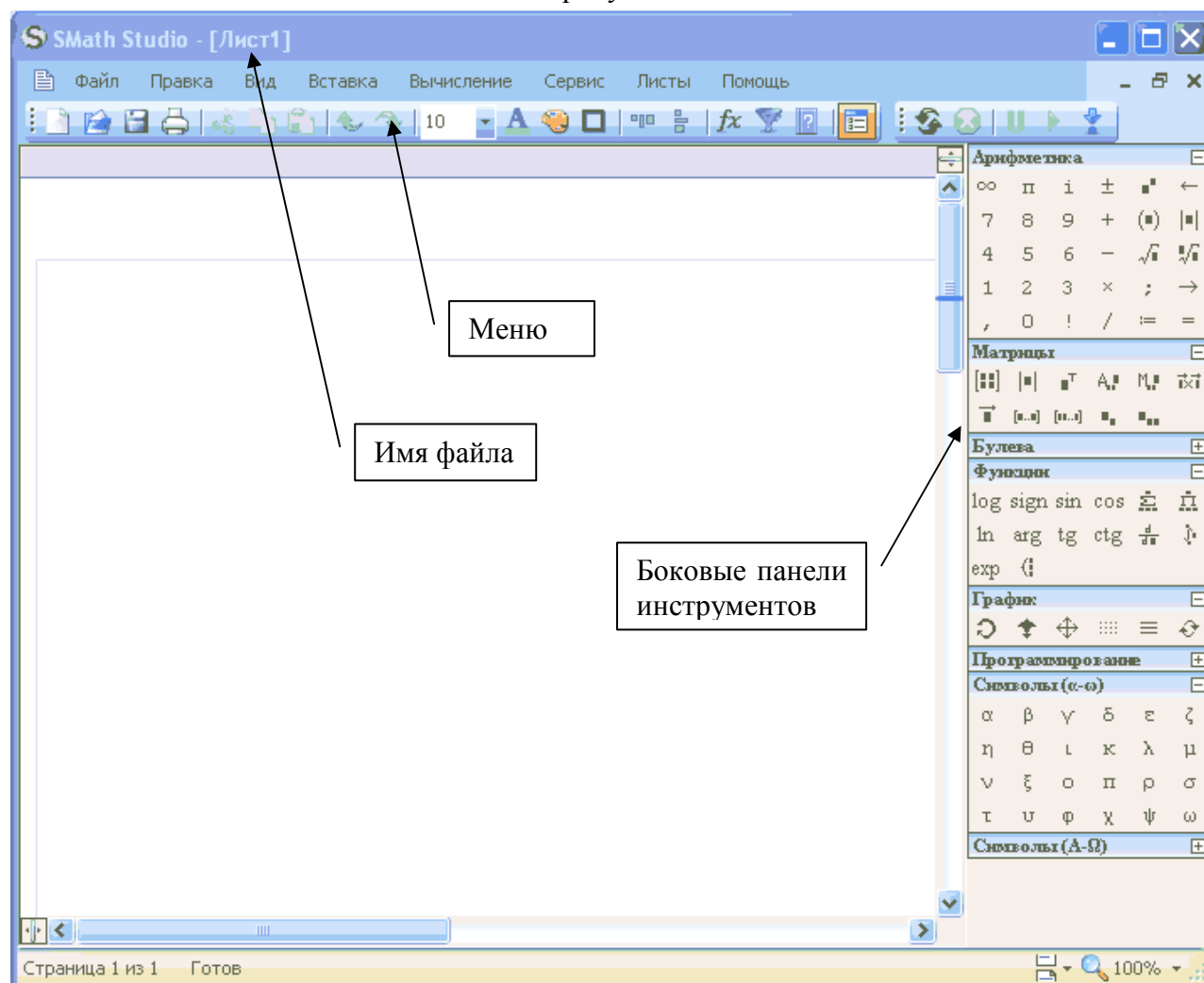
После запуска на экране появляется рабочее окно SMathStudio с главным меню и восемью панелями инструментов: Арифметика, Матрицы, Булева, Функции, График, Программирование, Символы ( $\alpha$ - $\omega$ ) и Символы (A- $\Omega$ ), расположенными справа от рабочей области.

Автоматически загружается файл Лист 1, представляющий собой рабочий документ SMathStudio и созданный на основе шаблона Normal (Обычный).

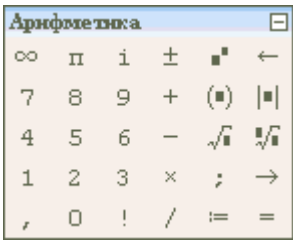

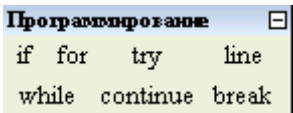
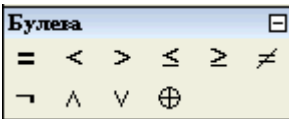

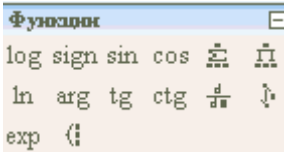
Главное меню SMathStudio занимает верхнюю строку рабочего окна. Любые действия можно выполнить, используя команды этого меню и элементы управления открывающихся диалоговых окон. Например, в пункте меню **ФАЙЛ** – команды, связанные с созданием, открытием, сохранением, просмотром документов.

Ниже строки меню располагаются панели инструментов: Стандартная и Расчёт. Панели инструментов служат для быстрого выполнения наиболее часто применяемых команд. При наведении указателя мыши на любую из кнопок рядом появляется всплывающая подсказка – короткий текст, поясняющий назначение кнопки.

Вид окна системы SMathStudio показан на рисунке.



Ниже перечислены основные панели инструментов.

<p>Арифметика – шаблоны основных математических операций, цифр, знаков математических операций.</p> 	<p>Матрицы – шаблоны матриц, векторных и матричных операций.</p> 										
<p>Программирование – инструменты для программирования линейных, разветвляющихся и циклических алгоритмов</p> 	<p>Булева – логические (булевы) операторы.</p> 										
<p>График – инструменты для работы с графиками.</p> 	<p>Функции – шаблоны функций, дифференцирования, интегрирования, суммирования.</p> 										
	<p>Символы – греческие буквы (строчные и прописные)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Символы (α-ω)</th> <th>Символы (Α-Ω)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α β γ δ ε ζ</td> <td>Α Β Γ Δ Ε Ζ</td> </tr> <tr> <td>η θ ι κ λ μ</td> <td>Η Θ Ι Κ Λ Μ</td> </tr> <tr> <td>ν ξ ο π ρ σ</td> <td>Ν Ξ Ο Π Ρ Σ</td> </tr> <tr> <td>τ υ φ χ ψ ω</td> <td>Τ Υ Φ Χ Ψ Ω</td> </tr> </tbody> </table>	Символы (α-ω)	Символы (Α-Ω)	α β γ δ ε ζ	Α Β Γ Δ Ε Ζ	η θ ι κ λ μ	Η Θ Ι Κ Λ Μ	ν ξ ο π ρ σ	Ν Ξ Ο Π Ρ Σ	τ υ φ χ ψ ω	Τ Υ Φ Χ Ψ Ω
Символы (α-ω)	Символы (Α-Ω)										
α β γ δ ε ζ	Α Β Γ Δ Ε Ζ										
η θ ι κ λ μ	Η Θ Ι Κ Λ Μ										
ν ξ ο π ρ σ	Ν Ξ Ο Π Ρ Σ										
τ υ φ χ ψ ω	Τ Υ Φ Χ Ψ Ω										

### Построение и вычисление выражений

Перед началом работы на экране курсор имеет вид красного крестика. В момент ввода выражения курсор приобретает вид уголка, охватывающего вводимое выражение. Часть символов, охваченная уголком – это операнд для следующей операции. Для перемещения уголка на уровень выше используется клавиша пробела, для движения по уровням клавиши  $\rightarrow$ ,  $\leftarrow$ . Например, набирая

а)  $x + y / 4 + 1$  на экране получим  $x + \frac{y}{4 + 1}$

б)  $x \mid + y$   $\boxed{\text{пробел}}$  на экране  $x + y \mid / 4$   $\boxed{\text{пробел}}$  на экране  $\frac{x + y}{4} \mid + 1$  на экране  $\frac{x + y}{4} + 1$

### Редактирование выражений


Редактирование введенных выражений производится обычным для всех Windows – приложений способом.

Уголок курсора перемещается по экрану с помощью клавиш со стрелками или щелчком левой кнопки мыши в нужном месте экрана.

Для выделения уголком курсора одного символа надо установить уголок курсора так, чтобы он охватывал нужный символ слева или справа.

Для расширения выделения на часть выражения или все выражение целиком следует использовать клавишу пробела. Уголок курсора должен охватывать все выражение или ту его часть, с которой надо выполнить какие-либо действия.

Для выделения части выражения или всего выражения надо нажать кнопку мыши в начале или в конце выделяемой части выражения и, не отпуская кнопку мыши, переместить указатель до другого края выделяемого выражения. Можно использовать также сочетание клавиш  $\boxed{\text{Shift}} + \boxed{\leftarrow}$

или **Shift** + . Выделенная часть выражения имеет синий фон. Выделение синим фоном в SMathStudio используется для вырезания или копирования части выражения, а также для выполнения символьных вычислений с частями выражений.

Для выделения объекта или группы любых объектов (математических, текстовых или графических) надо нажать кнопку мыши в свободном месте рабочего документа, растянуть пунктирный прямоугольник (рамку выделения) так, чтобы он охватил нужные вам объекты, и отпустить кнопку мыши. Один объект при этом будет выделен уголком курсора, а группа объектов выделена синими рамками.


Если надо удалить, вырезать или скопировать в буфер обмена выделенную часть выражения, выделенный объект целиком или группу выделенных объектов, выполните следующие действия:

Для **удаления** (безвозвратного) объекта нажмите клавишу **Delete** или **Backspace**;

Для **вырезания** объекта в буфер обмена щелкните по кнопке **ВЫРЕЗАТЬ** стандартной панели инструментов SMathStudio;

Для **копирования** объекта в буфер обмена щелкните по кнопке **КОПИРОВАТЬ** стандартной панели инструментов SMathStudio;

Для **вставки** объекта из буфера обмена установить крестообразный курсор в то место, куда вы хотите вставить содержимое буфера обмена, и щелкните по кнопке **ВСТАВИТЬ** стандартной панели инструментов SMathStudio.

Выделенный объект (группу объектов) можно переместить или скопировать с помощью мыши: подведите указатель мыши к выделенному объекту или группе объектов, чтобы указатель превратился в изображение четырехнаправленной стрелки .

Нажав левую кнопку мыши, перетащите объекты в нужное место, после чего кнопку мыши отпустите. Если выделенные объекты нужно не переместить, а скопировать, при перетаскивании удерживайте клавишу **Ctrl**.

### Ввод текста

Для ввода текста в документ можно в главном меню выбрать команду **ВСТАВКА – ТЕКСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**, но лучше ввести с клавиатуры символ “ (двойная кавычка). При этом на экране появляется текстовая область, в которой можно печатать текст.

Еще лучше, сменив латинский шрифт на русский, печатать текст прямо в математической области. Когда напечатано первое слово, при нажатии клавиши пробела область с напечатанным словом автоматически из математической превращается в текстовую.

Нажатие на клавишу **Enter** вызывает выход из текстовой области. Для ввода нескольких строк в текстовую область используют клавиши **Shift** + **Enter**.

## Тема 2

### Запись и вычисление арифметических выражений в системе SMathStudio

#### 2.1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Арифметические выражения** - это операнды, соединенные знаками арифметических операций и операторов и, возможно, скобками.

##### 2.1.1 Операнды

**Операнды** - это данные, над которыми производятся вычисления.

Типы операндов



Например:

Арифметическое выражение	Операнды
$S = V_0 + \frac{a \cdot t^2}{2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- переменные <math>V_0, a, t</math>;</li> <li>- константа 2.</li> </ul>
$S = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin \alpha$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- переменные <math>a, b, \alpha</math>;</li> <li>- константы 1, 2;</li> <li>- обращение к функции <math>\sin</math>.</li> </ul>

Константы

**Константы** – это неизменяемые данные.

В зависимости от значения различают константы следующих видов: числового, символьного и других типов.

**Числовые константы:**

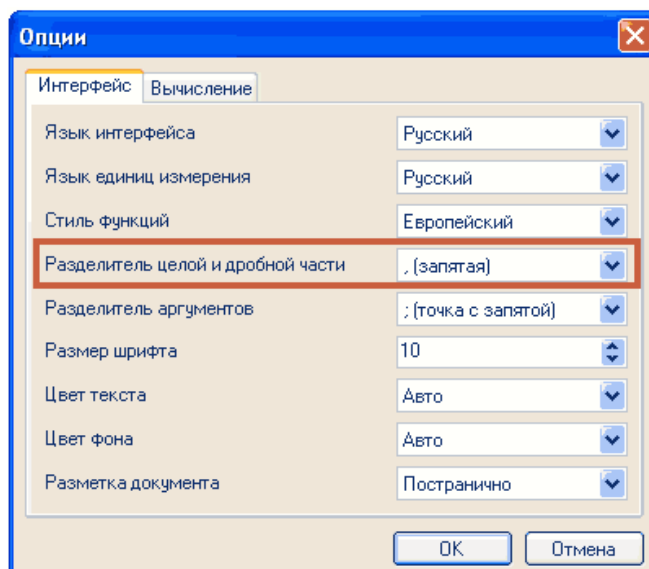
⇒ **целого типа** (или целые) - последовательность цифр с предшествующим знаком (+ или -).

Например: 385; -2; +15;

⇒ **вещественного типа** (или вещественные). Эти константы записываются в двух формах:

а) **в десятичной форме** - это последовательность цифр, разделенных десятичной запятой, с предшествующим знаком, например: 3,87; -0,347; 0,001;

**Замечание:** Разделитель целой и дробной части задается в меню **СЕРВИС – ОПЦИИ**



б) в форме с порядком, имеющей вид: **мантисса**·**10**<sup>порядок</sup>,

где мантисса - это константа любого типа (может отсутствовать),  
порядок - константа целого типа, например:  $9,8 \cdot 10^7$ ;  $-3,5 \cdot 10^{-4}$ ;  $2 \cdot 10^8$ .

Для задания константы в форме с порядком необходимо последовательно набирать: **мантисса** [\*] **10** [^] **порядок**, например, для ввода значения  $3,7 \cdot 10^{-3}$  нужно набрать **3,7** [\*] **10** [^] **-3**.

Форма с порядком необходима для записи в выражении очень больших или очень маленьких чисел.

#### **Символьные константы:**

Это последовательность любых символов, заключенная в кавычки, например, “зачтено”, “решений нет”.

#### Переменные

**Переменные** – это изменяемые данные, характеризующиеся именем и значением.

**Имя** - это последовательность латинских, русских или греческих букв и цифр, начинающаяся с буквы. В именах допускается использовать символ подчеркивания.

Для ввода греческих букв используется панели инструментов Символы ( $\alpha$ - $\omega$ ) и Символы ( $A$ - $\Omega$ ).

Например: **A**, **beta**,  **$\beta$** , **V25**,  **$\alpha$ \_new**, **F32\_a**, **volume**, **Сумма\_ $\sigma$** , **Результат**.

В пакете SMathStudio различают (!) строчные и прописные буквы (они считаются различными символами), поэтому переменные с именами **Alfa** и **alfa** - это разные переменные.

В системе имеется предопределенная переменная  **$\pi=3,1416$** . Ввод переменной  **$\pi$**  в выражение выполняется с панели инструментов Арифметика, либо можно использовать сочетание клавиш [Ctrl] [Shift] [p].

Тип переменной определяется типом хранимого в этой переменной значения. Если значением переменной является целое число, то переменная имеет *целый тип*. Если значением переменной является вещественное число, то переменная имеет *вещественный тип*.

#### Обращения к функциям

**Функция** - это последовательность действий, выполняемых над аргументом (аргументами).

Для обращения к функции необходимо задать имя функции и в скобках указать аргумент(ы) функции.

Формат обращения к функции:

**имя функции ( аргумент )**

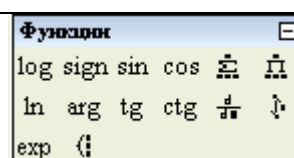
В системе SMathStudio имеется множество встроенных функций (т.е. реализованных в системе), некоторые из них представлены в таблице 1.

Вставить функцию в выражение можно разными способами:

- набрать с клавиатуры,
- вставить с панели инструментов Функции,
- выполнить команду меню **ВСТАВКА – ФУНКЦИЯ** (или кнопка



), с последующим выбором функции из списка.



Имена функций набираются только строчными буквами.

