



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Учебный пример ГАММА Дипольная антенна

21 апреля, 2023

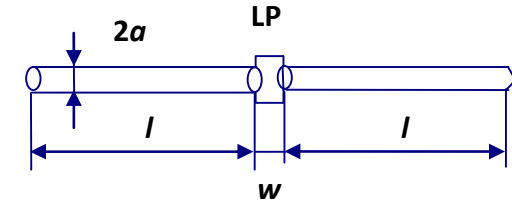


- I. Введение**
- II. Создание модели**
- III. Настройки расчета**
- IV. Результаты**
- V. Заключение**

I. Введение: Постановка задачи

Модель:

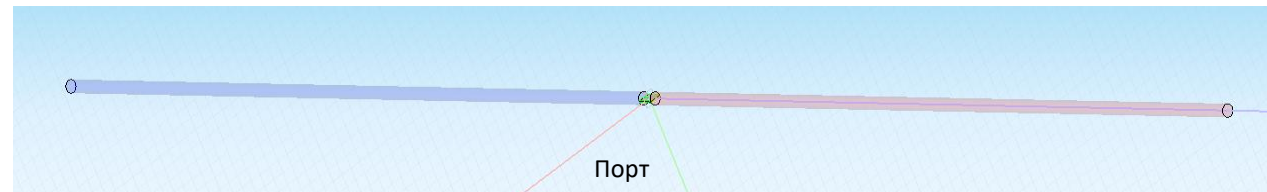
- На частоте 1,5 ГГц длина диполя равна $\lambda_0/2$, где λ_0 – длина волны в свободном пространстве = 200 мм.
- Диполь размещен внутри цилиндра с радиационными граничными условиями на всех его поверхностях.
- Размеры цилиндра: радиус: $\lambda_0/4$, высота: λ_0 .
- Возбуждение: сосредоточенный порт расположен на прямоугольнике между плечами диполя (импеданс порта: $\text{Re} = 50 \text{ Ом}$, $\text{Im} = 0$).



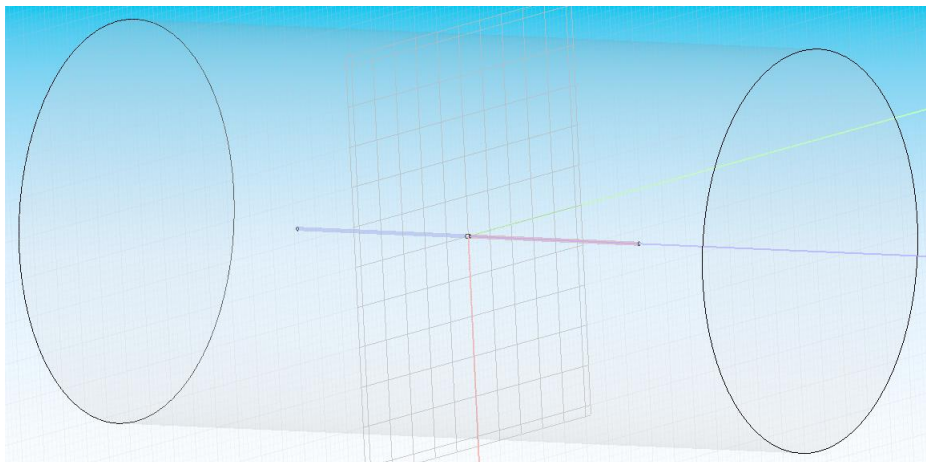
$$l = 49,5 \text{ мм}, w = 1 \text{ мм}, a = 0,5 \text{ мм}$$

Задача:

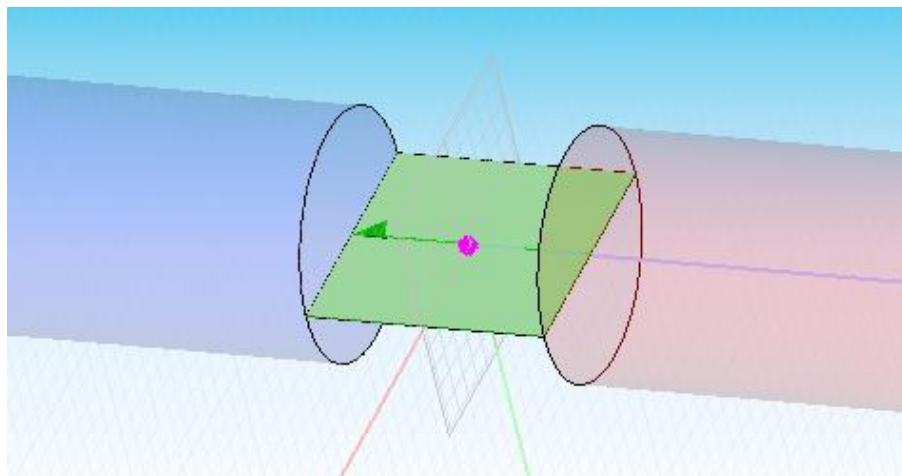
- Запустить решение в диапазоне частот от 1 до 2 ГГц.
- Получить входной импеданс $Z_{\text{in}} = 73,1 + j \cdot 42,5 \text{ Ом}$ на частоте 1,5 ГГц.
- Мнимая часть входного импеданса должна пропасть в окрестности частоты 1,5 ГГц.



