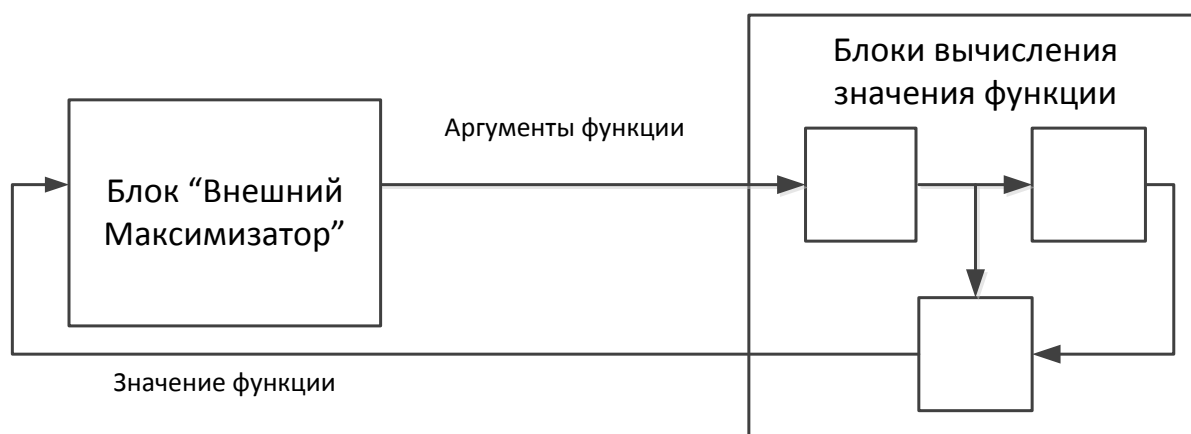


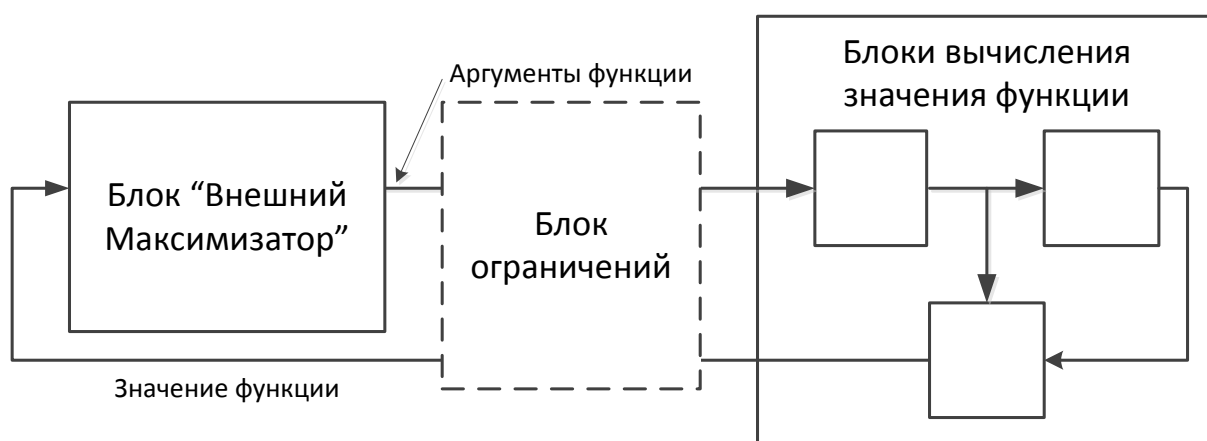
Внешний максимизатор

Блок “Внешний максимизатор” предназначен для поиска максимумов функции многих переменных. При этом сама функция задается «неявно», т.е. вычисляется в других блоках (условно – в «черном ящике»), которые подключаются к блоку максимизации. Поиск производится полным перебором входных переменных функции в заданных диапазонах и с заданными шагами. На вход максимизатора поступает вычисленное значение функции и сигнал готовности этого значения для каждого сочетания входных переменных.