Если у функции несколько аргументов, то они разделяются точкой с запятой (;), например, **mod(x;2)**. Настройка разделителя аргументов выполняется в меню **СЕРВИС – ОПЦИИ**:

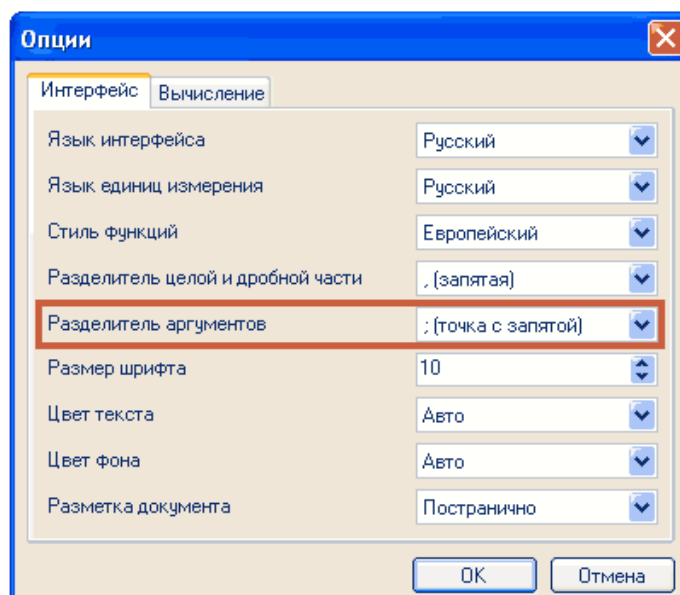


Таблица 1 – Встроенные функции SMATHStudio

Математическая запись	Запись в SMATHStudio	Примечание
$\sin x$ $\cos x$ $\operatorname{tg} x$ $\operatorname{ctg} x$	$\sin(x)$ $\cos(x)$ $\operatorname{tg}(x)$ $\operatorname{ctg}(x)$	<p>Аргумент тригонометрических функций (x) задается в радианах.</p> <p>Перевод градусов в радианы: <math>\text{радианы} = \text{градусы} * \frac{\pi}{180}</math>,</p> <p>например: <math>\sin 10^\circ \rightarrow \sin\left(\frac{10 * \pi}{180}\right)</math></p>
$\arcsin x$ $\arccos x$ $\operatorname{arctg} x$	$\arcsin(x)$ $\arccos(x)$ $\operatorname{arctg}(x)$	<p>Результат функции выдается в радианах.</p> <p>Перевод из радиан в градусы: <math>\text{градусы} = \text{радианы} * \frac{180}{\pi}</math>,</p> <p>например: <math>\operatorname{arctg}(0,177) = 0,175</math> (радиан), <math>\operatorname{arctg}(0,177) * \frac{180}{\pi} = 10</math> (градусов)</p>
$ x $	$\operatorname{abs}(x)$	Модуль числа x (абсолютная величина). После набора функции на экране появляется знак модуля  x .
$e^x$	$\exp(x)$	Экспонента, например, $e^{2x-1} \rightarrow \exp(2x-1)$
$\ln x$	$\ln(x)$	Натуральный логарифм, $x > 0$
$\lg x$	$\lg(x)$	Десятичный логарифм, $x > 0$
$\log_a x$	$\log(x,a)$	Логарифм числа x по основанию a
Остаток деления от	$\operatorname{mod}(x,a)$	Остаток от деления числа x на a, например, $\operatorname{mod}(10,2)=0$ , $\operatorname{mod}(10,4)=2$
Округление до целого числа	$\operatorname{round}(x;0)$	Например, $\operatorname{round}(2.1;0) = 2$ , $\operatorname{round}(2.7;0) = 3$
Отсечение дробной части числа	$\operatorname{trunc}(x)$	У вещественного x отсекается дробная часть, например, $\operatorname{trunc}(2.7) = 2$ , $\operatorname{trunc}(2.1) = 2$

### 2.1.2 Операции

|| **Операции** - это действия, выполняемые над операндами.



Операции обозначаются специальными символами - знаками арифметических операций. Операции набираются либо с клавиатуры, либо с использованием панели инструментов Арифметика.

В системе SMathStudio имеются следующие операции:

- 1) **Сложение** (клавиша  $+$  или кнопка  $+$ ) - на экране появляется аналогичный символ.
- 2) **Вычитание** (клавиша  $-$  или кнопка  $-$ ) - на экране выглядит аналогично. Знак может соединять два операнда, например,  $Y - 4,5$ , а может относиться к одному операнду, например,  $-4,5$ .
- 3) **Умножение** (клавиша  $*$  или кнопка  $\times$ ) - на экране появляется символ  $\cdot$ , например,  $2,7 \cdot 3,5 \rightarrow 2,7 \cdot 3,5$
- 4) **Деление** (клавиша  $/$  или кнопка  $/$ ) - на экране появляется двухуровневое выражение, в числителе которого размещается операнд, набираемый до символа  $/$ , а в знаменателе - то, что будет набираться после  $/$ , например,  $2,7/3,575 \rightarrow \frac{2,7}{3,575}$ . Порядок набора дробных выражений приведен в **Приложении**.
- 5) **Возведение в степень** (клавиша  $^$  или кнопка  $^$ ) - на экране появляется ступенчатое выражение - первый операнд остается на исходной строке, а второй смещается вправо вверх на одну строку, например  $2^{\phantom{00}} \rightarrow 2^{\phantom{00}}$ .

#### Порядок выполнения операций

Действия над операндами выполняется в определенном порядке в соответствии с приоритетом операций. В первую очередь выполняется возведение в степень, так как эта операция имеет наибольший приоритет. Далее выполняется умножение и деление. В последнюю очередь производится сложение и вычитание. Операции с одинаковым приоритетом выполняются слева направо.

Например: *Порядок выполнения операций:*

$$\text{Выражение: } 2 + 8 - 3 / 5 * 2 ^ 2$$

*Порядок вычисления:*

	$2 ^ 2 = 4$
	$3 / 5 = 0,6$
	$0,6 * 4 = 2,4$
$2 + 8 = 10$	
	$10 - 2,4 = 7,6$

Для изменения порядка выполнения операций используются скобки. Действия в скобках выполняются в первую очередь. Внутри скобок операции выполняются в соответствии с приоритетом.

Например: *Порядок выполнения операций:*

$$\text{Выражение: } (2 + 8 - 3) / 5 * 2 ^ 2$$

*Порядок вычисления:*


$2 + 8 = 10$	
$10 - 3 = 7$	
	$2 ^ 2 = 4$
	$7 / 5 = 1,4$
	$1,4 * 4 = 5,6$


### 2.1.3 Операторы

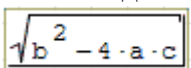
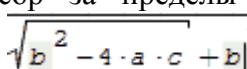
|| **Операторы** - это последовательность действий над операндами.


Для задания оператора в выражении необходимо нажать соответствующую клавишу (или клавиши) и далее ввести операнд. Кроме того, кнопки операторов есть на панелях инструментов Арифметика.


Рассмотрим некоторые операторы SMathStudio:

1) **Модуль**, абсолютное значение (кнопка ) - на экране появляются прямые скобки  $|■|$ . Операнд набирается в позиции, задаваемой символом ■. Например:  $|■| - 7.8 \rightarrow |-7.8|$  или  $|■| 2.7 - 5.4 / 7 \rightarrow \left| 2.7 - \frac{5.4}{7} \right|$

2) **Корень квадратный** (кнопка  или клавиша  $\sqrt{\phantom{x}}$ ) - на экране появляется радикал  $\sqrt{■}$ . Знак ■ задает местоположение операнда. При наборе операнда верхняя часть радикала удлиняется. Например:  $\sqrt{■} 9 \rightarrow \sqrt{9}$  или  $\sqrt{■} b^2 - 4 \cdot a \cdot c \rightarrow \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}$ .

**Замечание:** Для продолжения набора после знака радикала необходимо, нажимая клавишу пробел, вывести курсор за пределы радикала , а затем продолжать набирать выражение .

3) **Извлечение корня любой степени** (кнопка  или клавиши  $\text{Ctrl} \sqrt{\phantom{x}}$ ) - на экране появляется радикал  $\sqrt[n]{■}$ . Знаки ■ задают местоположение степени и основания. Например:  $\sqrt[n]{■} \leftarrow 3 \rightarrow 2,8 - 1,3 \rightarrow \sqrt[3]{2,8 - 1,3}$ .

4) **Факториал натурального числа** (кнопка ) - на экране появляется  $■!$ . Знак ■ задает местоположение натурального числа. Например,  $6! = 720$

## 2.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SMATHSTUDIO КАК КАЛЬКУЛЯТОРА

Если требуется один раз выполнить вычисление по формуле, то используются арифметические выражения с операндами-константами.

Для вычисления значения такого выражения необходимо:

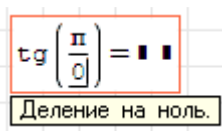
- 1) набрать выражение;
- 2) нажать клавишу  $=$  или кнопку  $\boxed{=}$ .

Если при наборе не было ошибок, то вычислитель системы выполнит действия и выдаст

ответ после знака "=". Например:  $\frac{-8 + \sqrt{8^2 - 4 \cdot 2 \cdot 6}}{2 \cdot 2} \boxed{=} -1$

Если выражение набрано с ошибками, то появляется рамка с сообщением об ошибке.

Например:



В этом выражении допущена ошибка – деление на ноль.

Далее ошибку требуется исправить и вновь нажать клавишу  $=$  или вывести курсор из блока.

## 2.3 ВЫРАЖЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ

Если требуется вычислить выражение многократно с различными значениями операндов, то в качестве операндов необходимо использовать переменные.

Порядок вычисления выражения с переменными:

- 1) Задать значения всем переменным, используемым в выражении.

Для этого используется оператор  $:$  – *присвоить* (или кнопка  $\boxed{:=}$ ). На экране появится оператор  $■ := ■$ . Формат оператора:

имя переменной  $\boxed{:=}$  значение

При выполнении оператора значения заносятся в соответствующие ячейки памяти.

Например. Переменной **a** присвоить значение **2**, переменной **b** - значение **8**, **c** - значение **6**.

ввод	экран
$a \boxed{:=} 2 \quad b \boxed{:=} 8 \quad c \boxed{:=} 6$ или $a \boxed{:} 2 \quad b \boxed{:} 8 \quad c \boxed{:} 6$	$a := 2 \quad b := 8 \quad c := 6$

Присваивание значений переменным можно выполнять в одной строке или в нескольких строках экрана:

ввод	экран
$a \boxed{:} 2$ $a \boxed{:=} 2$ $b \boxed{:} 8$ или $b \boxed{:=} 8$ $c \boxed{:} 6$ $c \boxed{:=} 6$	$a := 2$ $b := 8$ $c := 6$

**Замечание.** Если переменной значение присваивается в первый раз, то можно использовать при наборе оператор “=”, который автоматически заменяется на “:=”, например,  $a \boxed{=} 10 \rightarrow a := 10$ . Однако, если переменной значение присваивается во 2-й раз, 3-й и т.д., то оператор “=” уже вызывает отображение на экране существующего значения переменной, например,  $a \boxed{=} 10 \rightarrow a := 10$

$a \boxed{=} \rightarrow a = 10$

2) В зависимости от дальнейшего использования результата выражения выполнить одно из действий:

а) если результат выражения не требуется использовать в дальнейших вычислениях, то набрать арифметическое выражение и нажать  $\boxed{=}$ . Например:

ввод	экран
$a : 2 \quad b : 8 \quad c : 6$ $b^2 - 4 \cdot a \cdot c \boxed{=}$ $\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \boxed{=}$	$a := 2 \quad b := 8 \quad c := 6$ $b^2 - 4 \cdot a \cdot c = 16$ $\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} = -1$

б) Если результат необходимо сохранить для дальнейшего использования, то его требуется занести в новую переменную:

имя переменной  $\boxed{:=}$  арифметическое выражение

Для просмотра значений переменной необходимо набрать:

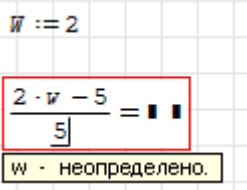
имя переменной  $\boxed{=}$

Например:

ввод	экран
$a : 2 \quad b : 8 \quad c : 6$ $D \boxed{:} b^2 - 4 \cdot a \cdot c$ $D \boxed{=}$ $x1 \boxed{:} \frac{-b + \sqrt{D}}{2 \cdot a}$ $x2 \boxed{:} \frac{-b - \sqrt{D}}{2 \cdot a}$ $x1 \boxed{=}$ $x2 \boxed{=}$	$a := 2 \quad b := 8 \quad c := 6$ $D := b^2 - 4 \cdot a \cdot c$ $D = 16$ $x1 := \frac{-b + \sqrt{D}}{2 \cdot a}$ $x2 := \frac{-b - \sqrt{D}}{2 \cdot a}$ $x1 = -1$ $x2 = -3$

**Замечание.**

1) Если в выражении используются переменные, которым не присвоено значение, то выражение обводится красной рамкой и выдается сообщение об ошибке. Например:

ввод	экран
W : 2 (2*w-5)/5 =	

Поскольку в системе SMATHStudio строчные и прописные буквы различаются, переменной **w** не присвоено значение и выдается сообщение об ошибке.

2) В качестве результата выражения может быть выдано комплексное число. Чаще всего это случается из-за отрицательного значения под корнем или у аргумента логарифма:

$$\begin{array}{ll} a := 2 & b := 4 & c := 6 & n := 1 \\ x1 := \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} & \ln(n^2 - 10n) = 2.197 + 3.142i \\ x1 = -1 + 1.414i \end{array}$$

## 2.4 ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫРАЖЕНИЙ НА ЭКРАНЕ В СИСТЕМЕ SMATHSTUDIO

- 1) Выражения можно размещать в одной строке или в нескольких строках экрана. Для размещения в одной строке после набора выражения курсор перемещают в новую позицию щелчком мыши. Для размещения в разных строках после набора выражения нажимают клавишу **Enter**.

ввод	экран
2*8-4= щелчок мышью 2.5*2^2=	2 · 8 - 4=12    2.5·2 <sup>2</sup> =10
или	
2*8-4= Enter	2 · 8 - 4=12
2.5*2^2= Enter	2.5 · 2 <sup>2</sup> =10

- 2) Вычислитель обрабатывает выражения **слева направо** и **сверху вниз**. Поэтому операторы присваивания значений переменным должны располагаться на экране **выше и левее** операторов вычисления выражений (=), в которых эти переменные участвуют. Например:

ввод	экран
D : 3,5	D := 3,5
V : π*D^2/4*h	V := π · $\frac{D^2}{4}$ · h
V= h : 8,5	V =    h := 8,5
	h - неопределено.
a : 1      a : 4	a := 1      a := 4
b : 2      b : 3	b := 2      b := 3
R : 2*a+b^2    R : 2*a+b^2	R := 2·a+b <sup>2</sup> R := 2·a+b <sup>2</sup>
R =            R =	R = 17          R = 17

Значение переменной **h** присвоено правее, чем вычисляется значение выражения (V=), в котором эта переменная используется.







Значение выражения для переменной **R** вычисляется оба раза при **a=4** и **b=3**, т.к. эти операторы присваивания находятся правее.





Для исключения такой ситуации следует располагать операторы друг под другом, либо использовать разные имена переменных. Например:

Способ 1	Способ 2
a := 1      b := 2	a1 := 1      a2 := 4
R := 2·a+b <sup>2</sup> R = 6	b1 := 2      b2 := 3
a := 4      b := 3	R1 := 2·a1+b1 <sup>2</sup> R2 := 2·a2+b2 <sup>2</sup>
R := 2·a+b <sup>2</sup> R = 17	R1 = 6          R2 = 17

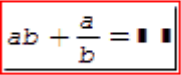
## 2.5 ПРАВИЛА ЗАПИСИ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ

- 1) При записи выражений со скобками в SMATHStudio допускается использовать только круглые скобки.

Для проставления парных круглых скобок имеется кнопка  на панели инструментов. При этом на экране появляются скобки и место для операнда (). Во время набора операнда скобки раздвигаются. Для выхода за скобки используются клавиши  или . Также оператор  можно использовать для простановки скобок при корректировке выражений: чтобы заключить в скобки часть выражения нужно охватить ее линией ввода, используя пробел, и нажать .



ввод	экран
 2+3  *5 =	(2+3)·5 = 25
2 + 3  5 	(2+3)·5 = 25

2) При записи арифметических выражений нельзя пропускать знаки арифметических операций. Например:

ввод	экран
a:5    b:2 ab+a/b=	a := 1    b := 2  ab · неопределено.

Запись **ab** воспринимается системой как имя новой переменной, хотя в математике это выражение трактуется как произведение переменных **a** и **b**.

**Замечание.** Исключением является запись, в которой числовая константа предшествует переменной, например, **100x**, **-0.33a**, или обращению к функции, например, **5cos(x)**. При этом автоматически вставляется знак умножения после цифровой части, например, **100x** → **100·x**, **5cos(x)** → **5·cos(x)**. Например:

a := 2    x := π/2  
2a  4        5sin(x)  5

3) Следует различать операции возведения в степень, относящиеся к функции и к аргументу функции:

а) операция, относящаяся к функции, задается после закрывающейся скобки аргумента функции, например, для вычисления выражения **sin<sup>2</sup>(X+π)** нужно набрать:

ввод	экран
sin(X+π)^2	sin(X+π) <sup>2</sup>

В этом случае сначала вычисляется значение функции sin, а затем полученное значение возводится в степень.

б) операция, относящаяся к аргументу, задается внутри парных скобок после имени функции, например, для вычисления выражения **sin(X+π)<sup>2</sup>** нужно набрать:

ввод	экран
sin((X+π)^2)	sin[(X+π) <sup>2</sup> ]

В этом случае сначала возводится в степень аргумент, а затем вычисляется синус полученного значения.

















## 2.6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

### ЗАДАНИЕ 1 Использование SMathStudio как калькулятора

Вычислить значение арифметического выражения

$$\frac{7.3 \cdot 10^5 - \operatorname{tg} \left| 25^0 - \pi \right|^2}{4 \sqrt{\arcsin^2 1.3^3} - 8.7 \cdot e^{-\pi-2}} + \lg \left| \left( \sqrt{25.6 + 3.7 \cdot 7} - 5 \right)^2 \right|$$

Запись в пакете SMathStudio (символом  обозначена клавиша пробел)

7.3 \* 10 ^ 5  - tg ( (  25 \*  / 180  -  ) ^ 2 )  /  
 4  4   arcsin ( 1.3 ^ 3 ) ^ 2   - 8.7 \* exp ( -  - 2 )    +

$$\lg \left( \left| \sqrt{25.6 + 3.7 \cdot 7} - 5 \right|^2 \right)$$

Экран

$$\frac{7,3 \cdot 10^5 - \operatorname{tg} \left( \left| 25 \cdot \frac{\pi}{180} - \pi \right|^2 \right)}{\sqrt[4]{\left| \arcsin(1,3^3) \right|^2} - 8,7 \cdot \exp(-\pi - 2)} + \lg \left( \left| \left( \sqrt{25,6 + 3,7 \cdot 7} - 5 \right)^2 \right| \right) = 5,1951 \cdot 10^5$$

## ЗАДАНИЕ 2 Вычисление выражений с переменными

$$\frac{2 \sin^2 X - \cos Y^2}{\sqrt[4]{Z}}$$

2.1 Вычислить значение арифметического выражения при следующих значениях переменных:  $X = 3\pi/2$   $Y = 60^\circ$   $Z = 64,88$ .

