



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Учебный пример ГАММА Двухдиапазонная печатная антенна мобильного телефона с согласующей цепью



- I. Введение**
- II. Анализ исходной антенны**
- III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)**
- IV. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)**

Постановка задачи

Модель:

- Исходная печатная антенна мобильного телефона.
- Антенна мобильного телефона с согласующей цепью (СЦ).

Задача:

- Создание СЦ для двухдиапазонной антенны.
- Оптимизация СЦ в режиме схемотехнического анализа.

Существует 2 способа:

1. Более быстрый, но менее точный: использование СЦ, оптимизированной в режиме схемотехнического анализа, как есть;
2. Более долгий, но более точный*: состоит из нескольких этапов:
 - Заменить сосредоточенные элементы СЦ на сосредоточенные порты, рассчитать, выгрузить SnP-файл многополюсника (МКЭ);
 - Нагрузить порты многополюсника на элементы СЦ, оптимизировать номиналы в режиме схемотехнического анализа;
 - Применить найденные элементы СЦ в 3D модели (МКЭ).

Цель:

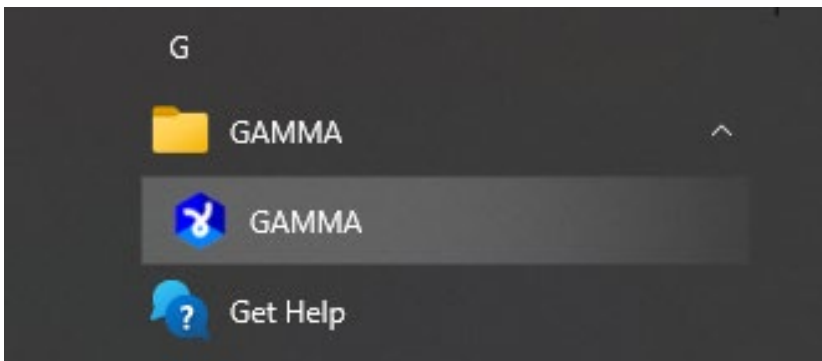
- Получить работу антенны ($K_{СВН} < 3$, $K_{ПД} > -3$ дБ) в следующих частотных диапазонах:
 - 880 – 960 МГц (2G: E-GSM-900; 3G: UMTS-900);
 - 1710 – 2170 МГц (2G: DCS-1800; 3G: UMTS-2100; 4G: LTE-1800).

Модель данного пассивного устройства рассчитывается с помощью следующих функции ГАММА:

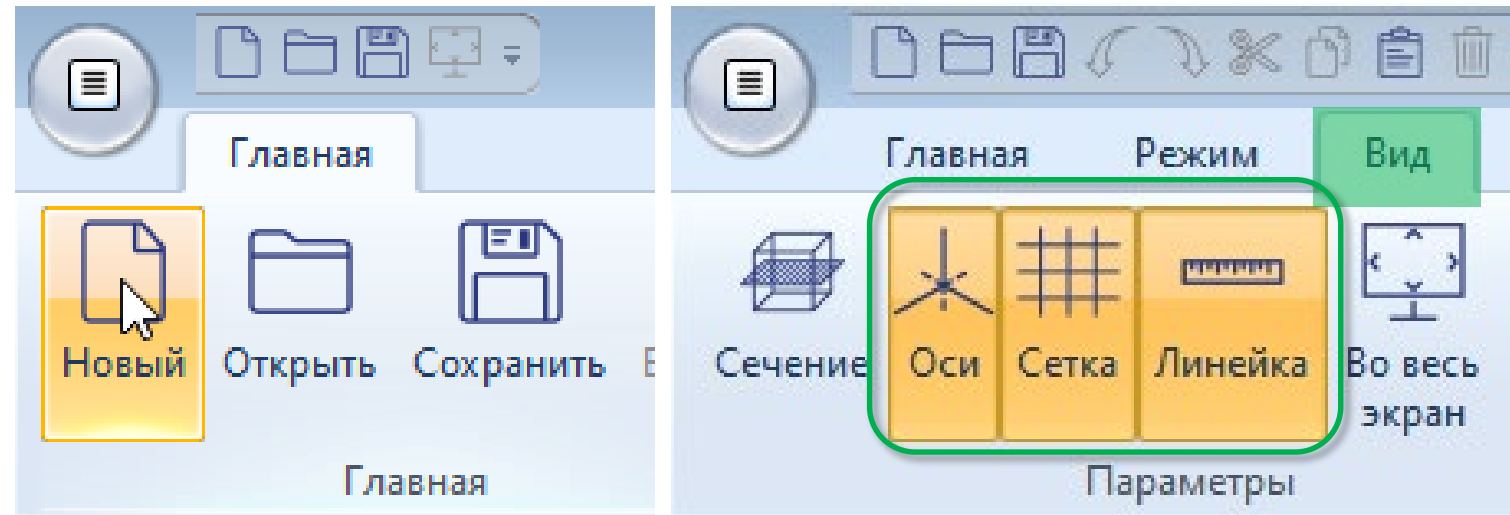
- **Сосредоточенный элемент (МКЭ).**
- **Результаты (МКЭ):**
 - График КСВН;
 - Экспорт S-параметров в схемотехнический анализ;
 - График полного КПД.
- **Схемотехнический анализ:**
 - Построение схемы;
 - График КСВН;
 - Оптимизация согласующей цепи.

* В некоторых случаях имеет смысл использовать способ №2 для учета паразитных параметров топологии печатной платы согласующей цепи

II. Анализ исходной антенны



Стартовое меню



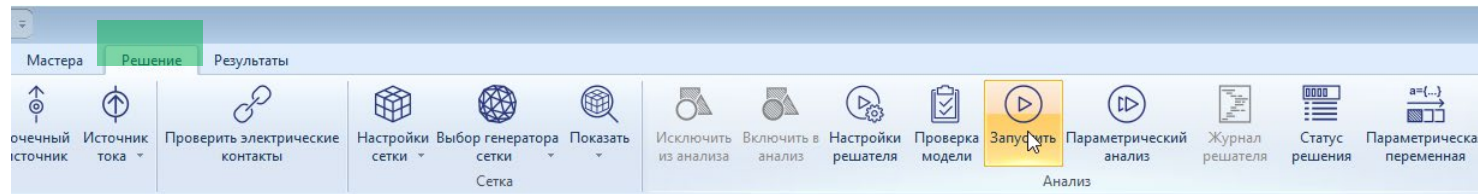
1. В стартовом меню или на рабочем столе найти и запустить **ГAMMA**: меню **Пуск** > **SEVSU** > **ГAMMA**.
2. Создать новый проект.
3. Для удобства моделирования в меню **Вид** включить режимы **Оси**, **Сетка** и **Линейка**.