Максимизатор подает на вход блокам, вычисляющим значение максимизируемой функции, сочетание ее аргументов из заданного диапазона, затем получает от вышеуказанных блоков значение функции для поданного на вход сочетания и запоминает их (значение функции и аргументы). Затем выполняется следующая итерация. Группа блоков, занятая вычислением функции, может вместо функции подать на вход максимизатора значение ошибки (обозначается в РДС вопросительным знаком), если значения функции для данных значений аргументов не существует.



На аргументы и значение функции могут накладываться ограничения. Для этого существует специальный блок ограничений (подробнее – в описании данного блока).



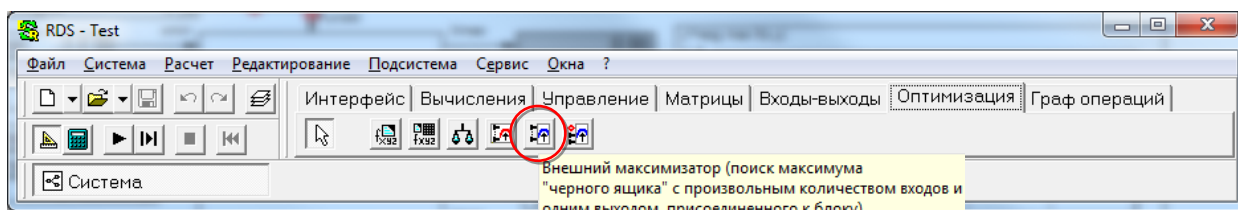
При наличии в заданных диапазонах входных переменных функции одинаковых (с точностью до заданной погрешности) максимумов, существует возможность нахождения всех максимумов.

При больших шагах перебора возможно включение опции уточнения значений максимумов с заданной погрешностью. Кроме того, существует возможность

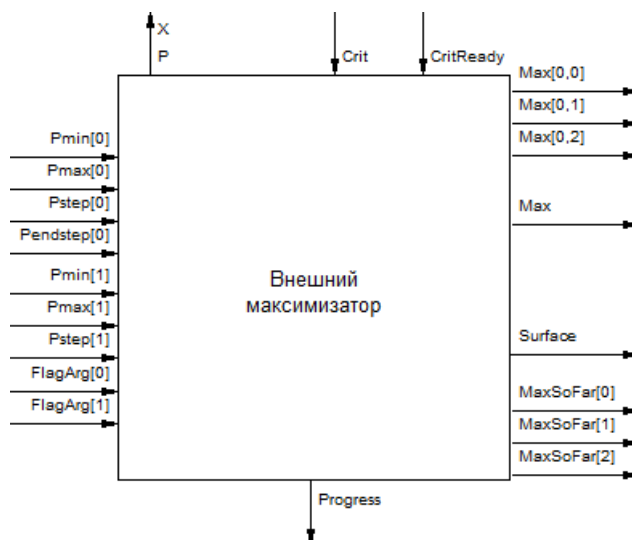
формировать на выходе функции зависимости максимума по каждому параметру от одного или двух других, выбранных вручную.

Размещение на панели блоков:

Вкладка “Оптимизация”:



Внешний вид в схеме:



Входы:

Pmin, *Pmax*, *Pstep* (массивы *double*) – массивы, задающие для каждого перебираемого параметра диапазон и шаг перебора, если они не задаются в настройках блока.

Pendstep (массив *double*) – массив, задающий для каждого перебираемого параметра конечный шаг перебора, если он не задается в настройках блока и в настройках разрешено уменьшение шагов.

CritReady (сигнал) – сигнальный вход готовности значения максимизируемой функции.

Crit (*double*) – вещественный вход значения максимизируемой функции.

Restart (сигнал) – сигнальный вход принудительного перезапуска максимизации.

FlagArg (массив логический) – логический массив признаков аргументов формируемых табличных функций.

Pmatr (матрица *double*) – матрица, с помощью которой могут задаваться диапазоны и шаги перебираемых параметров, если они не задаются в настройках блока (данный вход может использоваться вместо входов *Pmin*, *Pmax*, *Pstep*, *Pendstep*, *FlagArg*).