Запись в пакете SMathStudio

$$X := 3 * \pi / 2 \quad Y := 60 * \pi / 180 \quad Z := 64,88$$

$$2 * \sin(X)^2 - \cos(Y^2) / \sqrt[4]{Z} \leftarrow 4 \rightarrow Z =$$

Экран

$$X := 3 \cdot \frac{\pi}{2} \quad Y := 60 \cdot \frac{\pi}{180} \quad Z := 64,88$$

$$\frac{2 \cdot \sin(X)^2 - \cos(Y^2)}{\sqrt[4]{Z}} = 0,5438$$

2.2 Вычислить значение этого же выражения при новых значениях переменных:  $X = 55^\circ$   $Y = \pi/4$   $Z = 0,23$ , сохраняя на экране ранее полученные результаты.

Запись в пакете SMathStudio

$$X := 55 * \pi / 180 \quad Y := \pi / 4 \quad Z := 0,23$$

$$X := 55 \quad Y := \frac{\pi}{4} \quad Z := 0,23$$

$$\frac{2 \cdot \sin(X)^2 - \cos(Y^2)}{\sqrt[4]{Z}} = 1,7087$$

## ЗАДАНИЕ 3 Найти значения переменной

$$F = \frac{2(2ax+b)}{3\beta\sqrt{X}} \left( \frac{1}{X} + 2k \right), \text{ где } X = ax^2 + bx + c; \beta = 4ac - b^2; k := 4 \frac{a}{\beta} \text{ при } a=4, b=2, c=1, x=-2.$$

Запись в пакете SMathStudio

$$a : 4 \quad b : 2 \quad c : 1 \quad x : -2$$

$$X : a * x^2 + b * x + c$$

$$\beta : 4 * a * c - b^2$$

$$k : 4 * a / \beta$$

$$F : 2 * (2 * a * x + b) / 3 * \beta * \sqrt{X} * (1/X + 2 * k)$$

$$F =$$

Экран

$$a := 4 \quad b := 2 \quad c := 1 \quad x := -2$$

$$X := a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

$$\beta := 4 \cdot a \cdot c - b^2$$

$$k := 4 \cdot \frac{a}{\beta}$$

$$F := \frac{2 \cdot (2 \cdot a \cdot x + b)}{3 \cdot \beta \cdot \sqrt{X}} \cdot \left( \frac{1}{X} + 2 \cdot k \right)$$


$$F = -0.592$$

## Тема 3

### Работа с единицами измерения

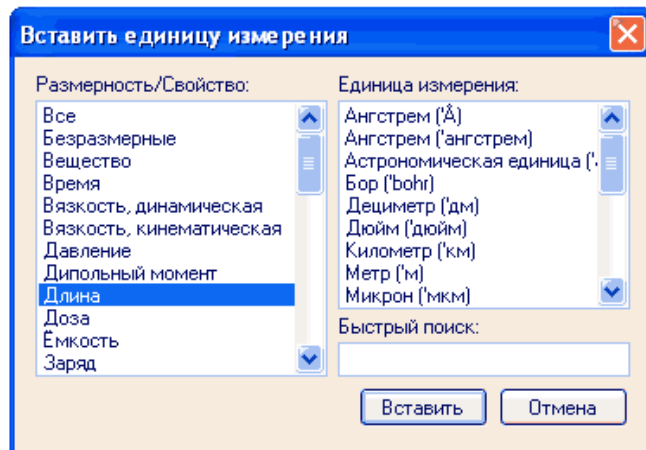
#### 3.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

При выполнении инженерных расчетов необходимо учитывать не только значения, но и единицы измерения переменных. Для задания единицы измерения переменной в операторе присваивания после ввода числового значения можно вставить обозначение размерности одним из способов:

- выполнить команду меню ВСТАВКА – ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ;
- нажать кнопку  на стандартной панели инструментов;
- нажать сочетание клавиш **CTRL+W**;
- нажать ' (апостроф) и набрать единицу измерения с клавиатуры.

В первых трех случаях появится диалоговое окно, в котором, выбрать размерность (длина, сила, площадь и др.) и единицу (см, мм, с, ч ...)

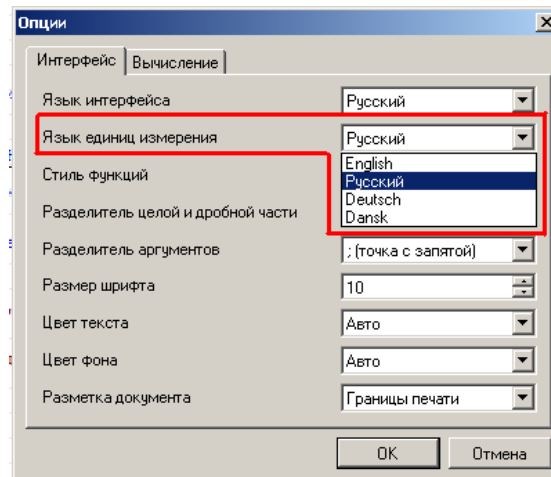
В четвертом случае обозначение единицы вводится русскими буквами, при этом появляется всплывающая подсказка, из которой можно выбрать нужное значение, нажав клавишу **Tab**, например,



Для задания составных единиц измерения ( $\text{м}^2$ ,  $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$  и т.д.) используются арифметические операции, например,  $v := 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   $q := 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ .

#### Замечания:

- 1) Если единица измерения введена правильно, то она выделяется синим цветом.
- 2) Язык задания единиц измерения можно установить через меню **СЕРВИС – ОПЦИИ** – вкладка **ИНТЕРФЕЙС**



### 3.2 ПРОСМОТР РАЗМЕРНОЙ ВЕЛИЧИНЫ В РАЗНЫХ ЕДИНИЦАХ ИЗМЕРЕНИЯ

При использовании в выражении размерных величин с разными единицами измерения (например, см, м, ч) система автоматически приводит их к стандартным единицам СИ (например, мм, с). Иногда удобно представлять результат в других единицах, например, если речь идет о расстоянии, то результат удобно получать в **км**, а не в **м** и т.д.

Для просмотра результата в других единицах измерения необходимо:

- 1 В операторе просмотра результата (=) после выведенного значения со старой единицей измерения в пустой местозаполнитель "■" занести новую единицу. При этом удалится не только старая размерность, но и числовой результат.

2 Выйти из математического блока любым способом. Появится новое число, соответствующее введенной размерности.

Пример:  $t1 := 6 \text{ ч}$      $t2 := 10 \text{ с}$      $t := t1 + t2$

$t = 21610 \text{ с}$     - время в секундах

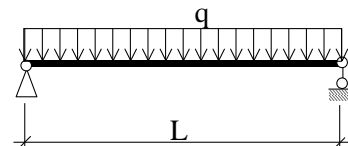
$t = 360,167 \text{ мин}$     - время в минутах

$t = 6,0028 \text{ ч}$     - время в часах

### 3.3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

#### ЗАДАНИЕ 1 Вычисление напряжения балки

Имеется балка длиной  $L=10\text{м}$ , изготовленная из нормального двутавра 55Б1 с моментом сопротивления  $W=2051\text{см}^3$ . К балке приложена равномерно распределенная нагрузка  $q=10\text{кН/м}$ . Определить напряжение, возникающее в балке  $\sigma = \frac{M}{W}$ , где  $M$  - изгибающий момент,  $W$  – момент сопротивления.



Реализация в SMathStudio.

$$\begin{aligned} L &:= 10 \text{ м} & q &:= 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \\ M &:= \frac{q \cdot L^2}{8} & M &= 125 \text{ кН м} & W &:= 2051 \text{ см}^3 \\ \sigma &:= \frac{M}{W} & \sigma &= 60,9459 \text{ МПа} \end{aligned}$$

## Тема 4 Массивы: векторы и матрицы

В SMathStudio имеется возможность работать не только с отдельными константами и переменными, но и использовать в качестве операндов массивы данных в виде векторов и матриц.

|| **Вектор** - это набор значений одного типа, имеющих одно и то же имя.

В SMathStudio вектором является столбец значений. Например:

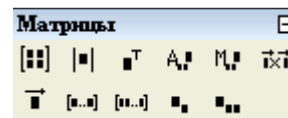
|| **Матрица** - это набор значений одного типа, расположенных в строках и столбцах и имеющих одно и то же имя.

$$V = \begin{pmatrix} 7 \\ 4.5 \\ 5 \\ -6.2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Например: } A = \begin{pmatrix} -4.5 & 2 & 3 \\ 1 & -0.5 & -2.7 \end{pmatrix}$$

Частным случаем матрицы является **матрица-строка**:  $S = (-5 \ 0.1 \ 3)$ .

В программировании векторам соответствуют *одномерные* массивы, а матрицам - *двумерные* массивы. Для работы с массивами используется панель инструментов Матрицы.



### 4.1 СОЗДАНИЕ ВЕКТОРОВ И МАТРИЦ

#### 4.1.1 Создание векторов и матриц с использованием шаблона

1) Установить курсор в позицию, где нужно вставить массив.

2) Вызвать окно диалога для создания массива одним из способов:

- нажать одновременно клавиши **Ctrl** **M**;
- использовать кнопку  на панели инструментов Матрицы;
- выполнить команду **ВСТАВКА–МАТРИЦА**.

3) в диалоговом окне “Вставка матрицы” указать количество строк и столбцов создаваемого массива:



- для **вектора** задать количество строк равное количеству элементов в векторе, количество столбцов – один (1);
- для **матрицы-строки** задать количество строк – одна (1), количество столбцов равное количеству элементов;
- для **матрицы** задается количество строк и количество столбцов.

4) нажать кнопку **Вставить**.

В результате на экране появится шаблон вектора или матрицы в виде скругленных скобок с полями-прямоугольниками для ввода значений элементов:

вектор  $\begin{pmatrix} \blacksquare \\ \blacksquare \\ \dots \\ \blacksquare \end{pmatrix}$       матрица  $\begin{pmatrix} \blacksquare & \blacksquare & \dots & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \dots & \blacksquare \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \blacksquare & \blacksquare & \dots & \blacksquare \end{pmatrix}$       матрица-строка  $(\blacksquare \ \blacksquare \ \dots \ \blacksquare)$

Символ  $\blacksquare$  означает размещение элемента массива.

Далее необходимо подводить курсор к символу  $\blacksquare$  и вводить нужный элемент.

#### Создание вектора или матрицы с заданным именем

*имя вектора :=  $\begin{pmatrix} \blacksquare \end{pmatrix}$       имя матрицы :=  $\begin{pmatrix} \blacksquare \end{pmatrix}$*

При этом после знака '=' появится шаблон.

Примеры:

- 1) Создать вектор **Y**,  
состоящий из 3 элементов:

**Y :=**  $\begin{pmatrix} \blacksquare \end{pmatrix}$

**Y :=**  $\begin{pmatrix} \blacksquare \\ \blacksquare \\ \blacksquare \end{pmatrix}$

- 2) Создать матрицу **A**,  
состоящую из 3 строк и 2  
столбцов:

**A :=**  $\begin{pmatrix} \blacksquare \end{pmatrix}$

**A :=**  $\begin{pmatrix} \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare \end{pmatrix}$

- 3) Создать матрицу-строку **D**  
из 4 элементов:

**D :=**  $\begin{pmatrix} \blacksquare \end{pmatrix}$

**D :=**  $(\blacksquare \ \blacksquare \ \blacksquare \ \blacksquare)$

#### Изменение размера массива

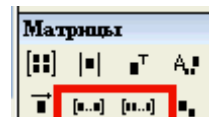
Для добавления элементов вектора или матрицы необходимо выделить массив таким образом, чтобы появился маркер в правом нижнем углу шаблона, далее потянуть за этот маркер.

**V :=**  $\begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ -7 \\ \blacksquare \\ \blacksquare \end{pmatrix}$

Для удаления элементов массива используется клавиша **Delete**.

### 4.1.2 Создание векторов – диапазонов

Если элементы вектора отличаются друг от друга на одну и ту же величину (шаг), то для их создания используется оператор – диапазон значений, расположенный на панели Матрицы.



В зависимости от шага различают два способа создания векторов.

Шаг изменения диапазона  $\pm 1$  (кнопка  $[n..n]$ )

`имя_вектора := [нач_значение .. кон_значение]` ,

где *нач\_значение* – первый элемент вектора,

*кон\_значение* – конечное значение.

Вектор формируется, начиная с первого элемента. Если *нач\_значение* меньше *конечного*, то каждый последующий элемент больше предыдущего на 1. Если *нач\_значение* больше *конечного*, то каждый последующий элемент меньше предыдущего на 1.

Для просмотра значений вектора используется оператор `имя_вектора=`

Пример.

`v := [1..10]    y := [-5..4]    w := [2,5..8,4]    q := [6,6..-2,3]`

$$v = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \end{bmatrix} \quad y = \begin{bmatrix} -5 \\ -4 \\ -3 \\ -2 \\ -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \quad w = \begin{bmatrix} 2, 5 \\ 3, 5 \\ 4, 5 \\ 5, 5 \\ 6, 5 \\ 7, 5 \end{bmatrix} \quad q = \begin{bmatrix} 6, 6 \\ 5, 6 \\ 4, 6 \\ 3, 6 \\ 2, 6 \\ 1, 6 \\ 0, 6 \\ -0, 4 \\ -1, 4 \end{bmatrix} +$$

Шаг изменения диапазона произвольный (кнопка  $[n..n]$ )

`имя_вектора := [нач_значение ; след_значение .. кон_значение]`

Шаг изменения диапазона вычисляется по формуле: *след\_значение* – *нач\_значение*

Следующее значение можно задать одним из способов:

1) константой,

2) выражением: *нач\_значение*+*шаг*.

Пример.

`a := [2;2,5..5]    b := [-3;-3+0,7..3]    d := [7;7-2..-4]`

$$a = \begin{bmatrix} 2 \\ 2, 5 \\ 3 \\ 3, 5 \\ 4 \\ 4, 5 \\ 5 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} -3 \\ -2, 3 \\ -1, 6 \\ -0, 9 \\ -0, 2 \\ 0, 5 \\ 1, 2 \\ 1, 9 \\ 2, 6 \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} 7 \\ 5 \\ 3 \\ 1 \\ -1 \\ -3 \end{bmatrix}$$

### 4.2 Доступ к ЭЛЕМЕНТАМ МАССИВА

Характеристиками элемента массива являются следующие величины:

- 1) **имя массива**, то есть общее имя вектора или имя матрицы, заданное при создании массива;
- 2) **местоположение** – это номер по порядку для элементов вектора и номер строки и столбца для элементов матрицы;
- 3) **значение**.

Для доступа к элементам массива используются **индексные переменные**.

Индексная переменная для **элементов вектора** задается именем вектора и индексом, который определяет номер элемента в векторе:

ввод	экран
имя вектора [■] индекс или имя вектора [ ] индекс	имя вектора индекс

Индексная переменная для **элементов матрицы** задается именем матрицы и двумя индексами, которые определяют номер строки и номер столбца, где располагается элемент:

ввод	экран
имя матрицы [■ ■] индекс1 индекс2	имя матрицы индекс 1 индекс 2

Значение индекса  $i$  должно лежать в пределах от 1 до  $n$  ( $1 \leq i \leq n$ ), где  $n$  – количество элементов в массиве (для матриц – количество строк или столбцов). При нарушении этого условия возникает ошибка, связанная с нумерацией элементов в массиве: «Нельзя определить значение элемента, т.к. элемента с указанным индексом не существует».

$$V := \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$V_3 = \text{■}$$

Нельзя определить значение элемента, т.к. элемента с указанным индексом не существует.

Вектор V содержит только два элемента с номерами 1 и 2, поэтому элемента с номером 3 нет.

