



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Учебный пример ГАММА Оптимизационный анализ: несимметричный волноводный делитель



- I. Введение: постановка задачи**
- II. Подготовка модели**
- III. Оптимизационное решение**
- IV. Результаты**

I. Введение: постановка задачи

□ Модель:

- Волноводный делитель представляет собой волноводный E-тройник, а также металлическую вставку, обеспечивающую требуемый уровень согласования и коэффициент деления между выходными плечами.

□ Задача:

- Создать модель делителя.
- Подготовить модель для оптимизационного анализа*.
- Запустить оптимизационное решение в диапазоне частот от 2.6 до 3.9 ГГц.

□ Цель:

- Получить согласование по входу: $K_{СВН} < 1.25$, а также обеспечить деление в одно из плеч $-(6 \pm 0.3)$ дБ в диапазоне частот 3.0÷3.6 ГГц.

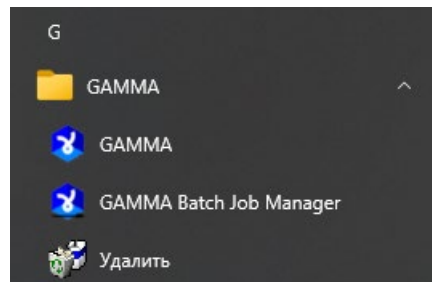
Модель данного пассивного устройства рассчитывается с помощью следующих функции Gamma:

- **Создание 3D модели:**
 - примитивы: кубоид.
- **Назначение возбуждения:**
 - прямоугольные волноводные порты.
- **Библиотека материалов:**
 - Pес;
 - Vacuum.
- **Настройки расчета.**
- **Настройки оптимизации.**
- **Оптимизационное решение задачи с применением метода конечных элементов.**
- **Результаты:**
 - график $K_{СВН}$;
 - График S21.

*Для решения задач оптимизации используется **генетический алгоритм** (англ. *genetic algorithm*) — эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи с использованием методов естественной эволюции, таких как наследование, мутации, отбор и кроссинговер. Отличительной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе.

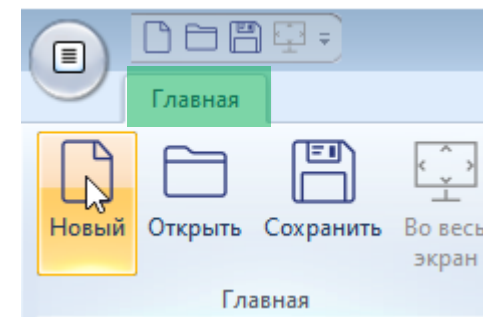
II. Подготовка модели

1. В стартовом меню или на рабочем столе найдите и запустите GAMMA: меню *Пуск* > *GAMMA* > *GAMMA*.

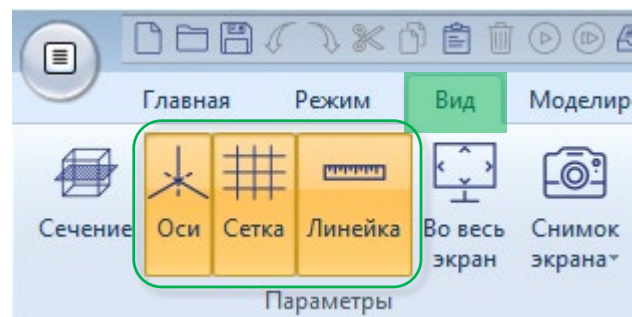


Стартовое меню

2. Создайте новый проект на панели во вкладке *Главная* > *Новый*.



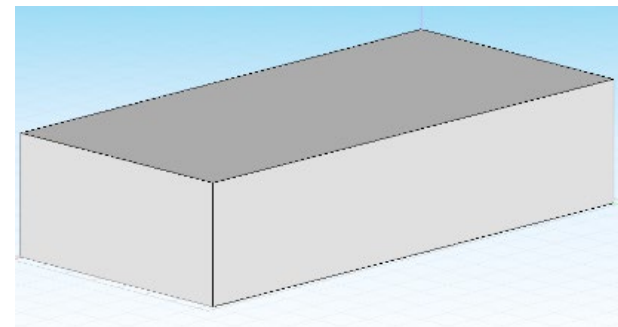
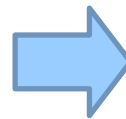
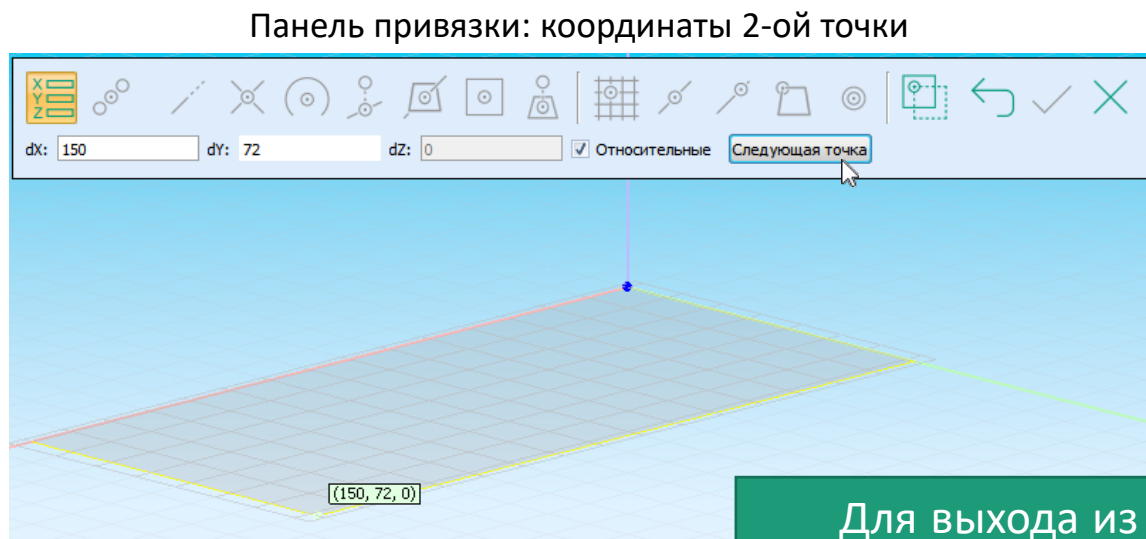
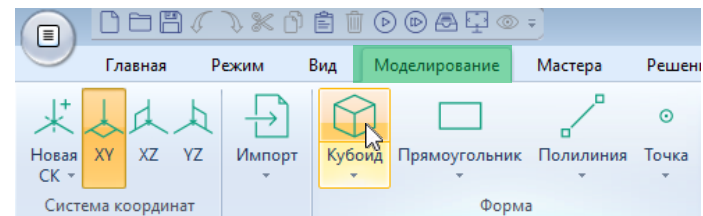
3. Для удобства моделирования на панели во вкладке *Вид* включите режимы *Оси*, *Сетка* и *Линейка*.