Матрица *Pmatr* имеет следующий вид:

- столбец 0 – начальная граница диапазона параметра;
- столбец 1 – конечная граница диапазона параметра;

- столбец 2 – начальный шаг перебора параметра;
- столбец 3 – конечный шаг перебора параметра (если разрешено уточнение максимумов);
- столбец 4 – признак аргумента табличных функций: единичное значение в ячейке аналогично флажку в колонке “аргумент” в окне настроек блока.

Пример заполнения матрицы P_{matr} :

	0	1	2	3	4
0	-3.00	3.00	0.10	0.01	1.00
1	-2.90	2.90	0.10	0.01	1.00
2	0.00	3.00	1.00	0.10	0.00

$Enabled$ (массив логический) – массив логических значений, разрешающих работу блока (если массив не пустой, блок будет работать, только если все элементы массива равны единице, при пустом массиве блок работает всегда).

A (массив $double$) – массив параметров, изменение которых автоматически приводит к перезапуску процедуры максимизации.

F (массив матриц $double$) – массив матриц табличных функций, изменение которых автоматически приводит к перезапуску процедуры максимизации.

$Start$ (сигнал) – команда начала оптимизации. Используется в случае, если в настройках включена процедура максимизации только по команде. Игнорируется, если входные параметры не изменились или если максимизация уже идет.

$AuxIn$ (short) – вход для подключения “фиктивных” стрелок.

Выходы:

P (массив $double$) – массив вещественных аргументов, подающихся на блоки вычисления максимизируемой функции.

Go (сигнал) – сигнальный выход готовности массива аргументов P (может использоваться в тех случаях, когда блоки вычисления функции по каким-либо причинам не могут отследить срабатывание связей от массива P).

Max (матрица $double$) – матрица найденных максимальных значений функции и аргументов для этих значений.

Для максимизируемой функции n переменных $f(p_0, p_1, \dots, p_{n-1})$ выходная матрица Max имеет следующий формат:

	0	1	...	$n-1$	n
0	p_0^{*1}	p_1^{*1}		p_{n-1}^{*1}	$f^*(p_0^{*1}, p_1^{*1}, \dots, p_{n-1}^{*1})$
1	p_0^{*2}	p_1^{*2}	...	p_{n-1}^{*2}	$f^*(p_0^{*2}, p_1^{*2}, \dots, p_{n-1}^{*2})$
...	...				
i	p_0^{*i+1}	p_1^{*i+1}	...	p_{n-1}^{*i+1}	$f^*(p_0^{*i+1}, p_1^{*i+1}, \dots, p_{n-1}^{*i+1})$
...	...				

Каждая строка таблицы соответствует одному найденному максимуму. Столбцы с нулевого по $(n-1)$ -й содержат аргументы функции для этого максимума, столбец n – само значение максимума.

ArgArg (массив матриц *double*) – массив матриц, содержащих двумерные табличные функции зависимостей максимума функции и ее аргументов, при которых он достигается, от двух выбранных аргументов.

Пусть исследуется функция n переменных $f(p_0, p_1, \dots, p_{n-1})$, и для формирования табличных функций двух переменных выбраны ее аргументы k и m ($k < m$). Массив *ArgArg* при этом будет содержать $(n + 1)$ элементов. Каждый элемент i этого массива с нулевого по $(n - 1)$ -й включительно, за исключением элементов k и m , содержит таблицу зависимости значения аргумента p_i^* , при котором f достигает максимума, от аргументов p_k и p_m . Матрица *ArgArg*[i] при $i \in [0, n - 1]$, $i \neq k, i \neq m$ имеет следующий вид:

	0	1	2	...	j	...
0	?	$p_m^{[0]}$	$p_m^{[1]}$		$p_m^{[j-1]}$	
1	$p_k^{[0]}$	$p_i^*(p_k^{[0]}, p_m^{[0]})$	$p_i^*(p_k^{[0]}, p_m^{[1]})$		$p_i^*(p_k^{[0]}, p_m^{[j-1]})$	
2	$p_k^{[1]}$	$p_i^*(p_k^{[1]}, p_m^{[0]})$	$p_i^*(p_k^{[1]}, p_m^{[1]})$		$p_i^*(p_k^{[1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						
l	$p_k^{[l-1]}$	$p_i^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[0]})$	$p_i^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[1]})$		$p_i^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						

Ячейка [0][0] не используется и содержит служебное значение, отображающееся в РДС как вопросительный знак. В нулевом столбце матрицы, начиная со строки 1, находятся значения аргумента p_k согласно сетке перебора по этому аргументу ($p_k^{[i]}$ обозначает i -е значение аргумента p_k), то есть значения **первого по порядку** аргумента из помеченных флажками в окне настройки. Индекс этого аргумента также подается на выход блока *Arg1Index*. В нулевой строке матрицы, начиная со столбца 1, находятся значения аргумента p_m , т. е. значения **второго по порядку** аргумента из помеченных (индекс этого аргумента подается на выход блока *Arg2Index*). В остальных ячейках матрицы содержатся найденные значения аргумента p_i (i – номер элемента массива *ArgArg*, в котором находится эта матрица), при которых функция достигает максимума.

Элемент массива *ArgArg* [n] имеет следующий вид:

	0	1	2	...	j	...
0	?	$p_m^{[0]}$	$p_m^{[1]}$		$p_m^{[j-1]}$	
1	$p_k^{[0]}$	$f^*(p_k^{[0]}, p_m^{[0]})$	$f^*(p_k^{[0]}, p_m^{[1]})$		$f^*(p_k^{[0]}, p_m^{[j-1]})$	
2	$p_k^{[1]}$	$f^*(p_k^{[1]}, p_m^{[0]})$	$f^*(p_k^{[1]}, p_m^{[1]})$		$f^*(p_k^{[1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						
l	$p_k^{[l-1]}$	$f^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[0]})$	$f^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[1]})$		$f^*(p_k^{[l-1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						

В ячейках матрицы *ArgArg* [n] находятся максимальные значения исследуемой функции f^* , соответствующие значениям пары аргументов p_k и p_m в нулевой строке и нулевом столбце.

Элементы массива *ArgArg* [k] и *ArgArg* [m] – пустые матрицы.

Progress (*double* в диапазоне $[0...1]$) – показывает “прогресс” работы максимизатора. При запуске процедуры максимизации имеет значение 0, в процессе работы значение увеличивается, по окончании процедуры максимизации принимает значение 1. Используется для подключения полос прогресса.

Complete (логический) – логический выход, описывающий состояние максимизатора: 0 – идет процедура максимизации, 1 – процедура максимизация закончена.

Error (логический) – выход ошибки процедуры максимизации. Показывает наличие или отсутствие ошибок при максимизации. Значение “1” – при максимизации произошла ошибка (например, некорректные начальные параметры), значение “0” – ошибок не возникло.

Finished (сигнал) – сигнальный выход успешного завершения процедуры максимизации.

MaxSoFar (массив *double*) – массив, содержащий текущие наилучшие результаты поиска максимума. Если максимизируемая функция содержит n подбираемых параметров, то массив *MaxSoFar* состоит из $(n + 1)$ элементов, где:

MaxSoFar [0] – значение нулевого параметра P [0], на котором на данный момент обнаружен максимум;

MaxSoFar [1] – значение наилучшего P [1];

...

MaxSoFar [n] – значение функции при данных параметрах.

Arg1Index, *Arg2Index* (int) – индексы параметров, выбранных в качестве первого и второго аргумента формируемых табличных функций соответственно.

Arg1Max, *Arg2Max* (матрицы *double*) – матрицы, содержащие одномерные табличные функции зависимостей максимума функции и аргументов, при которых он достигается, от выбранного первого и второго аргументов соответственно.

