

# Калькулятор

## РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Версия 24.1 10.12.24





АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

S5045, S5065, S5085, S50180, S50240, S50244, S50440, S50444

C1209, C2209, C1220, C2220, C4209, C4220

C1409, C2409, C1420, C2420, C4409, C4420

ИЗМЕРИТЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ

ОБЗОР-304/1

ОБЗОР-804/1, ОБЗОР-814/1

ОБЗОР-808/1



АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

S7530, S5048

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Декабрь 2024 г

## Содержание

<b>Калькулятор .....</b>	<b>4</b>
Базовый режим .....	7
Расширенный режим .....	14

## Калькулятор

Калькулятор предназначен для выполнения математической обработки измерений в соответствии с выражениями пользователя и индикации результатов на графике калькулятора. Областью действия калькулятора является канал анализатора: исходные данные относятся к одному каналу, график калькулятора отображается в окне канала совместно с графиками измерений канала. Исходные данные для калькулятора могут быть взяты со следующих этапов обработки в канале анализатора (см. рисунок ниже):

- S-параметры,
- абсолютные измерения (приемники  $R_n$ ,  $A_n$ ,  $B_n$ ),
- исходные данные графика или памяти ( $Tr_n$ .Src,  $Tr_n$ .Mem.Src),
- данные графика или памяти прошедшие математическую обработку до форматирования ( $Tr_n$ ,  $Tr_n$ .Mem),
- индицируемые данные графика или памяти ( $Tr_n$ .Disp,  $Tr_n$ .Mem.Disp).