II. Анализ исходной антенны

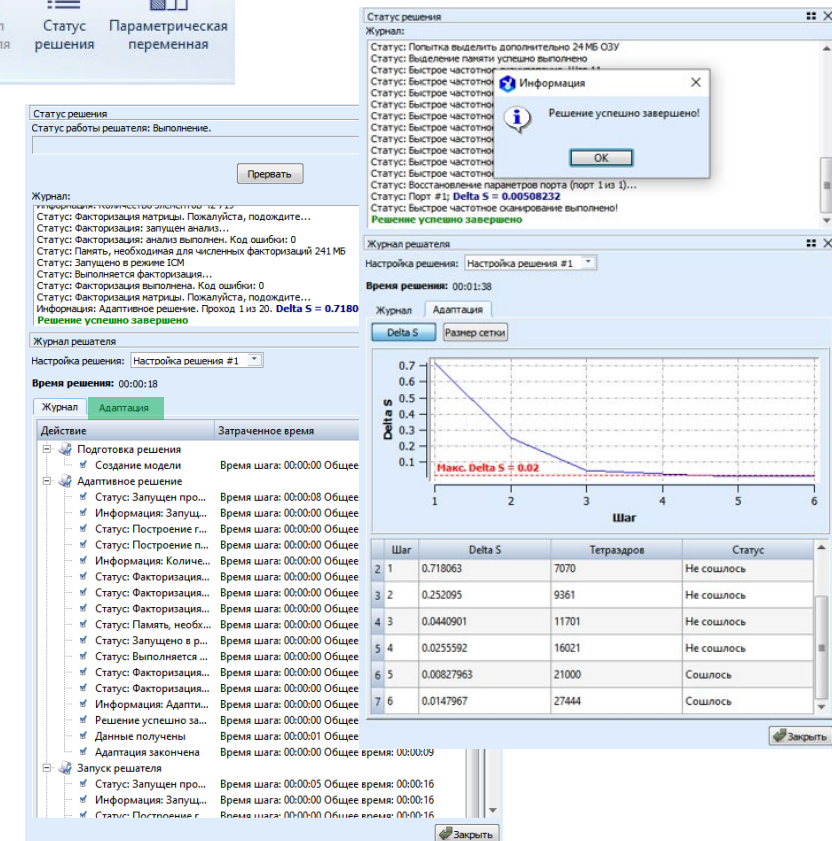
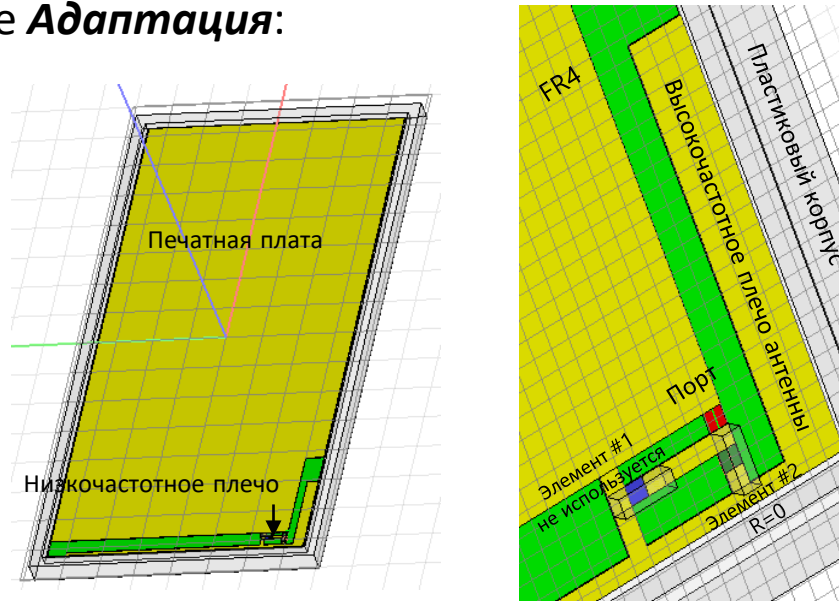
❑ Запуск расчета:

Поставляемый проект «**Двухдиапазонная печатная антенна мобильного телефона с СЦ**» представляет собой полностью подготовленную для расчета в диапазоне 0,7 – 2,5 ГГц модель антенны без согласующей цепи.

1. Рассчитайте модель во вкладке **Решение > Запустить**.



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

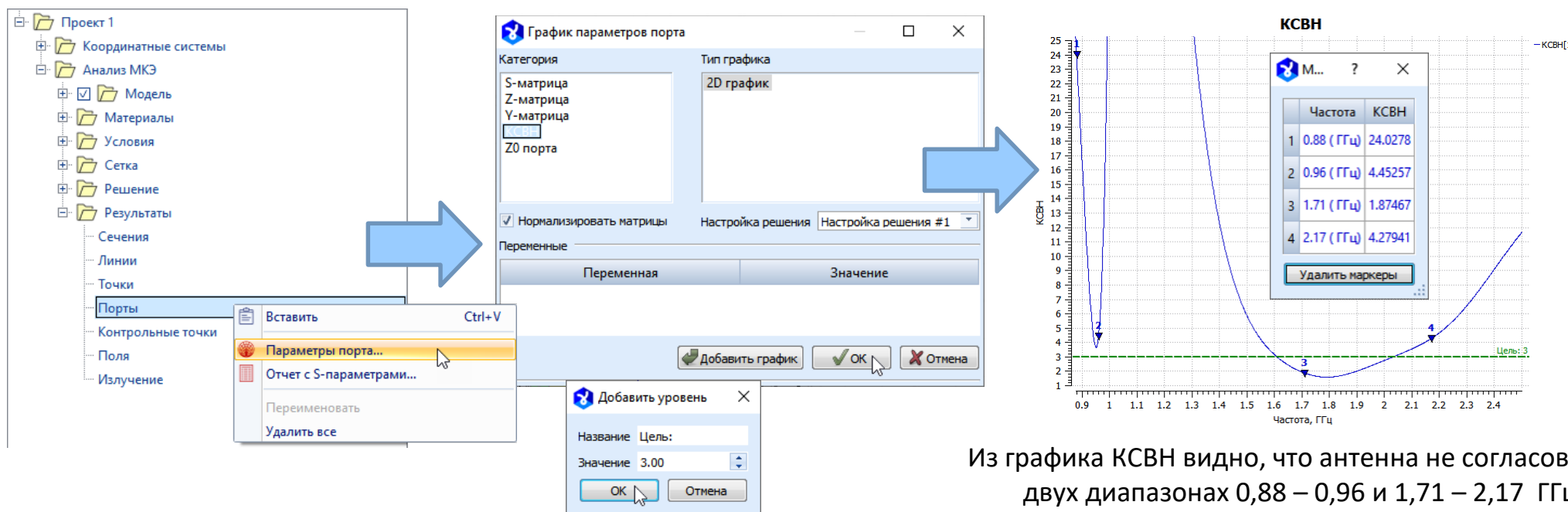


II. Анализ исходной антенны

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

Для построения графика КСВН:

1. В папке **Результаты** > нажмите правой кнопкой на **Порты** > **Параметры порта...**
2. В окне **График параметров портов** выберите категорию **КСВН** и нажмите **ОК**.
3. Нажмите правой кнопкой на графике > **Слежение**.
4. Курсором в виде перекрестия найдите на графике и далее с помощью кнопки **Добавить маркер** последовательно добавьте 4 маркера границ рабочих диапазонов: 0,88, 0,96, 1,71 и 2,17 ГГц.
5. Нажмите правой кнопкой на графике > **Добавить маркер уровня**.
6. В окне **Добавить уровень** в поле **Название** введите **Цель:**, а в поле **Значение** введите 3 и нажмите **ОК**:



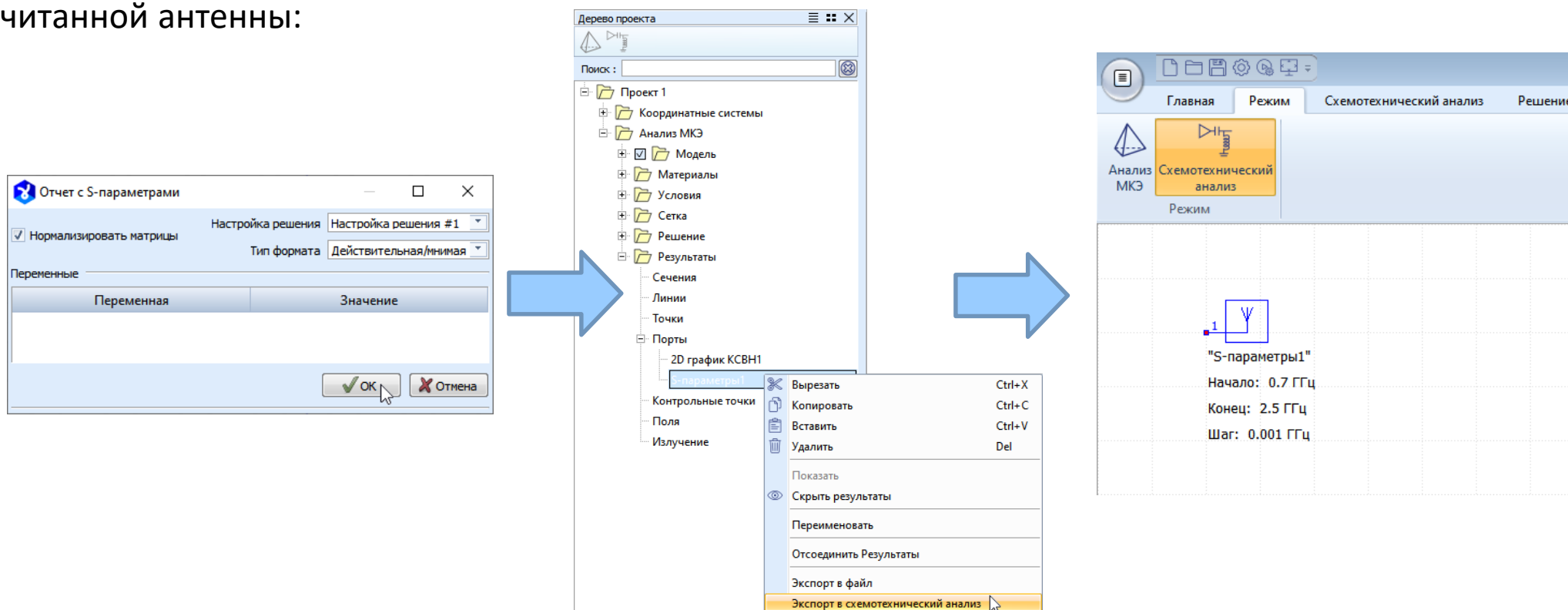
III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