В таблицах *Arg1Max*, *Arg2Max* хранятся зависимости указанных значений от **первого и второго** выбранных аргументов. Если выбран только один аргумент (см. описание настроек на закладке “Параметры”), то заполняется только матрица *Arg1Max*.

Для функции n переменных $f(p_0, p_1, \dots, p_{n-1})$ выходная матрица зависимости максимума от аргумента p_k , $k \in [0, n - 1]$ будет иметь следующий формат:

	0	1	...	k	...	$n - 1$	n
0	$p_0^*(p_k^{[0]})$	$p_1^*(p_k^{[0]})$	...	$p_k^{[0]}$	...	$p_{n-1}^*(p_k^{[0]})$	$f^*(p_k^{[0]})$
1	$p_0^*(p_k^{[1]})$	$p_1^*(p_k^{[1]})$	...	$p_k^{[1]}$	...	$p_{n-1}^*(p_k^{[1]})$	$f^*(p_k^{[1]})$
...	...						
i	$p_0^*(p_k^{[i]})$	$p_1^*(p_k^{[i]})$	...	$p_k^{[i]}$	...	$p_{n-1}^*(p_k^{[i]})$	$f^*(p_k^{[i]})$
...	...						

В столбце матрицы k находятся последовательно возрастающие значения аргумента p_k согласно сетке перебора по этому аргументу ($p_k^{[i]}$ обозначает i -е значение аргумента p_k). В столбцах 0 ... $(n - 1)$ находятся значения остальных аргументов (за исключением k), при которых f достигает максимума при фиксированном p_k . В столбце n находится значение максимума функции.

Если такая таблица подается на блок отображения графика или блок кусочно-линейной интерполяции, в качестве столбца аргумента в настройках этих блоков следует выбирать k .

Surface (матрица double) – матрица табличной функции двух аргументов, построенной по максимизируемой функции. Часто используется для построения трехмерного графика этой функции.

Матрица *Surface* имеет следующий вид:

	0	1	2	...	j	...
0	?	$p_m^{[0]}$	$p_m^{[1]}$		$p_m^{[j-1]}$	
1	$p_k^{[0]}$	$f(p_k^{[0]}, p_m^{[0]})$	$f(p_k^{[0]}, p_m^{[1]})$		$f(p_k^{[0]}, p_m^{[j-1]})$	
2	$p_k^{[1]}$	$f(p_k^{[1]}, p_m^{[0]})$	$f(p_k^{[1]}, p_m^{[1]})$		$f(p_k^{[1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						
l	$p_k^{[l-1]}$	$f(p_k^{[l-1]}, p_m^{[0]})$	$f(p_k^{[l-1]}, p_m^{[1]})$		$f(p_k^{[l-1]}, p_m^{[j-1]})$	
...						

