



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Учебный пример ГАММА

Печатная плата радиочастотного усилителя



- I. Введение**
- II. Подготовка модели**
- III. Настройка решения**
- IV. Анализ**
- V. Результаты**

Модель:

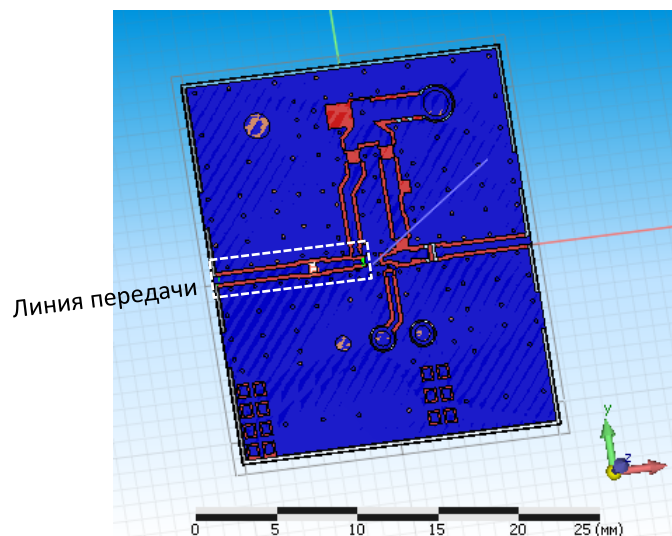
- Исходный файл ODB++ печатной платы радиочастотного усилителя.

Задача:

- Импортировать геометрию печатной платы радиочастотного усилителя из файла ODB++.
- Выполнить расчет линии передачи, образованной цепями N6187960 и N6187964, в диапазоне частот от 50 до 400 МГц.

Цель:

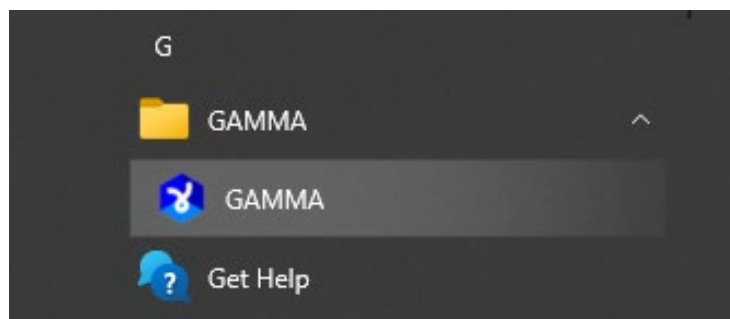
- Определить согласование и вносимые потери линии передачи в рабочем диапазоне частот.



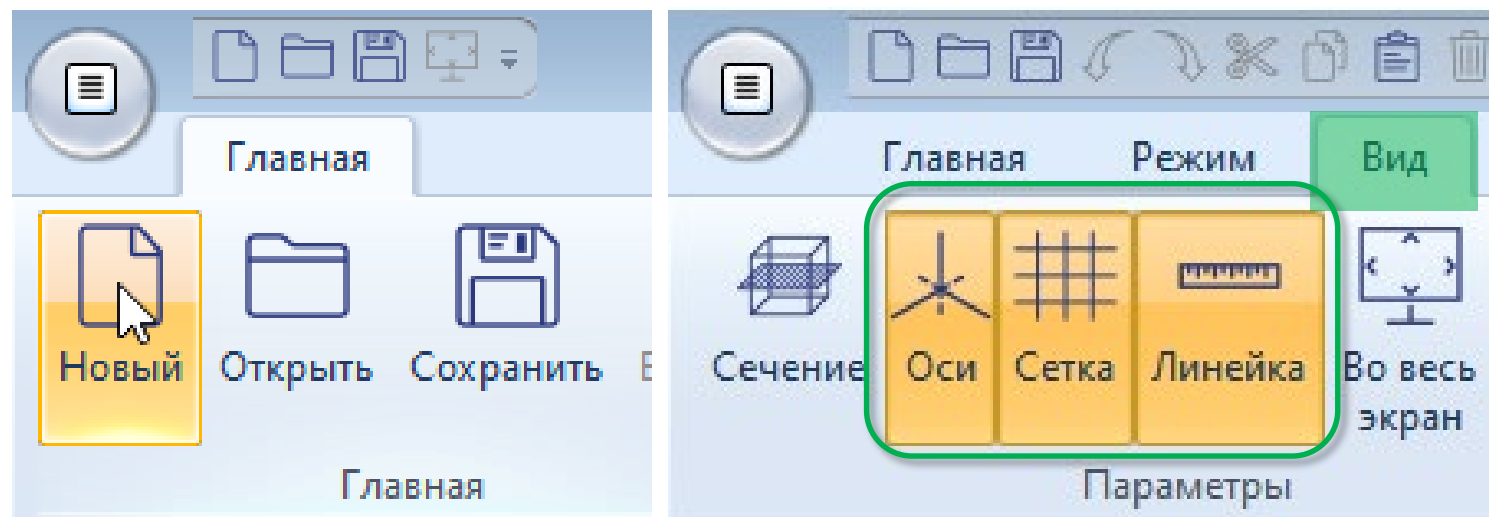
Модель данного устройства рассчитывается с помощью следующих функции GAMMA:

- **Назначение возбуждения:**
 - Прямоугольный сосредоточенный порт,
 - сосредоточенный элемент.
- **Библиотека материалов:**
 - copper;
 - FR-370HR.
- **Настройки генератора сетки.**
- **Настройки расчета.**
- **Решение задачи с применением метода конечных элементов.**
- **Результаты:**
 - График S-параметров.