Индекс может быть задан одним из способов:

1) **целой константой**:

ввод	экран
X [■] 3 или X [ ] 3	X <sub>3</sub> - 3-й элемент вектора X
M [■ ■] 2 1	M <sub>2 1</sub> - элемент матрицы, стоящий во 2-й строке и 1-м столбце

2) **переменной** целого типа:

ввод	экран
i : X [■] i или X [ ] i	i:=2 X <sub>i</sub> - i-й элемент вектора X
n : 3 m : 5 M [■ ■] n m	n := 3 m := 5 M <sub>n m</sub> - элемент матрицы, стоящий в n-й строке и m-м столбце

3) **арифметическим выражением**, результатом которого является целая константа:

ввод	экран
i : X [■] 2*i+1 или X [ ] 2*i+1	i := 3 X <sub>2i+1</sub> - (2i+1)-й элемент вектора X, (для заданного значения i – это 7-й элемент вектора)

$i : 2$ $M \begin{bmatrix} \blacksquare & \blacksquare \end{bmatrix} 2*i \ 2*i$	$i := 2$ $M_{2i \ 2i}$	- элемент матрицы, стоящий в 2-й строке и 2-й столбце (для заданного значения $i$ – это элемент в 4-й строке и 4-м столбце)
--	---------------------------	---

### 4.3 ОПЕРАЦИИ НАД ВЕКТОРАМИ

#### 4.3.1 Операции над вектором и скалярной величиной

Над вектором и скалярной величиной можно выполнять операции сложения, вычитания, умножения и деления. Результат – вектор той же размерности, что и исходный, каждый элемент которого вступил в операцию со скаляром. Примеры:

$\boxed{+}$ сложение $c := 3 \quad V := \begin{pmatrix} -3 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix} \quad V1 := c + V \quad V1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 7 \\ 4 \end{pmatrix}$	$\boxed{-}$ вычитание $c := 3 \quad V := \begin{pmatrix} 3 \\ -5 \\ 4 \end{pmatrix} \quad V2 := V - c \quad V2 = \begin{pmatrix} 0 \\ -8 \\ 1 \end{pmatrix}$
$\boxed{*}$ умножение $c := 2.5 \quad V := \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix} \quad V3 := V * c \quad V3 = \begin{pmatrix} 5 \\ 2.5 \\ 10 \end{pmatrix}$	$\boxed{/}$ деление $c := 5 \quad V := \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V4 := V / c \quad V4 = \begin{pmatrix} 0.2 \\ -0.4 \\ 0.6 \end{pmatrix}$
<p>Смена знака у всех элементов вектора (унарная операция -): <math>V := \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V := -V \quad V = \begin{pmatrix} -1 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}</math></p>	

#### 4.3.1 Операции над векторами

Над векторами одной размерности выполняются операции сложения, вычитания и умножения.

##### Операции сложения и вычитания векторов

Результат операций сложения и вычитания – вектор той же размерности, что и исходные, каждый элемент формируется как сумма или разность соответствующих элементов исходных векторов.

Размерности суммируемых векторов должны совпадать, иначе будет выдана ошибка: «Число строк и/или столбцов этих массивов не совпадает»

$\boxed{+}$ сложение $V1 := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V := V1 + V2 \quad V = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ $V3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \underline{V1 + V3 =}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">Количество строк или столбцов первой матрицы не соответствует количеству строк или столбцов второй матрицы.</div>	$\boxed{-}$ вычитание $V1 := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V := V2 - V1$ $V = \begin{pmatrix} 1 \\ -5 \\ 7 \end{pmatrix}$
---	---

##### Скалярное произведение векторов

Над векторами одной размерности выполняется операция умножения как скалярного умножения векторов, результат – число, равное сумме поэлементных произведений векторов.

 умножение (скалярное)

$$V1 := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix} \quad C := V1 * V2 \quad C = 7 \quad C = (2*3 + 3*2 + 5*(-1)) = 7$$


#### Векторное произведение векторов

Над векторами **размерности 3** выполняется операция векторного умножения, результат – вектор. При выполнении этой операции над векторами другой размерности возникает ошибка: «Векторное произведение доступно только для векторов, заданных тремя компонентами».

 \* или  векторное произведение (экран ×)

$$V1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad P1 := V1 \times V2 \quad P1 = \begin{pmatrix} -3 \\ 6 \\ -3 \end{pmatrix}$$






$$V3 := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad V4 := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

 P2 := V3 × V4

Векторное произведение доступно только для векторов, заданных тремя компонентами.

### 4.4 ВЕКТОРНЫЕ ОПЕРАТОРЫ

Векторные операторы могут быть вставлены как с помощью клавиш, так и с использованием кнопок на панели инструментов Матрицы.

Векторные операторы	Примеры
<p>1) <b>Транспонирование вектора</b> (клавиши   или кнопка  ) – на экране появляется символ  , в поле которого вводится <u>имя</u> вектора.</p>	$V := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad VT := V \begin{pmatrix} \blacksquare^T \end{pmatrix} \quad \text{экран } VT := V^T$ $VT = (2 \ 3 \ 1)$
<p>2) <b>Вычисление суммы всех элементов вектора</b> (кнопка  на панели Функции) – на экране появляется символ <math>\sum_{i=1}^{\cdot}</math> , в нижней части которого задается начальный номер <math>i=1</math>, а сверху вводится кол-во элементов вектора, после суммы ставится <u>имя</u> вектора с индексом <math>i</math>.</p>	$V := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -4 \end{pmatrix} \quad S := \sum_{i=1}^3 V_i \quad S = -1$

### 4.5 ВЕКТОРНЫЕ ФУНКЦИИ

Имена функций записываются строчными буквами.

Значение	Функция	Примеры
Количество элементов в векторе	$length(\text{имя вектора})$	$V := \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad n := length(V) \quad n = 3$

<b>Максимальное значение вектора</b>	$\max(\text{имя вектора})$	$V := \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad MV := \max(V) \quad MV = 4$
<b>Минимальное значение вектора</b>	$\min(\text{имя вектора})$	$V := \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad mV := \min(V) \quad mV = -3$
<b>Евклидова норма вектора</b> <b>Замечание:</b> В математике евклидова норма вектора $V$ с элементами $V_1, V_2, \dots, V_n$ , вычисляется как $\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}$	$\text{norme}(\text{имя вектора})$	$V := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{norme}(V) = 3,7417$

**Замечание.** Векторные функции применимы и к матрице-строке

Например: Найти количество элементов вектора-строки  $S = [1 \quad 4 \quad 6 \quad -2]$

$S := (1 \quad 4 \quad 6 \quad -2) \quad n := \text{length}(S) \quad n = 4$

#### 4.6 ОПЕРАЦИИ НАД МАТРИЦАМИ

##### 4.6.1 Операции над матрицей и скалярной величиной

Над матрицей и скалярной величиной можно выполнять операции сложения, вычитания, умножения и деления. Результат – матрица той же размерности, что и исходная, каждый элемент которой вступил в операцию со скаляром. Примеры:

$\boxed{+}$ сложение $c := 3$ $M := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M1 := c + M \quad M1 = \begin{pmatrix} 0 & 4 \\ 7 & 3 \end{pmatrix}$	$\boxed{-}$ вычитание $c := 3$ $M := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M2 := M - c \quad M2 = \begin{pmatrix} -6 & -2 \\ 1 & -3 \end{pmatrix}$
$\boxed{*}$ умножение $c := 2$ $M := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M3 := M * c \quad M3 = \begin{pmatrix} -6 & 2 \\ 8 & 0 \end{pmatrix}$	$\boxed{/}$ деление $c := 5$ $M := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M4 := M / c \quad M4 = \begin{pmatrix} -0.6 & 0.2 \\ 0.8 & 0 \end{pmatrix}$

**Смена знака** у всех элементов матрицы. Например:

$M := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M := -M \quad M = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -4 & 0 \end{pmatrix}$

##### 4.6.2 Операции над матрицами

###### Операции сложения и вычитания матриц

Над матрицами одной размерности выполняются операции сложения и вычитания.

Результат операций сложения и вычитания – матрица той же размерности, что и исходные, каждый элемент которой формируется как сумма или разность соответствующих элементов исходных матриц.

Размерности суммируемых матриц должны совпадать, иначе будет выдана ошибка: «Число строк и/или столбцов этих массивов не совпадает»

<div> <div>+</div> <div>сложение</div> </div> $M1 := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M2 := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -5 \end{pmatrix} \quad M3 := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 5 & 6 \end{pmatrix}$ $M := M1 + M2 \quad M1 + M3 =$ <div> <div>Количество строк или столбцов первой матрицы не соответствует количеству строк или столбцов второй матрицы.</div> </div> $M = \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 6 & -5 \end{pmatrix}$	<div> <div>-</div> <div>вычитание</div> </div> $M1 := \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \quad M2 := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -5 \end{pmatrix}$ $M := M1 - M2 \quad M = \begin{pmatrix} -3 & 0 \\ 2 & -5 \end{pmatrix}$
--	--

### Матричное умножение

Над матрицами, а также над матрицами и векторами (частный случай), выполняется операция умножения. Число столбцов первого операнда должно быть равно числу строк второго операнда. При нарушении этого правила возникает ошибка: «Число строк и/или столбцов этих массивов не совпадает».

Результирующая матрица будет иметь столько строк, сколько строк в первом сомножителе и столько столбцов, сколько столбцов во втором сомножителе.

Матричное умножение является не коммутативной операцией, т.е. при перестановке сомножителей результат изменяется (в отличие от сложения или вычитания). Примеры:

- 1) **Умножение матриц.** Результат – матрица:

$$M1 := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 1 \end{pmatrix} \quad M2 := \begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 1 & 1 & -2 \end{pmatrix} \quad M := M1 * M2 \quad M = \begin{pmatrix} 4 & 6 & -1 \\ 10 & 16 & 1 \\ 11 & 21 & 13 \end{pmatrix}$$

- 2) **Умножение матрицы-строки на матрицу.** Результат – матрица-строка.

$$S := (2 \quad 3 \quad 1) \quad M = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 4 & 0 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} \quad S1 := S * M \quad S1 = (16 \quad 9)$$

- 3) **Умножение матрицы на вектор.** Результат - вектор:

$$M := \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 1 & 3 & 5 \end{pmatrix} \quad V := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad V1 := M * V \quad V1 = \begin{pmatrix} 28 \\ 22 \end{pmatrix}$$

- 4) **Умножение вектора на матрицу-строку.** Результат - матрица:


$$V := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \quad S := (3 \quad 2 \quad -1) \quad M := V * S \quad M = \begin{pmatrix} 6 & 4 & -2 \\ 9 & 6 & -3 \\ 15 & 10 & -5 \end{pmatrix}$$

- 5) **Умножение матрицы-строки на вектор.** Результат – матрица, состоящая из 1 строки и 1 столбца:

$$S := (2 \quad 3 \quad 5) \quad V := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix} \quad C := S * V \quad C = (7)$$

### Возведение матрицы в целую степень. Обратная матрица

Квадратную матрицу можно возводить в целую степень. Результат формируется по правилу произведения матриц.

 **возведение квадратной матрицы в целую степень**

$$M := \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \quad M1 := M^2 \quad M1 = \begin{pmatrix} 7 & 6 \\ 18 & 19 \end{pmatrix}$$

Для вычисления обратной матрицы нужно использовать возведение матрицы в степень, равную  $-1$ .

$$Mobr := M^{-1} \quad Mobr = \begin{pmatrix} 0,8 & -0,2 \\ -0,6 & 0,4 \end{pmatrix}$$

Если матрица не квадратная, то выдается ошибка: «Матрицы не соответственные.»

$$M3 := \begin{pmatrix} 0,8 & -0,2 & 1 \\ -0,6 & 0,4 & 2 \end{pmatrix}$$

$$M3^2 =$$

Матрицы не соответственные.

Если степень не является целой, то выдается ошибка: «Не могу вычислить.»

$$c := 2.5 \quad M^c =$$

Не могу вычислить.

### 4.7 МАТРИЧНЫЕ ОПЕРАТОРЫ

Матричные операторы могут быть вставлены как с помощью клавиш, так и с использованием кнопок на панели инструментов Матрицы.



- 1) **Определитель квадратной матрицы** (кнопка ) – на экране появляются прямые скобки  $| \cdot |$ , внутри которых задается имя матрицы.

**Замечание.** Если матрица не квадратная, то будет выдано сообщение: «Матрица не квадратная.»


$$M := \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \quad NM := |M| \quad (\text{экран } NM := |M|) \quad NM = 1 \quad (2*2-3*1=1)$$

$$M1 := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \quad |M1| =$$

Матрица не квадратная.

- 2) **Транспонирование матрицы** (клавиши **Ctrl**  или кнопка ) – на экране появляется символ  $^T$ , в поле которого вводится имя матрицы.

$$M := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \quad MT := M^T \quad (\text{экран } MT := M^T) \quad MT = \begin{pmatrix} 1 & 3 & -1 \\ 2 & 4 & 2 \end{pmatrix}$$


- 3) **Алгебраическое дополнение квадратной матрицы** (кнопка ) – на экране появляется символ  $A_{ij}$ . В нижней части задается индекс элемента, для которого находится алгебраическое дополнение, в скобках вводится имя матрицы. Если матрица не квадратная, то выдается сообщение «Матрица не квадратная.»



$$M := \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ -7 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad A_{23}(M) = 5$$

$$M1 := \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad A_{23}(M1) = \text{■ ■}$$

Матрица не квадратная.

4) **Минор квадратной матрицы** (кнопка ) – на экране появляется символ  $M_{ij}(M)$ . В нижней части задается индекс элемента, для которого находится минор матрицы, в скобках вводится имя матрицы. Если матрица не квадратная, то выдается сообщение «Матрица не квадратная.»

$$M := \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ -7 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad M_{23}(M) = -5$$

$$M1 := \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad M_{23}(M1) = \text{■ ■}$$

Матрица не квадратная.

#### 4.8 МАТРИЧНЫЕ ФУНКЦИИ

Значение	Функции	Примеры
Количество строк в матрице	<i>rows</i> (имя матрицы)	$M := \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \quad n := \text{rows}(M) \quad n = 3$
Количество столбцов в матрице	<i>cols</i> (имя матрицы)	$M := \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \quad m := \text{cols}(M) \quad m = 2$
Максимальное значение матрицы	<i>max</i> (имя матрицы)	$M := \begin{pmatrix} 2 & 1 & -5 \\ 4 & 3 & 0 \end{pmatrix} \quad a := \text{max}(M) \quad a = 4$
Минимальное значение матрицы	<i>min</i> (имя матрицы)	$M := \begin{pmatrix} 2 & 1 & -5 \\ 4 & 3 & 0 \end{pmatrix} \quad b := \text{min}(M) \quad b = -5$
След матрицы (трек) (сумма диагональных элементов матрицы)	<i>tr</i> (имя матрицы)	$M := \begin{pmatrix} 2 & 4 & -1 \\ 3 & -2 & 7 \\ 8 & -2 & -3 \end{pmatrix} \quad M1 := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$ $\text{tr}(M) = -3$ , т.е. сумма диагональных элементов: $2 + (-2) + (-3)$ Если матрица не является квадратной, то выдается сообщение: «Матрица не квадратная»: $\text{tr}(M1) =$ Матрица не квадратная.
Создание единичной матрицы	<i>identity</i> (количество) «количество» задает размерность матрицы	$E := \text{identity}(3) \quad E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Объединение элементов матрицы по столбцам	<p><b>augment</b> (эл-м1;эл-м2;...)</p> <p>Элементом может быть вектор или матрица, количество строк которых совпадает, иначе выдается ошибка: «Размерность элементов различна»</p>	$V1 := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad M := \begin{pmatrix} 5 & 0 \\ 4 & -1 \\ 3 & 0 \end{pmatrix}$ $A := \text{augment}(V1, M, V2) \quad A = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 0 & 1 \\ 3 & 4 & -1 & 0 \\ 1 & 3 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $M := \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} \quad M1 := \text{augment}(V1, M)$ <p>Размерность элементов различна.</p>
Объединение элементов матрицы по строкам	<p><b>stack</b> (эл-м 1; эл-м 2, ...)</p> <p>Элементом может быть вектор или матрица, количество столбцов которых совпадает, иначе выдается ошибка.</p>	$M1 := \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 3 & -1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \quad M2 := \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \quad S := (3 \ 5)$ $M := \text{stack}(M1, S, M2) \quad M := \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 3 & -1 \\ 2 & 0 \\ 3 & 5 \\ 1 & 4 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$
Выделение столбца матрицы	<p><b>col</b>(имя матрицы; номер столбца)</p>	$M := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ -7 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad \text{col}(M; 2) = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}$
Выделение строки матрицы	<p><b>row</b>(имя матрицы; номер строки)</p>	$M := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ -7 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad \text{row}(M; 2) = [0 \ 3 \ 2]$
Вычисление количества элементов матрицы	<p><b>length</b>(имя матрицы)</p>	$M := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ -7 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad \text{length}(M) = 9$

#### 4.9 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

##### ЗАДАНИЕ 1 Создание векторов и матриц

1.1 Используя шаблон, создать матрицу **MA** размерностью 3x3 и матрицу-строку **MS** из 3 элементов.

$$MA := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 8 \\ 7 & 3.1 & 9 \\ -5 & 4 & 36 \end{bmatrix} \quad MS := (2 \ -1 \ 5)$$

1.2 Создать вектор **VA**, элементы которого равны значениям функций  $\cos \alpha$ ,  $\sin \alpha$ ,  $\tan \alpha$  для  $\alpha=30^\circ$ .

$$\alpha := 30 * \pi / 180$$

$$VA := \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \\ \tan(\alpha) \end{bmatrix} \quad VA = \begin{bmatrix} 0.866 \\ 0.5 \\ 0.577 \end{bmatrix}$$

1.3 Получить вектор **VB** транспонированием вектора **VA**.

**VB** := **VA** <sup>T</sup> экран **VB** := **VA**<sup>T</sup>  
**VB** = ( 0.866 0.5 0.577 )

1.4 Получить вектор **V**, равный 2-му столбцу **MA** и матрицу-строку **S**, равную 3-й строке **MA**:

**ORIGIN** := 1

**V** := col(**MA**;2)

**S** := row(**MA**;3)

экран

$$\begin{aligned} V &:= \text{col}(\text{MA}; 2) & V &= \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} \\ S &:= \text{row}(\text{MA}; 3) \\ S &= \begin{bmatrix} -5 & 4 & 36 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

1.5 Найти матрицу **MB**, обратную для матрицы **MA**, и убедиться в правильности найденного решения.

**MO** := **MA** <sup>-1</sup>

экран

$$\text{MO} := \text{MA}^{-1} \quad \text{MO} * \text{MA} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## ЗАДАНИЕ 2 Работа с отдельными элементами матрицы

2.1 В матрице **MA**:

- заменить элемент в 1-й строке 1-м столбце на значение 5.8;
- элемент во 2-й строке 1-м столбце заменить на значение, имеющее противоположный знак.