II. Подготовка модели

❑ Создание волноводного Е-тройника:

1. Создайте кубоид (ширина = 72 мм, высота = 34 мм, длина = 150 мм):
 - 1) Во вкладке *Моделирование* > *Кубоид*.
 - 2) На экране выберите точку $\{0; 0; 0\}$ в качестве начальной точки кубоида.
 - 3) На панели привязки нажмите  для ручного ввода координат:
 - Введите координаты второй точки $\{150; 72; 0\}$ и нажмите *Следующая Точка* или нажмите *Enter*.
 - Введите координаты третьей точки $\{0; 0; 34\}$ и нажмите *Enter*.

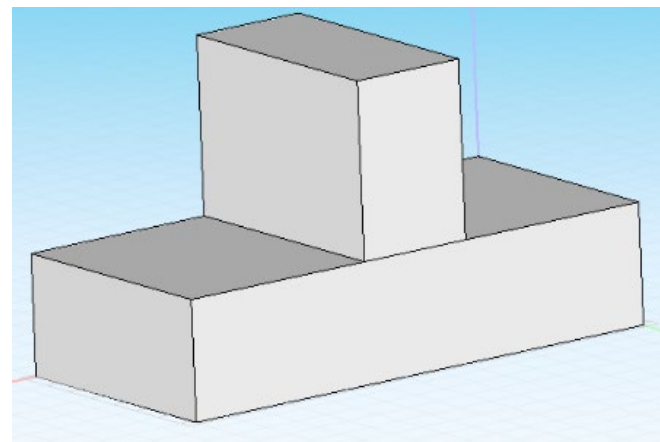
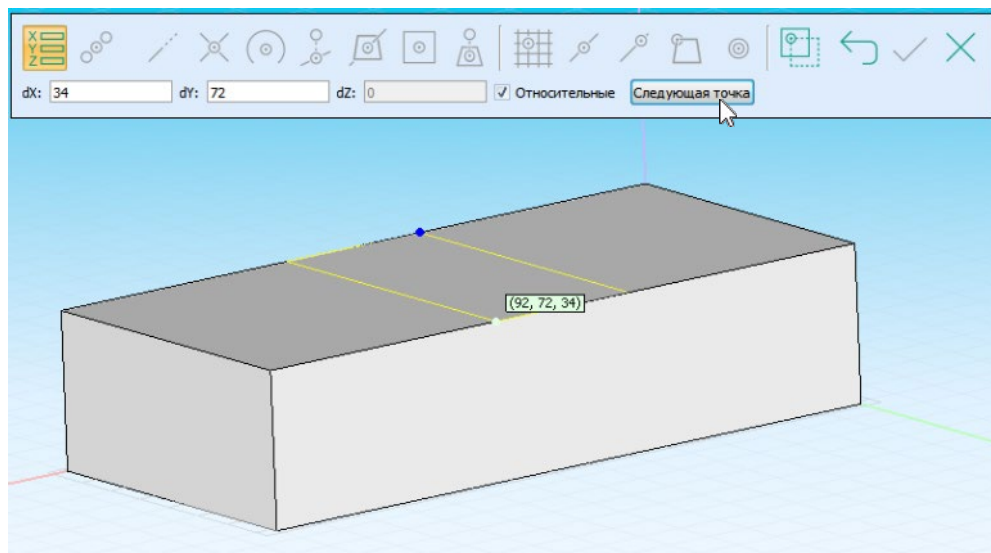
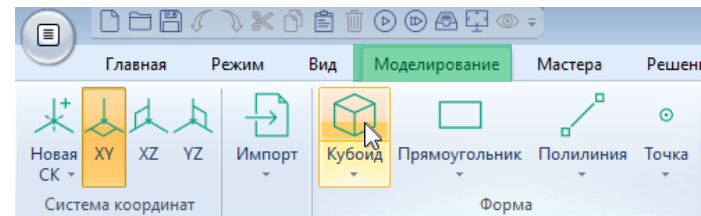


Для выхода из режима
рисования нажмите *Esc*

II. Подготовка модели

2. Создайте еще один кубоид (ширина = 72 мм, высота = 34 мм, длина = 50 мм):

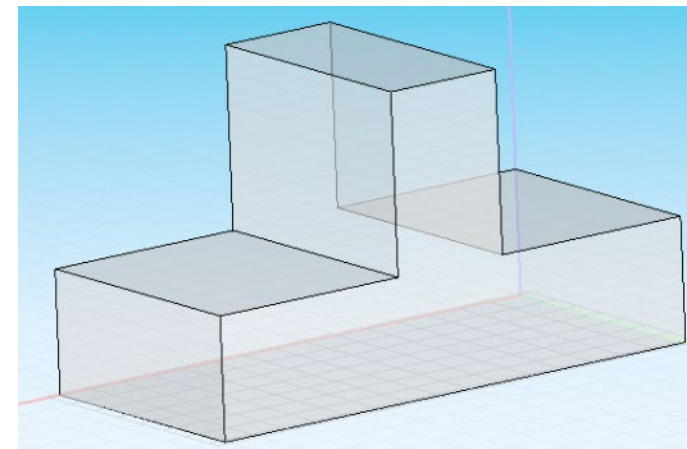
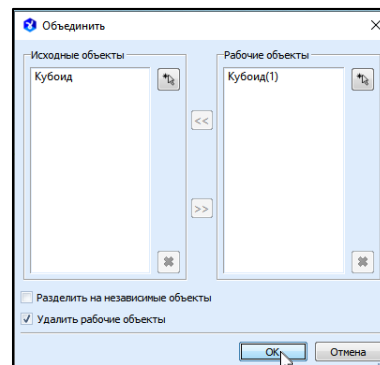
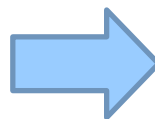
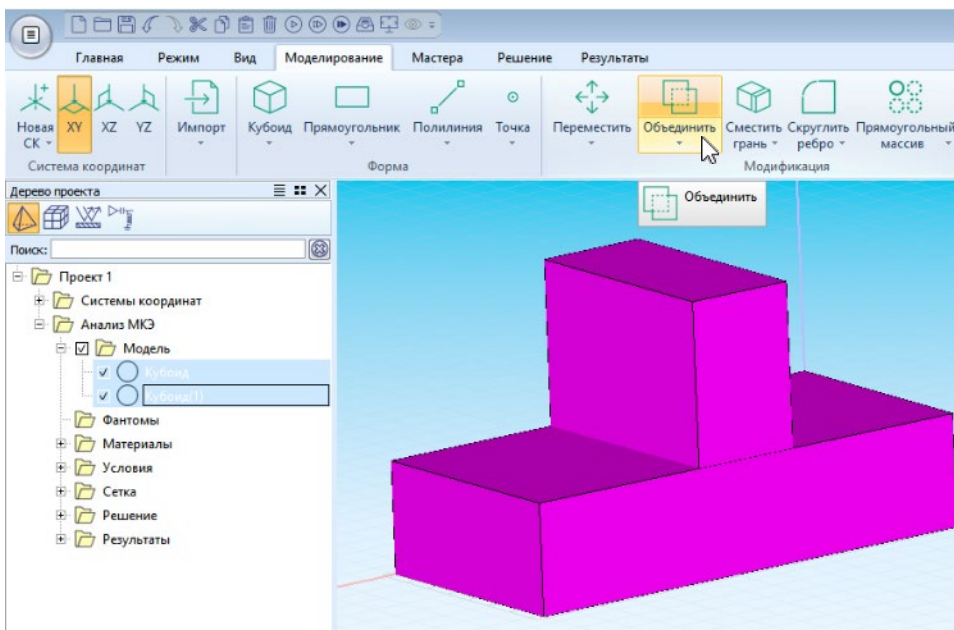
- 1) Во вкладке *Моделирование* > *Кубоид*.
- 2) На экране выберите точку {58; 0; 34} в качестве начальной точки кубоида.
- 3) На панели *Привязка* нажмите  для ручного ввода координат:
 - Введите координаты второй точки {34; 72; 0} и нажмите *Следующая Точка* или нажмите *Enter*.
 - Введите координаты третьей точки {0; 0; 50} и нажмите *Enter*.