Полуволновой диполь



Диполь внутри Цилиндра, задающего
граничные условия

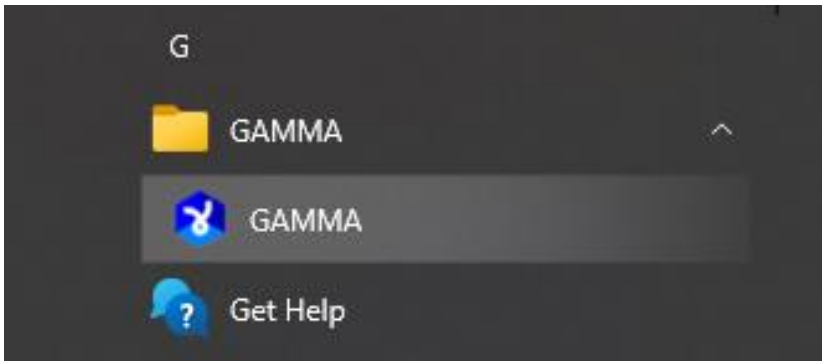


Возбуждение диполя крупным планом

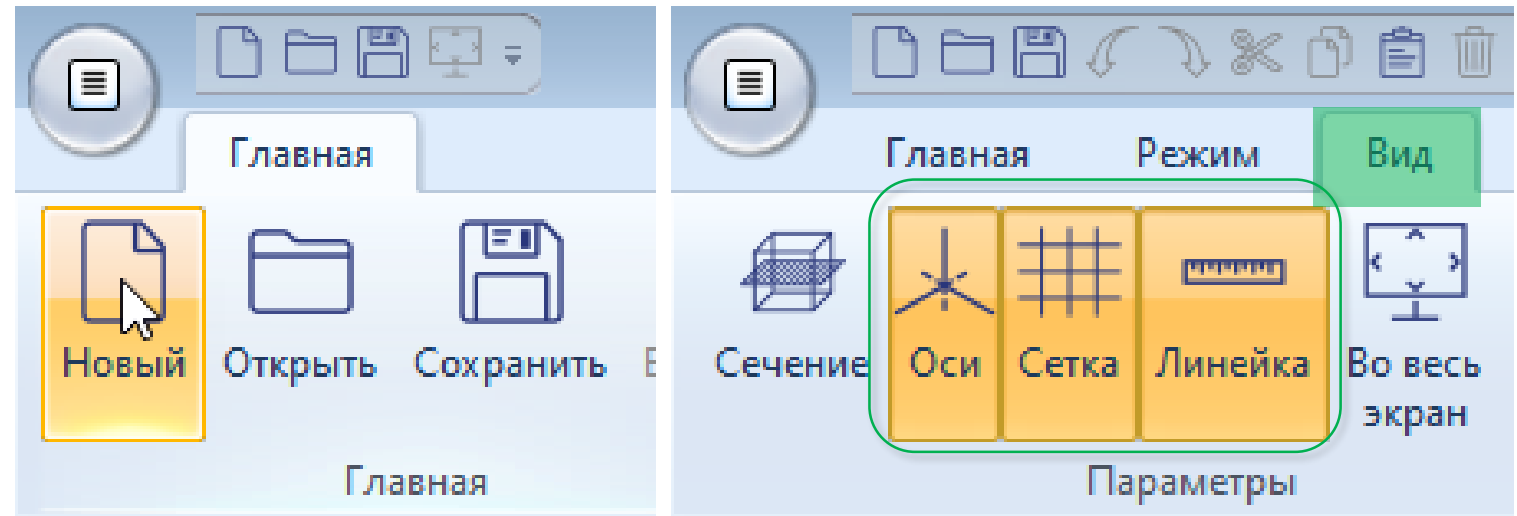
Модель данного пассивного устройства рассчитывается с помощью следующих функции ГАММА:

- **Создание 3D модели:**
 - Прimitives: цилиндр, прямоугольник;
 - Операции моделирования: перемещение, дублирование, отображение.
- **Назначение возбуждения:**
 - Прямоугольный сосредоточенный порт.
- **Библиотека материалов:**
 - рес;
 - Вакуум.
- **Настройки расчета.**
- **Решение задачи с применением метода конечных элементов.**
- **Результаты:**
 - График Z-параметров;
 - Диаграмма направленности.

II. Создание модели



Стартовое меню



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

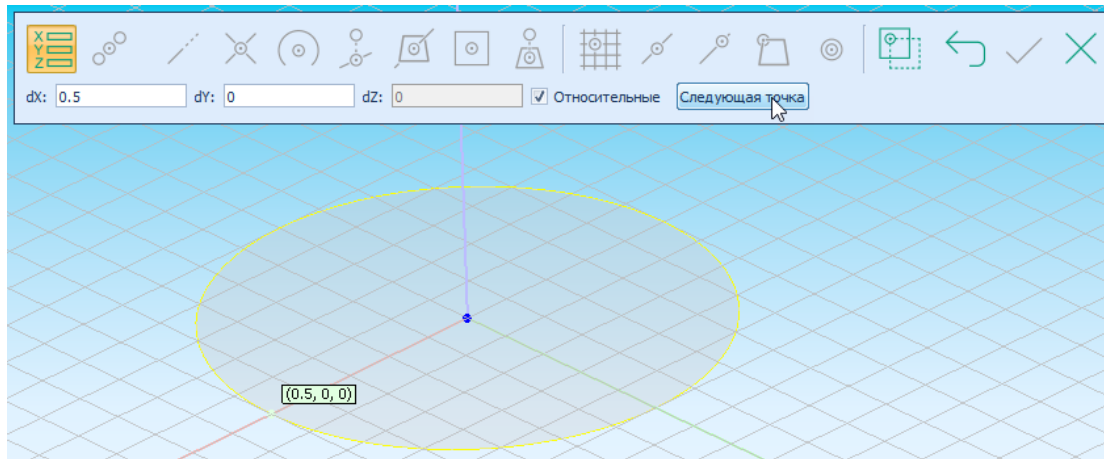
II. Создание модели

❑ Создание двух цилиндров, формирующих плечи диполя:

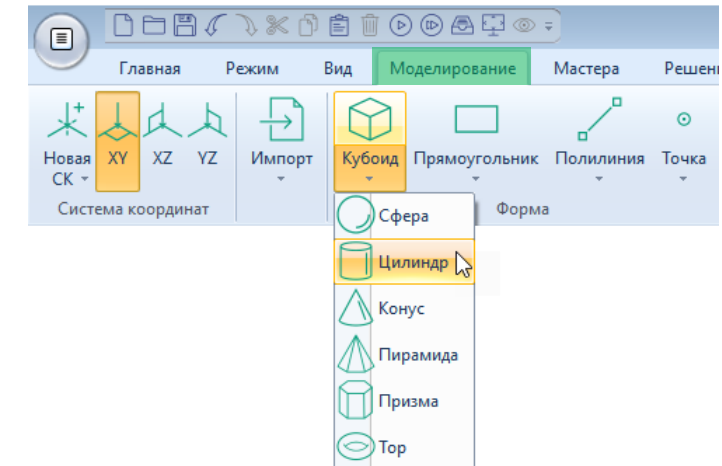
Чтобы создать цилиндр (радиус = 0,5 мм, высота = 49,5 мм):

1. Во вкладке **Моделирование** > всплывающий список **Кубоид** > **Цилиндр**:
 - 1) На экране выберете точку {0; 0; 0} в качестве центра основания цилиндра.
 - 2) На панели Привязка нажмите  для ручного ввода координат:
 - Введите координаты второй точки {0,5; 0; 0} и нажмите **Следующая Точка** или нажмите **Enter**.
 - Введите координаты третьей точки {0; 0; 49,5} и нажмите **Enter**.