❑ Для создания согласующей цепи требуется выгрузить SnP-файл антенны в схмотехнический анализ:

Для выгрузки SnP-файла 3D модели в режим схмотехнического анализа:

1. В папке **Результаты** > нажмите правой кнопкой на **Порты** > **Отчет с S-параметрами...**
2. В окне **Отчет с S-параметрами** нажмите **OK**.
3. В дереве нажмите правой кнопкой на появившийся отчет с S-параметрами **S-параметры1** > **Экспорт в схмотехнический анализ**.

Откроется режим схмотехнического анализа, где на рабочем поле уже размещен выгруженный SnP-файл рассчитанной антенны:

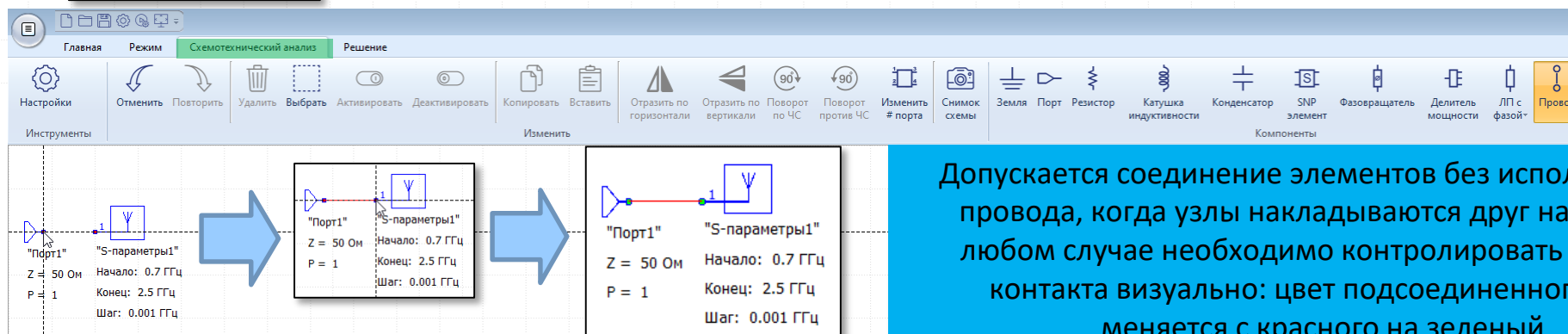
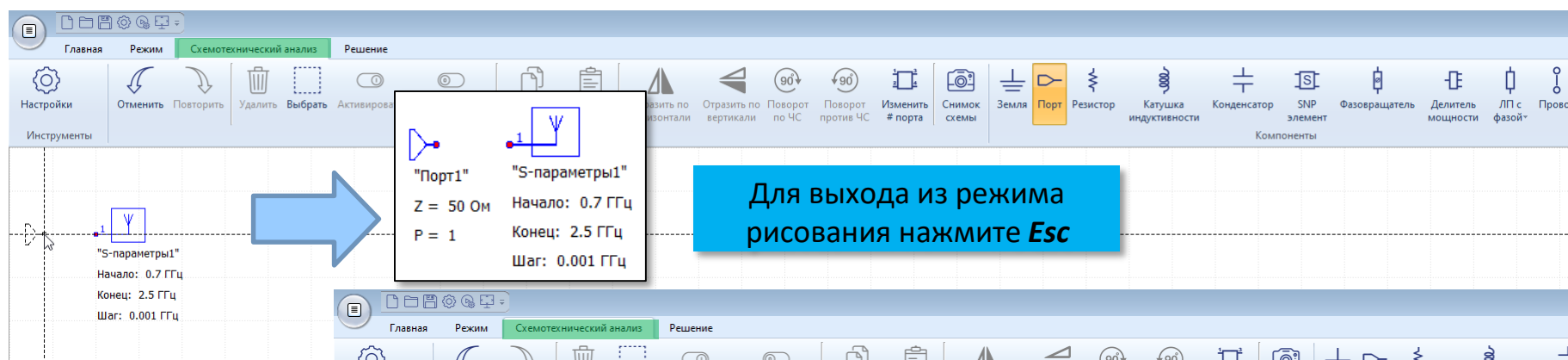


III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

❑ Построение согласующей цепи антенны способом №1 в режиме схмотехнического анализа:

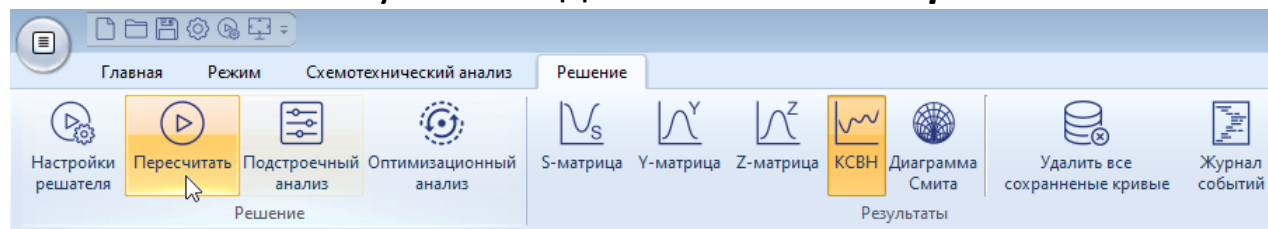
Проверка исходного файла S-параметров:

1. Активируйте режим добавления портов в схему во вкладке **Схмотехнический анализ > Порт**.
2. Курсором в виде перекрестия с добавляемым элементом встаньте на пустом месте рабочего поля и по клику добавьте порт.
3. Активируйте добавление проводов в схему во вкладке **Схмотехнический анализ > Провод**.
4. Курсором в виде перекрестия встаньте и нажмите на узле порта, затем встаньте и нажмите на узле блока S-параметров для соединения их между собой:



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

5. Вызовите график KCBH во вкладке **Решение** > **KCBH**.
6. Рассчитайте схему во вкладке **Решение** > **Пересчитать**:



7. Нажмите правой кнопкой на графике > **Параметры** > вкладка **Оси** > деактивируйте **Автомасштабирование левой оси Y** и настройте левую ось Y вручную:
Мин=1, Макс = 25, Шаг = 1 > нажмите **ОК**.
8. Нажмите правой кнопкой на графике > **Таблица**.
9. Нажмите правой кнопкой на графике > **Добавить маркер**.
10. Курсором в виде перекрестия найдите и по клику последовательно добавьте 4 маркера в окрестности частот 0,88, 0,96, 1,71 и 2,17 ГГц (точное совпадение не требуется).
11. В таблице с маркерами вручную отредактируйте частоты (колонка *F, ГГц*) для их точного соответствия краям рабочих диапазонов.
12. Нажмите правой кнопкой на графике > **Добавить уровень**.
13. В окне **Добавить уровень** в поле **Название** введите **Цель: 3**, а в поле **Значение** введите 3 и нажмите **ОК**:

14. Нажмите правой кнопкой на графике > **Заморозить кривые**.