II. Подготовка модели

3. Объедините два объекта в один:

- 1) Выделите объекты “Кубоид” и “Кубоид(1)”.
- 2) Во вкладке *Главная* > *Объединить*: нажмите *Enter* в открывшемся окне *Объединить*.



4. Сделайте полученный волноводный тройник прозрачным для лучшей визуализации его внутреннего объема:

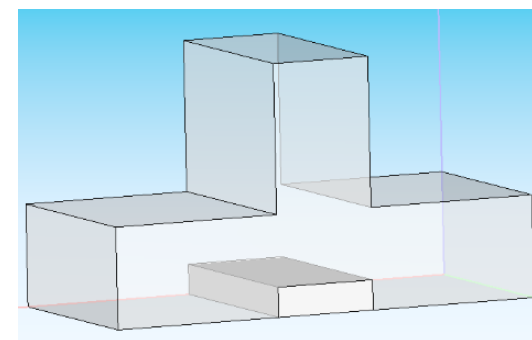
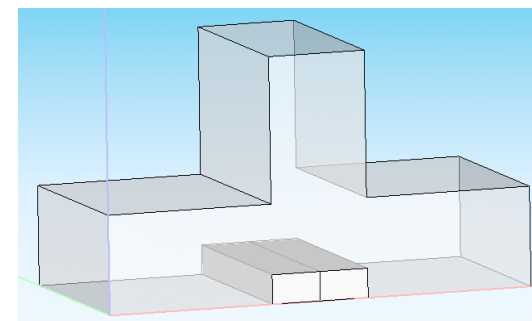
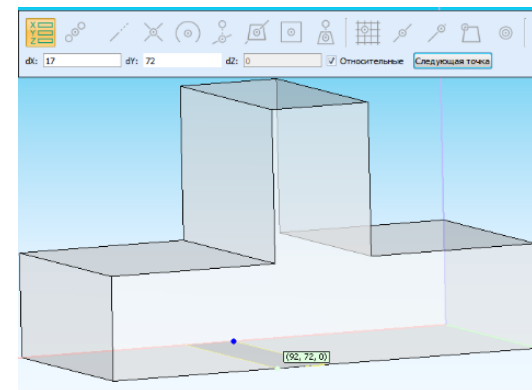
- 1) Выберите объект “Кубоид” > окно *Свойства* > двойной клик на свойстве *Прозрачность* и используя слайдер или вручную установите значение 60%.

Свойство	Значение
Цвет	Белый
Прозрачность	60
Включенное в анализ	☒
Материал	Неизвестный

II. Подготовка модели

❑ Создание вставки деления:

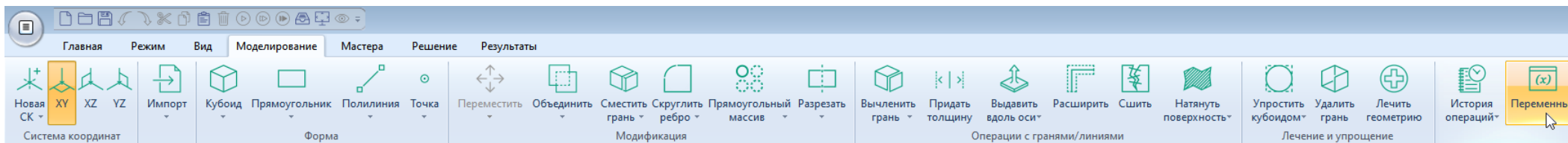
1. Создайте два кубоида (ширина = 72 мм, высота = 10 мм, длина = 17 мм):
 - 1) Во вкладке *Моделирование* > *Кубоид*.
 - 2) На экране выберите точку {75; 0; 0} в качестве начальной точки кубоида.
 - 3) На панели привязки нажмите  для ручного ввода координат:
 - Введите координаты второй точки {17; 72; 0} и нажмите *Следующая Точка* или нажмите *Enter*.
 - Введите координаты третьей точки {0; 0; 10} и нажмите *Enter*.
 - 4) Повторите пункты 1) – 3) для создания второго кубоида, в пункте 3) замените координаты второй точки на {-17; 72; 0}.
2. Объедините два объекта в один:
 - 1) Выделите объекты “Кубоид(1)” и “Кубоид(2)”.
 - 2) Во вкладке *Главная* > *Объединить*: нажмите *Enter* в открывшемся окне *Объединить*.



II. Подготовка модели

❑ Создание и назначение переменных:

1. Установите переменные модели во вкладке *Моделирование* > *Переменные*:



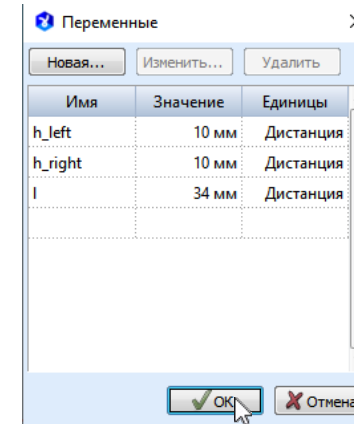
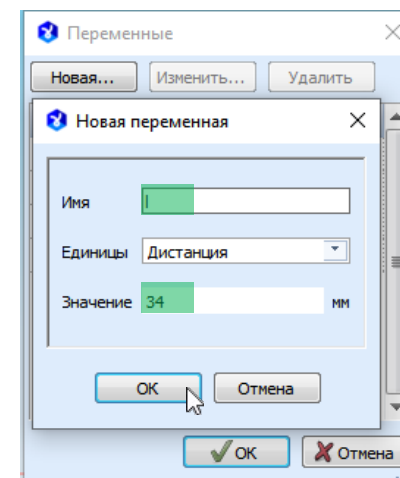
2. В окне *Переменные* > нажмите кнопку *Новая...*

3. В окне *Новая переменная* добавьте переменную длины вставки деления и нажмите *OK*:

- Имя: **I**;
- Единицы: **Дистанция** (по умолчанию);
- Значение: **34** мм.

4. Повторите процедуру для добавления переменной высоты вставки для левого плеча деления $h_{left} = 10$ мм и для правого плеча деления $h_{right} = 10$ мм.