Панель Привязки: координаты 2-ой точки



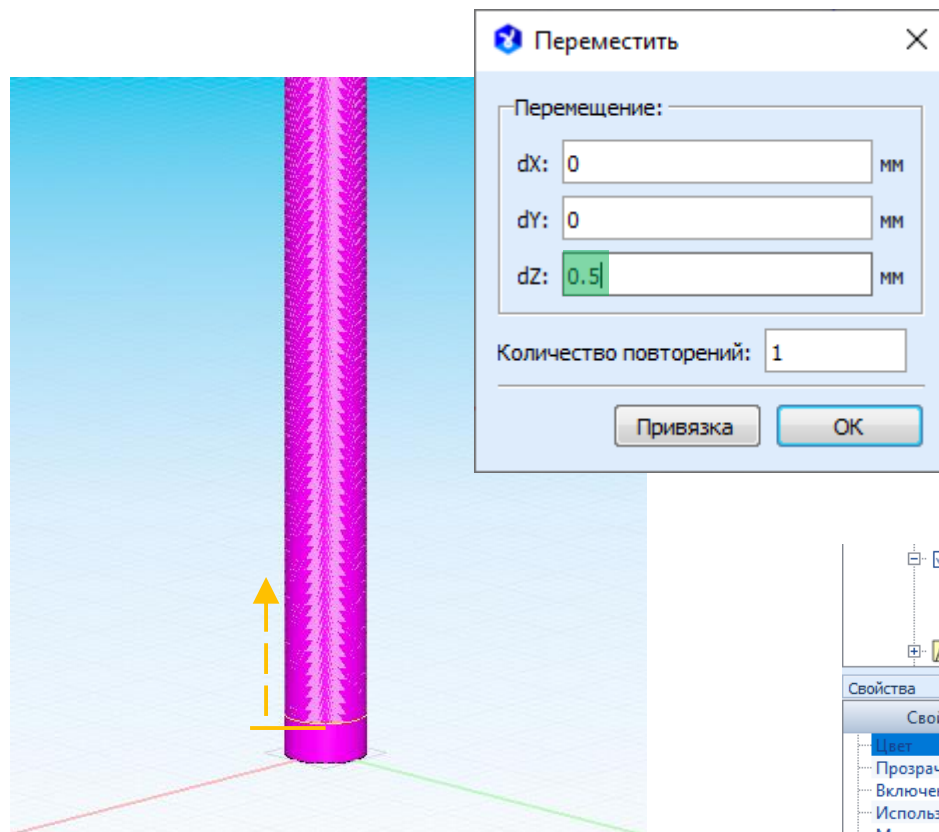
Для выхода из режима рисования нажмите **Esc**



II. Создание модели

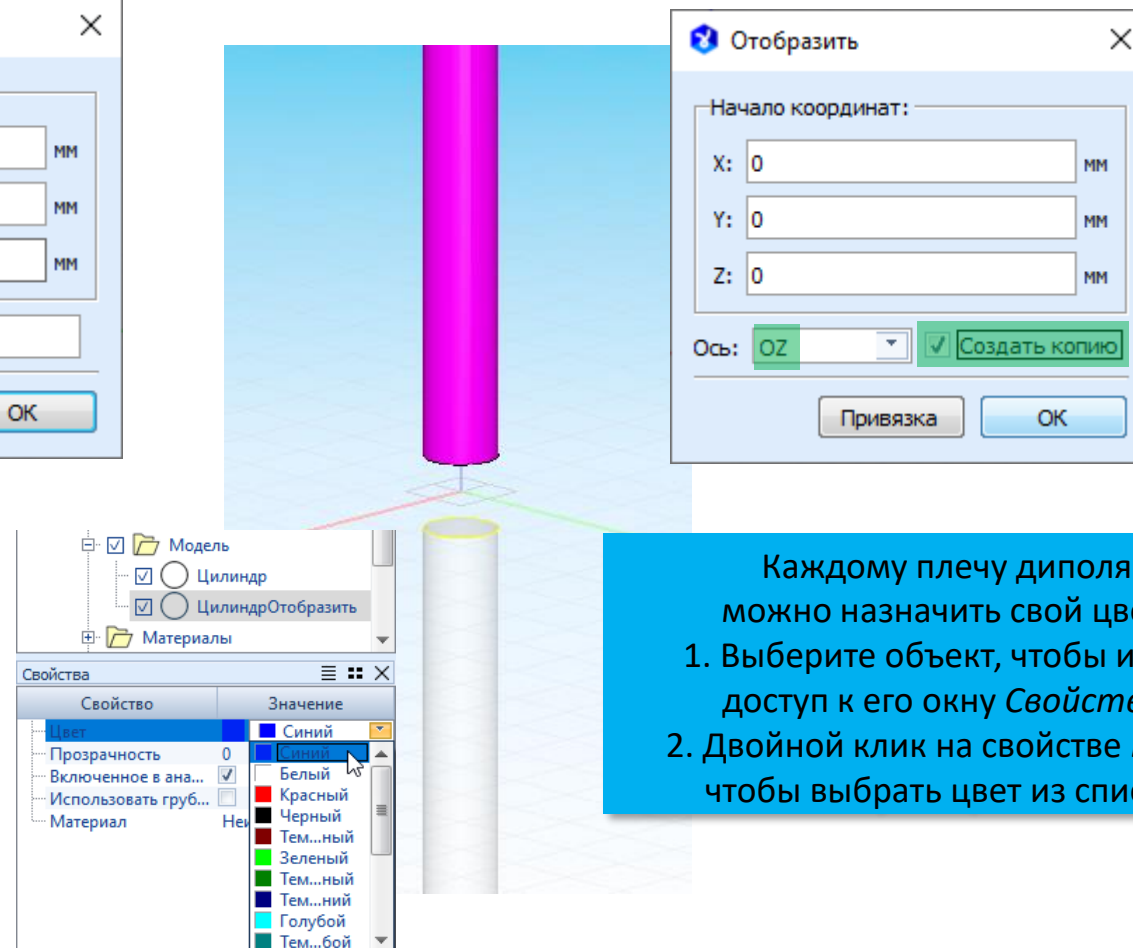
2. Переместите цилиндр:

- 1) Во вкладке **Моделирование** > **Переместить**.
- 2) В окне **Переместить** > установите перемещение по $dZ = 0,5$ и нажмите **ОК**:



3. Отобразите цилиндр по оси Z:

- 1) Во вкладке **Моделирование** > всплывающий список **Переместить** > **Отобразить**.
- 2) В окне **Отобразить** > установите ось отображения OZ, включите **Создать копию** и нажмите **ОК**:



Каждому плечу диполя
можно назначить свой цвет:

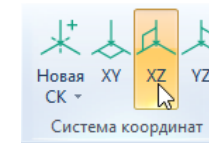
1. Выберите объект, чтобы иметь доступ к его окну *Свойства*.
2. Двойной клик на свойстве *Цвет*, чтобы выбрать цвет из списка.