**MA** <sub>1 1</sub> := 5.8    **MA** <sub>2 1</sub> := -**MA** <sub>2 1</sub> экран  $\text{MA}_{11} := 5.8 \quad \text{MA}_{21} := -\text{MA}_{21}$

2.2 Изменить второй элемент

- в векторе **VA**, уменьшив его на 3;
- в строке **VB**, увеличив в 2 раза.

**VA** <sub>2</sub> := **VA** <sub>2</sub> - 3

**VB** <sub>2</sub> := **VB** <sub>2</sub> \* 2

экран

$$\begin{aligned} \text{VA}_2 &:= \text{VA}_2 - 3 \\ \text{VB}_2 &:= \text{VB}_2 \cdot 2 \end{aligned}$$

2.3 Последний элемент в векторе **VA** и **VB** заменить на значение 10.

**VA** <sub>length(VA)</sub> := 10    **VB** <sub>length(VB)</sub> := 10

экран

$$\begin{aligned} \text{VA}_{\text{length}(\text{VA})} &:= 10 \\ \text{VB}_{\text{length}(\text{VB})} &:= 10 \end{aligned}$$

## ЗАДАНИЕ 3 Перестановка элементов вектора и матрицы

3.1 В векторе **VA** поменять местами 1-й и 3-й элементы.

Для решения необходимо использовать промежуточную переменную, например, **R**:

**ORIGIN** := 1

**R** := **VA** <sub>1</sub>

**VA** <sub>1</sub> := **VA** <sub>3</sub>

**VA** <sub>3</sub> := **R**

экран

$$\begin{aligned} \text{R} &:= \text{VA}_1 \\ \text{VA}_1 &:= \text{VA}_3 \\ \text{VA}_3 &:= \text{R} \end{aligned}$$

3.2 В матрице **MA** из задания 1 поменять местами первый и последний столбцы.

Этот вариант удобно использовать лишь при малом количестве столбцов

**MA:= augment(col(MA;3); col(MA;2); col(MA;1))**

3.3 В матрице **MA** из предыдущего задания поменять местами две первые строки.

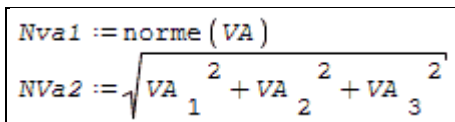
**MA:=augment(row(MA;2);row(MA;1);row(MA;3))**

#### ЗАДАНИЕ 4

4.1 Найти норму вектора **VA**, используя оператор, и по формуле.


**Nva1:= norme(VA)** , по формуле **Nva2:=  $\sqrt{VA_1^2 + VA_2^2 + VA_3^2}$**

экран



**Nva1 := norme ( VA )**  
**Nva2 :=  $\sqrt{VA_1^2 + VA_2^2 + VA_3^2}$**

4.2 Найти сумму элементов матрицы **A**.

Поскольку нет оператора для вычисления суммы элементов матрицы, используем оператор суммирования  по строкам и столбцам.

$$A := \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 \\ 2 & 6 & 10 \\ 3 & 7 & 11 \\ 4 & 8 & 12 \end{bmatrix} \quad S := \sum_{i=1}^{\text{rows}(A)} \sum_{j=1}^{\text{cols}(A)} A_{ij}$$

**S = 78**

## Тема 5

### Функции пользователя

#### 5.1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Функция** – это заранее определенные действия, выполняемые над переменными, называемыми формальными параметрами (аргументами) функции.

Пример записи функции: **S(t) =  $4 \cdot t + \frac{0,9 \cdot t^2}{2}$** .

Здесь: **S** - имя функции, **t** – формальный параметр (аргумент),  **$4 \cdot t + \frac{0,9 \cdot t^2}{2}$**  - действия, выполняемые над аргументом.

В системе SMathStudio можно использовать встроенные (стандартные) функции и функции пользователя. Определения встроенных функций хранятся в системе, и пользователю достаточно только знать имя функции и ее назначение. К таким функциям относятся, например, **sin(x)**, **ln(x)**, **max(v)**.

Функции пользователя пишутся для уменьшения трудоемкости вычислений в тех случаях, если есть повторяющиеся вычислительные действия. В отличие от встроенных функций пользовательские функции можно использовать только для конкретной программы, в которой они определены.

Для определения пользовательской функции необходимо задать:

- 1) **имя функции**, которое будет использоваться при обращении к этой функции;
- 2) **параметр или параметры** – объекты, над которыми выполняются действия (чаще всего это переменные, но могут быть векторы или матрицы);

- 3) **действия над параметрами.** Чаще всего действия записываются в виде арифметических выражений.

Работа с функциями выполняется в два этапа:

- 1 этап: **Определение функции** - выполняется один раз,  
2 этап: **Обращение к функции** - выполняется многократно.

## 5.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ

Определение пользовательской функции в системе SMathStudio имеет вид:

$$\text{имя функции} \left( \begin{array}{c} \text{список формальных} \\ \text{параметров} \end{array} \right) := \text{арифметическое выражение} \\ \text{с параметрами}$$

**Имя функции** должно быть уникальным и не совпадать с другими именами объектов в программе, то есть с именами переменных, массивов, других функций (встроенных и пользовательских).

**Список формальных параметров (аргументов)** содержит имена параметров, разделенных точкой с запятой.

**Формальные параметры** - это переменные, фиктивно присутствующие в арифметическом выражении справа и определяющие тип и место подстановки фактических параметров, над которыми производятся действия. Перед определением функции им можно не присваивать значения.

**Арифметическое выражение** составляется из констант и формальных параметров. В редких случаях в арифметическом выражении, которое определяет функцию, могут участвовать переменные, не являющиеся формальными параметрами. Таким переменным необходимо присвоить значения до определения функции.

### Примеры определения функции

- 1) Определить функцию, вычисляющую площадь равностороннего треугольника по его

стороне - **a**: 
$$\text{Str}(a) := a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

- 2) Определить функцию, вычисляющую пройденный путь по известной начальной скорости -

**v**, времени - **t** и ускорению - **a**: 
$$S(v; a; t) := v \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

- 3) Определить функцию, вычисляющую среднее значение **n**-го столбца матрицы **A**:

$$Sred(A; n) := \frac{\sum_{i=1}^{rows(A)} A_{i n}}{rows(A)}$$

- 4) Определить функцию, вычисляющую потенциальную энергию тела по формуле **E=m·g·h**. Ускорение свободного падения **g** не имеет смысла включать в список формальных параметров, т.к. оно является константой для данной местности и до определения функции переменной присвоено значение:

**g:=9,81 E(m;h):= m·g·h**

- 5) Определить функцию для вычисления площади круга по его диаметру – **d**: **Sk(d) := π · (d / 2)<sup>2</sup>**. В этом случае предопределенная константа **π** в список параметров не включается.

## 5.3 ОБРАЩЕНИЕ К ФУНКЦИИ

После определения функции ее можно использовать в вычислениях, то есть обращаться к ней. Обращение к функции имеет вид:

имя функции (список фактических параметров)

**Список фактических параметров (аргументов)** содержит данные, разделенные точкой с запятой. Фактические параметры - это данные SMATHStudio, которые подставляются в функцию вместо формальных параметров. Фактическим аргументом при обращении к функции может быть:

1) **Константа**

Описание функции	Обращение к функции	Примечание
$\text{Str}(a) := a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$	<b>Str(2)</b>	вычисление площади равностороннего треугольника со стороной <b>2</b> ,
$S(v; a; t) := v \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$	<b>S(10;2;3)</b>	вычисление пути, пройденного телом с начальной скоростью <b>10</b> , ускорением <b>2</b> и временем <b>3</b> .
$Sred(A; n) := \frac{\sum_{i=1}^{rows(A)} A_{in}}{rows(A)}$	<b>Sred</b> $\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}; 1\right)$	вычисление среднего арифметического <b>1</b> -го столбца матрицы

2) *Имя переменной*

При этом имя фактического параметра никак не связано с именем формального параметра, то есть они могут как совпадать, так и отличаться. Например,

$$\mathbf{Str}(\mathbf{a}) := \mathbf{a}^2 \cdot \sqrt{3} \div 2$$

- вычисление площадей

**a := 3                  b := 5                  F := 7**

равносторонних треугольников со сторонами **3, 5, 7**.

$$\mathbf{Str}(\mathbf{a}) = \quad \mathbf{Str}(\mathbf{b}) = \quad \mathbf{Str}(\mathbf{F}) =$$

### 3) Арифметическое выражение

Например, вычисление площади заштрихованной фигуры, записывается как

$$\mathbf{Str}(\mathbf{a}) := \mathbf{a}^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$



**Sf := Str(a) - 3·Str(a/3), где a/3 – выражение.**

### Действия, выполняемые при обращении к функции

При обращении к функции MCAD выполняет следующие действия:

- 1) Вычисление значения фактических параметров.
- 2) Подстановка вычисленных значений вместо соответствующих формальных параметров в арифметическое выражение, заданное при определении функции.
- 3) Вычисление значения арифметического выражения.
- 4) Возвращение результата функции.

### Использование результата функции

- 1) Просмотр с использованием оператора  $\boxed{=}$ :

имя функции ( **список фактических параметров** ) = результат

Пример:  $\text{Str}(2) = 1,732$   $\text{S}(10;2;3) = 39$

- 2) Присваивание переменной (имя переменной не должно совпадать с именем функции!):

имя переменной := имя функции ( **список фактических параметров** )

имя переменной = результат

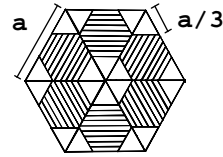
Пример:  $S2 := \text{Str}(2)$  - значение функции присвоено переменной  $S2$ .

3) Использование как операнда в арифметическом выражении.

Например, вычислить площадь заштрихованной фигуры:

$a := 5$

$S := 6 * (\text{Str}(a) - 3 * \text{Str}(a/3))$       $S =$



Правила соответствия фактических и формальных параметров при обращении к функции:

1) Количество фактических параметров должно совпадать с количеством параметров в описании функции. При нарушении этого правила система заменит оператор просмотра (=) на оператор присваивания (:=):

$$S(v; a; t) := v \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$S(5; 0,5) :=$

$S(5; 0; 5; 10) :=$

2) Порядок следования фактических аргументов должен совпадать с порядком следования аргументов в определении функции. При нарушении этого правила сообщение об ошибке не выдается, но результат будет неверным, например:

$x := 2$  "Начальная скорость"

$y := 3$  "Время"

$a := 5$  "Ускорение"

$S(x; a; y) = 28,5$  - правильное обращение

$S(y; a; x) = 47,5$  - неправильное обращение. Здесь определяется длина пути для тела, движущегося с начальной скоростью 3 и временем 2.

3) Тип фактических параметров должен совпадать с типом формальных параметров. При нарушении этого правила выдается сообщение об ошибке, например,

$$Sred(A; n) := \frac{\sum_{i=1}^{rows(A)} A_{i n}}{rows(A)}$$

$X := 5$   $Xcp := Sred(X; 1)$      «Аргумент не может быть скаляром»

Типичные ошибки при использовании функций

1) Попытка определить (описать) несколько раз одну и ту же функцию с различными именами формальных параметров.

Например,  $Sk(r) := \pi \cdot r^2$  - определение функции вычисления площади круга по радиусу,  $Sk(R) := \pi \cdot R^2$  - повторное определение той же функции.

Здесь сообщение об ошибке не выдается, но подобные действия являются бессмысленными.

2) Попытка определить функцию с одним и тем же именем, но с другим арифметическим выражением. В этом случае для вычисления значения функции будет использоваться новое арифметическое выражение, а старое определение функции будет недоступно.

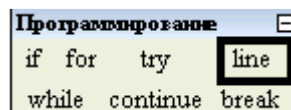
Например,  $Sk(r) := \pi \cdot r^2$  ...  $Sk(D) := \pi \cdot D^2 / 4$  - замена определения функции  $Sk$ , ранее вычислявшей площадь круга через радиус. Если теперь при обращении указать значение радиуса, то площадь круга будет вычислена неправильно, хотя сообщения об ошибке не выдается.

3) Попытка вычисленное значение функции присвоить ее определению. При этом результатом функции всегда будет константа, т.к. функция переопределена:

$Sk(r) := \pi \cdot r^2 \dots Sk(r) := Sk(5) \quad Sk(1) = 78,54 \quad Sk(10) = 78,54 \quad Sk(1000) = 78,54$

#### 5.4 Несколько действий при описании функции

Если описание функции состоит из последовательности действий, то для определения такой функции используется программный блок. Для вставки программного блока применяется оператор **line**, расположенный на панели Программирование.



При нажатии на инструмент появляется блок с двумя местозаполнителями для выражений. Для добавления выражений нужно потянуть мышью за маркер, расположенный в правом нижнем углу.



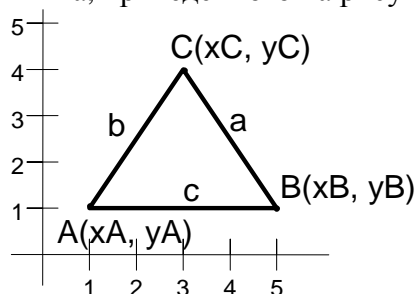
В каждый местозаполнитель заносится допустимое выражение.

Описание функции в этом случае имеет вид.

```
имя_функции ( арг1 ; арг2 ; ■ ; арг_m ) := | выражение_1
                                         | выражение_2
                                         |
                                         | выражение_n
```

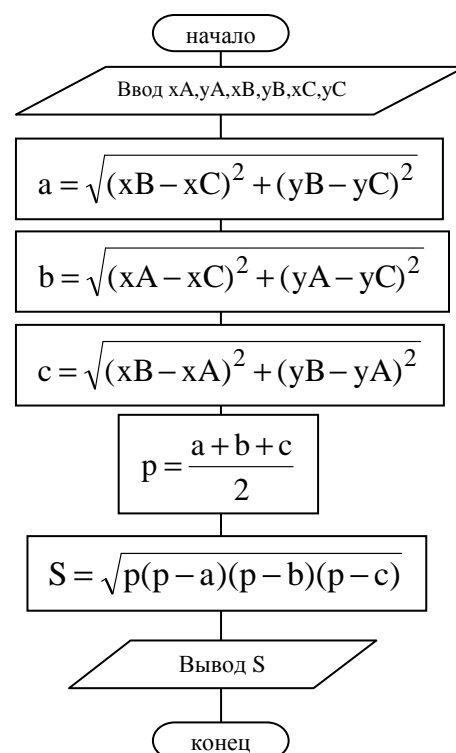
Результатом функции будет результат последнего выражения в блоке.

Пример. Описать функцию для вычисления площади треугольника по формуле Герона, заданного координатами вершин  $(x_A, y_A)$ ,  $(x_B, y_B)$ ,  $(x_C, y_C)$ . Используя функцию, вычислить площадь треугольника, приведенного на рисунке ниже.



```
S ( xA ; yA ; xB ; yB ; xC ; yC ) := | a := √((xB - xC)² + (yB - yC)²)
                                         | b := √((xA - xC)² + (yA - yC)²)
                                         | c := √((xB - xA)² + (yB - yA)²)
                                         | p := (a + b + c) / 2
                                         | S := √(p · (p - a) · (p - b) · (p - c))
```

```
xA := 0  yA := 0  xB := 4  yB := 0  xC := 0  yC := 3
Str := S ( xA ; yA ; xB ; yB ; xC ; yC )
Str = 6
```



#### 5.5 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

ЗАДАНИЕ 1 Оформить вычисление выражения  $4t + \frac{0,9t^2}{2}$  в виде функции.

Вычислить значение функции, записывая результат в переменные **s1**, **s2**, **s3**:

- при значении аргумента **t=2**;
- при значении аргумента **t**, уменьшенного в 7 раз;
- при значении аргумента **t**, увеличенного на 10.



$$S(t) := 4 \cdot t + \frac{0,9 \cdot t^2}{2}$$

$$s2 := S\left(\frac{t}{7}\right)$$

$$t:=2 \quad s1:=S(t) \quad s3:=S(t+10)$$

$$s1=9,8 \quad s2=1,18 \quad s3=112,8$$

ЗАДАНИЕ 2 Вычислить значение выражения  $w = \frac{t^2 + 4t - 6}{\sqrt{y^2 + 4y - 6}} \cdot (z^4 + 4z^2 - 6)$  при  $t=0.4$ ,  $y=2$ ,  $z=0.5$ , оформив повторяющиеся вычисления как функцию.

$$f(x) := x^2 + 4 \cdot x - 6 \quad \text{«Описание функции»}$$

$$t := 0,4 \quad y := 2 \quad z := 0,5 \quad \text{«Присваивание значений»}$$

$$w := \frac{f(t)}{\sqrt{f(y)}} \cdot f(z^2) \quad \text{«Вычисление w»}$$

$$w=3,489 \quad \text{«Просмотр значения»}$$

ЗАДАНИЕ 3 Определить функцию, вычисляющую расстояние между двумя точками на плоскости, заданными своими координатами. Используя функцию, вычислить периметр треугольника, заданного координатами своих вершин.

$$\text{dist}(x1; y1; x2; y2) := \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2}$$

координаты вершин треугольника

$$x1:=0 \quad x2:=4 \quad x3:=0$$

$$y1:=0 \quad y2:=0 \quad y3:=4$$

$$P := \text{dist}(x1; y1; x2; y2) + \text{dist}(x1; y1; x3; y3) + \text{dist}(x2; y2; x3; y3) \quad P = 13,657$$

ЗАДАНИЕ 4 Определить функцию, вычисляющую матрицу вращения  $\begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix}$  вокруг оси OZ на угол  $\gamma$ . Используя функцию, вычислить новые координаты вершин треугольника, повернутого вокруг оси OZ на  $45^\circ$ . Вершины треугольника заданы векторами.