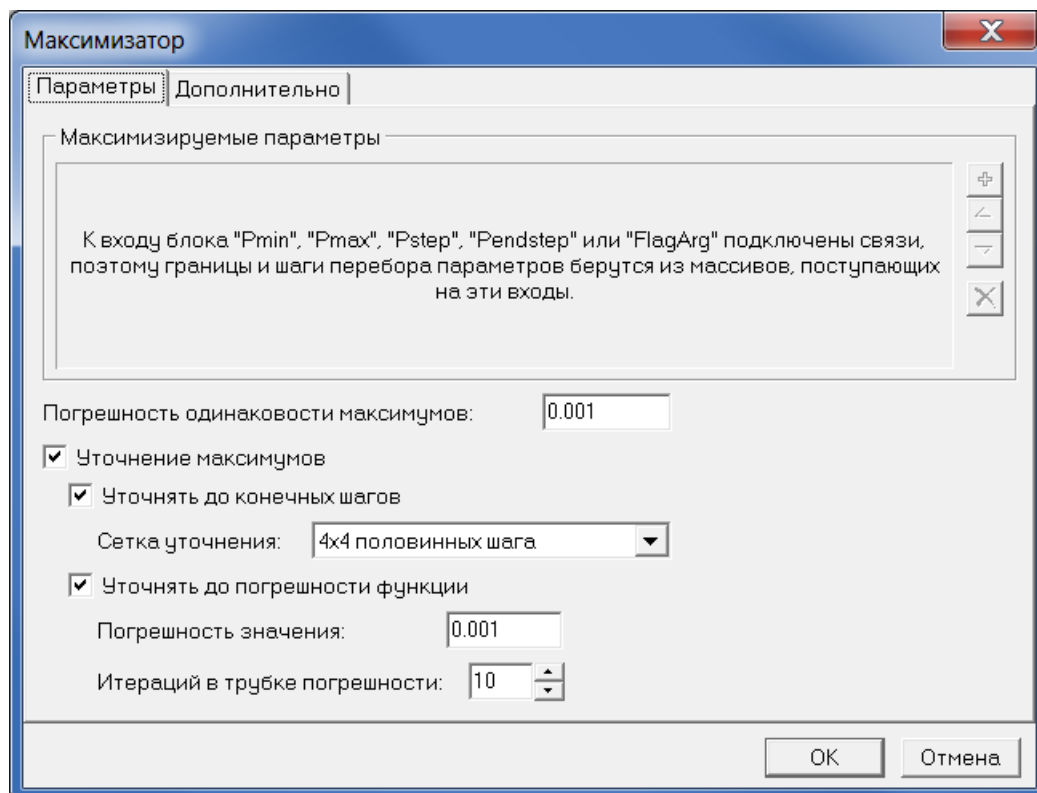
Started (Сигнал) – сигнал начала процедуры максимизации.

Time (double) – общее время работы процедуры максимизации в секундах.

AuxOut (short) – выход для подключения “фиктивных” стрелок.

Настроечные параметры:

Вкладка “Параметры”



На вкладке “Параметры” расположены следующие настройки:

- Таблица “Максимизируемые параметры”. Число строк таблицы соответствует количеству аргументов максимизируемой функции, а также количеству элементов в

выходном массиве P . Кнопки справа от таблицы позволяют добавлять в нее строки, удалять их и менять строки местами (таблица и кнопки будут недоступны, если к входам блока P_{matr} , P_{min} , P_{max} , P_{step} или $FlagArg$ подключены связи). В первом столбце таблицы выводится индекс данного параметра в выходном массиве P . В столбцах “начало”, “конец” и “нач.шаг” для каждого параметра задаются начальная и конечная границы диапазона и шаг перебора соответственно. В столбце “кон.шаг” – конечный шаг перебора по данному параметру (если включена настройка “Уточнять до конечных шагов”). В столбце “аргумент” флажком помечаются аргументы выходных табличных функций для $ArgArg$, $Arg1Max$, $Arg2Max$, $Surface$. Количество помеченных аргументов ограничено двумя (т.е. могут быть сформированы табличные функции одного и двух аргументов).

- “Погрешность одинаковости максимумов”. Позволяет отсекаать из результата максимумы, разница значений которых превышает заданную погрешность. Например, если функция имеет максимумы при значении $f_1 = 3$ и $f_2 = 3,1$, то при значении погрешности равной 0,5 в результат попадут оба значения, а при погрешности равной 0,01 – только f_1 .
- “Уточнение максимумов”. При включенной настройке запускает дополнительную процедуру уточнения. В этом случае весь процесс состоит из четырех этапов:
 - Этап 0 – производится расчет значений функции по заданной сетке с начальными шагами.
 - Этап 1 – в заданной сетке ищутся локальные максимумы, которые будут претендовать на роль глобальных. Любая точка сетки, значения функции вокруг которой (при сдвиге на один шаг сетки в любом направлении, в том числе по диагоналям) не больше значения в самой точке, добавляется в список кандидатов. Если точка находится на границе диапазона, все неизвестные значения за пределами диапазона считаются меньше значения функции в этой точке.
 - Этап 2 – производится уточнение всех отобранных локальных максимумов. Вокруг каждого найденного максимума формируется сетка с шагом вдвое меньше текущего, и исследуются все полученные точки. Точка с наибольшим значением становится новым максимумом, шаг снова уменьшается в два раза и процедура повторяется. После окончания процедуры уточнения взятого локального максимума происходит следующая проверка:
 - если новый максимум превышает все ранее найденные значения из списка глобальных максимумов на величину более чем заданная в настройках погрешность (значение параметра “Погрешность одинаковости максимумов”), то старые значения стираются, и в список добавляется новый максимум;
 - если новый максимум меньше всех ранее найденных значений из списка глобальных максимумов на величину более чем заданная в настройках погрешность, то список остается без изменения;
 - если новый максимум совпадает со всеми ранее найденными значениями из списка глобальных максимумов в пределах заданной в настройках погрешности, то новый максимум добавляется в список.