II. Подготовка модели



Стартовое меню

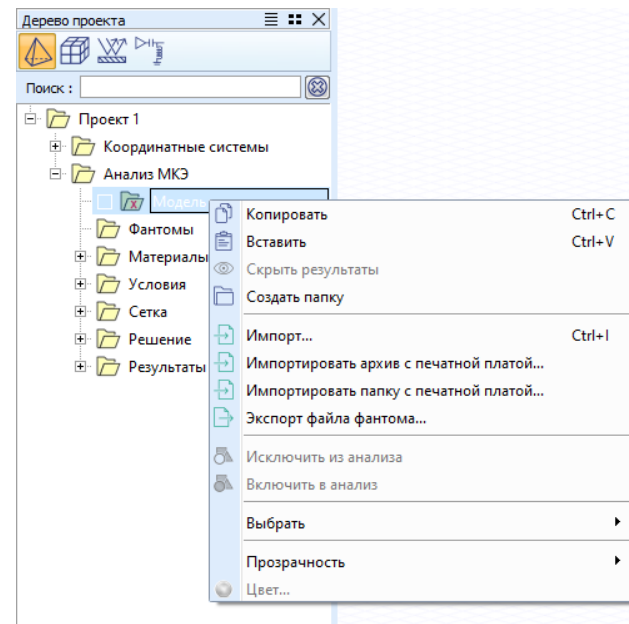
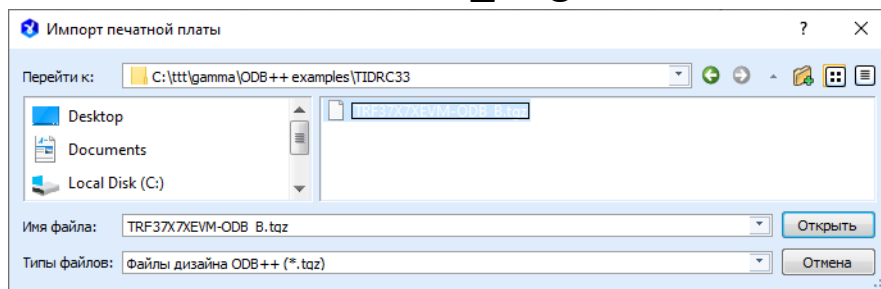


1. В стартовом меню или на рабочем столе найти и запустить **ГAMMA**: меню **Пуск** > **SEVSU** > **ГAMMA**.
2. Создать новый проект.
3. Для удобства моделирования в меню **Вид** включить режимы **Оси**, **Сетка** и **Линейка**.

II. Подготовка модели

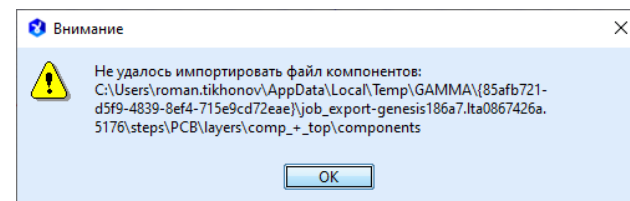
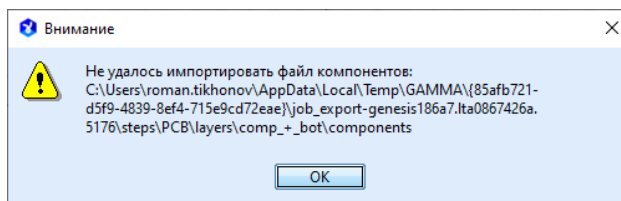
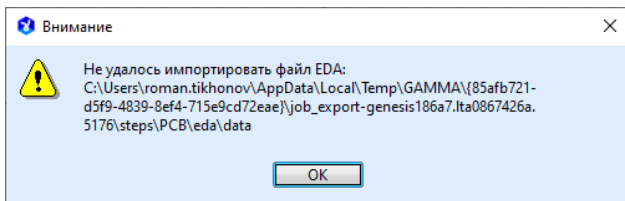
❑ Импорт геометрии печатной платы радиочастотного усилителя из файла ODB++:

1. В дереве проекта нажмите правой кнопкой на папке **Модель** > **Импортировать архив с печатной платой...**:
2. В появившемся окне **Импорт печатной платы** необходимо выбрать поставляемый архив TRF37X7XEVN-ODB_B.tgz и нажать **Открыть**:



1. Начнется импорт геометрии печатной платы.

- В общем случае в ходе импорта могут возникать различные уведомления в зависимости от данных в исходном архиве. В частности, на примере TRF37X7XEVN-ODB_B.tgz возникают уведомления о невозможности импорта файла EDA и компонентов верхнего и нижнего слоев ввиду отсутствия этих данных:

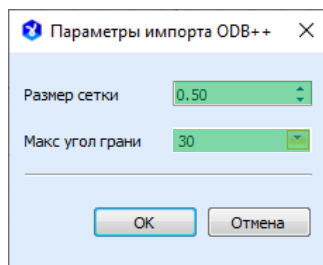


- Время импорта зависит от сложности печатной платы, и может занять существенной время (десятки минут) для сложных проектов.

II. Подготовка модели

❑ Импорт геометрии печатной платы радиочастотного усилителя из файла ODB++:

4. На очередном этапе импорта в появившемся окне **Параметры импорта ODB++** в поле **Размер сетки** введите 0,5, а в поле **Макс угол грани** выберите значение 30 и нажмите **OK**:

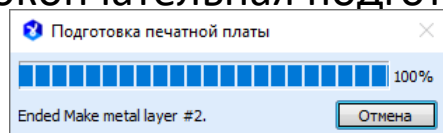


Оба параметра **Размер сетки** и **Макс угол грани** задают качество аппроксимации для криволинейных форм (круги, дуги и т.д.). Применяется параметр, обеспечивающий наилучшее качество аппроксимации.

Например, пара параметров 0,5 мм и 30 град для круга радиусом 3 мм обеспечивают, с одной стороны аппроксимацию $360/30 = 12$ -угольником с длиной стороны (ребра) $\sim 1,55$ мм. С другой стороны, **Размер сетки** (ребра) 0,5 мм соответствует аппроксимации 38-угольником. Таким образом, для кругов (например, круглых контактных площадок) радиусом 3 мм применится параметр **Размер сетки** 0,5 мм.

Качество аппроксимации геометрии косвенным образом повлияет на будущую конечно-элементную сетку, поэтому не рекомендуется устанавливать высокое качество, если это не требуется.

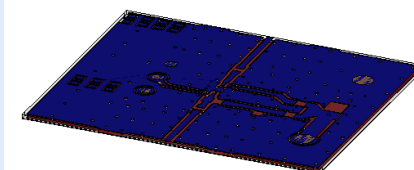
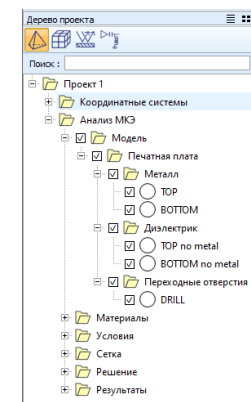
5. Начнется окончательная подготовка геометрии печатной платы:



Время импорта зависит от сложности печатной платы, и может занять существенной время (десятки минут) для сложных проектов.