15. В окне **Сохранение данных** введите префикс **Исходная антенна** и нажмите **ОК**:

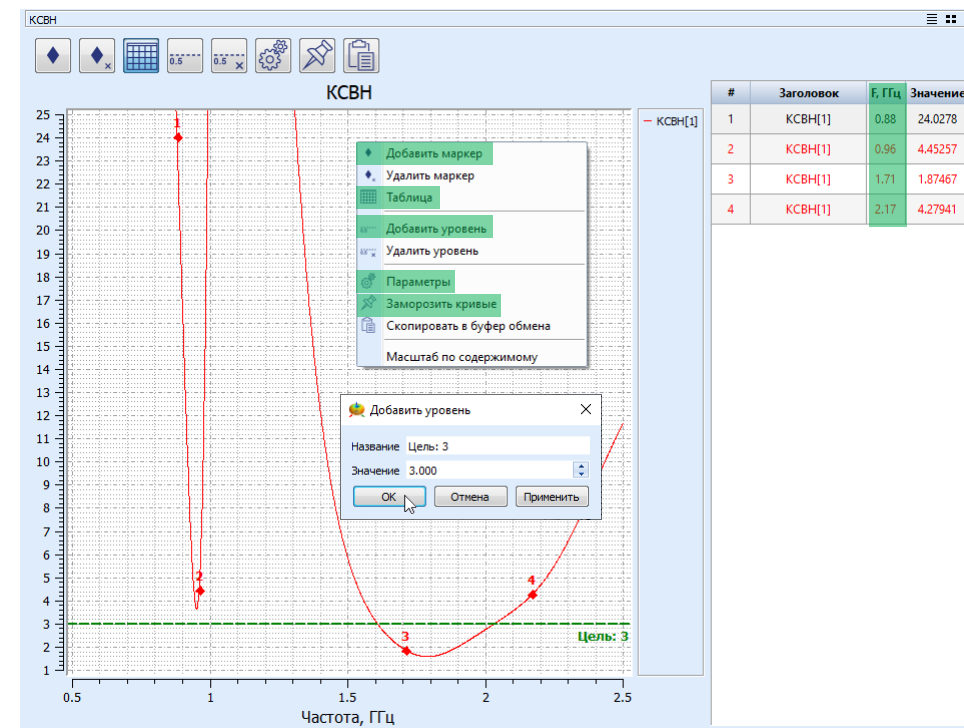
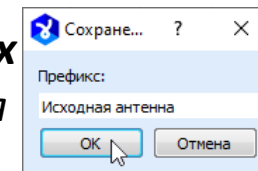


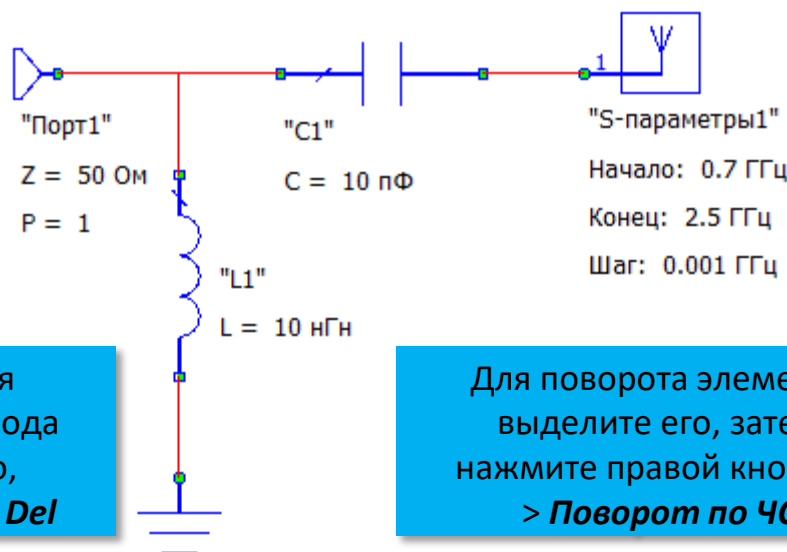
График KCBH точно соответствует результату в МКЭ

III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

❑ Построение согласующей цепи антенны способом №1 в режиме схмотехнического анализа:

Добавление сосредоточенных элементов двухэлементной согласующей цепи:

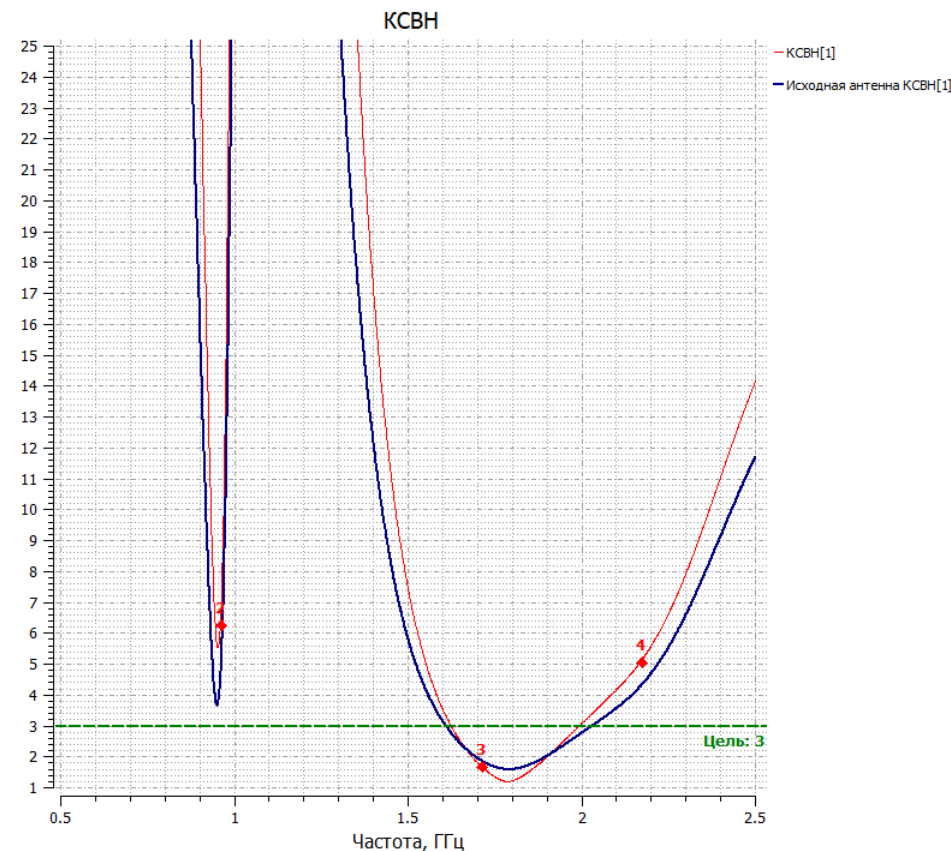
1. Аналогично порту добавьте в схему катушку индуктивности, конденсатор и землю во вкладке **Схмотехнический анализ > Катушка индуктивности / Конденсатор / Земля**.
2. Соедините проводами все элементы как показано на рисунке ниже:



Для удаления
элемента/ провода
выделите его,
затем нажмите **Del**

Для поворота элемента
выделите его, затем
нажмите правой кнопкой
> **Поворот по ЧС**