Определение функции ( $\gamma$  - угол поворота)

$$\text{Rotate}(\gamma) := \begin{pmatrix} \cos(\gamma \cdot \frac{\pi}{180}) & -\sin(\gamma \cdot \frac{\pi}{180}) \\ \sin(\gamma \cdot \frac{\pi}{180}) & \cos(\gamma \cdot \frac{\pi}{180}) \end{pmatrix}$$

Задание вершин треугольника

$$T1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad T2 := \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad T3 := \begin{pmatrix} 0 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Вычисление координат вершин повернутого треугольника

$$T1n := \text{Rotate}(45) * T1 \quad T2n := \text{Rotate}(45) * T2 \quad T3n := \text{Rotate}(45) * T3$$

$$T1n = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad T2n = \begin{pmatrix} 2.121 \\ 2.121 \end{pmatrix} \quad T3n = \begin{pmatrix} -2.828 \\ 2.828 \end{pmatrix}$$

ЗАДАНИЕ 5 Определить функцию, вычисляющую среднее арифметическое элементов вектора. Используя функцию, найти среднее арифметическое элементов второго столбца и 1-ой строки заданной матрицы A:

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 6 & 8 \end{pmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^{\text{length}(V)} V_i$$

Определение функции:  $\text{Sred}(V) := \frac{\sum_{i=1}^{\text{length}(V)} V_i}{\text{length}(V)}$

Среднее арифметическое 2-го столбца:

$$\text{Sred}(\text{col}(A;2)) = 3,5$$

Среднее арифметическое 1-ой строки:  $\text{Sred}(\text{row}(A;1)) = 4$

## Тема 6 Создание графиков

**График** представляет собой совокупность точек, отображаемых заданными маркерами и, возможно, соединенных между собой отрезками прямых.

В большинстве случаев выполняют построение графика в декартовой системе координат (ДСК).

### 6.1 ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ФУНКЦИИ ОДНОГО АРГУМЕНТА

Задать функцию пользователя:

*имя функции (аргумент) := арифметическое выражение*

Поставить курсор на экране в то место, где предполагается размещение левого верхнего угла графического блока и вставить графический блок одним из способов:

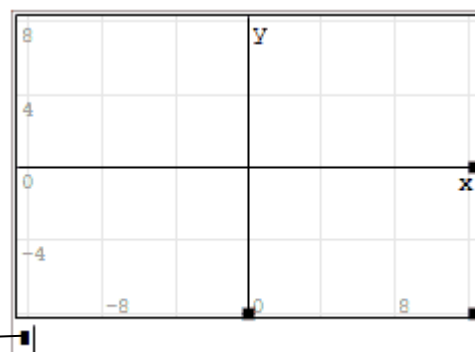
- нажать на клавиатуре на символ “@”;
- выполнить команду меню: **ВСТАВКА – ГРАФИК – ДВУМЕРНЫЙ (2D)**.

При этом на экране появится графический блок (графический шаблон) с полем имени функции.

Подвести курсор к полю имени функции и заполнить поле, указав имя функции с аргументом.

*Аргументом функции должен быть  $x$ .*

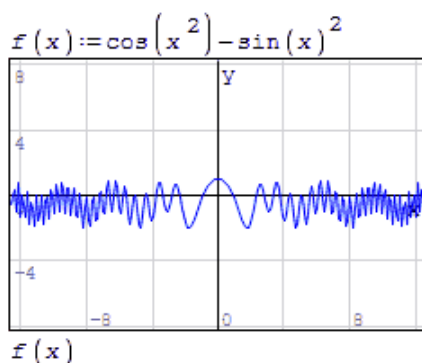
Допускается в поле имени функции сразу записывать выражение, в котором именем переменной может быть только  $x$ .



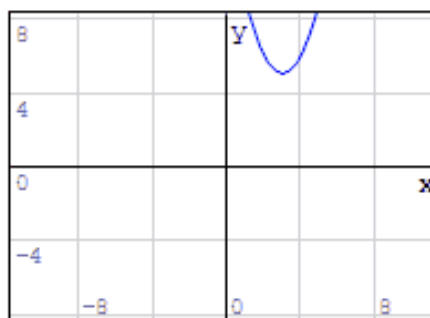
Поле имени функции

Вывести курсор из блока. При этом будет построен график на интервале  $[-10; 10]$  с координатными осями, расположенными по центру графического блока.

Пример 1. Построить график функции  $y = \cos x^2 - \sin^2 x$



Пример 2. Построить график функции  $(x-3)^2 + 5$ .

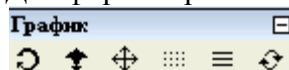


$$(x-3)^2 + 5$$

Как видно из второго примера, при стандартном расположении графика не всегда можно получить полное представление о функции.

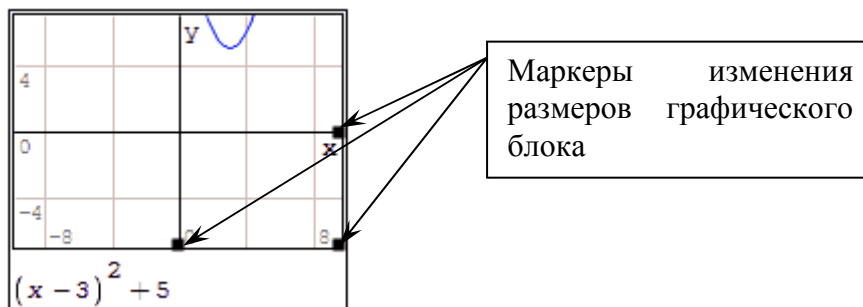
## 6.2 ФОРМАТИРОВАНИЕ ГРАФИКА

Для форматирования графика используются инструменты панели График.



### Изменение размеров графического блока

Для изменения размера графического блока используются три маркера, появляющиеся при выделении.



### Изменение пределов в графическом блоке. Масштабирование графика

Для изменения пределов графического блока (интервала аргумента) необходимо выделить графический блок щелчком по нему, и движением колеса мыши увеличить или уменьшить масштаб графика. К аналогичному результату приводит использование инструмента на панели График. Если при движении колеса мыши нажать **Shift**, то масштабируется только ось OX, если нажать **Ctrl**, то масштабируется только ось OY.

Ниже приведены результаты масштабирования графика.

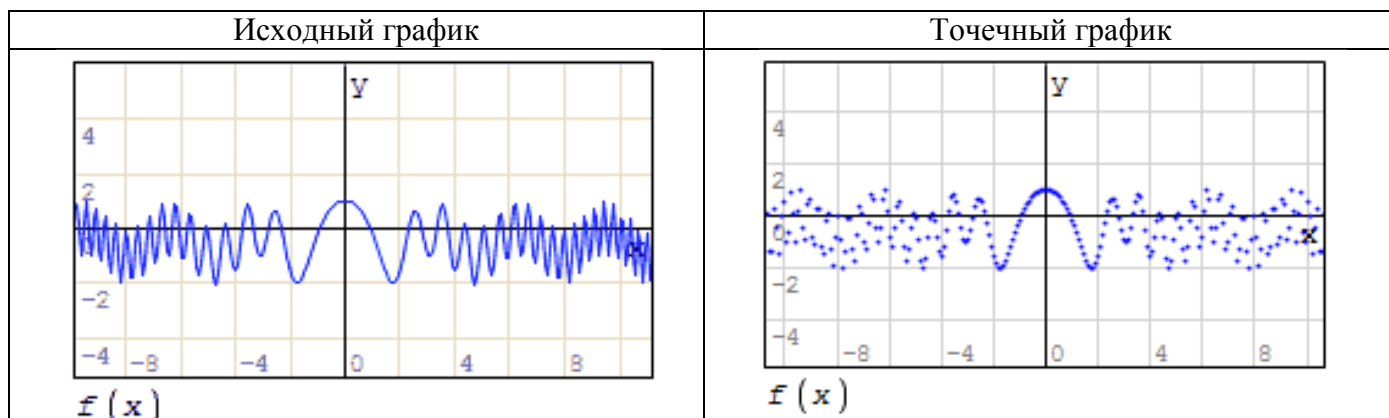
Исходный график интервал [-10;10]	Увеличенное изображение интервал [-4;4]	Уменьшенное изображение интервал [-20;20]

Для перемещения графика внутри графического блока необходимо выделить блок щелчком мыши и двигать мышью, зажав левую кнопку мыши. Аналогично работает инструмент на панели График. Ниже приведены примеры перемещения графика.

Исходный график	Перемещение вправо	Перемещение вверх

### Отображение графика точками

По умолчанию график отображается сплошной линией. Для задания графика в виде точек используется инструмент на панели График.



Для восстановления вида графика после его форматирования используется инструмент **Обновить** панели График.

#### Отображение сетки и осей

На графике по умолчанию отображаются оси и сетка. Для отключения сетки и осей нужно в соответствующих вариантах контекстного меню убрать ✓.

### 6.3 ПОСТРОЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ГРАФИКОВ В ОДНОМ БЛОКЕ

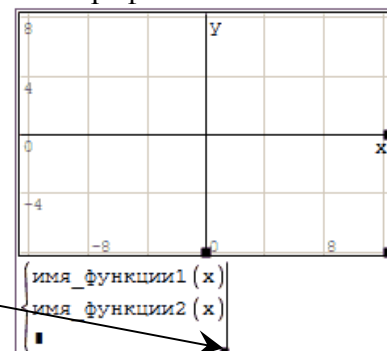
Порядок построения:

1) Определить функции пользователя, которые будут отображены в графическом блоке как:  
**имя функции 1(аргумент) :=выражение 1**

**имя функции 2(аргумент) :=выражение 2** и так далее.

2) Вставить графический блок.

3) Заполнить поле имени функции: нажать инструмент , при этом появится символ системы с двумя полями для ввода, в эти поля ввести имена функций с аргументом  $x$  (если нужно построить более двух графиков, то для добавления поля ввода потянуть за черный маркер в правом нижнем углу системы).



Каждый график в графическом блоке отображается собственным цветом.

Пример 3. Отобразить в одном графическом блоке графики трех функций.

$$f(x) := x^2 - 3 \cdot x + 2$$

$$g(x) := 2^x - 6$$

$$y(x) := \sin\left(\frac{x}{2}\right)$$



$$\begin{cases} f(x) \\ g(x) \\ y(x) \end{cases}$$

## 6.4 НАНЕСЕНИЕ ТОЧКИ НА ГРАФИК

Порядок добавления точки на график.

1) Составить матрицу-строку, содержащую следующие элементы:

[**x** **y** "**маркер**" **размер** "**цвет**"], где

**x** – абсцисса точки (число или имя переменной),


**y** – ордината точки (число или обращение к функции),


**маркер** – спецсимвол, задающий изображение точки на графике,

Маркер	Изображение
x	точка отображается крестиком
.	точка отображается жирной точкой
*	точка отображается пятиконечной звездой
+	точка отображается плюсом
o	точка отображается окружностью

**размер** – размер маркера в пунктах,

**цвет** - английское название цвета, приведенного в таблице.

Значение	Цвет	Значение	Цвет
"aqua"		"navy"	
"black"		"olive"	
"blue"		"purple"	
"brown"		"red"	
"fuchsia"		"silver"	
"gray"		"teal"	
"green"		"violet"	
"lime"		"white"	
"maroon"		"yellow"	

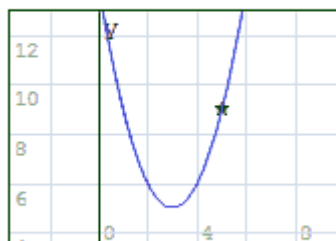
2) Вставить в поле имени символ системы, используя инструмент . В первое поле ввода ввести имя функции, во второе поле ввода ввести имя матрицы – строки.

**Замечание:** 1) Маркер, размер или цвет можно не задавать.

3) Матрицу-строку можно указать сразу в поле имени функции.

Пример 4. На график функции  $(x-3)^2+5$  нанести точку с абсциссой  $x=5$  маркером «\*» зеленого цвета размером 12 пт.

```
f(x):=(x-3)^2+5
Point:=[5 f(5) "*" 12 "green"]
```



```
{ f(x)
  Point }
```

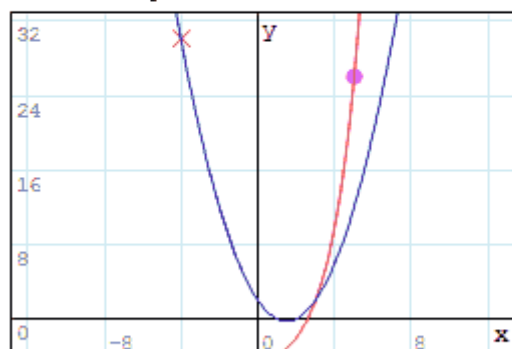
Если на график нужно нанести несколько точек, то можно составить матрицу, количество строк в которой совпадает с количеством точек. Каждая строка описывает отдельную точку.

Пример 5. Построить графики двух первых функций из примера 3. На первый график нанести точку с абсциссой  $x = -4$  маркером «x» красного цвета, размером 15. На второй график нанести жирную точку малинового цвета с абсциссой  $x=5$  размером 20.

$$f(x) := x^2 - 3 \cdot x + 2$$

$$g(x) := 2^x - 6$$

```
Points := [ -4 f(-4) "x" 15 "red"
            5 g(5) "." 20 "fuchsia" ]
```



```
{ f(x)
  g(x)
  Points }
```

## 6.5 ОТОБРАЖЕНИЕ НА ГРАФИКЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЕКТОРА

В SMathStudio возможно представить графически элементы вектора. Для этого составляют матрицу, состоящую из двух столбцов: первый столбец – номера элементов вектора, второй столбец – значения вектора. Матрицу можно составить, используя функцию матричную **augment**.

Пример 6. Отобразить в графическом блоке значения вектора  $V = [1 \ 3 \ 2 \ 10 \ 7 \ 8 \ 5]$

```
V := [ 1
        3
        2
       10
        7
        8
        5 ]
V1 := augment [ [ 1
                  2
                  3
                  4
                  5
                  6
                  7 ] ; V
```

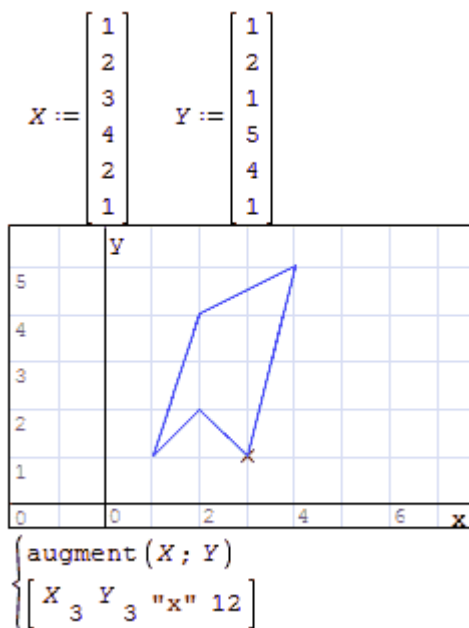


V1

## 6.6 ОТОБРАЖЕНИЕ НА ГРАФИКЕ ТОЧЕК, ЗАДАННЫХ ВЕКТОРАМИ X И Y

Для отображения на графике точек, абсциссы которых хранятся в векторе X, а ординаты в векторе Y, нужно составить матрицу из двух столбцов: первый столбец – значения вектора X, второй столбец – значения вектора Y.

Пример 7. Построить ломаную линию, координаты шести вершин которой содержатся в массивах X и Y. Маркером "x" пометить третью вершину.



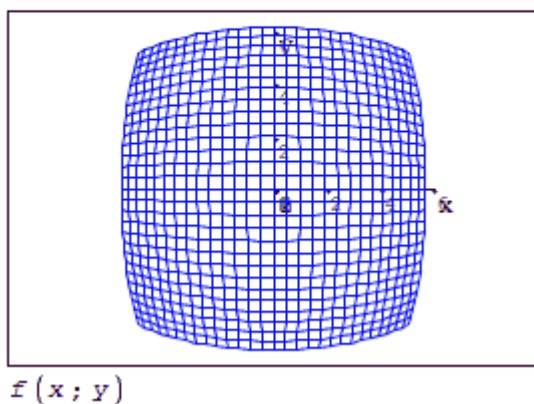
## 6.7 ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ТРЕХМЕРНЫХ ГРАФИКОВ)

### Порядок построения




- 1) Задать функцию с двумя аргументами  
**имя\_функции(x;y):=выражение от x и y**
- 2) Установить курсор в место вставки графика. Вставить график, используя меню **ВСТАВКА – ГРАФИК – ТРЕХМЕРНЫЙ (3D)**.
- 3) В графическом блоке заполнить поле имени функции обращением к функции. При обращении задать в качестве первого аргумента  $x$ , в качестве второго аргумента  $y$ .

Пример 8. Построить график поверхности, заданной уравнением  $z = \frac{x^2}{6} + \frac{y^2}{9}$

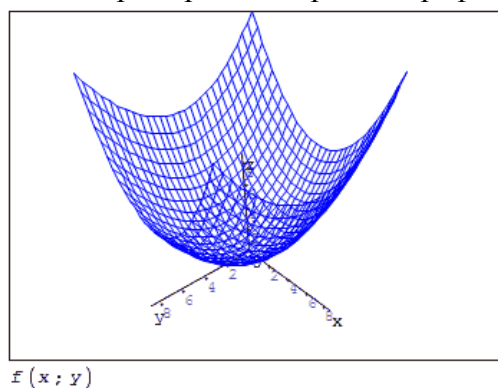
$$f(x; y) := \frac{x^2}{6} + \frac{y^2}{9}$$



### Вращение, перемещение и масштабирование трехмерного графика поверхности

Для просмотра графика поверхности используются инструменты  (вращение),  (масштабирование),  (перемещение) на панели График.