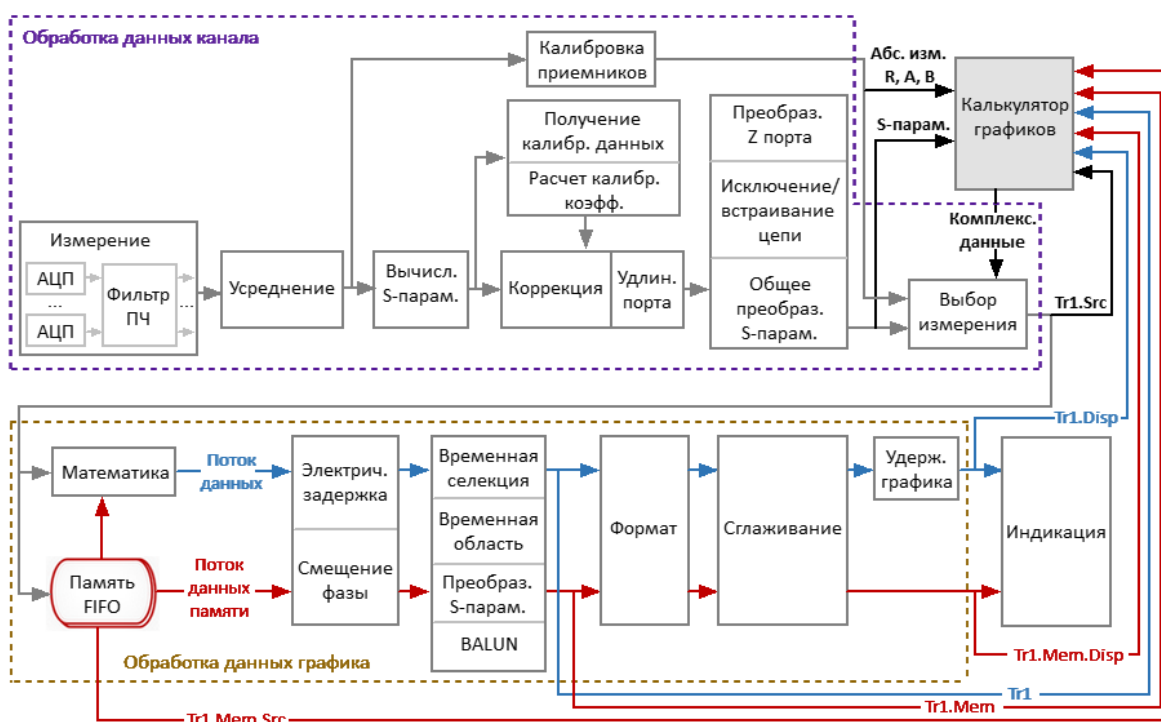


Рисунок 1 – Блок-схема конвейера обработки данных

Возможно добавить в канал один или несколько графиков калькулятора с различными функциями. Добавленные в канал графики калькулятора входят в число 16 максимально возможных графиков в канале.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если в качестве аргумента в формуле выбран S-параметр или абсолютное измерение, а соответствующий ему график отсутствует в канале, то соответствующий параметр будет автоматически измерен анализатором путем подачи стимула на выбранные порты.

---

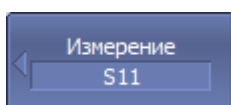
Вычисления выполняются калькулятором поточечно, каждая частотная точка графика калькулятора является результатом математической операции над измерениями, относящимися к данной частотной точке. Входные аргументы формулы калькулятора это комплексные величины, если аргументы берутся после форматирования в прямоугольных координатах, то они приводятся в комплексный вид путем добавления нулевой мнимой части. Результатом вычислений калькулятора так же является комплексная величина, которая отображается на графике калькулятора в соответствии с выбранным форматом. По завершению ввода формулы активный график назначается графиком калькулятора и обновляется в режиме реального времени. Так как конвейер обработки данных для графика калькулятора не отличается от других графиков, то для графика калькулятора возможны все операции, которые доступны для всех графиков, в том числе операции с памятью, временная область и другие.

Калькулятор может работать в двух режимах – базовом или расширенном. В базовом режиме для вычисления результата пользователь выбирает функцию из ограниченного списка предустановленных функций с фиксированным количеством аргументов. Расширенный режим предоставляет пользователю возможность задать для расчета графика произвольные выражения с применением широкого списка математических функций и неограниченным количеством аргументов.

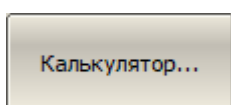
Порядок выполнения расчета в каждом режиме см. в пп. [Базовый режим](#) и [Расширенный режим](#).

## Включение калькулятора

---



Для включения калькулятора нажмите программные кнопки:



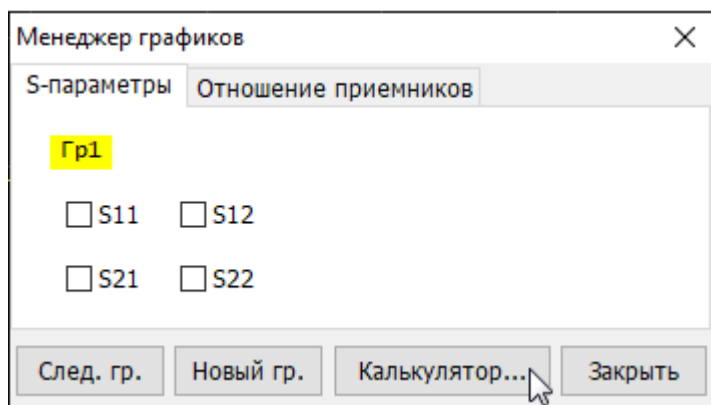
**Измерение > Калькулятор...**

На экране появится окно калькулятора.

---

---

Калькулятор можно включить через менеджер графиков:



## Базовый режим

В базовом режиме для вычисления результата пользователь выбирает функцию из ограниченного списка предустановленных формул с фиксированным количеством аргументов.

### Порядок выполнения расчета в базовом режиме

1. Назначьте активными нужный канал и график, в котором после расчета будет отображаться график калькулятора.
2. Включите калькулятор (см. п. [Включение калькулятора](#)).
3. Выберите из списка predetermined функцию.
4. Выберите вид операндов – параметры или графики (трассы).
5. Выберите из списка нужные операнды.
6. Нажмите на кнопку **ОК** или **Применить** для расчета выражения. При нажатии кнопки **Применить** производится расчет и строится график калькулятора на основании текущих данных. При нажатии кнопки **ОК** – производится расчет и строится график калькулятора, при этом окно калькулятора закрывается.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ**      Активный график трансформируется в график калькулятора после нажатия кнопки **Применить** или кнопки **ОК**. До этого момента любые изменения операндов и формулы в окне калькулятора не отображаются на этом графике.