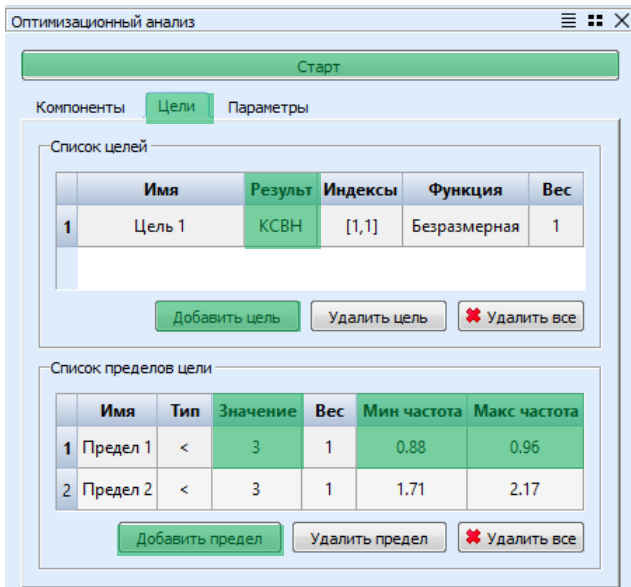
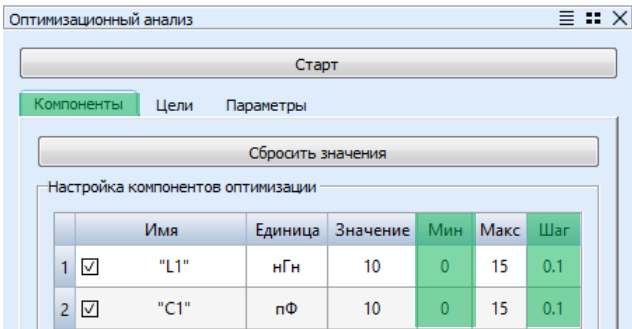
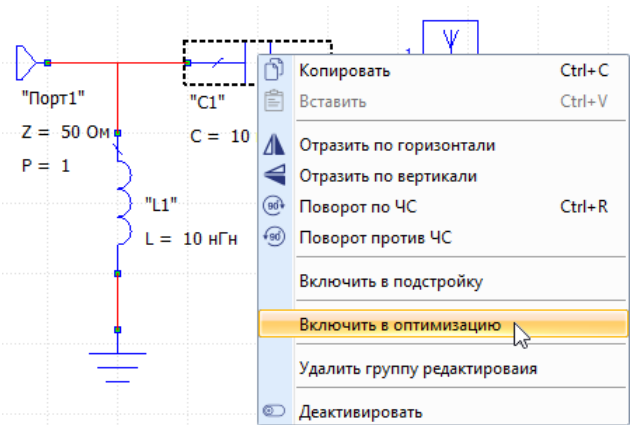
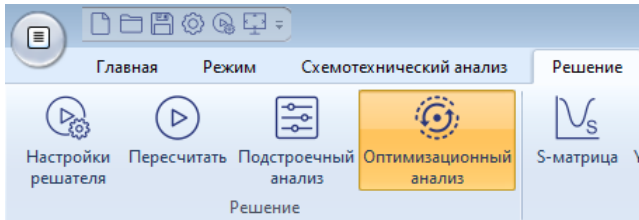
3. Пересчитайте схему во вкладке **Решение > Пересчитать**.



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

❑ Оптимизация согласующей цепи антенны способом №1 в режиме схмотехнического анализа:

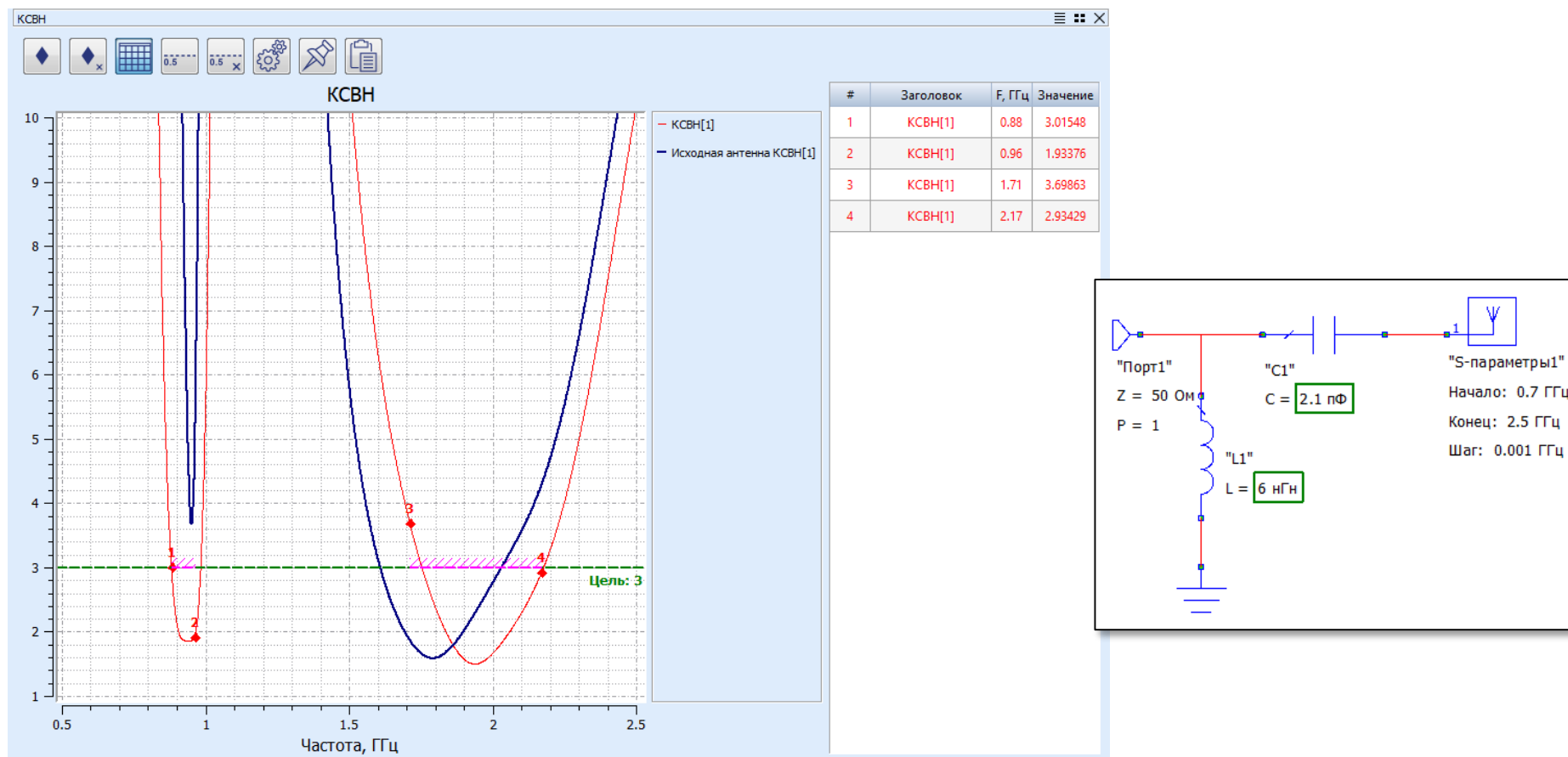
1. Выделите конденсатор, затем нажмите правой кнопкой > **Включить в оптимизацию**.
2. Повторите включение в оптимизацию для катушки индуктивности.
3. Войдите в режим оптимизации во вкладке **Решение** > **Оптимизационный анализ** и настройте параметры:
 - 1) Во вкладке **Компоненты** измените **Мин** и **Шаг** у обоих элементов на 0 и 0,1 соответственно.
 - 2) Во вкладке **Цели** добавьте цель кнопкой **Добавить цель**.
 - 3) Измените **Результат** у Цель1 на **КСВН**.
 - 4) Измените **Значение**, **Мин частота** и **Макс частота** у **Предел1** на 3, 0,88 и 0,96 соответственно.
 - 5) Добавьте второй предел КСВН < 3 в диапазоне от 1,71 до 2,17 ГГц.
4. Запустите оптимизацию в окне **Оптимизационный анализ** > **Старт**.



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

❑ Оптимизация согласующей цепи антенны способом №1 в режиме схемотехнического анализа:

Из графика КСВН видно, что антенна может быть неплохо согласована в двух диапазонах 0,88 – 0,96 и 1,71 – 2,17 ГГц с помощью 2 реактивных элементов: параллельной катушки индуктивности $L=6$ нГн и последовательного конденсатора $C=2,1$ пФ.