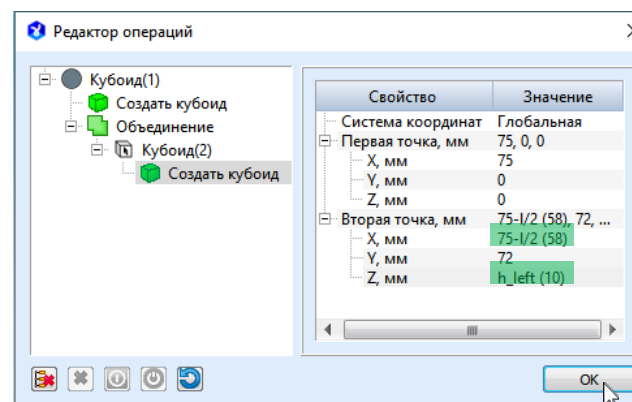
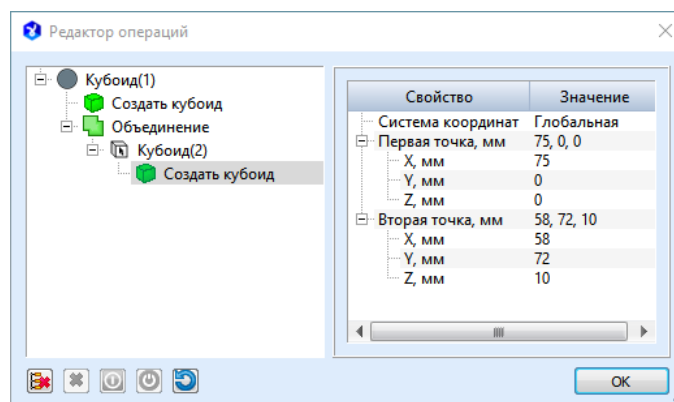
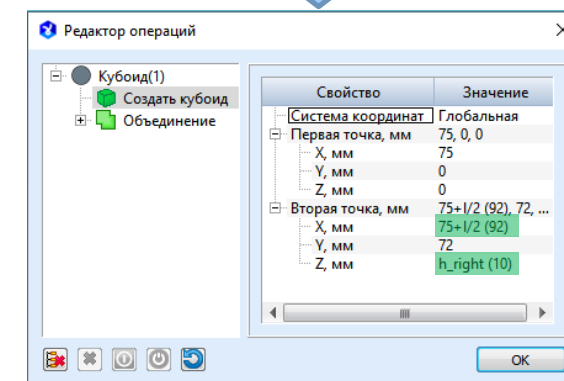
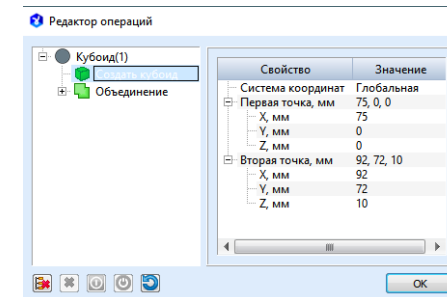
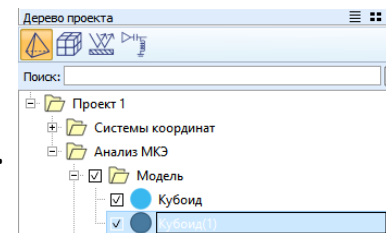
5. Нажмите *OK*, чтобы закрыть окно *Переменные*.



Для просмотра списка переменных
необходимо включить окно
Переменные во вкладке *Вид*

II. Подготовка модели

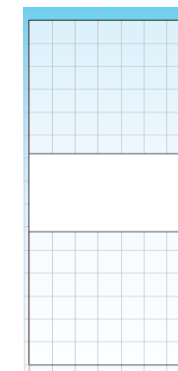
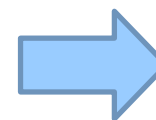
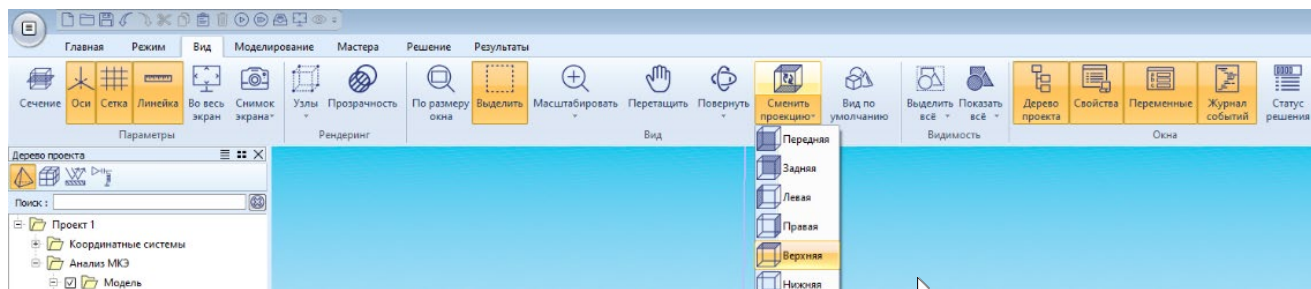
- Войдите в свойства объекта *Кубоид(1)* дважды кликнув по нему левой клавишей мыши в дереве проекта:
- В окне *Редактор операций* > нажмите на операцию *Создать кубоид*.
- В графе *Значение* > *Вторая точка* поменяйте значения координат *X* на $72+l/2$ (длина правой части вставки) и *Z* на *h_right* (высота правой части вставки).
- Раскройте полностью операцию *Объединение* > *Кубоид* > *Создать кубоид*.
- В графе *Значение* > *Вторая точка* поменяйте значения координат *X* на $72-l/2$ (длина левой части вставки) и *Z* на *h_right* (высота левой части вставки).
- Нажмите *ОК*, чтобы закрыть окно *Редактор операций*.



II. Подготовка модели

■ Назначение волноводных портов:

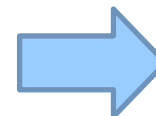
1. Поверните рупор раскрытом на себя: во вкладке *Вид* > всплывающий список *Сменить проекцию*: выбрать *Верхняя*.



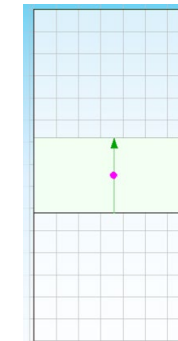
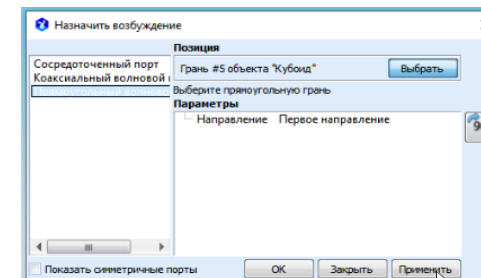
2. Во вкладке *Решение* > *Возбуждение*.

3. В окне *Назначить возбуждение*:

- 1) Выберите тип порта – *Прямоугольный Волноводный*.



- 2) Наведите курсор на прямоугольную плоскость в основании волноводного плеча (подсветиться фиолетовым), щелкните по ней левой клавишей мышки, нажмите *Применить* и закройте диалог.

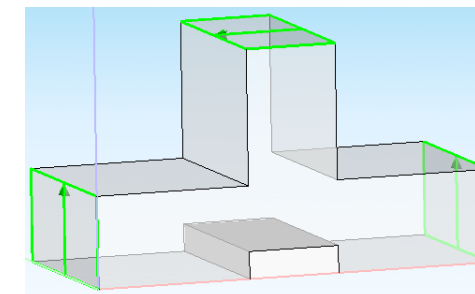
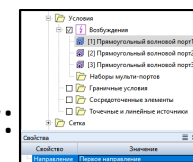


4. Повторите пункты 1) – 3) для назначения двух других портов, используя в пункте 1) соответствующие проекции *Передняя* и *Задняя*.