Если активный график уже является графиком калькулятора, то вносимые изменения применяются к вычислениям сразу, и в реальном времени отображаются на графике калькулятора.

Если после внесения изменений кнопки **Применить** или **ОК** не нажимались, при смене активного графика изменения не сохраняются.

---

При включении калькулятор загружается в базовом режиме (см. рисунок ниже). Элементы окна калькулятора в базовом режиме приведены в таблице 1.

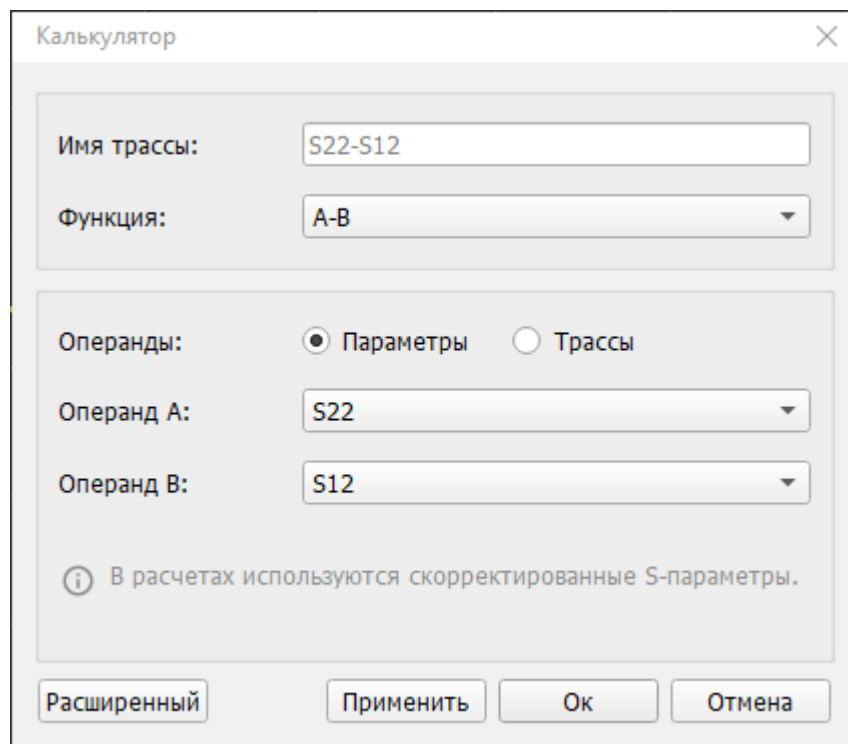


Рисунок 2 – Окно калькулятора в базовом режиме

Таблица 1 – Элементы окна калькулятора в базовом режиме

Элемент	Описание
Поле <b>Имя трассы</b>	Название графика калькулятора. Если поле <b>Имя трассы</b> не заполнено пользователем, то название графика присваивается автоматически на основании использованных операндов и выбранной функции. В этом случае название подсвечивается серым цветом (см. рисунок выше). При необходимости название можно редактировать.
Список <b>Функция</b>	Список базового набора математических функций (см. таблицу ниже).
Область <b>Операнды</b>	Выбор вида операндов — <b>Параметры</b> или <b>Трассы</b> . Область содержит списки <b>Операнд А</b> , <b>Операнд В</b> для присвоения каждому из операндов конкретного значения.  Во вкладке также для выбранных функций контекстно выводятся дополнительные поля ввода, такие как: <b>k1</b> , <b>k2</b> ,