По окончании Этапа 2 в списке остаются примерно одинаковые глобальные максимумы.

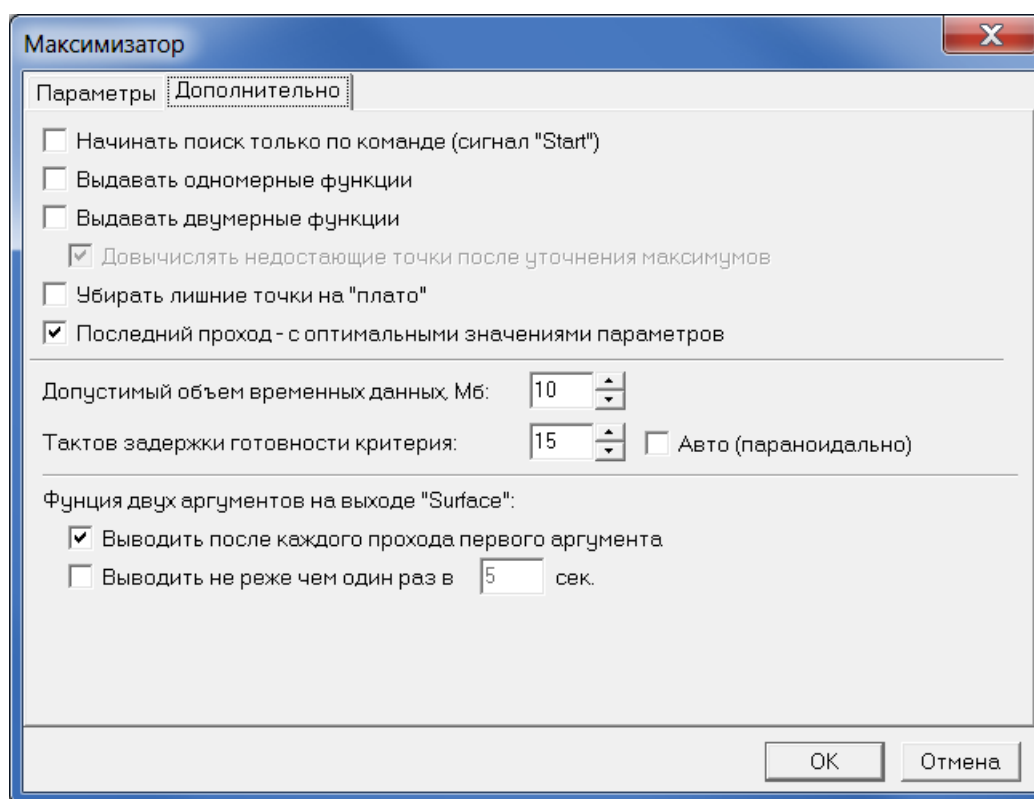
- Этап 3 – в сетку значений функции добавляются аргументы всех найденных глобальных максимумов (отчего она перестает быть равномерной) и досчитываются все новые точки.

Для выполнения процедуры уточнения максимумов необходимо включить в настройках одно или оба из следующих условий её остановки для каждого из максимумов: “Уточнять до конечных шагов”, “Уточнять до погрешности функции”.