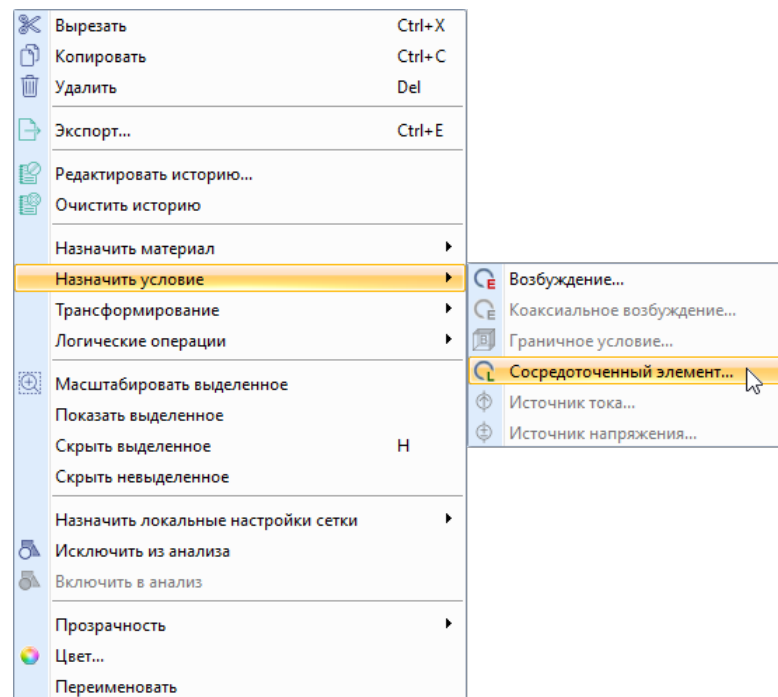
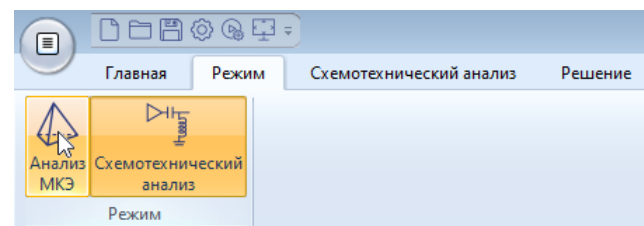
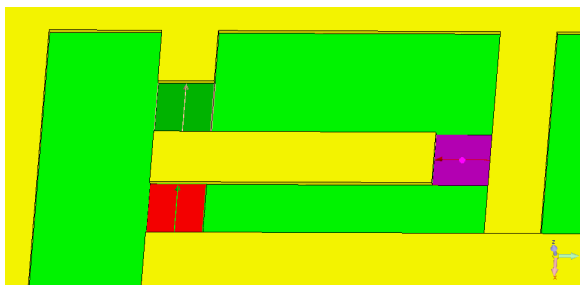
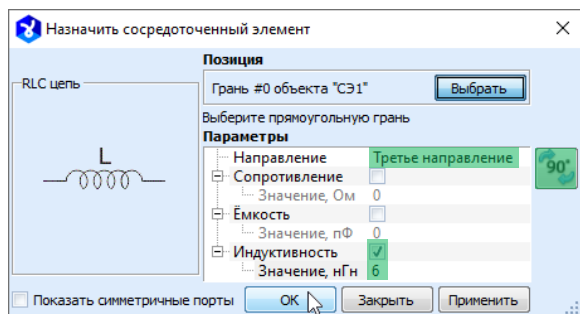
III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

- ❑ Использование согласующей цепи антенны (по способу №1) в режиме МКЭ:

Согласующая цепь, оптимизированная способом №1, не учитывает паразитные параметры топологии печатной платы (контактные площадки сосредоточенных элементов и т.п.). Поэтому, как правило, использование такой цепи в режиме 3D моделирования дает результат, отличающийся от результата схмотехнического анализа.

Применение согласующей цепи антенны (по способу №1) в режиме МКЭ:

1. Выйдите из режима оптимизации во вкладке **Решение > Оптимизационный анализ.**
2. Перейдите в режим анализа МКЭ во вкладке **Режим > Анализ МКЭ.**
3. Назначьте сосредоточенные элементы:
 - 1) Выделите прямоугольник СЭ1.
 - 2) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие > Сосредоточенный элемент.**
 - 3) В окне **Назначить сосредоточенный элемент** нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси Y.
 - 4) Активируйте тип элемента **Индуктивность**, введите значение индуктивности 6 нГн и нажмите **OK.**

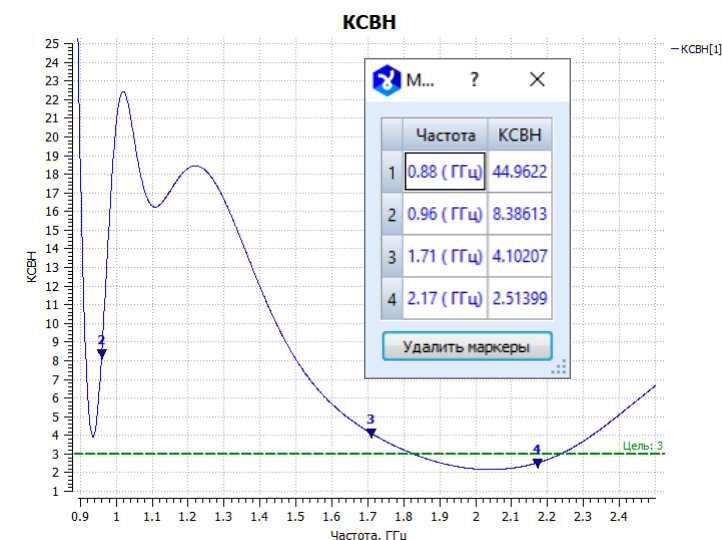
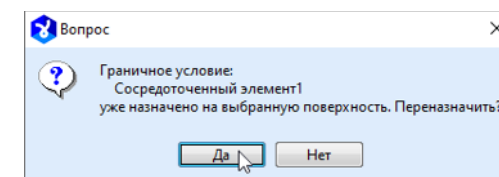
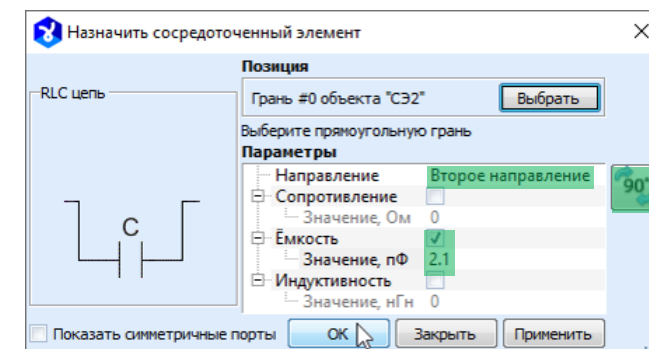


III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №1)

- 5) В появившемся окне *Результаты могут стать несовместимы со структурой* оставьте вариант сохранения текущих графиков и нажмите *ОК*:
 - 6) Выделите прямоугольник СЭ2.
 - 7) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Сосредоточенный элемент**.
 - 8) В окне *Назначить сосредоточенный элемент* нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси X.
 - 9) Активируйте тип элемента **Ёмкость**, введите значение емкости 2,1 пФ и нажмите *ОК*:
 - 10) В появившемся окне *Вопрос* согласитесь переназначить текущее условие сосредоточенного элемента (было R=0) на условие нового сосредоточенного элемента на прямоугольнике СЭ2:
4. Пересчитайте модель во вкладке **Решение** > **Запустить**.
 5. После завершения расчета постройте график КСВН с маркерами границ диапазонов и маркером уровня ([см. раздел 2](#)).

Из графика КСВН видно, что использование СЦ способом №1 в антенне с реалистичной топологией печатной платы не гарантирует согласование в двух диапазонах 0,88 – 0,96 и 1,71 – 2,17 ГГц, как это было видно в режиме схемотехнического анализа.