Элемент	Описание
	<p><b>k3, Смещение амплитуды, Смещение фазы, Количество усредн. кадров, Наклон дБ/диапазон, Наклон град./диапазон, Вход ИУ, Выход ИУ.</b> Под полями ввода для пользователя выводится системное информационное сообщение. В случае возникновения ошибки появляется поясняющее сообщение.</p>
<p>Кнопка <b>Применить</b></p>	<p>Активация введенных операндов и функций для расчета графика калькулятора, который будет выведен в окне канала и будет обновляться по мере получения новых данных.</p>
<p>Кнопка <b>ОК</b></p>	<p>Активация введенных операндов и функций для расчета графика калькулятора, который будет выведен в окне канала. После расчета окно калькулятора закрывается.</p>
<p>Кнопка <b>Отмена</b></p>	<p>Исключение из расчета графика калькулятора изменений, которые были внесены после нажатия на кнопку "<b>Применить</b>".</p>
<p>Кнопка <b>Расширенный</b></p>	<p>Переход в расширенный режим работы (см. п. <a href="#">Расширенный режим</a>).</p>

Таблица 2 – Предопределенные функции базового режима

Функция	Входные данные	Формула	Описание
<b>A-B</b>	S-параметры, график	A-B	Вычисление модуля разности двух графиков либо двух параметров.
<b>A*B</b>	S-параметры, график	A*B	Вычисление произведения двух графиков либо двух параметров.
<b>A/B</b>	S-параметры, график	A/B	Вычисление частного двух графиков либо двух параметров.
<b>k1*A + k2*B + k3</b>	S-параметры, график, коэффициенты k1, k2, k3	k1*A + k2*B + k3	Вычисление взвешенной суммы двух графиков либо двух параметров. Различные комбинации k1, k2, k3 позволяют создавать простые выражения
<b>Смещение</b>	S-параметры, смещение амплитуды (дБ), смещение фазы(град.)	Для комплексного графика: $Out_i = In_i \cdot 10^{\frac{P1}{20}} \cdot e^{j \cdot \frac{\pi}{180} \cdot P2}$ , где P1 – смещение амплитуды [дБ], P2 – смещение в градусах.	Смещение (умножение параметров на заданные константы). Не применяется для графика. Выберите параметр и задайте коэффициенты смещения амплитуды и фазы.

Функция	Входные данные	Формула	Описание
СКО	S-параметры, количество разверток (кадров)		Вычисление среднеквадратического отклонения в каждой точке измерения для параметра. Для комплексных диаграмм вычисляется только СКО модулей комплексных чисел, СКО фазы не вычисляется. Выберите параметр и задайте количество разверток (кадров).
Тренд дБ	S-параметры, смещение амплитуды (дБ), наклон (дБ/диапазон)	<p>Для комплексного графика:</p> $Out_i = In_i \cdot 10^{\frac{P1+P2 \cdot i/(N-1)}{20}}, \text{ где}$ <p>P1 – смещение амплитуды [дБ], P2 – наклон [град. / диапазон сканирования], N – количество точек измерения</p>	Компенсация тренда амплитуды параметра. Не применяется для графика. Выберите параметр и задайте два коэффициента – смещение амплитуды (дБ) и наклон (дБ/диапазон) .

Функция	Входные данные	Формула	Описание
Тренд фазы	S-параметры, смещение фазы(град.) и наклон (град./диапазон)	<p>Для комплексного графика:</p> $Out_i = In_i \cdot e^{j \cdot \frac{\pi}{180} \cdot (P1 + P2 \cdot (\frac{i}{N-1}))}$ , где <p>P1 – смещение фазы [град.],  P2 – наклон [град. / диапазон обзора],  N – количество точек измерения</p>	Компенсация тренда фазы параметра. Не применяется для графика. Выберите параметр и задайте два коэффициента – смещение фазы (гр.) и наклон (гр./диапазон).
Коэффициент устойчивости K	Вход ИУ (Порт n), Выход ИУ (Порт m)	$K = \frac{1 -  S_{11} ^2 -  S_{22} ^2 +  \Delta ^2}{2 \cdot  S_{21} \cdot S_{12} }$ , где $\Delta = S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12}$	<p>Вычисление коэффициента устойчивости K (Роллетта). Задайте соответствие портов анализатора входу и выходу ИУ.</p> <p>Условие безусловной устойчивости достигается, когда <math>K &gt; 1</math> и <math> \Delta  &lt; 1</math>.</p>
Коэффициент устойчивости B1	Вход ИУ (Порт n), Выход ИУ (Порт m)	$B1 = 1 +  S_{11} ^2 -  S_{22} ^2 -  \Delta ^2$ , где $\Delta = S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12}$	Вычисление коэффициента устойчивости B1. Задайте соответствие портов анализатора входу и выходу ИУ.