Пример 9. Отобразить график поверхности из примера 8 с поворотом.



## 6.8 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

ЗАДАНИЕ 1 Построить эпюру прогибов консоли, к свободному концу которой приложена нагрузка  $P=20\text{кН}$ . Длина консоли  $L=6\text{м}$ , изгибная жесткость  $EI=4\cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2$ , а прогиб  $y$  от воздействия нагрузки в произвольном сечении, находящемся на расстоянии  $x$  от левого закрепленного конца консоли,

$$Y_x = \frac{P \cdot x^3}{3 \cdot EI}$$

вычисляется по формуле

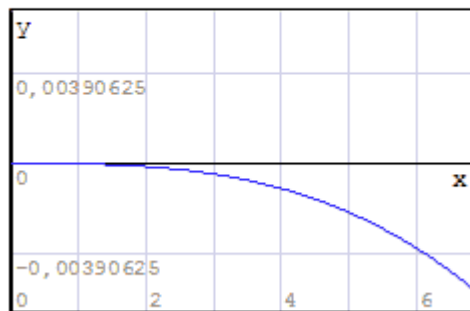
1.1 На графике указать функцию со знаком минус. График переместить так, чтобы отображалась только правая полуось  $OX$ , масштабировать ось  $OY$  так, чтобы стал виден прогиб.

1.2 Проанализировать, как влияет величина нагрузки ( $P$ ) и жесткость ( $EI$ ) на величину прогиба балки. Построить исходный график и графики прогибов при:

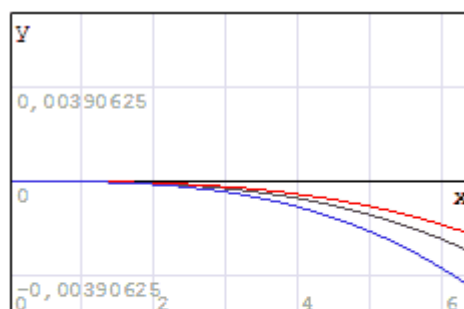
- $P = 10\text{кН}$ ;  $EI = 4\cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2$
- $P = 20\text{кН}$ ;  $EI = 6\cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2$ .

$$P := 20\text{кН} \quad L := 6\text{м} \quad EI := 4 \cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2$$

$$Y(x; P; EI) := P \cdot \frac{x^3}{3 \cdot EI}$$



$$-Y(x; P; EI)$$



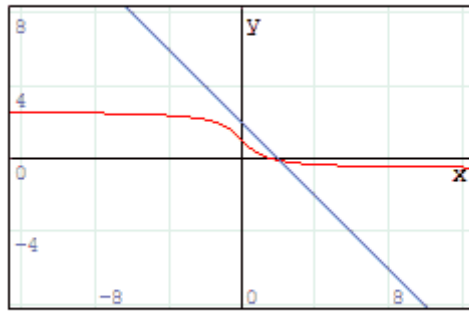
$$\begin{cases} -Y(x; P; EI) \\ -Y(x; 10\text{кН}; 4 \cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2) \\ -Y(x; 20\text{кН}; 6 \cdot 10^8\text{Н}\cdot\text{м}^2) \end{cases}$$

ЗАДАНИЕ 2 Построить в одном графическом блоке графики функций  $y=2-x$  и  $y=1-\arctg x$ . Найти приблизительно абсциссу точки пересечения графиков. Отметить точку пересечения на графике символами "•" и "x" размером 30.

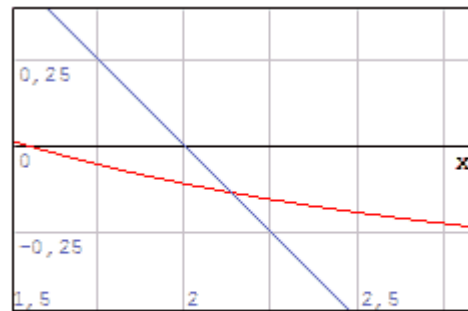
- 1) Описать функции и построить графики.
- 2) Поиск точки пересечения: отмасштабировать график таким образом, чтобы максимально приблизить точку пересечения



$$y1(x) := 2 - x \quad y2(x) := 1 - \arctg(x)$$




$$\begin{cases} y1(x) \\ y2(x) \end{cases}$$



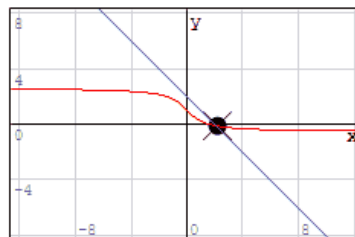
$$\begin{cases} y1(x) \\ y2(x) \end{cases}$$

Из рисунка видно, что графики пересекаются приблизительно при  $x \approx 2.13$ . Выполнить проверку подстановкой найденного значения в обе функции.  $y1(2,13) = -0,13$  и  $y2(2,13) = -0,132$ .

3) Отобразить точку символами "•" (для первого графика) и "x" (для второго графика). Сбросить масштабирование графика командой  на панели График.

$$T1 := [2,13 \ y1(2,13) \ "." \ 30]$$

$$T2 := [2,13 \ y2(2,13) \ "x" \ 30]$$



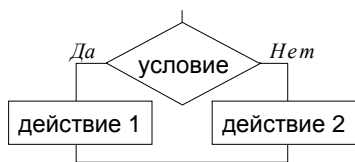
$$\begin{cases} y1(x) \\ y2(x) \\ T1 \\ T2 \end{cases}$$

## Тема 7

### Разветвляющийся вычислительный процесс

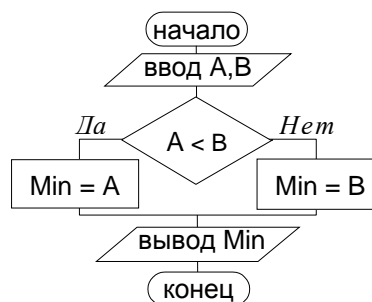
**Разветвляющийся вычислительный процесс** - это такой процесс, в котором от ввода исходных данных до вывода результатов существует несколько путей, выбираемых в зависимости от некоторого условия.

Разветвляющиеся вычислительные процессы включают условный блок, который на схеме алгоритма изображается как:-



Если условие выполняется, то есть истинно, то выполняется действие 1, иначе выполняется действие 2.

Пример 10. Присвоить переменной **Min** значение, равное минимальному из двух заданных чисел **A** и **B**.



#### 7.1 Запись условий

Условие, проверяемое в условном блоке, может быть задано одним из способов:

- выражением сравнения (отношения);
- логическим выражением.

##### 7.1.1 Использование выражений сравнения (отношения) для записи условий

**Выражение сравнения (отношения)** – это два арифметических выражения, соединенных операцией сравнения.

$$\left( \begin{array}{c} \text{арифметическое} \\ \text{выражение1} \end{array} \right) \begin{array}{c} \text{операция} \\ \text{сравнения} \end{array} \left( \begin{array}{c} \text{арифметическое} \\ \text{выражение2} \end{array} \right)$$

**Операция сравнения** задается одним из символов:

Математическая запись	Назначение	Панель инструментов «Булева», клавиши	Пример
>	больше	>	$X > 2$
<	меньше	<	$2 < a2$
≥	не меньше	Ctrl ]	$2 \cdot X \geq Y$
≤	не больше	Ctrl [	$X + 2 \leq Y$
≠	не равно	Ctrl #	$4 \neq 5$
=	равно	Ctrl =	$a = c$

Значением выражения сравнения (отношения) является **1** (истина) или **0** (ложь).

Результат выражения отношения можно посмотреть на экране, используя оператор , или присвоить переменной.

Пример 1.  $2 < 3$  1 “Выражение истинно”

$X := 2$  Rez :=  $X > 2$  Rez 0 “Выражение ложно”

Замечание: Приоритет операций сравнения ниже, чем у арифметических операций, поэтому арифметические выражения можно не заключать в скобки.

Пример порядка вычисления выражения сравнения:  $2 + 3 > 2^3$  <sup>② ③ ①</sup>







### 7.1.2 Запись сложных условий

Сложные условия могут записываться с использованием логических выражений.

|| **Логические выражения** – это выражения сравнения, соединенные логическими операциями.

$$\left( \begin{array}{c} \text{выражение} \\ \text{сравнения 1} \end{array} \right) \text{ логическая } \left( \begin{array}{c} \text{выражение} \\ \text{сравнения 2} \end{array} \right) \\ \text{операция}$$

Логические операции задаются следующим образом:

Логическая операция	Панель инструментов «Boolean», клавиши	Запись в MCAD и значение выражения
<b>И</b>	 Shift &	<b>выражение1</b>  <b>выражение2</b> Результатом данного логического выражения является «истина», если оба выражения истинны, и «ложь», если хотя бы одно из выражений ложно.
<b>ИЛИ</b>	 Shift	<b>выражение1</b>  <b>выражение2</b> Результатом данного логического выражения является «ложь», если оба выражения ложны, и «истина», если хотя бы одно из выражений истинно.
<b>НЕ</b>		 <b>выражение</b> Результатом данного логического выражения является «ложь», если выражение истинно, и «истина», если выражение ложно.

Результат выполнения логических выражений определяется следующей таблицей:

Выражение1	Выражение2	<b>выражение1 И выражение2</b>	<b>выражение1 ИЛИ выражение2</b>	<b>НЕ выражение1</b>
Истина	Истина	Истина	Истина	Ложь
Истина	Ложь	Ложь	Истина	
Ложь	Истина	Ложь	Истина	Истина
Ложь	Ложь	Ложь	Ложь	

**Замечание:** Приоритет логических операций выше, чем у операций сравнения, поэтому

выражения сравнения нужно заключать в скобки, например,  $(2 > 3) \wedge (3 \neq 3)$  <sup>① ③ ②</sup>.

Пример 1. Проанализировать все варианты сравнения трех переменных.

**a:=1 b:=2 c:=3**

истина И истина  
 $(a < b) \wedge (a < c) = 1$  (истина)

истина ИЛИ истина  
 $(a < b) \vee (a < c) = 1$  (истина)

ложь И истина  
 $(a > b) \wedge (a < c) = 0$  (ложь)

ложь ИЛИ истина  
 $(a > b) \vee (a < c) = 1$  (истина)

истина И ложь  
 $(a < b) \wedge (a > c) = 0$  (ложь)

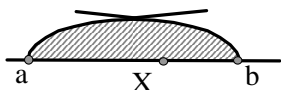
истина ИЛИ ложь  
 $(a < b) \vee (a > c) = 1$  (истина)

ложь И ложь  
 $(a > b) \wedge (a > c) = 0$  (ложь)

ложь ИЛИ ложь  
 $(a > b) \vee (a > c) = 0$  (ложь)

### Запись условия попадания числа в интервал

Число **X** попадает в интервал **[a,b]**, то есть  $X \in [a,b]$ , если выполняется условие:  $a \leq X \leq b$ .



Запись условия в SMathStudio:

$$(a \leq X) \wedge (X \leq b)$$

### Запись условия непадения числа в интервал

Число  $X$  не попадает в интервал  $[a, b]$ , то есть  $X \notin [a, b]$ , если выполняется условие:  
 $(X < a)$  ИЛИ  $(X > b)$ .



Запись условия в SMathStudio:

$$(X < a) \vee (X > b) \text{ или } \neg ((a \leq X) \wedge (X \leq b))$$

Пример 2. Для заданных чисел  $x, a, b$  проверить условия:  $x \in [a, b]$ ,  $x \in (a, b)$ ,  $x \notin [a, b]$ .

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

$x := 1$	$(a \leq x) \wedge (x \leq b) = 1$ истина	$(a < x) \wedge (x < b) = 1$ истина	$(x < a) \vee (x > b) = 0$ ложь
$x := 3$	$(a \leq x) \wedge (x \leq b) = 1$ истина	$(a < x) \wedge (x < b) = 0$ ложь	$(x < a) \vee (x > b) = 0$ ложь
$x := -3$	$(a \leq x) \wedge (x \leq b) = 0$ ложь	$(a < x) \wedge (x < b) = 0$ ложь	$(x < a) \vee (x > b) = 1$ истина

## 7.2 РЕАЛИЗАЦИЯ УСЛОВНОГО БЛОКА В MCAD

Условный блок в системе SMathStudio можно реализовать с помощью условного оператора программирования **if**, расположенного на панели Программирование.

Оператор имеет вид:

<pre> if ┌ └ else ┌ └ </pre>	<pre> if условие     действие_1 else     действие_2 </pre>
------------------------------	--

*условие* - это выражение отношения (сравнения), логическое выражение или арифметическое выражение;

*действие 1(2)* – любое арифметическое выражение, допустимое в SMathStudio (в том числе оператор присваивания) или текстовая константа, заключенная в кавычки.

При обращении к оператору выполняются действия:

- 1) проверяется условие;
- 2) если условие истинно, то результатом оператора является значение действия 1;
- 3) если условие ложно, то результатом оператора является значение действия 2.

Результат оператора можно:

- посмотреть на экране с использованием оператора  $\boxed{=}$

```

if -2 < 0 = -1      if 2 < 0 = 1
  -1                -1
else                else
  1                  1

```

- сохранить в переменную, используя общий оператор присваивания  $\boxed{:=}$

```

P := if -2 < 0      P := if 2 < 0
    -1              -1
    else            else
    1                1

P = -1              P = 1

```

- использовать, как выражение при определении функции

```

P(x) := if x < 0
        -1
      else
        1
P(-2) = -1  P(2) = 1

```

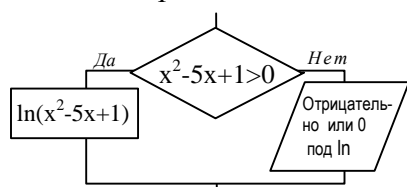
### Примеры реализации условного блока

Пример 3. Найти минимальное значение из двух чисел A=2 и B=3.

<pre> A := 2  B := 3  Min := if A &lt; B       A     else       B Min = 2 </pre> <p>“Минимум из 2 и 3 равен 2”</p>	<pre> A := 4  B := 3  Min := if A &lt; B       "A"     else       "B" Min = "B" </pre> <p>“Минимум из A и B равен B”</p>
--	--

Пример 4. Описать функцию R(x) для вычисления значения выражения  $\ln(x^2 - 5x + 1)$ . Если вычисление невозможно, выдать сообщение «Отрицательно или 0 под ln». Проверить работу функции для  $x=-2$  и  $x=1$ .

Схема алгоритма



Реализация в SMathStudio

```

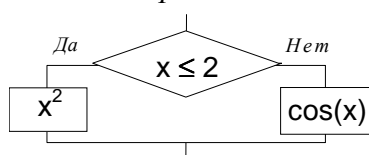
R(x) := if x^2 - 5 * x + 1 > 0
        ln(x^2 - 5 * x + 1)
      else
        "отрицательно или 0 под ln"
R(-2) = 2,7081
R(1) = "отрицательно или 0 под ln"

```

Пример 5. Функция Y вычисляется по одной из формул, в зависимости от условия:

$$Y = \begin{cases} x^2, & \text{если } x \leq 2 \\ \cos(x), & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$
 Построить график функции.

Схема алгоритма

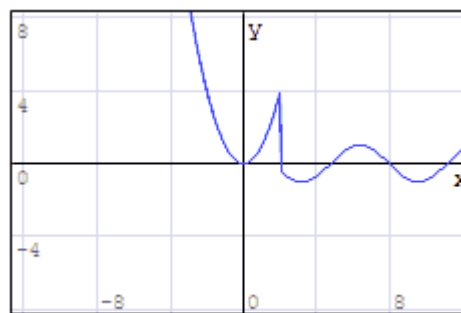


Реализация в SMathStudio

```

Y(x) := if x <= 2
        x^2
      else
        cos(x)
Y(x)

```



### Замечание:

Если в условии необходимо сравнить на равенство с нулем не целый (вещественный) результат арифметического выражения, то рекомендуется вместо условия сравнения с 0, например, **выражение** `Ctrl` `=` `0`, использовать условие сравнения с малым значением, например, **|выражение|** `≤ 0.00001`. Это связано с тем, что вычисления с вещественными (не целыми) числами в ЭВМ выполняются с некоторой погрешностью, поэтому в результате может получиться число, близкое к 0, но отличное от 0.

Пример 6. Проверить, равны ли значения  $x/y$  и  $\sqrt[y]{4x-y}$ , с точностью до двух знаков после запятой при  $x=10$ ,  $y=3$  (то есть значения могут отличаться, начиная с третьего знака после запятой).

```
x := 10 y := 3
Ответ := if  $\frac{x}{y} = \sqrt[y]{4x-y}$ 
           "равны"
           else
           "не равны"
Ответ = "не равны"
```

```
x := 10 y := 3
Ответ := if  $\left| \frac{x}{y} - \sqrt[y]{4x-y} \right| < 0,01$ 
           "равны"
           else
           "не равны"
Ответ = "равны"
```

Так как  $\frac{x}{y} = 3.333$ ,  $\sqrt[3]{4x-y} = 3.332$ , в первом случае условие  $3.333=3.332$  ложно, поэтому выдается сообщение "не равны", во втором случае значение  $\left| \frac{x}{y} - \sqrt[3]{4x-y} \right| = 0.001$  меньше 0.01, поэтому выдается сообщение "равны" (полученные результаты отличаются, начиная с третьего знака после запятой, а по условию такие значения считаются равными).

Пример 7. Определить, равны ли значения  $\sin(x)$  и сумма трех первых элементов ряда  $x$ ,  $-\frac{x^3}{3!}$ ,  $\frac{x^5}{5!}$  ..., для  $x = \pi/4$ , с точностью до четвертого знака после запятой (то есть эти значения могут отличаться, начиная с 5 цифры после десятичной точки).