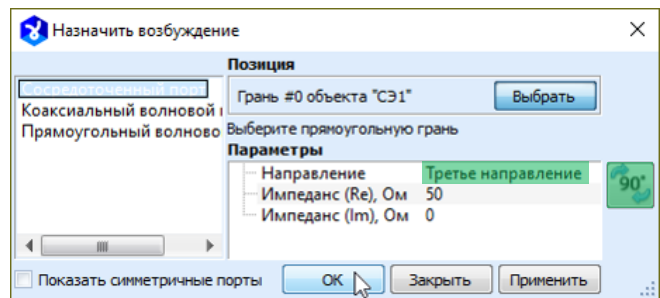
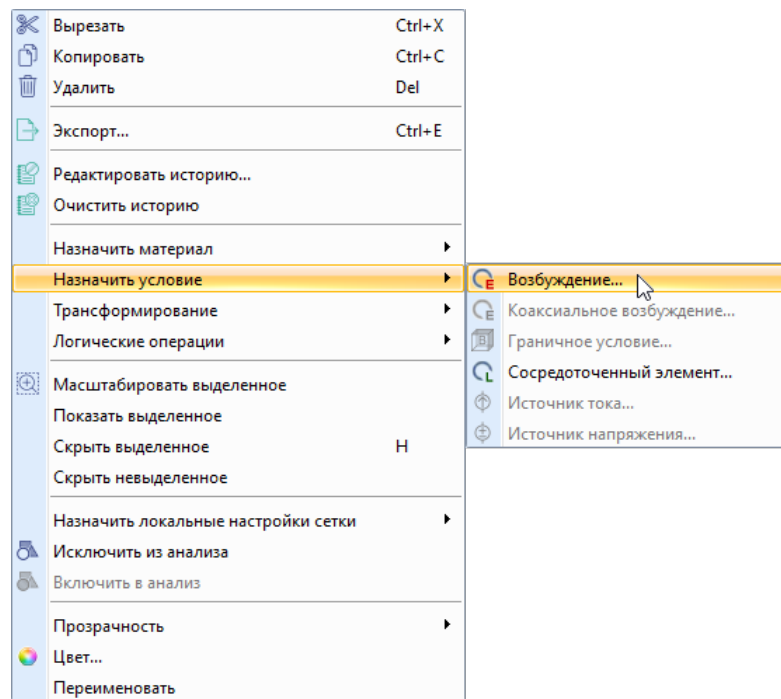
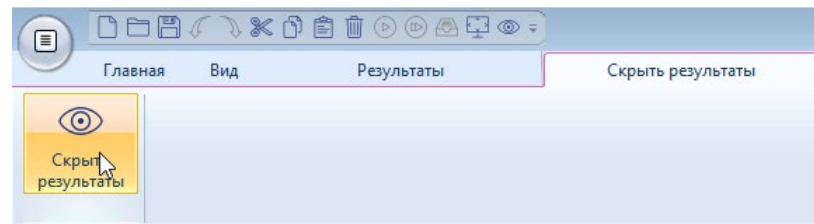
Данная разница в результатах объясняется тем, что СЦ, оптимизированная способом №1, не учитывает паразитные параметры топологии печатной платы.



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

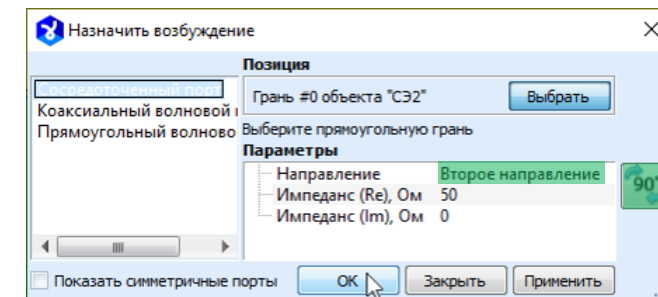
- ❑ Для создания согласующей цепи (по способу №2) требуется создать SnP-файл многополюсника, портами которого, кроме запитки антенны, выступают будущие сосредоточенные элементы согласующей цепи: Создание SnP-файла трехполюсника (антенны с согласующей цепью) в режиме МКЭ:

1. Для того, чтобы вернуться к работе с 3D моделью, во вкладке **Закреть результаты** > нажмите **Скрыть результаты**:
2. Назначьте сосредоточенные порты на места сосредоточенных элементов будущей СЦ:
 - 1) Выделите прямоугольник СЭ1.
 - 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**.
 - 5) В появившемся окне **Вопрос** согласитесь переназначить текущее условие сосредоточенного элемента на условие сосредоточенного порта на прямоугольнике СЭ1.
 - 6) В появившемся окне **Результаты могут стать несовместимы со структурой** оставьте вариант сохранения текущих графиков и нажмите **OK**.



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

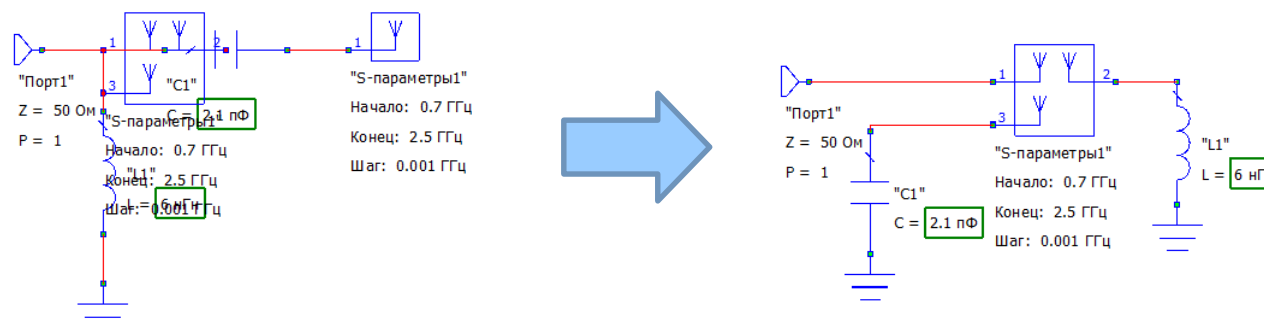
- 8) Выделите прямоугольник СЭ2.
 - 9) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Возбуждение**.
 - 10) В окне **Назначить возбуждение** нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси X и нажмите ОК.
 - 11) В появившемся окне **Вопрос** согласитесь переназначить текущее условие сосредоточенного элемента на условие сосредоточенного порта на прямоугольнике СЭ2.
3. Пересчитайте модель во вкладке **Решение** > **Запустить**.
 4. После завершения расчета выгрузите SnP-файла 3D модели в режим схмотехнического анализа ([см. раздел 3](#)):
 - 1) В папке **Результаты** > нажмите правой кнопкой на **Порты** > **Отчет с S-параметрами...**
 - 2) В окне **Отчет с S-параметрами** нажмите **ОК**.
 - 3) Нажмите правой кнопкой на появившийся отчет с S-параметрами **S-параметры1** > **Экспорт в схмотехнический анализ**.



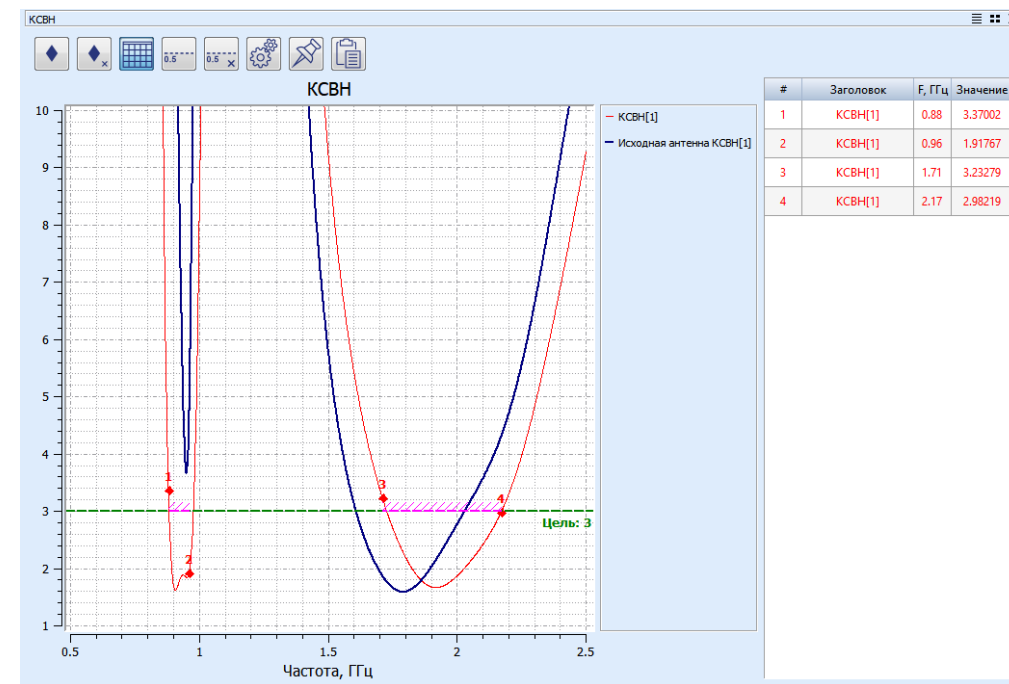
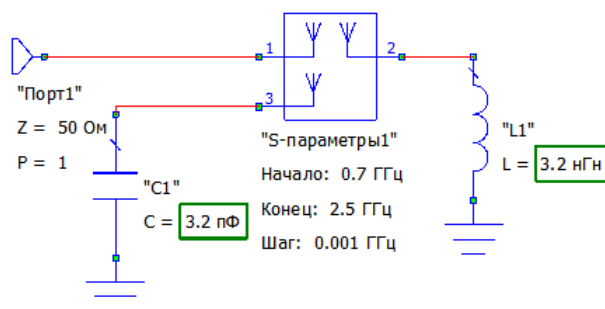
III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