❑ Создание прямоугольника для сосредоточенного порта между плечами диполя:

1. Сделайте плечи диполя прозрачными:

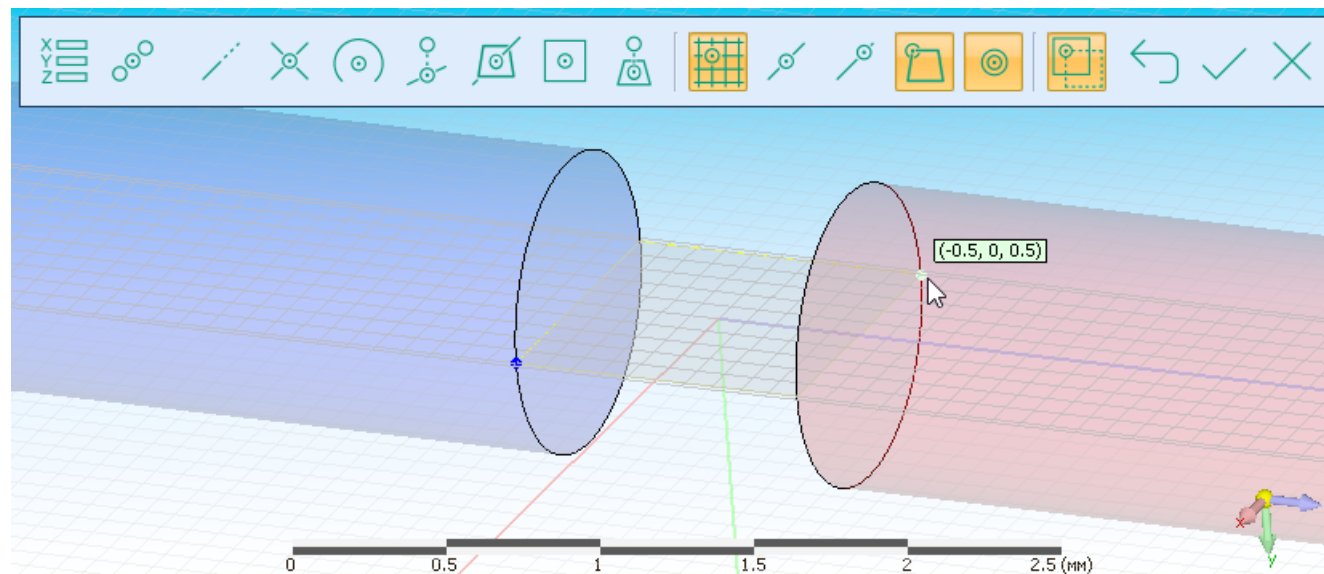
- Выберите объект “**Цилиндр**” > окно **Свойства** > двойной клик на свойстве **Прозрачность** и используя слайдер или вручную установите значение **80%**.
- Повторите для второго цилиндра.

2. Во вкладке **Моделирование** > переключитесь на рабочую плоскость XZ :



3. Во вкладке **Моделирование** > **Прямоугольник**:

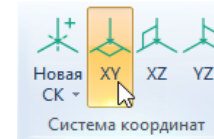
- На панели Привязка активируйте  чтобы привязаться сквозь геометрию.
- Привязываясь по сетке, разместите прямоугольник между цилиндрами, как показано ниже:



II. Создание модели

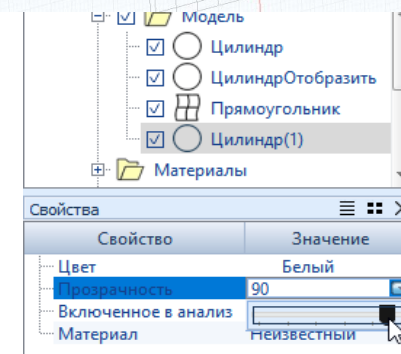
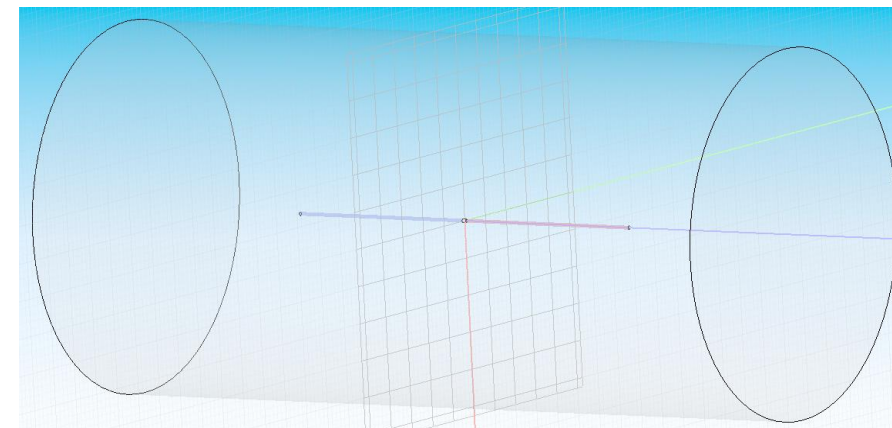
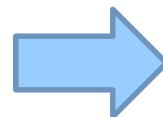
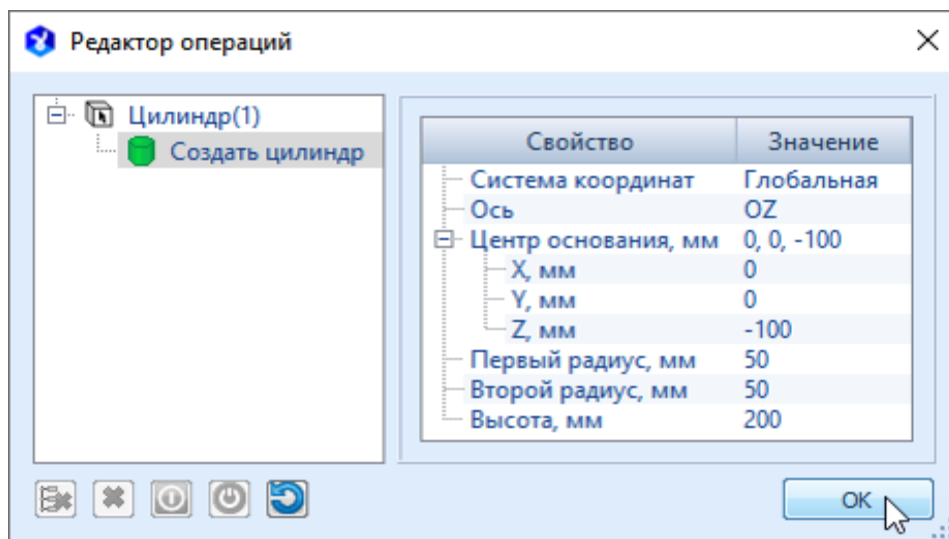
❑ Создание цилиндра для заключения диполя внутри радиационного граничного условия:

1. Во вкладке **Моделирование** > вернитесь на рабочую плоскость XY :
2. Во вкладке **Моделирование** > всплывающий список



Кубоид > Цилиндр:

- 1) Нарисуйте произвольный цилиндр.
- 2) Двойной клик на объекте “**Цилиндр(1)**” для доступа к **Редактору Операций**.
- 3) В окне **Редактор Операций** измените параметры операции **Создать цилиндр** следующим образом:

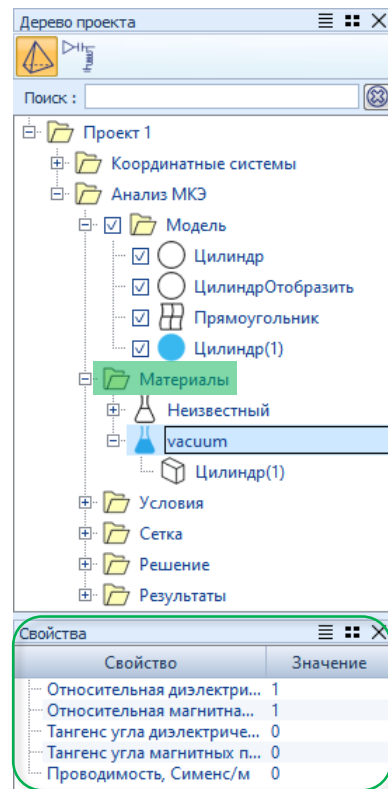
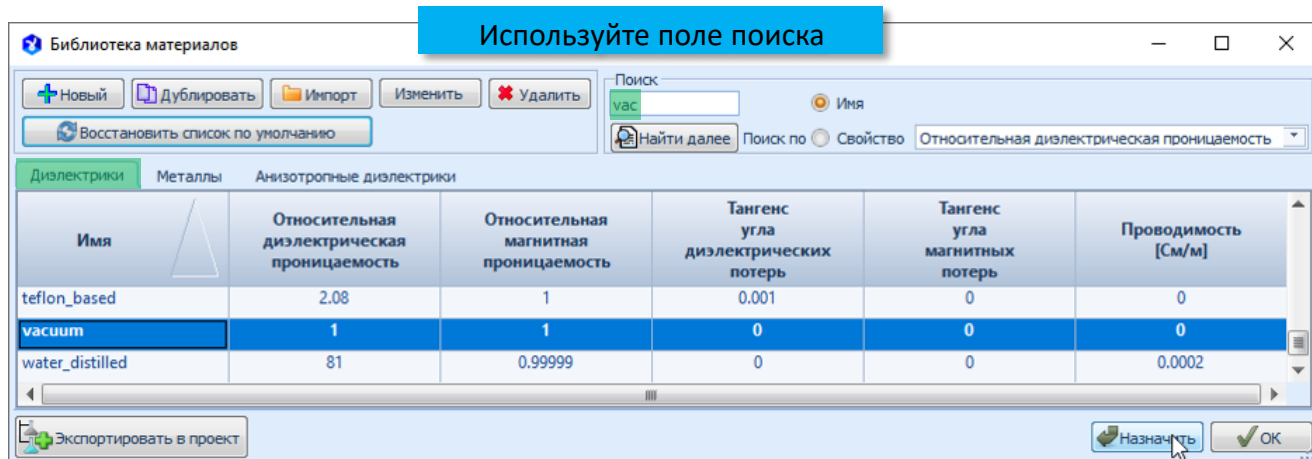


3. Сделайте цилиндр граничного условия прозрачным в его окне **Свойства**:

II. Создание модели

❑ Назначение материала *Вакуум* на цилиндр граничного условия:

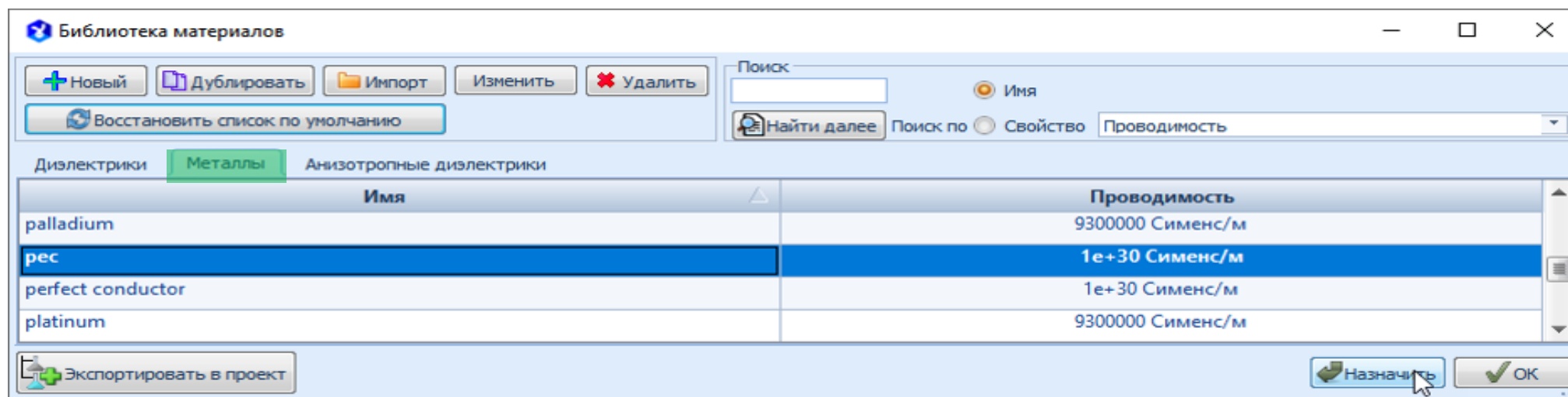
1. Нажмите правой кнопкой на объекте (в дереве проекта или окне 3D просмотра)
> **Назначить материал** > **Библиотека материалов...**
2. В окне **Библиотека материалов**:
 - Во вкладке **Диэлектрики** воспользуйтесь функцией **Поиск** для поиска **Вакуума** > выделите материал > нажмите **Назначить** и закройте диалог.
 - Назначенные материалы перечислены в папке **Материалы** в дереве проекта. Свойства материалов доступны в окне **Свойства** для выбранного материала:



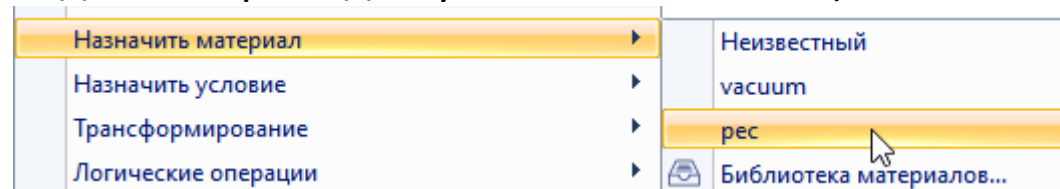
II. Создание модели

❑ Назначение материала *рес* на плечи диполя:

1. Снимите выделение с объекта “**Цилиндр1**” в дереве проекта, чтобы скрыть его и получить доступ к плечам диполя.
2. Нажмите правой кнопкой на плече диполя > **Назначить материал** > **Библиотека материалов...**
3. В окне **Библиотека материалов**:
 - Во вкладке **Металлы** найдите *рес* > выделите его > нажмите **Назначить** и закройте диалог:



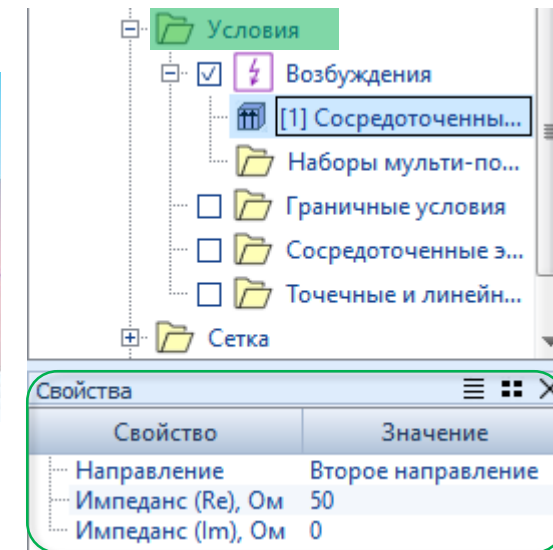
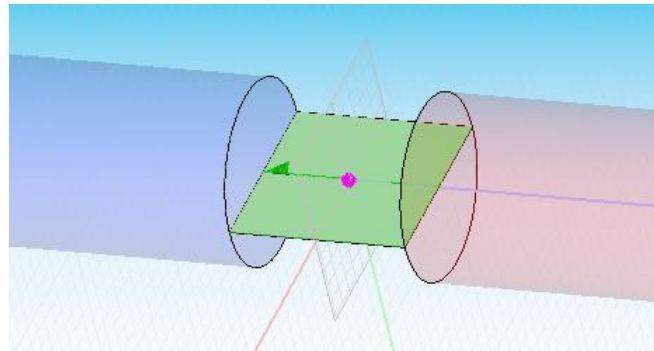
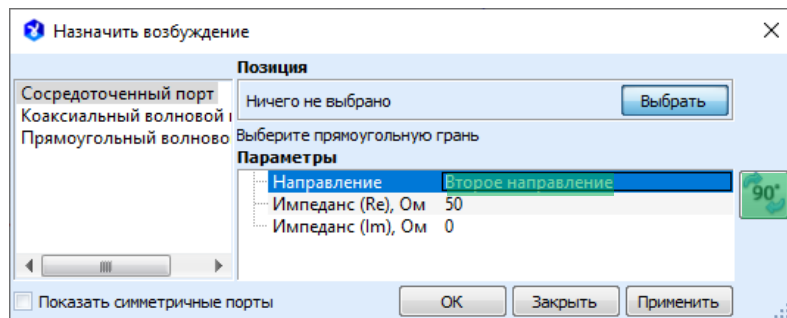
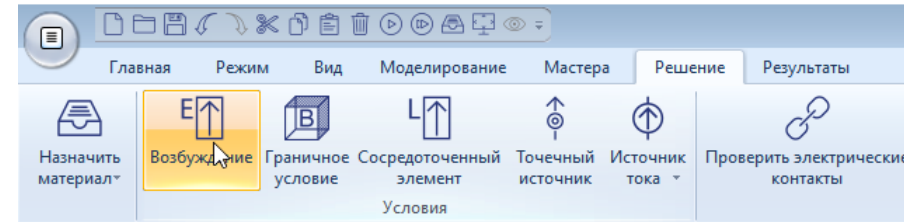
4. Нажмите правой кнопкой на втором плече диполя > **Назначить материал** > *рес* (ранее назначенные материалы доступны в меню для быстрого доступа/использования):



II. Создание модели

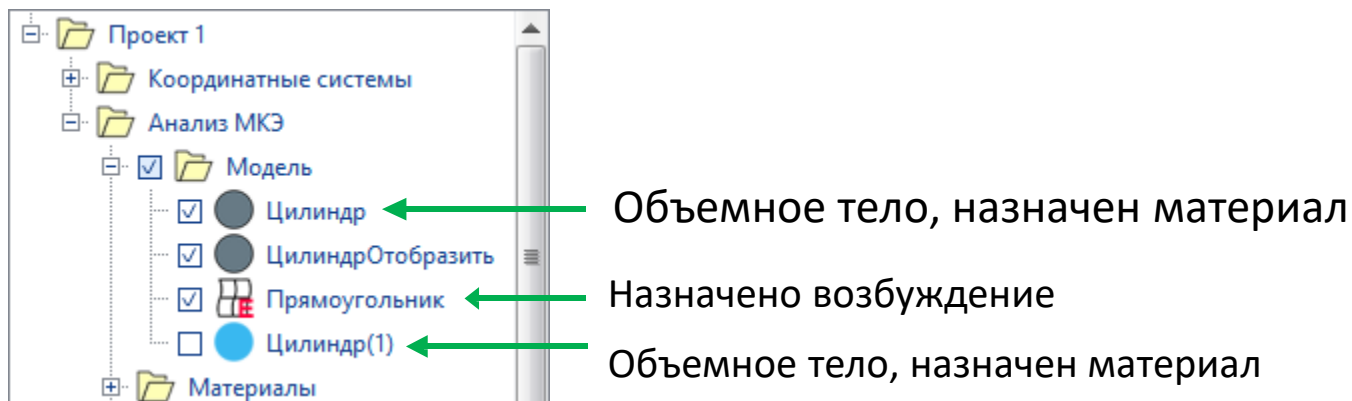
□ Назначение сосредоточенного порта:

1. Во вкладке **Решение** > **Возбуждение**.
2. В окне **Назначить возбуждение**:
 - Выберите прямоугольник порта, нажмите на кнопку **Направление вращения** для задания направления возбуждающего поля вдоль оси Z (установить **Второе направление**), нажмите **Применить** и закройте диалог.
3. Созданный порт можно найти в папке **Условия** > **Возбуждение** в дереве проекта.
 - Свойства выбранного порта доступны в его окне **Свойства**:



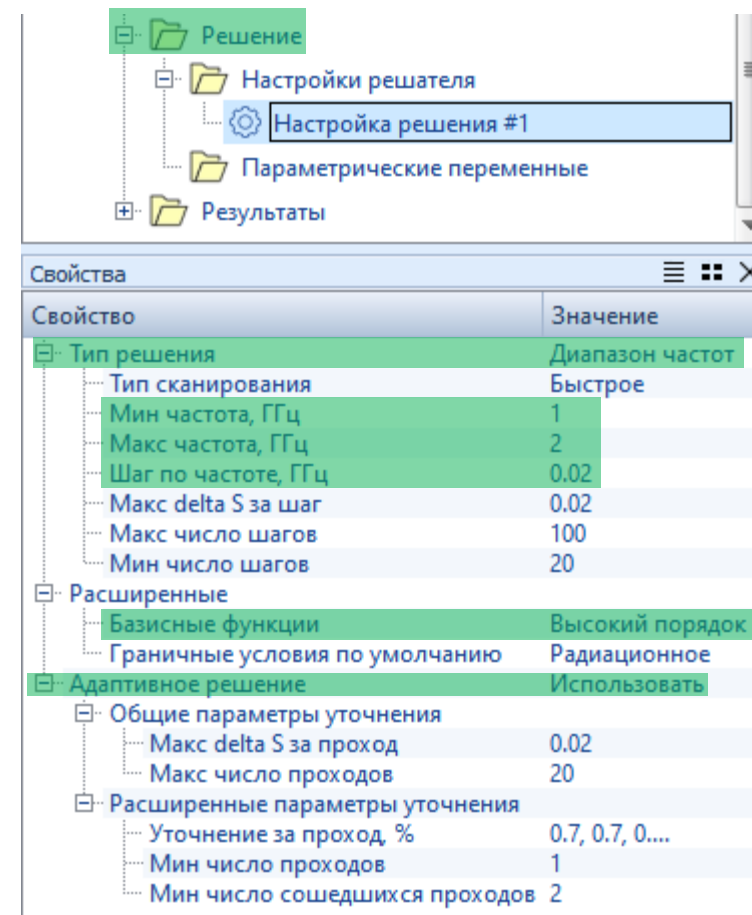
III. Настройка решения

- ❑ Проверка дерева проекта, чтобы убедиться, что материалы и условия назначены там, где это необходимо:



- ❑ Установка параметров решения:

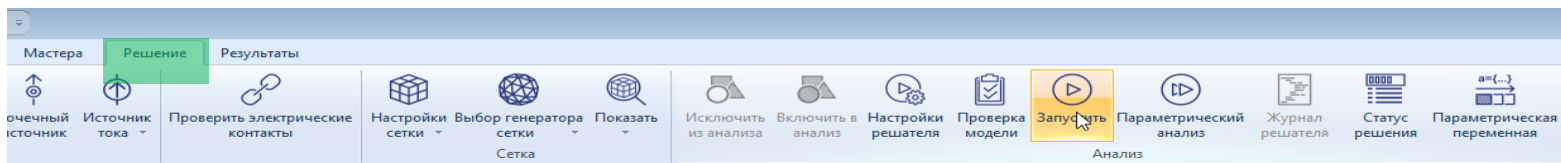
1. В дереве проекта > **Решение** > **Настройки решателя** > **Настройка решения #1**.
2. В окне **Свойства** измените значения следующих полей:
 - 1) Тип решения: Диапазон частот;
 - 2) Макс частота = 2 ГГц;
 - 3) Мин частота = 1 ГГц;
 - 4) Шаг по частоте = 0,02 ГГц;
 - 5) Базисные функции: Высокого порядка;
 - 6) Адаптивное решение: Использовать;
 - 7) Для остальных параметров оставьте значения по умолчанию.



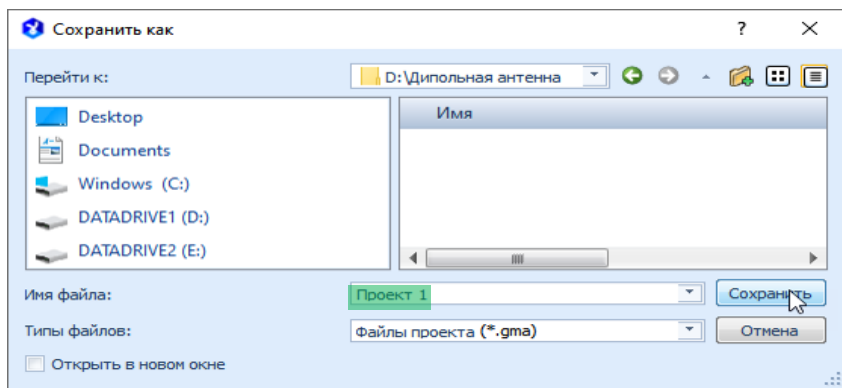
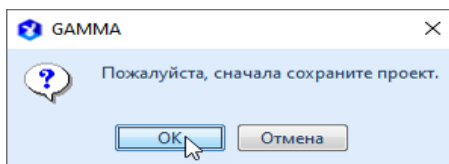
III. Настройка решения

❑ Запустите расчет:

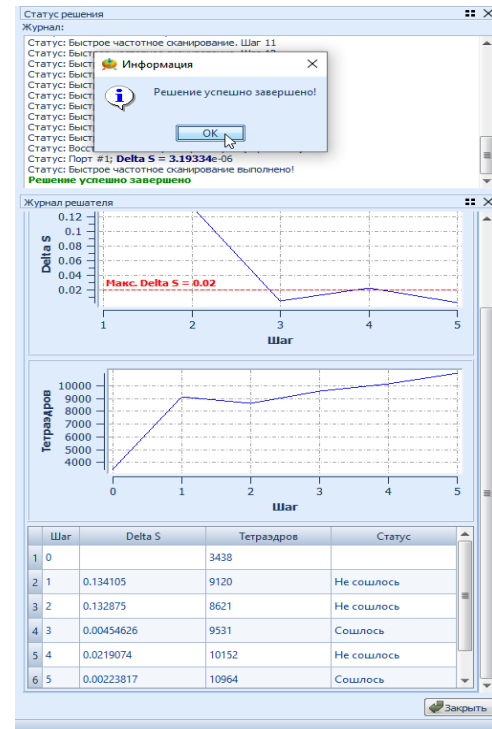
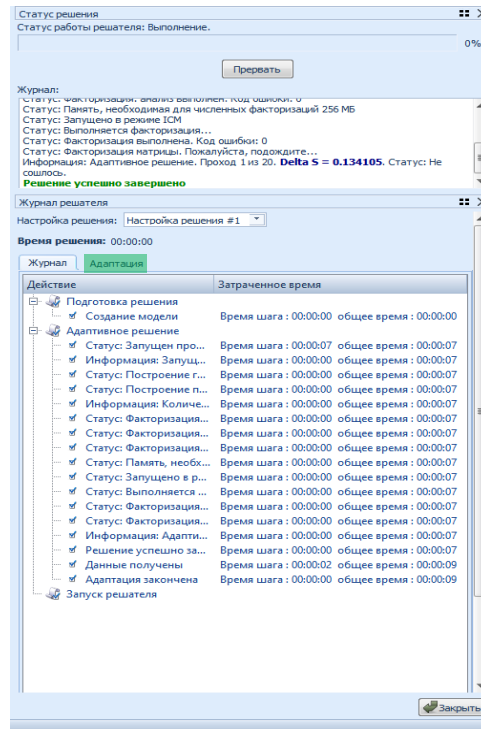
1. Во вкладке **Решение** > **Запустить**.