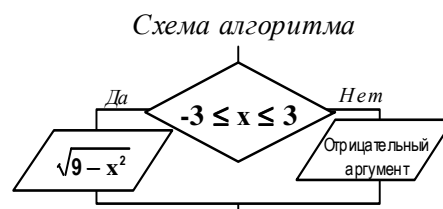
```
x :=  $\frac{\pi}{4}$ 
A := sin(x)      A = 0,70711
B :=  $x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!}$   B = 0,70714

if A = B          = "sin(x) не равен сумме ряда"
  "sin(x) равен сумме ряда"
else
  "sin(x) не равен сумме ряда"

if  $|A - B| < 0,0001$  = "sin(x) равен сумме ряда"
  "sin(x) равен сумме ряда"
else
  "sin(x) не равен сумме ряда"
```

Пример 8. Вычислить значение выражения  $\sqrt{9-x^2}$ , если  $x \in [-3, 3]$ , иначе выдать сообщение "Отрицательный аргумент".

```
x := -4
if  $(-3 \leq x) \wedge (x \leq 3)$ 
   $\sqrt{9-x^2}$ 
else
  "отрицательный аргумент"
```



```

x := 2
if (-3 ≤ x) ∧ (x ≤ 3)      = 2, 2361
  √(9 - x2)
else
  "отрицательный аргумент"

```

Пример 9. Определить, попадает ли точка с заданными координатами (x,y) в заштрихованную область.

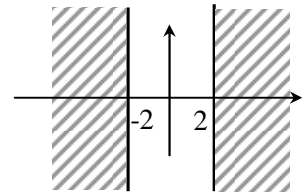
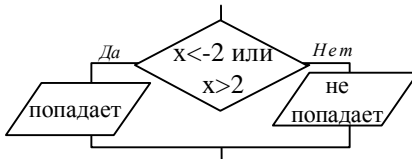


Схема алгоритма



Реализация в SMathStudio:

```

Otvet (x; y) := if (x < -2) ∨ (x > 2)
  "попадает"
else
  "не попадает"

Otvet (-3; 2) = "попадает"
Otvet (3; 5) = "попадает"
Otvet (1; -1) = "не попадает"

```

Пример 10. Вычислить  $y = \begin{cases} \frac{X}{a-b}, & \text{если } a-b \neq 0 \\ X^2, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$  при  $a=2, b=3, X=4$

Реализация в SMathStudio

```

a := 2 b := 3 X := 4
y := if a - b ≠ 0 = -4
  X / (a - b)
else
  X2

```

```

a := 3 b := 3 X := 4
y := if a - b ≠ 0 = 16
  X / (a - b)
else
  X2

```

### 7.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ В РАЗВЕТВЛЯЮЩИХСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Если в разветвляющемся вычислительном процессе по ветке "Да" или "Нет" требуется вычислить несколько выражений, то в этом случае в качестве действия по ветке "Да" ("Нет") используется программный блок.

Пример 11. Определить, существует ли треугольник со сторонами a, b, c. Если треугольник существует, найти площадь по формуле Герона. В противном случае выдать сообщение "Треугольник не существует".

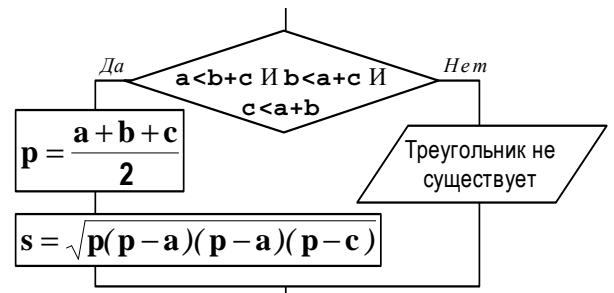
```

S(a; b; c) := if ((a < b + c) ∧ (b < a + c)) ∧ (c < a + b)
  p := (a + b + c) / 2
  s := √(p · (p - a) · (p - b) · (p - c))
else
  "треугольник не существует"

```

$S(4; 5; 3) = 6$

$S(4; 4; 9) = \text{"треугольник не существует"}$

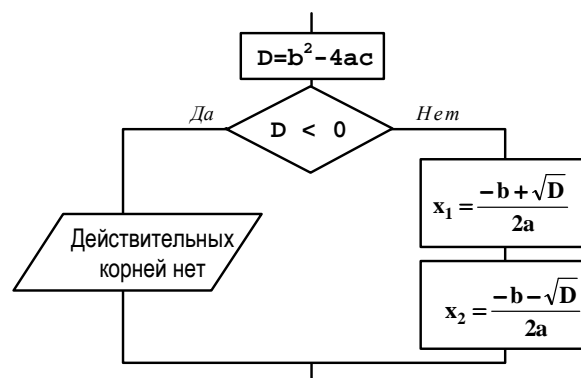


## 7.4 ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЗНАЧЕНИЙ В РАЗВЕТВЛЯЮЩЕМСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Если в разветвляющемся вычислительном процессе по ветви "Да" или "Нет" требуется найти не одно, а несколько значений, то значения можно записать в вектор.

Пример 12. Найти корни квадратного уравнения, заданного коэффициентами  $a, b, c$ . При наличии корней результат выдать в виде вектора, при отсутствии – сообщение "Действительных корней нет".

```
Korni(a; b; c) :=
    D := b2 - 4 · a · c
    if D < 0
        "Действительных корней нет"
    else
        [  $\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$  ;  $\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$  ]
```



Проверка:

$$x^2 + x + 3 = 0 \quad (D = 1 - 4 \cdot 1 \cdot 3 = -11)$$

$Korni(1; 1; 3) = \text{"Действительных корней нет"}$

$$x^2 + 2x + 1 = 0 \quad (D = 4 - 4 \cdot 1 \cdot 1 = 0)$$

$$Korni(1; 2; 1) = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$x^2 - 4x + 2 = 0 \quad (D = 16 - 4 \cdot 1 \cdot 2 = 8)$$

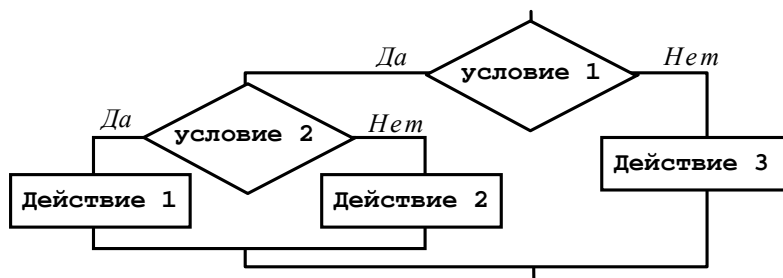
$$Korni(1; -4; 2) = \begin{bmatrix} 3,4142 \\ 0,5858 \end{bmatrix}$$

## 7.5 ВЛОЖЕННЫЕ РАЗВЕТВЛЯЮЩИЕСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Если в разветвляющемся вычислительном процессе по ветви "Да" или "Нет" или по обеим ветвям вновь встречается условие, то такой вычислительный процесс называется **вложенным**.

При использовании оператора if на месте действия 1 или действия 2 вновь может стоять оператор if. Используя эти конструкции, можно реализовать любую структуру вложенности разветвляющихся вычислительных процессов.

### 7.5.1 Вложенность по ветви "Да"



Запись в системе SMathStudio:

```
if условие_1
    if условие_2
        действие_1
    else
        действие_2
else
    действие_3
```

Пример 13. Вычислить значение  $Y(x)$ , при  $x=0, x=3, x=8$ , если  $Y(x)$  вычисляется по формулам в зависимости от условий:

$$Y(x) = \begin{cases} x - 2, & \text{если } 2 \leq x \leq 4 \\ 0, & \text{если } x < 2 \\ x, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

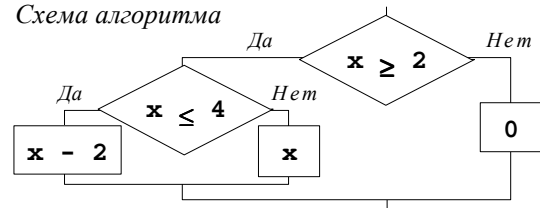


Реализация в SMathStudio:

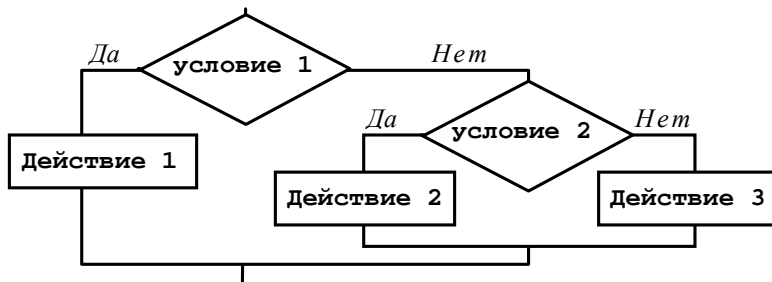
```
y(x):=if x ≥ 2
  if x ≤ 4
    x - 2
  else
    x
else
  0
```

$y(0)=0$   $y(3)=1$   $y(8)=8$

Схема алгоритма



### 7.5.2 Вложенность по ветви “Нет”



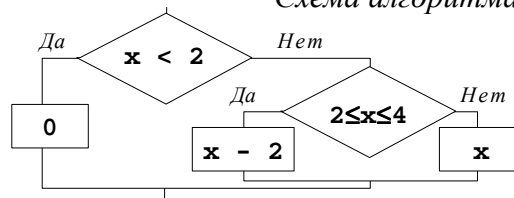
Запись в SMathStudio:

```
if условие_1
  действие_1
else
  if условие_2
    действие_2
  else
    действие_3
```

Пример 14. Функцию из предыдущего примера можно задать другим способом:

$$Y(X) = \begin{cases} x-2, & \text{если } 2 \leq x \leq 4 \\ 0, & \text{если } x < 2 \\ x, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Схема алгоритма

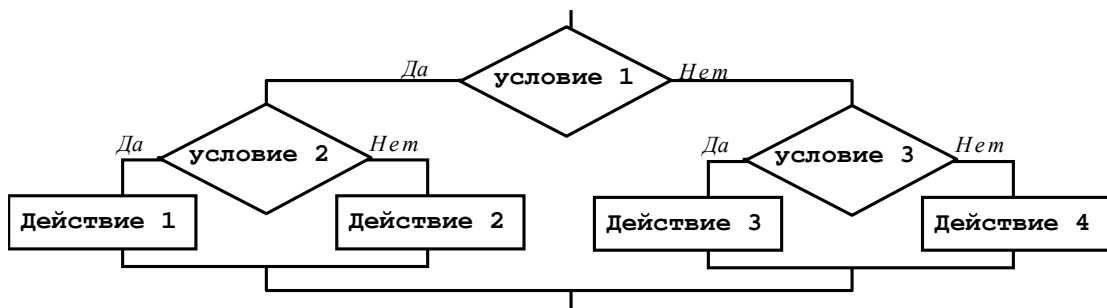


Реализация в SMathStudio:

```
y(x):=if x < 2
  0
else
  if (2 ≤ x) ∧ (x ≤ 4)
    x - 2
  else
    x
```

$y(0)=0$   $y(3)=1$   $y(8)=8$

### 7.5.3 Вложенность по обеим ветвям



Запись в SMathStudio:

```

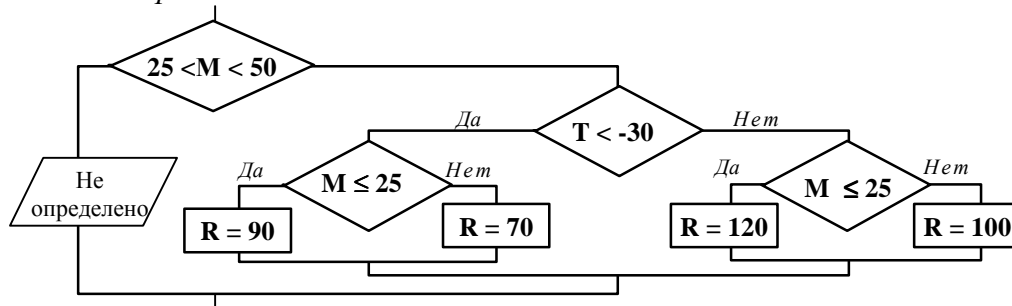
if условие_1
  if условие_2
    действие_1
  else
    действие_2
else
  if условие_3
    действие_3
  else
    действие_4

```

Пример 15. Вычислить расстояние **R** между температурными швами в здании. Зависимость **R** от марки раствора **M** и средней температуры наружного воздуха **T** приведена в таблице. При некорректном вводе данных выдать сообщение: «Не определено».

Температура (Т)	Марка раствора (М)	
	25 и менее	50 и более
Ниже -30°	<b>90</b>	<b>70</b>
Выше -30°	<b>120</b>	<b>100</b>

Схема алгоритма



Оформим решение в виде функции:

```

R(M; T) := if (25 < M) ∧ (M < 50)
  "Не определено"
else
  if T < -30
    if M ≤ 25
      90
    else
      70
  else
    if M ≤ 25
      120
    else
      100

```

**Замечание.** Для проверки правильности работы алгоритма необходимо подобрать столько вариантов исходных данных, сколько ветвлений в вычислительном процессе.

**R(-50,10)=90**

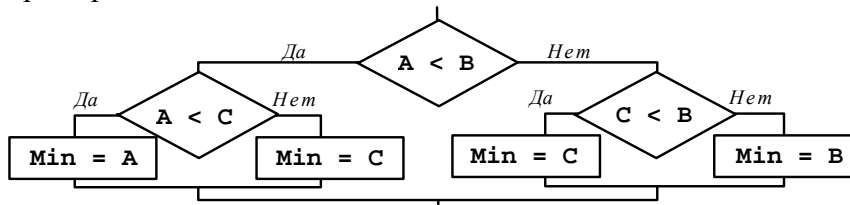
**R(-50,50)=70**

**R(-10,10)=120**

**R(-10,50)=100**

**R(40)="Не определено"**

Пример 16. Найти минимальное из чисел A, B, C.



Оформим решение в виде функции Min3(A,B,C):

```

Min3 (A ; B ; C) := if A < B
                    if A < C
                        A
                    else
                        C
                else
                    if C < B
                        C
                    else
                        B

```

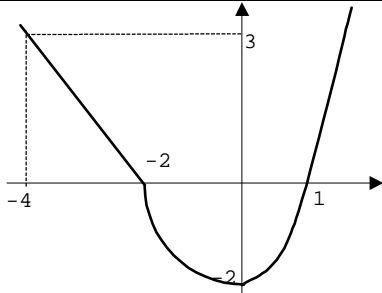
**Замечание:** Для проверки правильности работы алгоритма необходимо подобрать столько вариантов исходных данных, сколько ветвлений в вычислительном процессе.

**Min (2, 4, 6) = 2    Min (4, 6, 2) = 2**

**Min (4, 2, 6) = 2    Min (2, 6, 4) = 2**

## 7.6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

**ЗАДАНИЕ 1** Описать функцию, заданную графически. Построить график функции.



*Математическая постановка.*

$$Y(x) = \begin{cases} \text{уравнение прямой, если } X < -2 \\ \text{уравнение окружности, если } -2 \leq X \leq 0 \\ \text{уравнение параболы, если } X > 0 \end{cases}$$

Уравнение прямой, проходящей через точки с координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \text{ или } y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1$$

Уравнение окружности, с вершиной в точке  $(x_c, y_c)$  и радиусом  $R$ :

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R^2 \text{ или } y = y_c \pm \sqrt{R^2 - (x - x_c)^2}$$

Уравнение параболы с вершиной в точке  $(x_v, y_v)$ , проходящей через точку с координатами  $(x_0, y_0)$

$$y = y_v + \frac{y_0 - y_v}{(x_0 - x_v)^2} \cdot (x - x_v)^2$$

Прямая проходит через точки  $(-4, 3)$ ,  $(-2, 0)$ .

$$\text{Уравнение прямой: } Y = \frac{0-3}{-2+4} \cdot x + 3 + 4 \cdot \frac{0-3}{-2+4} = -\frac{3}{2}x - 3$$

Парабола с вершиной  $(0, -2)$  проходит через точку  $(-1, 0)$ .

$$\text{Уравнение параболы: } Y = -2 + \frac{0+2}{(1+0)^2} \cdot (x-0)^2 = 2x^2 - 2$$

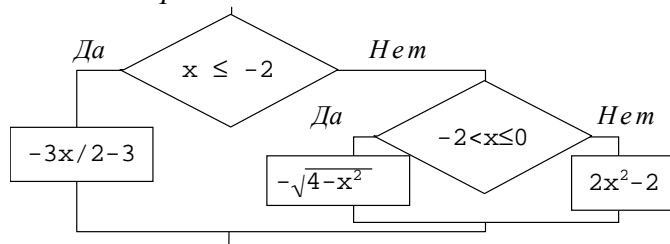
Окружность с центром в точке  $(0, 0)$  имеет радиус 2.

$$\text{Уравнение окружности: } Y = 0 - \sqrt{2^2 - (x-0)^2} = \sqrt{4 - x^2}$$

Таким образом:

$$Y(x) = \begin{cases} -\frac{3}{2}x - 3, & \text{если } x \leq -2 \\ -\sqrt{4 - x^2}, & \text{если } -2 < x \leq 0 \\ 2x^2 - 2, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

*Схема алгоритма:*



*Реализация в системе SMathStudio:*

$$Y(x) := \text{if } x \leq -2$$

$$\quad -\frac{3 \cdot x}{2} - 3$$

$$\text{else}$$

$$\quad \text{if } (-2 < x) \wedge (x \leq 0)$$

$$\quad \quad -\sqrt{4 - x^2}$$

$$\text{else}$$

$$\quad 2 \cdot x^2 - 2$$