❑ Построение и оптимизация согласующей цепи антенны способом №2 в режиме Схемотехнического анализа:

1. Предварительно удалив провода и блок старых S-параметров, переконфигурируйте исходную схему как показано на рисунке ниже:



2. Войдите в режим оптимизации во вкладке **Решение** > **Оптимизационный анализ**.
3. Запустите оптимизацию в окне **Оптимизационный анализ** > **Старт**.



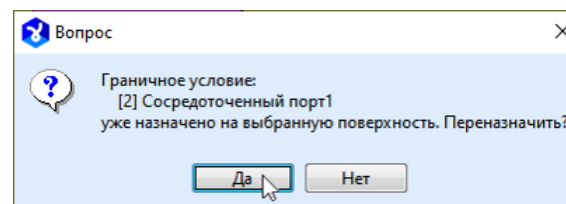
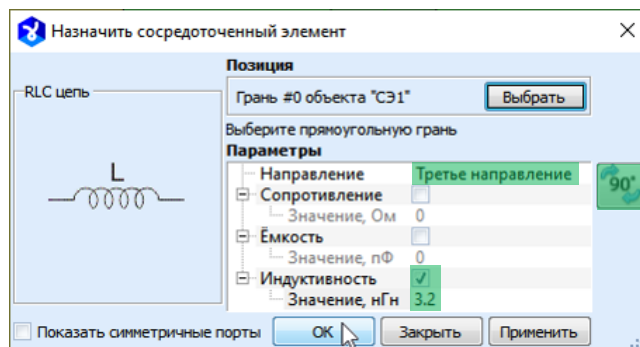
Из графика КСВН видно, что антенна может быть неплохо согласована с помощью $L=3,2$ нГн и $C=3,2$ пФ.

III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

❑ Использование согласующей цепи антенны (по способу №2) в режиме МКЭ:

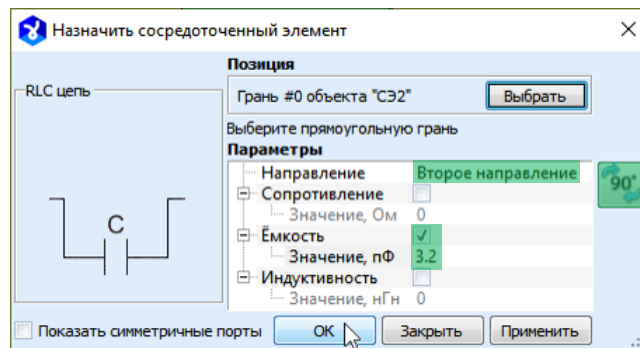
Применение согласующей цепи антенны (по способу №2) в режиме МКЭ:

1. Выйдите из режима оптимизации во вкладке **Решение** > **Оптимизационный анализ**.
2. Перейдите в режим анализа МКЭ во вкладке **Режим** > **Анализ МКЭ**.
3. Назначьте сосредоточенные элементы:
 - 1) Выделите прямоугольник СЭ1.
 - 2) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Сосредоточенный элемент**.
 - 3) В окне **Назначить сосредоточенный элемент** нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси Y.
 - 4) Активируйте тип элемента **Индуктивность**, введите значение индуктивности 3,2 нГн и нажмите **ОК**.
 - 5) В появившемся окне **Вопрос** согласитесь переназначить текущее условие сосредоточенного порта на условие сосредоточенного элемента на прямоугольнике СЭ1.
 - 6) В появившемся окне **Результаты могут стать несовместимы со структурой** оставьте вариант сохранения текущих графиков и нажмите **ОК**.

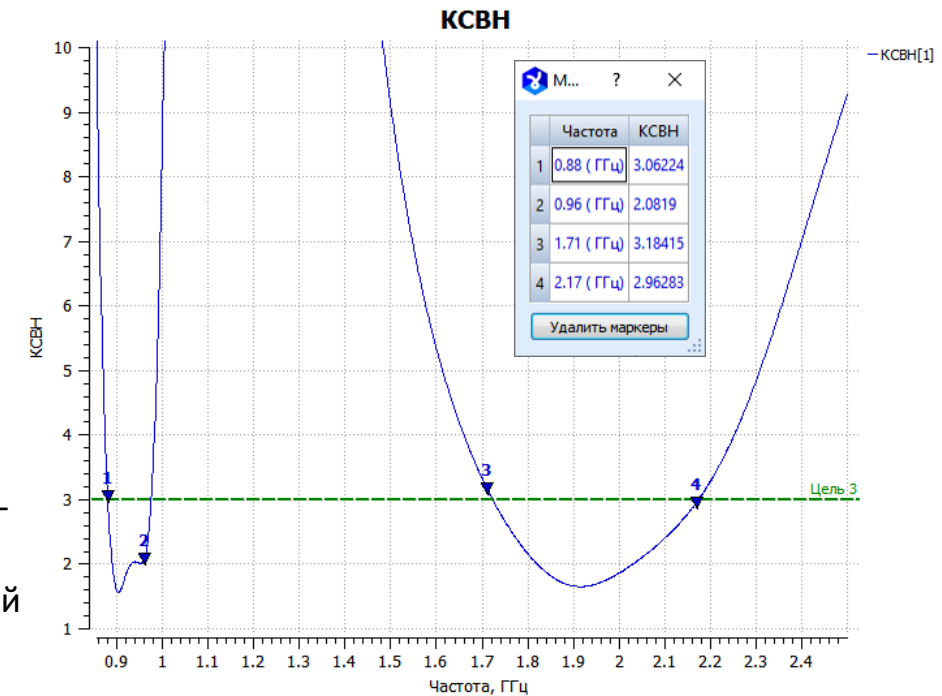


III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

- 7) Выделите прямоугольник СЭ2.
 - 8) Нажмите на нем правой кнопкой > **Назначить условие** > **Сосредоточенный элемент**.
 - 9) В окне **Назначить сосредоточенный элемент** нажмите, если требуется, на кнопку  для задания направления возбуждающего поля вдоль оси X.
 - 10) Активируйте тип элемента **Ёмкость**, введите значение индуктивности 3,2 пФ и нажмите **OK**.
 - 11) В появившемся окне **Вопрос** согласитесь переназначить текущее условие сосредоточенного порта на условие сосредоточенного элемента на прямоугольнике СЭ2.
4. Пересчитайте модель во вкладке **Решение** > **Запустить**.
 5. После завершения расчета постройте график КСВН с маркерами границ диапазонов и маркером уровня ([см. раздел 2](#)).



Из графика КСВН видно, что использование СЦ способом №2 в антенне с реалистичной топологией печатной платы гарантирует такое же согласование в двух диапазонах 0,88 – 0,96 и 1,71 – 2,17 ГГц, какое оно было получено в режиме схмотехнического анализа. СЦ, оптимизированная способом №2, учитывает паразитные параметры топологии печатной платы.



III. Анализ антенны с согласующей цепью (способ №2)

❑ Построение полного КПД антенны с согласующей цепью, оптимизированной способом №2:

1. В папке **Результаты** > **Излучение** > **Параметры антенны...**
2. В окне **Параметры антенны...** измените **Шаг** на 0,01, нажмите кнопку **Выбрать частоты**, затем кнопку  и далее **ОК**.
3. Дождитесь пока завершится процесс расчета данных графика.
4. Нажмите правой кнопкой на графике > **Тип ряда данных** > **дБ(10log)**.