5. Созданные порты можно найти в папке *Условия* > *Возбуждение* в дереве проекта.



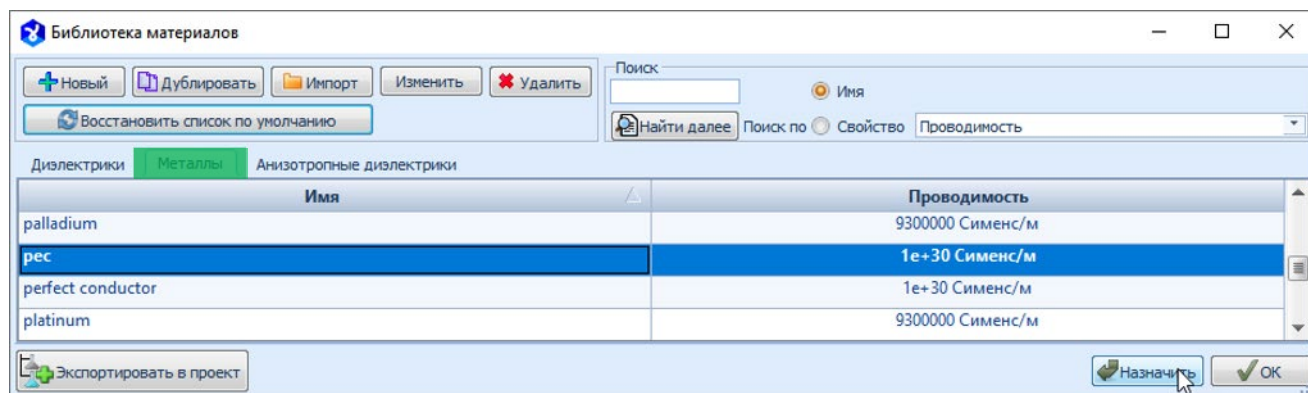
- Свойства выбранного порта доступны в его окне *Свойства*:



II. Подготовка модели

❑ Назначение материалов:

1. Нажмите правой кнопкой на объект “Кубоид(1)” в дереве проекта > *Назначить материал* > *Библиотека материалов*.
2. В окне *Библиотека материалов*:
 - Во вкладке *Металлы* найдите *pec* > выделите его > нажмите *Назначить* и закройте диалог:



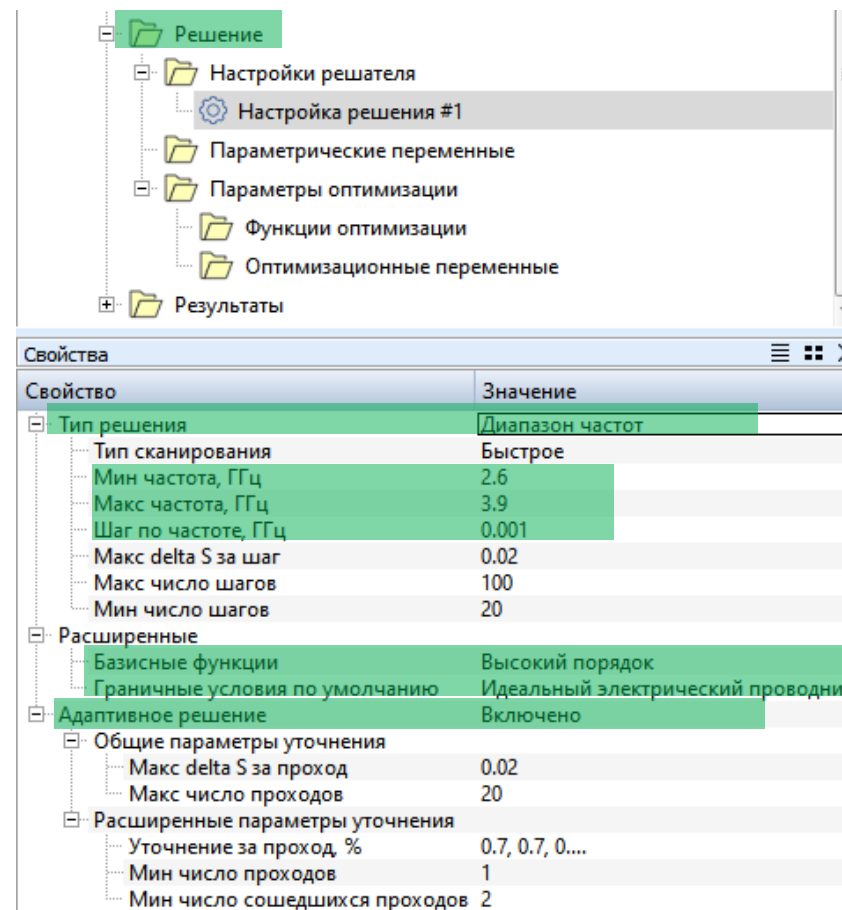
3. Нажмите правой кнопкой на объект “Кубоид” > *Назначить материал* > *Библиотека материалов*.
4. В окне *Библиотека материалов*:
 - Во вкладке *Диэлектрики* найдите *vasiuit* > выделите его > нажмите *Назначить* и закройте диалог.

II. Подготовка модели



❑ Установка параметров решения:

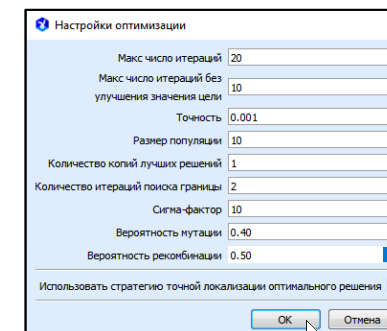
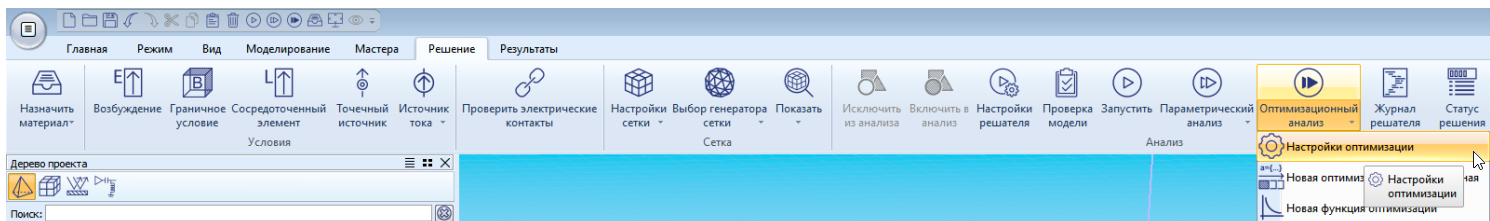
1. В дереве проекта > *Решение* > *Настройки решателя* > *Настройка решения #1*.
2. В окне *Свойства* измените значения следующих полей:
 - 1) *Тип решения*: **Диапазон частот**;
 - 2) *Макс частота* = **3,9 ГГц**;
 - 3) *Мин частота* = **2,6 ГГц**;
 - 4) *Шаг по частоте* = **0,001 ГГц**;
 - 5) *Базисные функции*: **Высокий порядок**;
 - 6) *Граничные условия*: **Идеальный электрический проводник**;
 - 7) *Адаптивное решение*: **Включено**;
 - 8) Для остальных параметров оставьте значения по умолчанию.