Функция	Входные данные	Формула	Описание
			Необходимым и достаточным условием устойчивости является: $K > 1$ и $B1 > 0$ .

## Расширенный режим

Расширенный режим позволяет пользователю задать для расчета графика произвольные выражения с применением широкого списка математических функций и неограниченным количеством аргументов.

### Порядок выполнения расчета в расширенном режиме

1. Назначьте активными нужный канал и график, в котором после расчета будет отображаться график калькулятора.
2. Включите калькулятор (см. п. [Включение калькулятора](#)).
3. Нажмите кнопку **Расширенный** для перехода в расширенный режим.
4. Составьте математическое выражение, используя математические функции и доступные аргументы. Если введено допустимое выражение, строка выражения становится зеленой. Если выражение содержит ошибку, в системном информационном сообщении выводится текстовое уведомление с описанием ошибки.
5. Нажмите на кнопку **ОК** или **Применить** для расчета выражения. При нажатии на кнопку **Применить** производится расчет и строится график калькулятора на основании текущих данных. При нажатии на кнопку **ОК** производится расчет и строится график калькулятора, при этом окно калькулятора закрывается.

---

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если график не является графиком калькулятора, то при запуске калькулятора и изменении параметров никакие изменения отображаться на графике не будут до нажатия кнопки **Применить** или **ОК**.

Если же график уже был графиком калькулятора, то все вносимые изменения применяются к вычислениям и их сразу же можно увидеть (режим реального времени). Если после изменений не нажать кнопки **Применить** или **ОК** или переключить на другую трассу, то изменения не сохраняются.

---

На рисунке ниже приведено окно калькулятора в расширенном режиме. Элементы окна калькулятора в расширенном режиме приведены в таблице 3.