6. По завершении импорта появляется папка **Печатная плата** в дереве проекта внутри папки **Модель**. Геометрия печатной платы структурирована следующим образом:

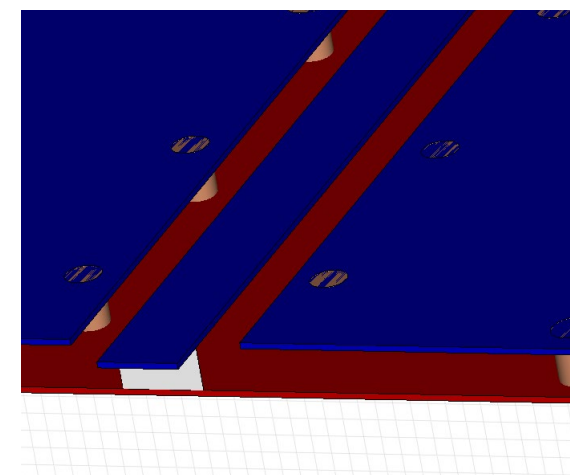
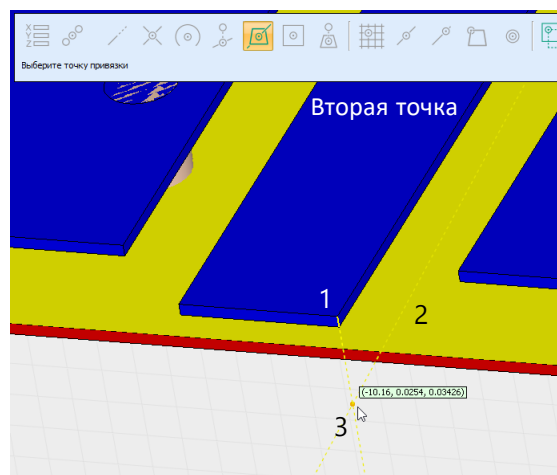
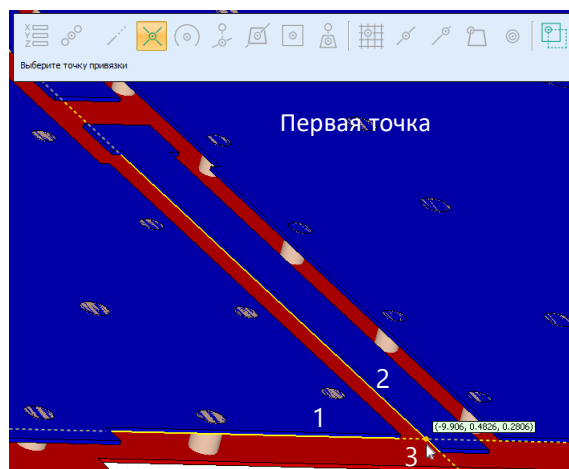
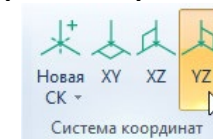
- внутри папки **Печатная плата/Металл** находятся сигнальные слои,
- внутри папки **Печатная плата/Диэлектрик** находятся диэлектрические слои,
- внутри папки **Печатная плата/Переходные отверстия** находятся слои переходных отверстий.



II. Подготовка модели

❑ Добавление сосредоточенных портов:

1. Снимите выделение с объектов **“TOP no metal”** и **“BOTTOM no metal”** в дереве проекта, чтобы скрыть их.
2. Нарисуйте прямоугольник для сосредоточенного порта №1:
 - 1) Во вкладке **Моделирование** > переключитесь на рабочую плоскость YZ :
 - 2) Во вкладке **Моделирование** > **Прямоугольник**.
 - 3) На панели Привязка нажмите  для привязке к пересечению ребер.
 - 4) Привяжитесь к первой точке прямоугольника, как показано ниже:
 - 5) На панели Привязка нажмите  для привязке к пересечению ребра и грани.
 - 6) Привяжитесь ко второй точке прямоугольника, как показано ниже:
 - 7) Появится прямоугольник, как показано ниже:

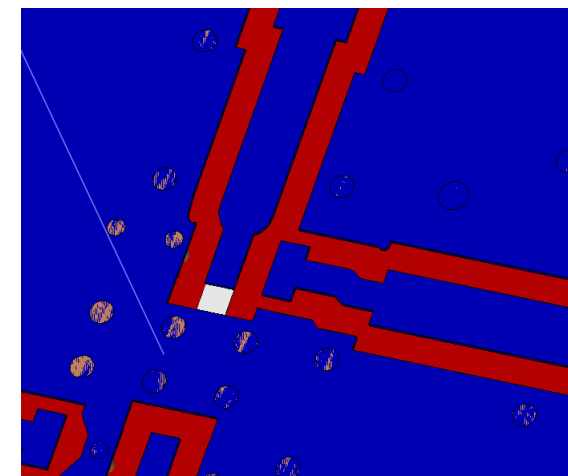
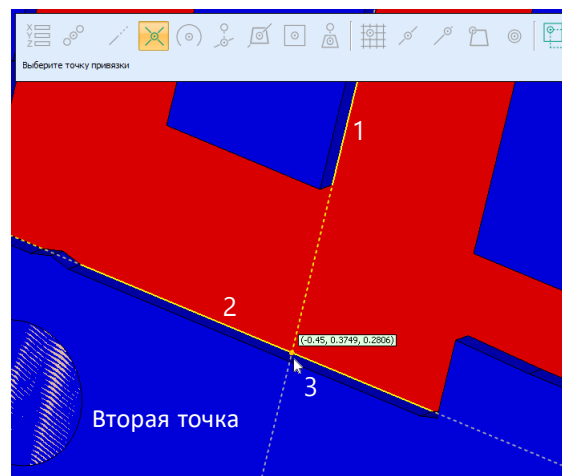
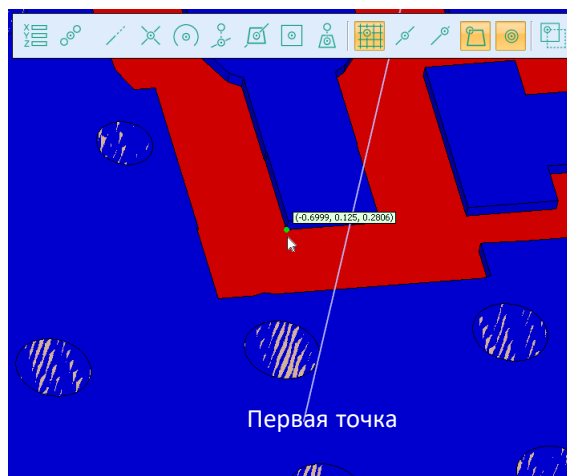
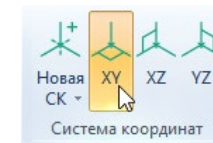