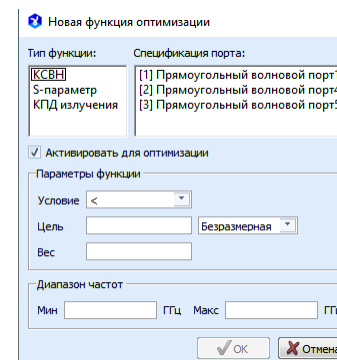
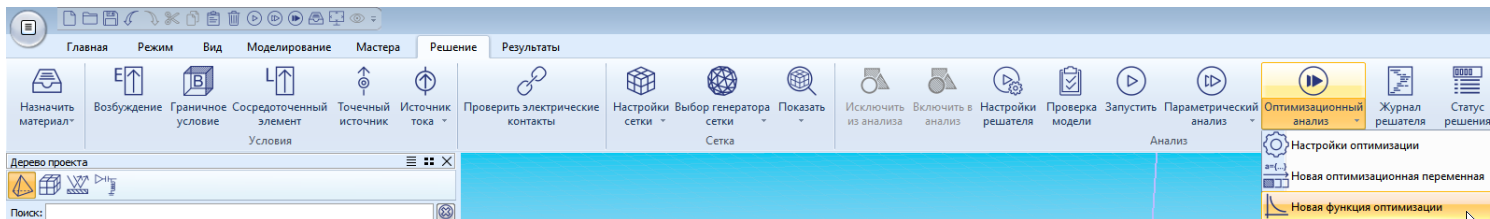
III. Оптимизационное решение

■ Установка параметров оптимизации:

1. Найдите настройки оптимизации во вкладке *Оптимизационный анализ* > *Настройки оптимизации* – используйте заданные по умолчанию.

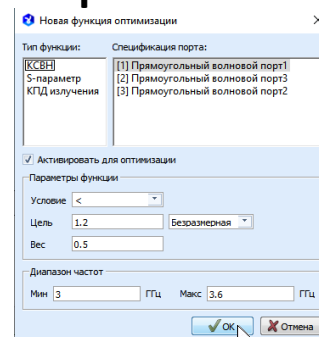


2. Задайте целевую функция оптимизации во вкладке *Оптимизационный анализ* > *Новая функция оптимизации*:



3. В окне *Новая функция оптимизации* выберите *Тип функции* – **КСВН** и *спецификацию порта* – **[1] Прямоугольный волноводный порт1**. Установите параметры функции и диапазон частот:

- 1) *Условие*: "<";
- 2) *Цель*: "1.25";
- 3) *Вес*: "0.5";
- 4) *Мин*: 3 ГГц, *Макс*: 3.6 ГГц;
- 5) Нажмите *ОК*.

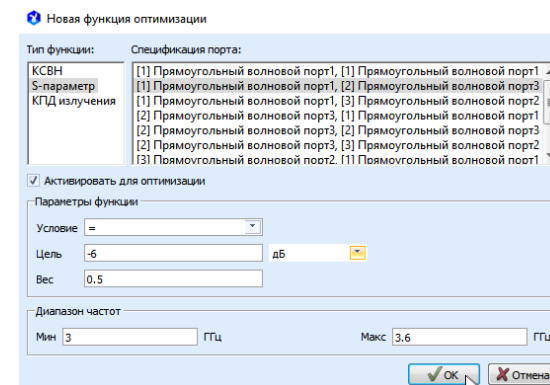


III. Оптимизационное решение

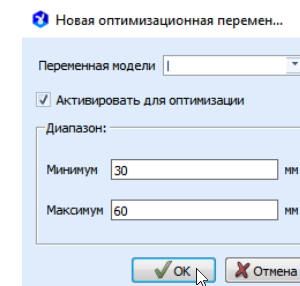
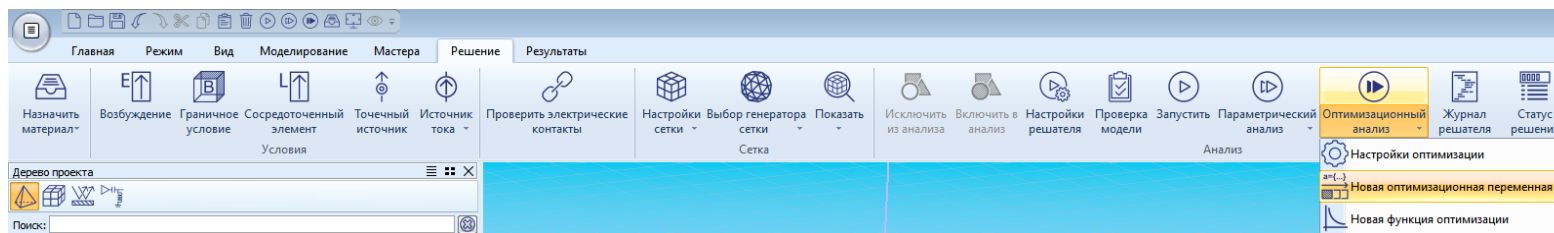
❑ Установка параметров оптимизации:

4. Задайте еще одну функцию оптимизации типа S-параметр со спецификацией порта – “[1]...[2]...” и параметрами:

- 1) Условие: “=”;
- 2) Цель: “-6” “дБ”;
- 3) Вес: “0.5”;
- 4) Мин: 3 ГГц, Макс: 3.6 ГГц;
- 5) Нажмите OK.



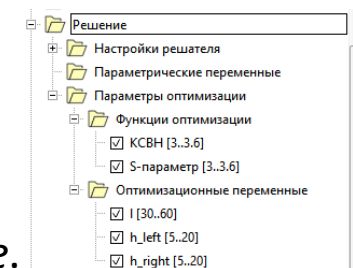
5. Задайте переменную оптимизации во вкладке *Оптимизационный анализ* > *Новая оптимизационная переменная*:



6. В окне *Новая оптимизационная переменная* выберите переменную модели – l и укажите диапазон: **Минимум = 30** мм, **Максимум = 60** мм. Нажмите OK.

7. Аналогичным образом задайте переменные оптимизации h_left (минимум = 5, максимум = 20) и h_right (минимум = 5, максимум = 20).

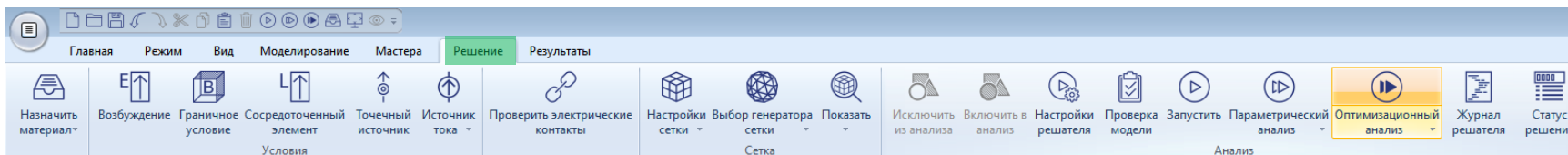
8. Заданные функции и переменные оптимизации можно найти в дереве проекта в папке: *Решения* > *Параметры оптимизации* > *Функции оптимизации* / *Оптимизационные переменные*.