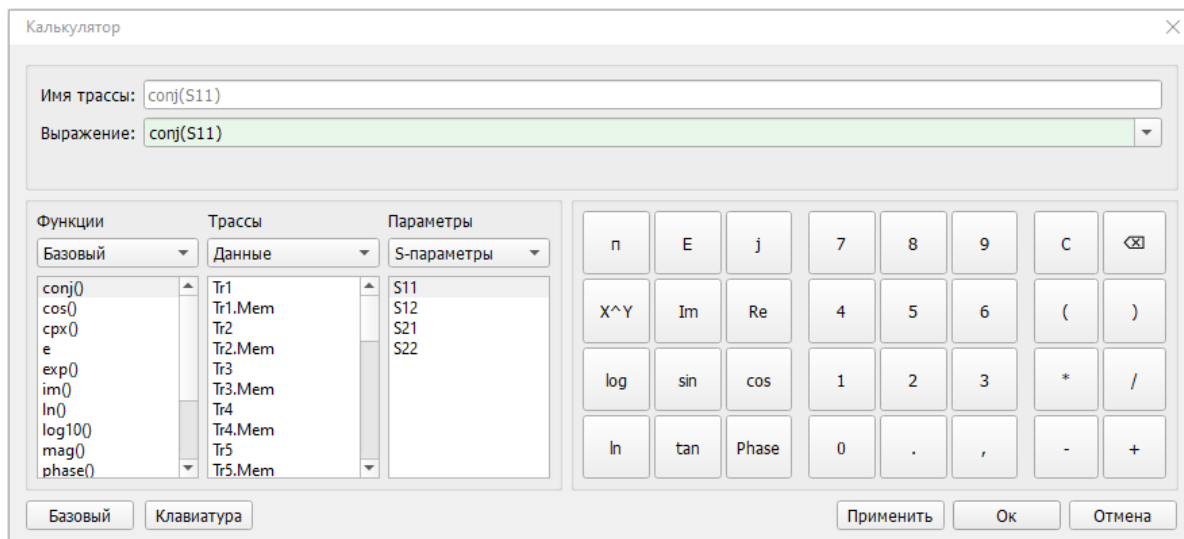


Рисунок 3 – Окно калькулятора в расширенном режиме

Таблица 3 – Элементы окна калькулятора в расширенном режиме

Элемент	Описание
Поле <b>Имя трассы</b>	Название графика калькулятора. Название присваивается автоматически на основании использованных операндов и выбранной функции. При необходимости название можно редактировать.
Поле <b>Выражение</b>	<p>Индикация создаваемого пользователем выражения, согласно которому будет сформирован график калькулятора. Цвет поля указывает на корректность введенного выражения – допустимое выражение подсвечивается зеленым цветом, недопустимое – красным. Введенные пользователем выражения запоминаются и могут быть выбраны и отредактированы в выпадающем списке данного поля.</p> <p>Под полем <b>Выражение</b> для пользователя выводится системное информационное сообщение. В случае возникновения ошибки появляется поясняющее сообщение.</p>

Элемент	Описание
Область <b>Функции</b>	Список, в котором отображается набор доступных математических функций (см. таблицу ниже). Функции могут быть отсортированы на списки <b>Базовый / Все</b> . Функции, входящие в базовый список, выделены в таблице ниже жирным шрифтом.
Область <b>Трассы</b>	<p>Список графиков, из которых выбирается источник данных. Графики могут быть отсортированы на списки <b>Данные   Исходные данные   Отображать данные   Все</b>, где:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Данные</b> (Tr, Tr.Mem) – данные графика измерений или памяти прошедшие математическую обработку до этапа форматирования;</li> <li>• <b>Исходные данные</b> (Tr.Scr, Tr.Mem.Scr) – данные графика измерений или памяти, взятые после выбора измерения, перед математической обработкой;</li> <li>• <b>Отображать данные</b> (Tr.Disp, Tr.Mem.Disp) – данные графика измерений или памяти, после этапа форматирования, подготовленные к индикации.</li> </ul>
Область <b>Параметры</b>	Список S-параметров и абсолютных измерений приемников. Параметры могут быть отсортированы на списки <b>S-параметры   Абсолютные параметры   Все</b> .
Дополнительная клавиатура	Клавиатура для быстрого набора. Клавиатура расположена справа от области <b>Параметры</b> . Функции и константы, расположенные на ней, описаны в <a href="#">таблице</a> .
Кнопка <b>Применить</b>	Активация введенных операндов и функций для расчета графика калькулятора, который будет выведен в окне канала и будет обновляться по мере получения новых данных.
Кнопка <b>ОК</b>	Активация введенных операндов и функций для расчета графика калькулятора, который будет выведен в окне канала. После расчета окно калькулятора закрывается.
Кнопка <b>Отмена</b>	Исключение из расчета графика калькулятора изменений, которые были внесены после нажатия на кнопку



Элемент	Описание
	"Применить".
Кнопка <b>Базовый</b>	Переход в базовый режим работы калькулятора (см. п. <a href="#">Базовый режим</a> ).