Если включены оба флажка, для прекращения итераций уточнения должны выполняться оба условия: шаги по каждому аргументу достигли конечных значений и значение самого максимума изменяется в пределах заданной погрешности.

- "Уточнять до конечных шагов". Одно из возможных условий остановки процедуры уточнения максимумов. Для остановки процедуры на Этапе 2 текущие шаги должны стать меньше заданных значений данной настройки.
 - "Сетка уточнения". Значение "2х2 половинных шага" означает, что от текущего значения по каждому параметру максимизатор будет отступать на один половинный шаг влево и вправо. "4х4 половинных шага" – на два половинных шага влево и вправо (то есть на один исходный интервал).
- "Уточнять до погрешности функции". Одно из возможных условий остановки процедуры уточнения максимумов. Для остановки процедуры на Этапе 2 изменение значения максимума должно войти в трубку, т.е. не превышать значения параметра "Погрешность значения" в течение числа шагов, заданного параметром "Итераций в трубке погрешности".

Вкладка "Дополнительно"



На вкладке расположены следующие параметры:

- "Начинать поиск только по команде (сигнал *Start*)". Параметр сигнализирует о том, что перезапуск процедуры максимизации будет осуществляться только при поступлении сигнала на вход "*Start*". Изменение входов *A* и *F* не приведет к автоматическому перезапуску процедуры максимизации.
- "Выдавать одномерные функции". Формирует табличные функции одной переменной для каждого из параметров исследуемой функции, помеченных флажком в столбце "аргумент". Эти табличные функции формируются в выходных матрицах *Arg1Max* и *Arg2Max*.

- “Выдавать двумерные функции”. Формирует табличные функции двух переменных для параметров исследуемой функции, помеченных флажком в столбце “аргумент”. Эти табличные функции формируются в выходном массиве матриц *ArgArg*.
 - “Довычислять недостающие точки после уточнения максимумов”. В результате процедуры уточнения могут быть найдены максимумы функции, значения аргументов которых не совпадают ни с одним из аргументов в табличных функциях. В этом случае при включении данной настройки во все табличные функции будут добавлены эти новые значения аргументов и вычислены недостающие значения функций.
- “Убирать лишние точки на плато”. Настройка работает только при включенной процедуре уточнения. При активации настройки из набора полученных при работе блока максимумов удаляются элементы, все соседние точки которых также являются максимумами.
- “Последний проход – с оптимальными значениями параметров”. После окончания процедуры максимизации на входы блоков, вычисляющих значение максимизируемой функции, снова подаются найденные оптимальные значения параметров (в этом случае состояние всей схемы будет соответствовать оптимальным значениям параметров).
- “Допустимый объем временных данных, Мб”. Максимальный объем памяти, выделяемый блоку для хранения временных значений при уточнении максимумов. Уменьшение этого объема может привести к увеличению времени расчета.
- “Тактов задержки готовности критерия”. Число тактов расчета РДС, которое длится период между получением сигнала готовности значения функции *CritReady* (или изменением значения на входе *Crit*) и началом следующей итерации максимизации. Такая задержка позволяет максимизатору не реагировать в случаях, когда процедура расчета значения функции выполняется несколькими блоками, и для получения корректного значения расчета одного из них необходимо несколько тактов (пример подобной ситуации приведен в § 1.4 руководства пользователя РДС).
 - “Авто”. Устанавливает описанное число тактов равным числу блоков в схеме.
- “Функция двух аргументов на выходе *Surface*”
 - “Выводить после каждого прохода первого аргумента”. При включенной настройке частично заполненная матрица “*Surface*” выдается построчно по мере ее вычисления. При визуализации выходных данных на трехмерном графике – он строится постепенно.
 - “Выводить не реже чем один раз в __ сек.”. При включенной настройке частично заполненная матрица “*Surface*” выдается через заданный в поле настройки интервал времени.

В случае, когда не включена ни одна из настроек – матрица “*Surface*” выдается после того, как она полностью сформирована.