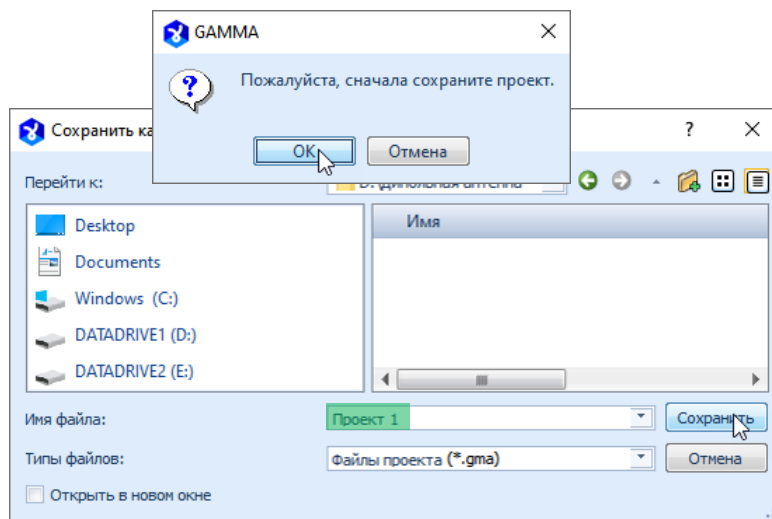
III. Оптимизационное решение

❑ Запуск расчета:

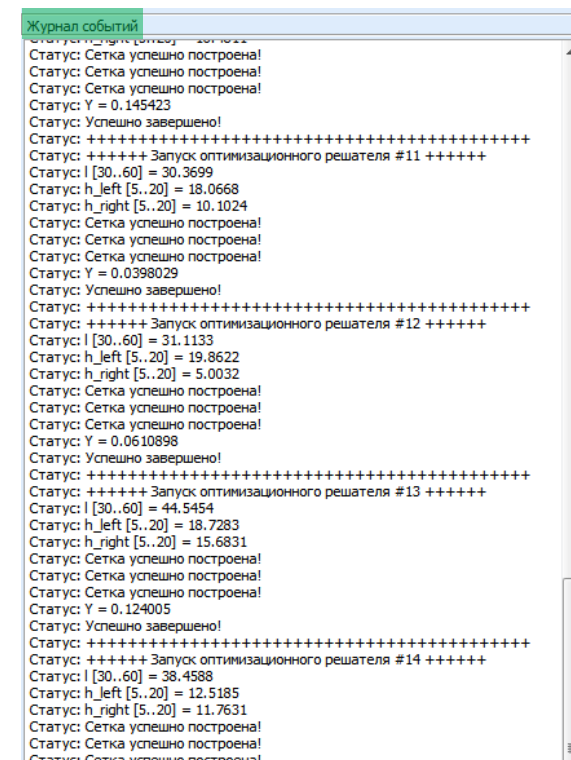
1. Во вкладке *Решение* запустите *Оптимизационный анализ*.



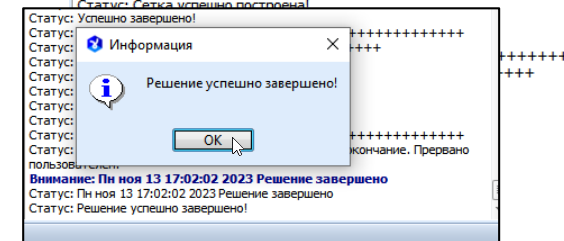
2. В появившемся окне необходимо согласиться сохранить проект: нажмите *ОК*, далее выберите расположение на жестком диске, введите имя файла и нажмите *Сохранить*:



3. Статус оптимизационного решения можно контролировать в автоматически открывающемся окне *Журнал событий*. Процесс сходимости на каждом шаге оптимизации доступен во вкладке *Журнала Решателя > Адаптация*:



Шаг	Delta S	Тетраздров	Статус
1 0		419	
2 1	0.0123316	492	Сошлось
3 2	0.0129432	629	Сошлось

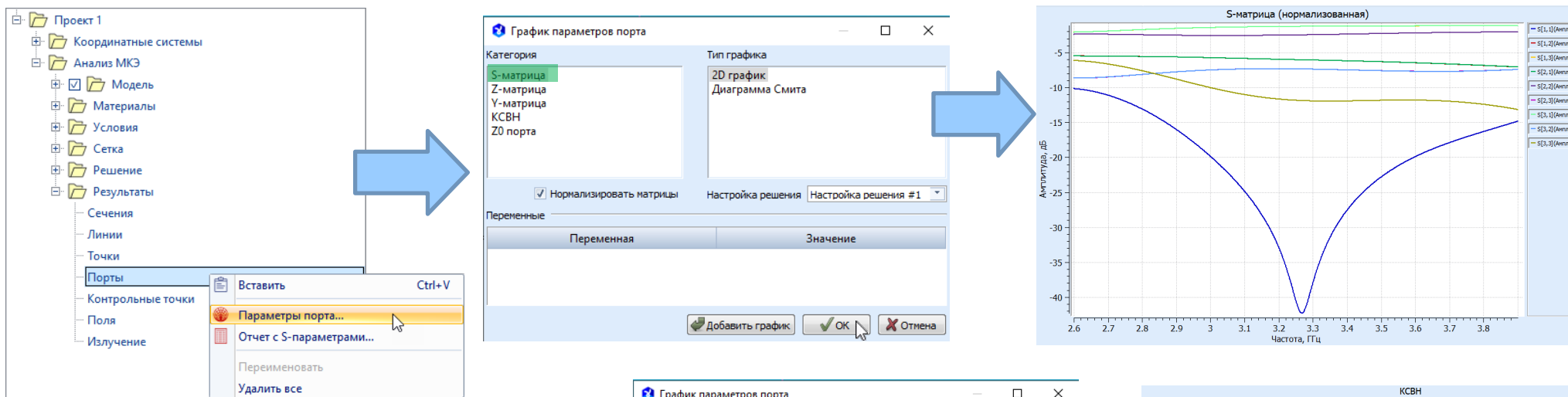


IV. Результаты

❑ После завершения расчета результаты доступны в папке *Результаты* в дереве проекта:

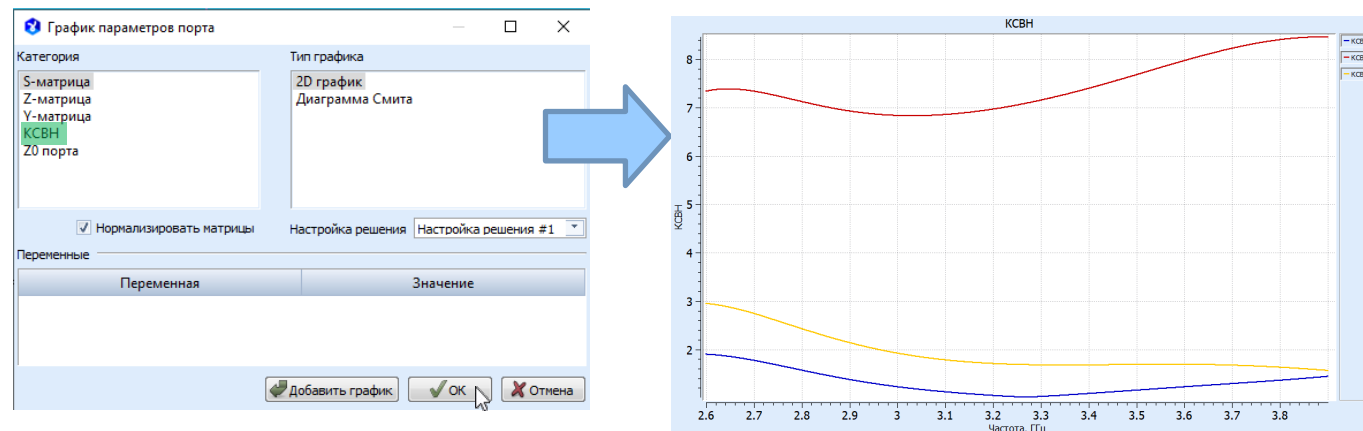
Для построения графика S-параметров:

1. В папке *Результаты* > нажмите правой кнопкой на *Порты* > *Параметры порта...*
2. В окне *График параметров портов* > выберите *S-матрица* и нажмите *OK*:



3. Аналогично постройте график КСВН:

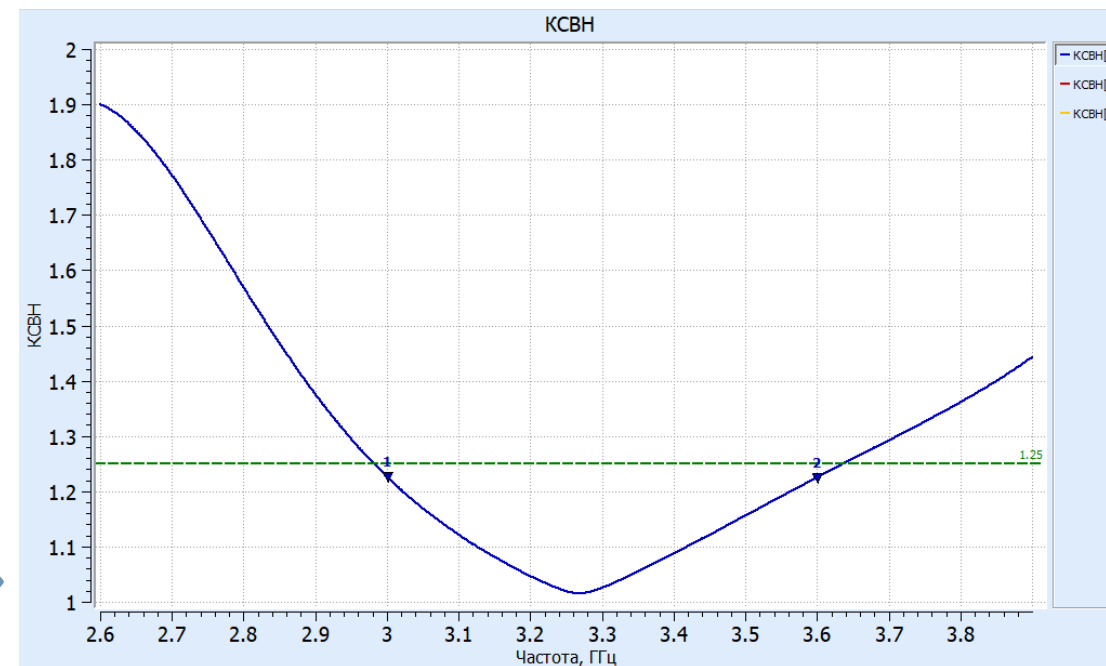
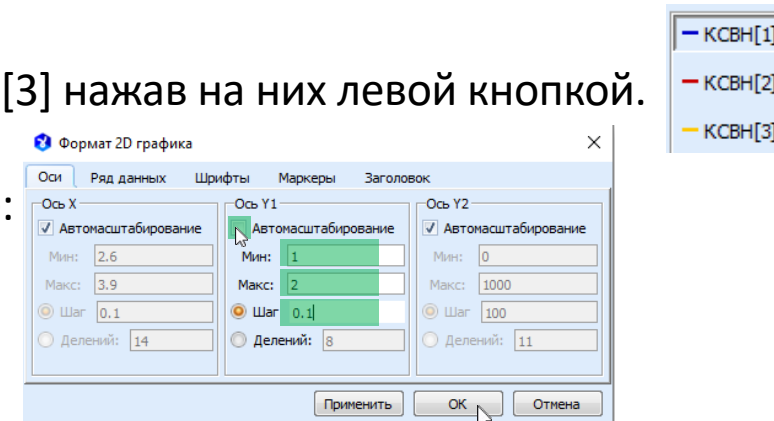
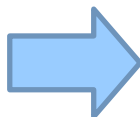
Ввиду особенности генетического метода оптимизации (начальная популяция генерируется случайным образом) результат решения может иметь небольшие отличия в серии повторных расчетов



IV. Результаты

❑ Анализ результатов для графика КСВН:

1. В верхнем правом углу графика КСВН скройте кривые КСВН[2] и КСВН[3] нажав на них левой кнопкой.
2. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Формат*.
3. В открывшемся окне *Формат 2D графика* снимите галочку в разделе: *Ось Y1* > *Автомасштабирование*.
4. Установите значения *Мин: 1, Макс: 2, Шаг: 0.1*.
5. Нажмите *OK*.
6. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Слежение*:
 - 1) Курсором в виде перекрестия найдите точку 3.0 ГГц на графике и с помощью кнопки *Добавить маркер* добавьте маркер.
 - 2) Аналогично добавьте маркер для точки 3.6 ГГц.
7. Закройте окно *Слежение по 2D графику*.
8. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Добавить маркер уровня*:
 - 1) В появившемся окне *Добавить уровень* установите *Значение*, равное **1.2**. Нажмите *OK*.
 - 2) Сравните результат оптимизации КСВН со значением уровня 1.2 в полосе 3.0÷3.6 ГГц (в соответствии с функцией оптимизации).



IV. Результаты

■ Анализ результатов для графика КСВН:

1. В верхнем правом углу графика S-матрица скройте все кривые, кроме S21.

2. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Формат*.

3. В открывшемся окне *Формат 2D графика* снимите галочку в разделе: *Ось Y1* > *Автомасштабирование*.

4. Установите значения *Мин: -8, Макс: -4, Шаг: 0.5*.

5. Нажмите *OK*.

6. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Слежение*:

1) Курсором в виде перекрестия найдите точку 3.0 ГГц на графике и с помощью кнопки *Добавить маркер* добавьте маркер.

2) Аналогично добавьте маркер для точки 3.6 ГГц.

7. Нажмите правой кнопкой в поле графика > *Добавить маркер уровня*:

1) В появившемся окне *Добавить уровень* установить *Значение*, равное *-6*.

2) Нажмите *OK*.

3) Сравните результат оптимизации S21 со значением уровня -6 дБ в полосе 3.0÷3.6 ГГц (в соответствии с функцией оптимизации).