Таблица 4 – Список доступных математических функции для расширенного режима

Функция (Базовый / Все)	Описание
<code>acos(scalar a)</code>	Возвращает арккосинус скалярной величины <b>a</b>
<code>asin(scalar a)</code>	Возвращает арксинус скалярной величины <b>a</b>
<code>atan(scalar a)</code>	Возвращает арктангенс скалярной величины <b>a</b>
<code>atan2</code>	Возвращает арктангенс для заданных координат <b>x</b> и <b>y</b> , имеет следующий набор аргументов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <code>atan2(complex a)</code> – возвращает фазу комплексной величины в радианах</li> </ul>
<code>conj(complex a)</code>	Возвращает комплексное сопряжение комплексного числа
<code>cos(complex a)</code>	Возвращает косинус комплексного числа
<code>срх(scalar a, scalar b)</code>	Возвращает комплексное значение $(a+ib)$ из двух скалярных значений
<code>e</code>	Возвращает константу $\approx 2.71828\dots$
<code>exp(complex a)</code>	Возвращает экспоненту от <b>a</b>
<code>frequency</code>	Возвращает значение частоты в точке развертки, для которой вычисляется выражение
<code>getNumPoints()</code>	Возвращает количество точек для текущей развертки

Функция (Базовый / Все)	Описание
<b>im(complex a)</b>	Возвращает мнимую часть <b>a</b> в качестве скалярной части результата (обнуляет мнимую часть)
kfac(complex a, complex b, complex c, complex d )	Возвращает скалярный результат - мнимая часть комплексного результата всегда равна 0  k-factor: $k = (1 -  a ^2 -  d ^2 +  a*d-b*c ^2) / (2 *  b*c )$
<b>ln(complex a)</b>	Возвращает натуральный логарифм комплексной величины <b>a</b>
<b>log10(complex a)</b>	Возвращает десятичный логарифм от комплексной величины <b>a</b>
<b>mag(complex a)</b>	Возвращает $\sqrt{a.re*a.re+a.im*a.im}$
max(complex a, complex b, ...)	Возвращает комплексное значение, имеющее наибольшую величину из списка значений.
median(complex a, complex b,...)	Возвращает медиану списка комплексных значений. Медиана определяется путем сортировки значений по величине и возврата среднего значения. Если передается четное число значений, то возвращается меньшее из двух средних значений.
min(complex a, complex b, ...)	Возвращает комплексное значение, имеющее наименьшую величину из списка значений.
<b>phase(complex a)</b>	Возвращает atan2(a) в градусах
<b>PI</b>	Возвращает числовую константу <b>pi</b> (3.141592), которая представляет собой отношение длины окружности к ее диаметру
<b>pow(complex a,complex b)</b>	Возвращает комплексную величину <b>a</b> в степени <b>b</b>
<b>re(complex a)</b>	Возвращает скалярную часть <b>a</b> (обнуляет часть imag)
<b>sin(complex a)</b>	Возвращает синус <b>a</b> , переведенного в радианы

Функция (Базовый / Все)	Описание
<code>sqrt(complex a)</code>	Возвращает квадратный корень из <b>a</b> с фазовым сдвигом в интервале $(-\pi/2, \pi/2]$
<b><code>tan(complex a)</code></b>	Возвращает тангенс указанного комплексного числа <b>a</b>
<code>xAxisIndex()</code>	Возвращает текущий индекс в развертке.
<p>ПРИМЕЧАНИЯ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Функции входящие в базовый список выделены в таблице жирным шрифтом.</li> <li>2. Модификатор аргумента (<b>complex x</b>) означает, что функция в расчете использует комплексное значение.</li> <li>3. Модификатор аргумента (<b>scalar x</b>) означает, что аргументом должна быть скалярная величина. Если величина будет комплексной, то появится сообщение об ошибке.</li> <li>4. <b>a, b, c, d</b> — это аргументы функции.</li> </ol>	

Таблица 5 – Кнопки дополнительной клавиатуры

Константы, функции, операторы	Описание
PI	Число 3,14159
E	Число 2,71828
j	Комплексная единица
X^Y	Показательная функция $f(x) = a^x$
Im	Функция <code>im(complex a)</code>
Re	Функция <code>re(complex a)</code>
log	Функция <code>log10(complex a)</code>

Константы, функции, операторы	Описание
sin	Функция $\sin(\text{complex } a)$
cos	Функция $\cos(\text{complex } a)$
ln	Функция $\ln(\text{complex } a)$
tan	Функция $\tan(\text{complex } a)$
Phase	Фаза $\phi(z) = \arctan$