II. Подготовка модели

❑ Добавление сосредоточенных портов:

3. Нарисуйте прямоугольник для сосредоточенного порта №2:

- 1) Во вкладке **Моделирование** > переключитесь на рабочую плоскость XY:
- 2) Во вкладке **Моделирование** > **Прямоугольник**.
- 3) Привяжитесь к первой точке прямоугольника, как показано ниже:
- 4) На панели Привязка нажмите  для привязке к пересечению ребер.
- 5) Привяжитесь ко второй точке прямоугольника, как показано ниже:
- 6) Появится прямоугольник, как показано ниже:

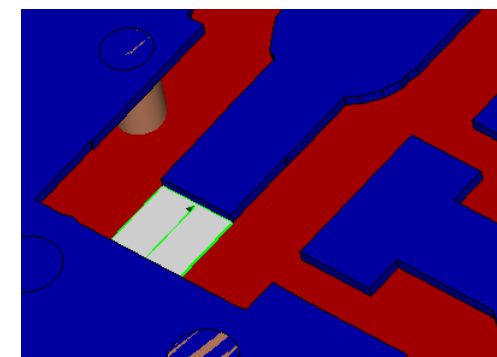
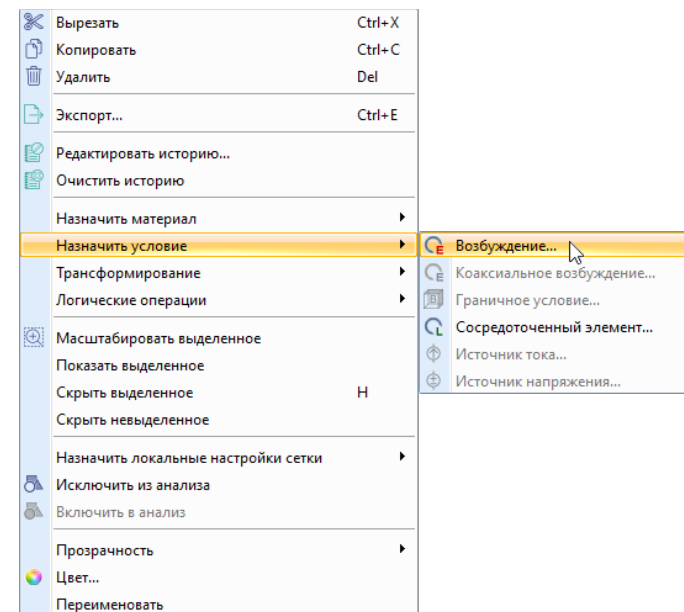
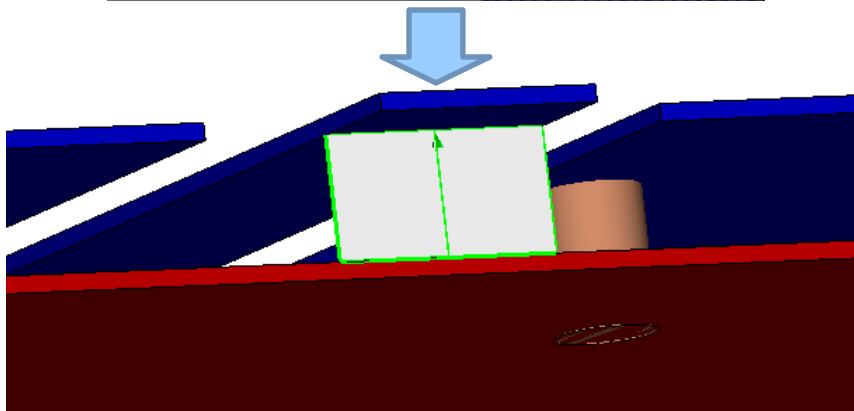
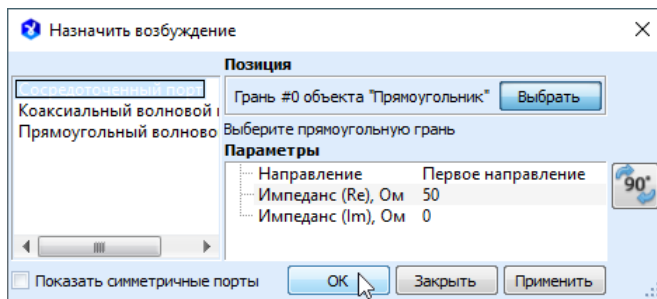


II. Подготовка модели

❑ Добавление сосредоточенных портов:

4. Назначьте сосредоточенные порты:

- 1) Выберите прямоугольник порта №1 (Прямоугольник).
- 2) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Возбуждение...**
- 3) В окне **Назначить возбуждение** нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси Y и нажмите **OK**:

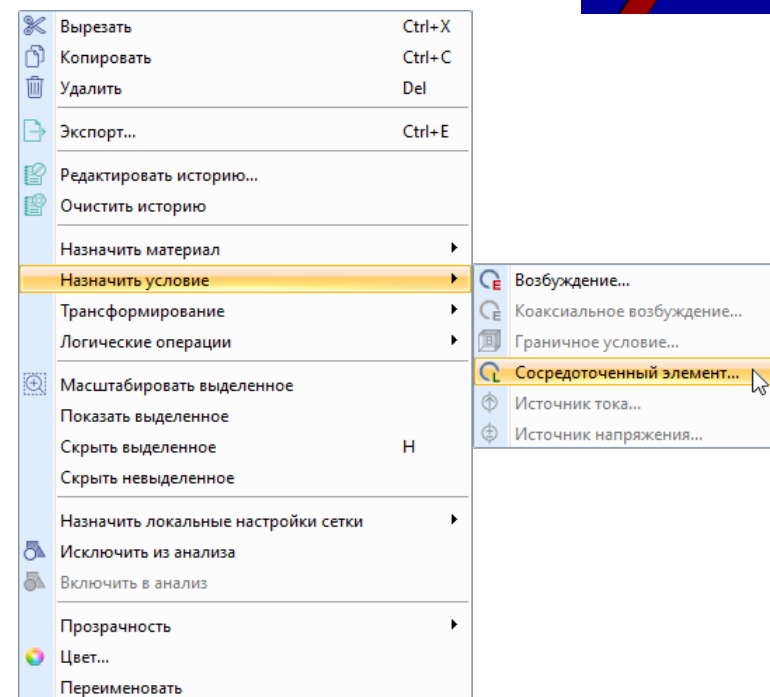
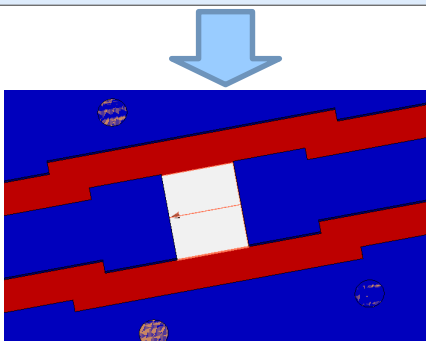
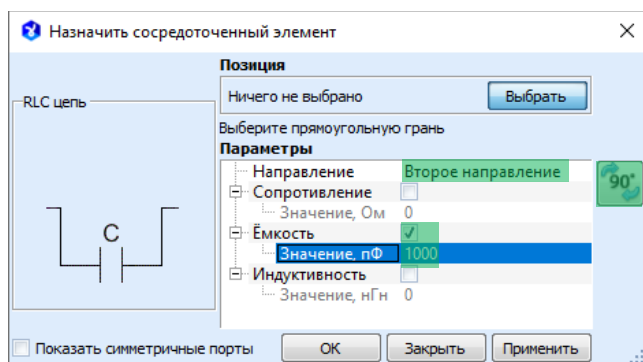
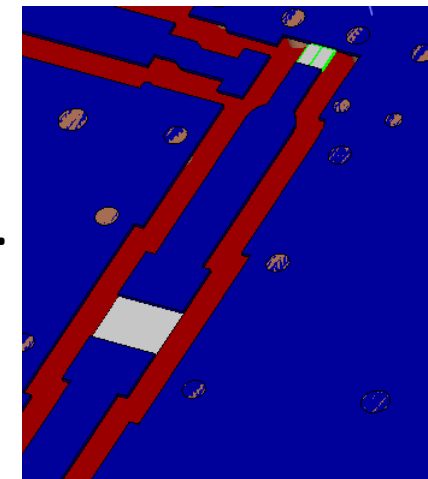


- 4) Повторите назначение сосредоточенного порта на прямоугольник порта №2 (Прямоугольник(1)), задав направление возбуждающего поля вдоль оси X:

II. Подготовка модели

❑ Добавление разделительного конденсатора:

1. В разрыве линии передачи нарисуйте прямоугольник для сосредоточенного конденсатора:
2. Назначьте сосредоточенный элемент:
 - 1) Выберите прямоугольник конденсатора (Прямоугольник(2)).
 - 2) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Сосредоточенный элемент...**
 - 3) В окне **Назначить сосредоточенный элемент** нажмите на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси X.
 - 4) Активируйте тип элемента **Ёмкость**, введите значение емкости 1000 пФ и нажмите **ОК**:



II. Подготовка модели

❑ Назначение материала **FR-370HR** ($\epsilon_r = 4,04$, $\text{tg}\delta = 0,021$) на диэлектрические слои:

1. Удерживая Ctrl, последовательно выделите объекты “TOP no metal” и “BOTTOM no metal” в дереве проекта > нажмите правой кнопкой на любом из этих 2 объектов > **Назначить материал > Библиотека материалов...**
2. В окне **Библиотека материалов**:
 - 1) Во вкладке **Диэлектрики** нажмите Новый.
 - 2) В появившемся окне **Свойства материала** заполните таблицу как показано ниже и нажмите **ОК**:
 - 3) Нажмите **Назначить** и затем **ОК**:

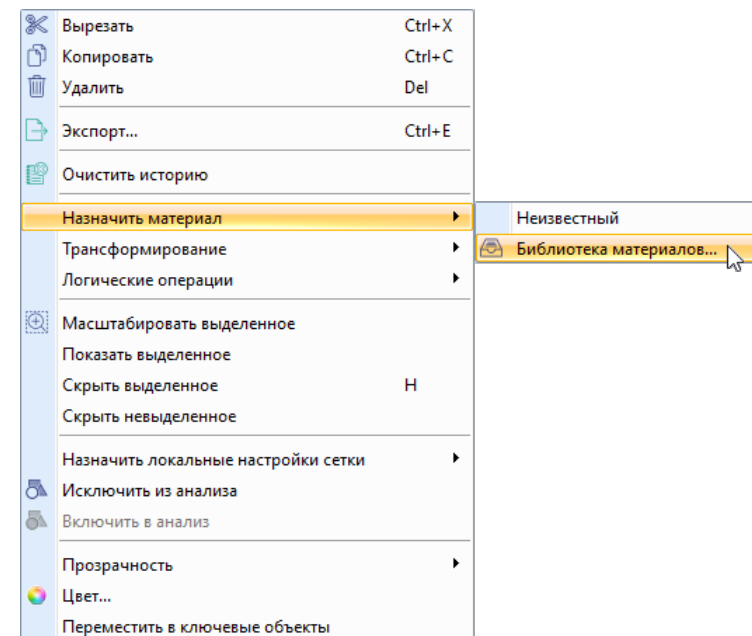
Библиотека материалов

Новый Дублировать Импорт Изменить Удалить Поиск

Восстановить список по умолчанию Найти далее Поиск по Свойство Относительная диэлектрическая проницаемость

Имя	Относительная диэлектрическая проницаемость	Относительная магнитная проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	Тангенс угла магнитных потерь	Проводимость [См/м]
air	1.0006	1	0	0	0
Al2_O3_ceramic	9.8	1	0	0	0
Al_N	8.8	1	0	0	0
alumina_92pct	9.2	1	0.008	0	0
alumina_96pct	9.4	1	0.006	0	0
Arlon 25FR (tm)	3.43	1	0.0035	0	0
Arlon 25N (tm)	3.28	1	0.0024	0	0
Arlon AD 250 (tm)	2.5	1	0.003	0	0
Arlon AD 270 (tm)	2.7	1	0.003	0	0
Arlon AD 295 (tm)	2.95	1	0.003	0	0
Arlon AD 300 (tm)	3	1	0.003	0	0
Arlon AD 320 (tm)	3.2	1	0.003	0	0
Arlon AD 360 (tm)	3.6	1	0.003	0	0
Arlon AR 1000 (tm)	10	1	0.0035	0	0
Arlon AR 350 (tm)	3.5	1	0.026	0	0
Arlon AR 450 (tm)	4.5	1	0.0026	0	0

Экспортировать в проект Назначить ОК



Свойства материала

Параметр	Значение
Имя	FR-370HR
Относительная диэлектрическая проницаемость	4.04
Относительная магнитная проницаемость	1
Тангенс угла диэлектрических потерь	0.021
Тангенс угла магнитных потерь	0
Проводимость [См/м]	0

Ок Отмена

II. Подготовка модели

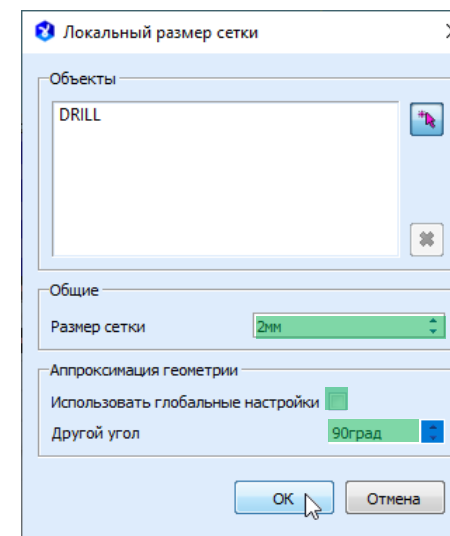
- ❑ Назначение материала *copper* на сигнальные слои и слой переходных отверстий:
 1. Удерживая Ctrl, последовательно выделите объекты “TOP”, “BOTTOM” и “DRILL” в дереве проекта > нажмите правой кнопкой на любом из этих 3 объектов > **Назначить материал** > **Библиотека материалов...**
 2. В окне **Библиотека материалов**:
 - Во вкладке **Металлы** найдите **copper** > выделите его > нажмите **Назначить** и затем **ОК**.

II. Подготовка модели

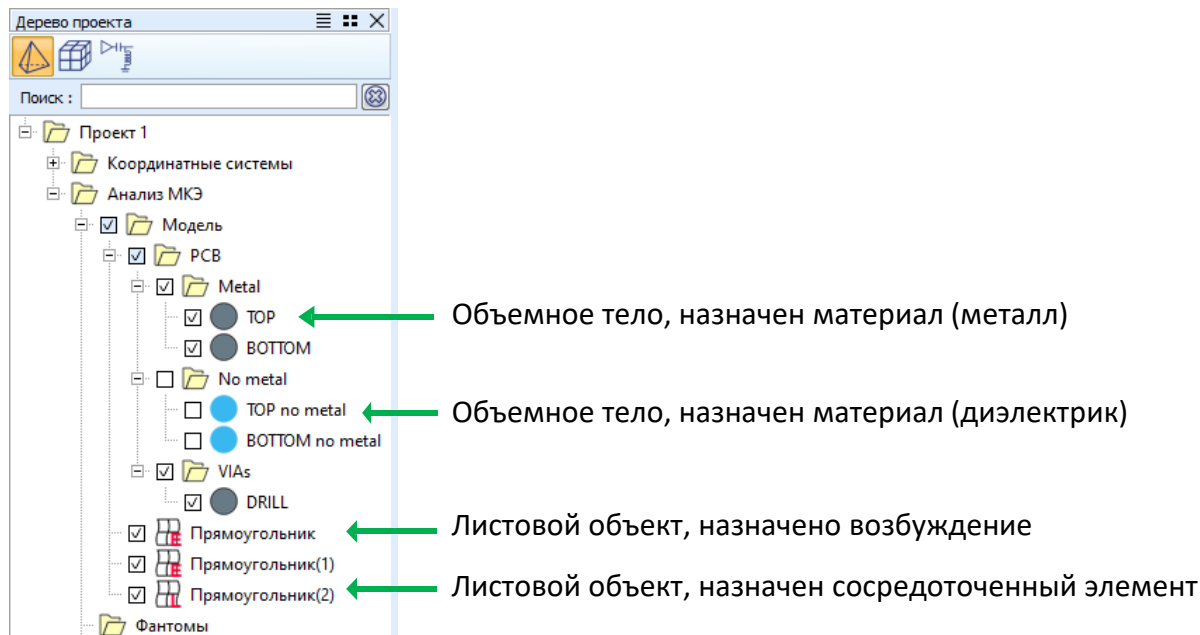
Печатные платы, как правило, имеют большое количество переходных отверстий. Настройки генератора сетки по умолчанию приводят к тому, что общая сетка сцены получается очень большой именно за счет сильного сгущения в области переходных отверстий. За редким исключением точная сетка на переходных отверстиях не требуется. Поэтому для печатных плат рекомендуется задать грубую локальную настройку сетки для переходных отверстий.

❑ Назначение локальной настройки сетки на слой переходных отверстий:

1. Нажмите правой кнопкой на объекте “DRILL” в дереве проекта > **Назначить локальные настройки сетки** > **Новые локальные настройки сетки...**
2. В окне **Локальный размер сетки**:
 - 1) В поле **Размер сетки** введите 2 мм.
 - 2) Деактивируйте **Использовать глобальные настройки**.
 - 3) В поле **Другой угол** введите 90 град и нажмите **ОК**:

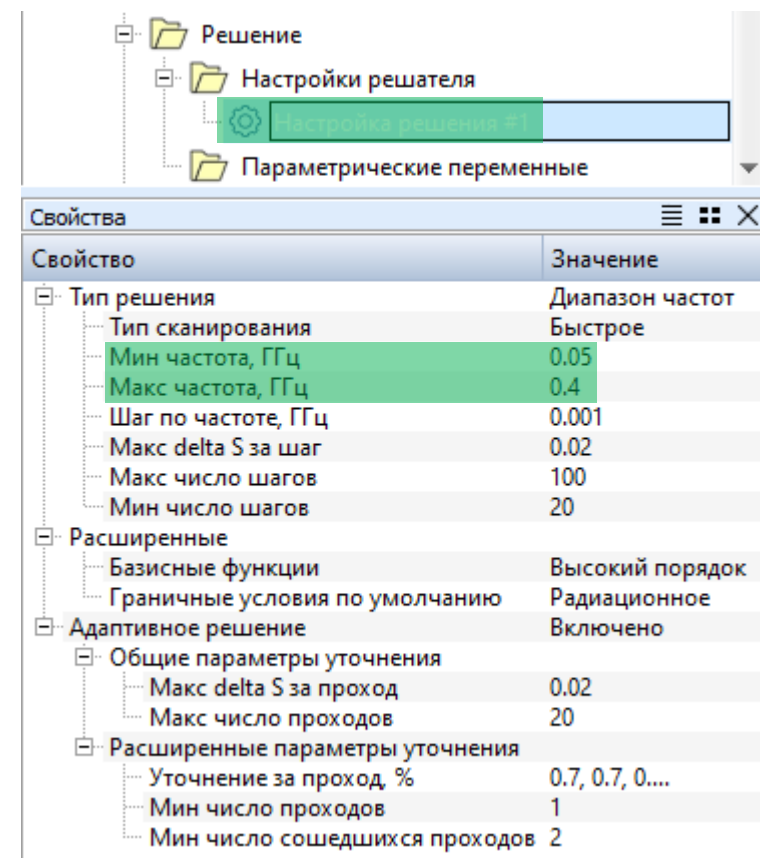


III. Настройка решения



❑ Установка параметров решения:

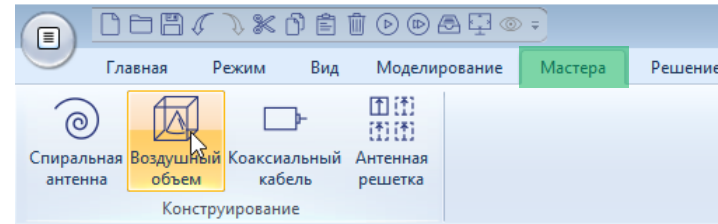
1. В дереве проекта > **Решение** > **Настройки решателя** > **Настройка решения #1**.
2. В окне **Свойства** измените значения следующих полей:
 - 1) Мин частота = 0,05 ГГц;
 - 2) Макс частота = 0,4 ГГц;
 - 3) Для остальных параметров оставьте значения по умолчанию.



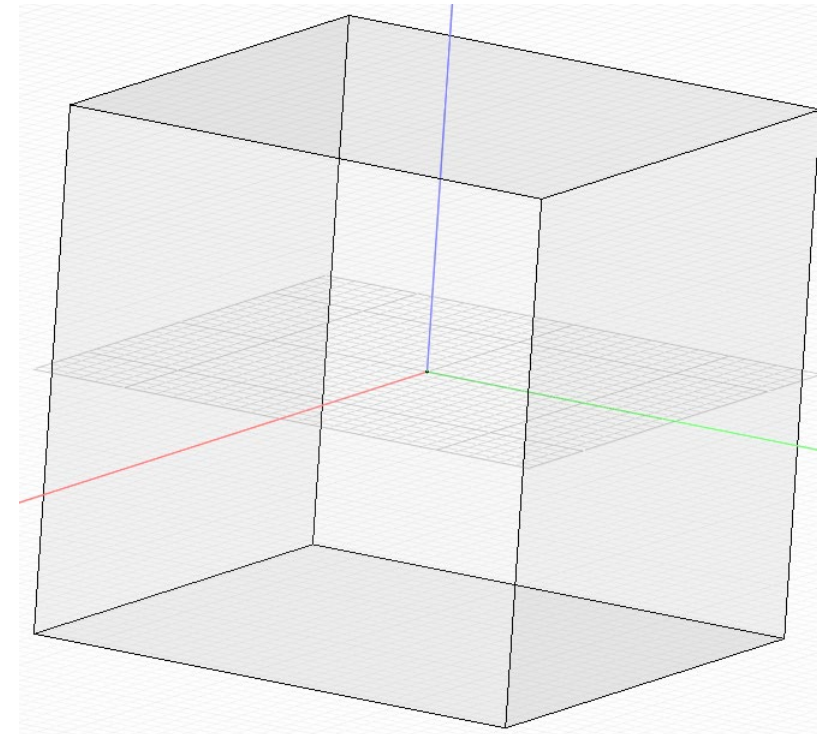
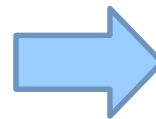
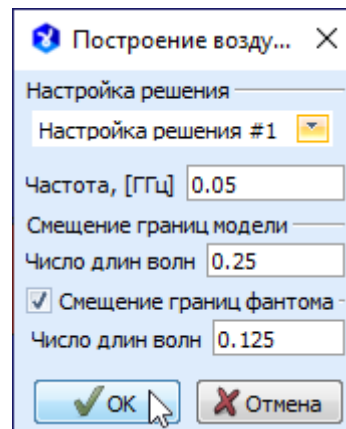
III. Настройка решения

❑ Для создания воздушного объема:

1. Вкладка *Мастера* > *Воздушный объем*.



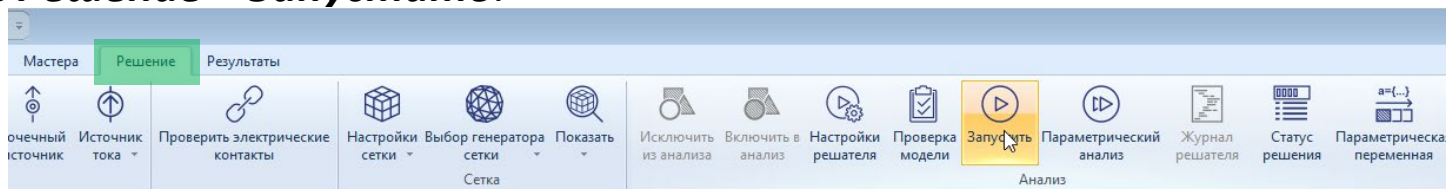
2. В окне *Построение воздушного объема* нажмите *OK*.



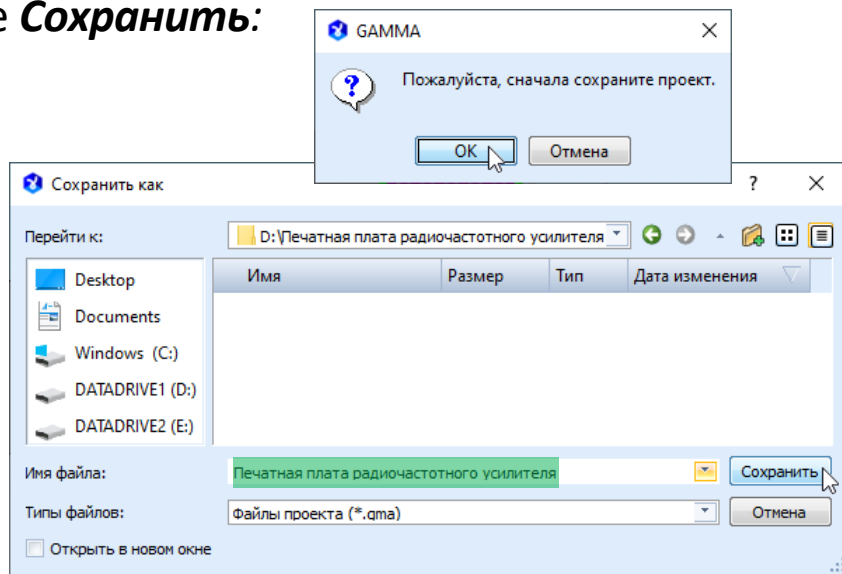
IV. Анализ

❑ Запуск расчета:

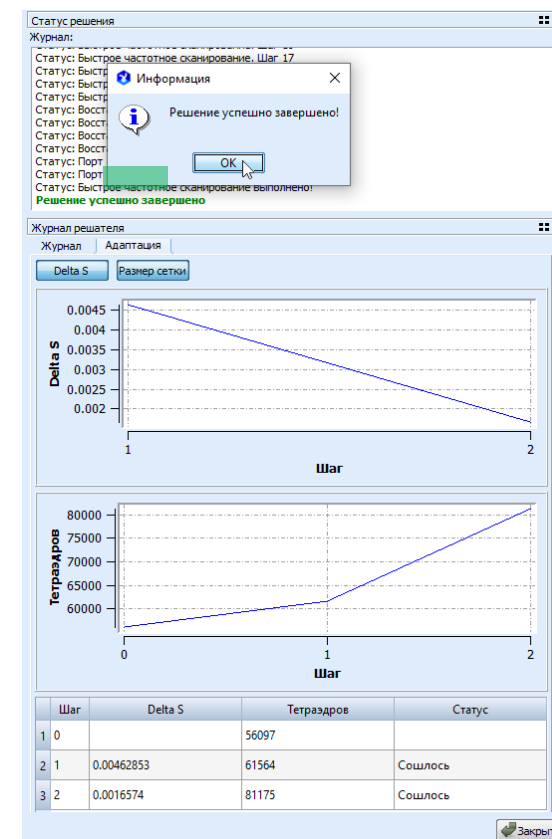
1. Во вкладке **Решение** > **Запустить**.



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



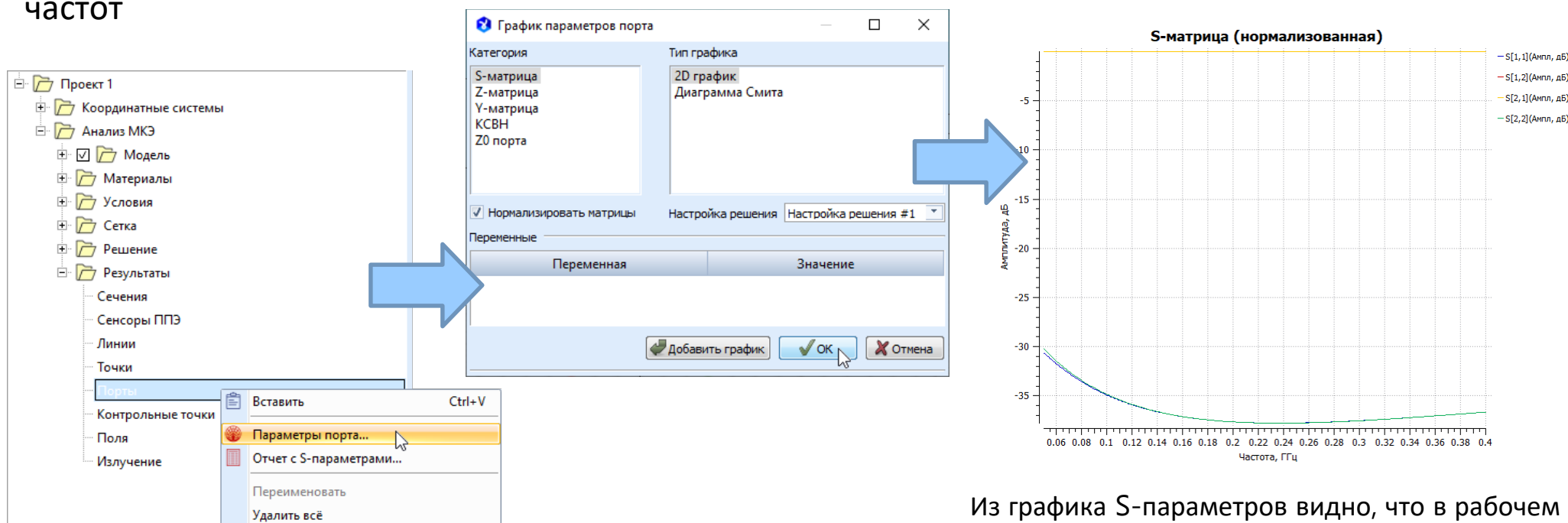
3. Рекомендуется контролировать процесс решения в автоматически открывающемся окне **Статус Решения**.
Процесс сходимости доступен во вкладке **Адаптация**:



❑ 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** нажмите **ОК** :
3. Нажмите правой кнопкой на графике > **Слежение**.
4. Курсором в виде перекрестия на графике определите наихудшие значения S11 и S21 в рабочей полосе частот



Из графика S-параметров видно, что в рабочем диапазоне частот согласование линии передачи обеспечено на уровне -30 дБ, а вносимые потери составляют не более 0,03 дБ