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

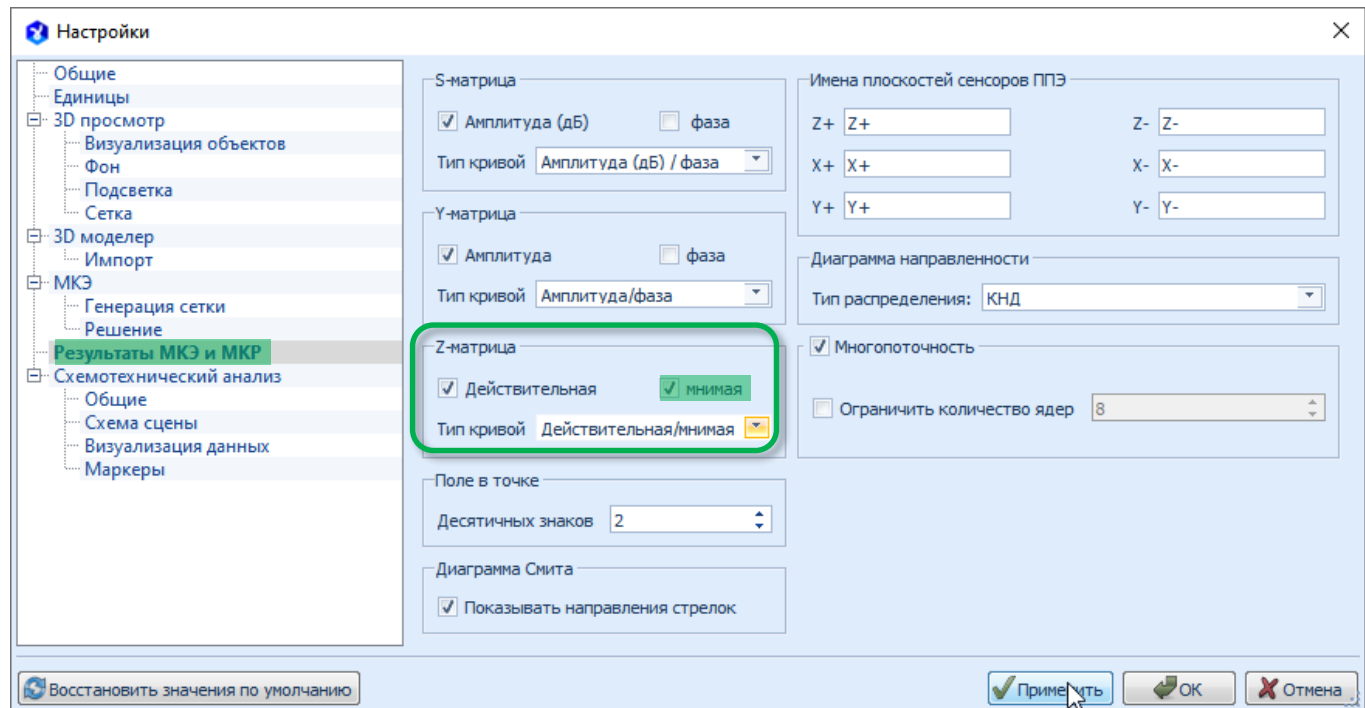
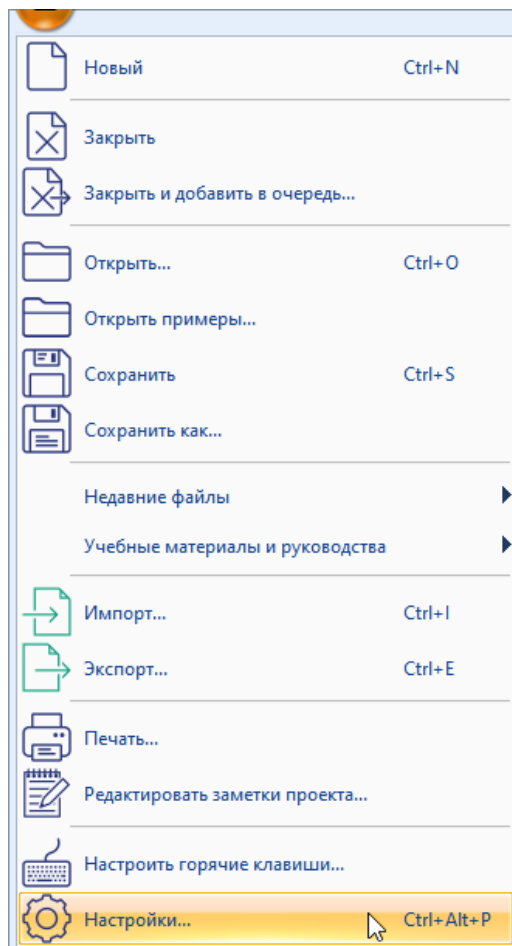


3. Рекомендуется контролировать процесс решения в автоматически открывающемся окне **Статус Решения**. Процесс сходимости доступен во вкладке **Адаптация**:



- ❑ Переключение типа Z-матрицы на Действительную/мнимую и включение одновременной видимости действительной и мнимой частей:

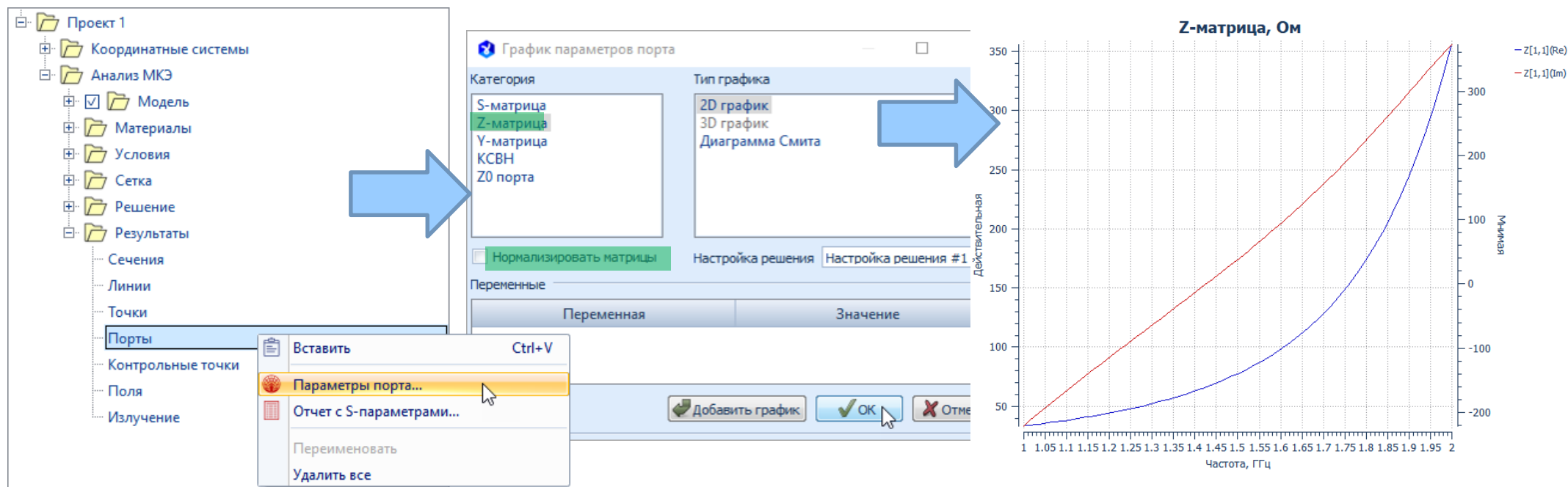
- *Файл > Настройки... > Результаты МКЭ и МКР:*



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

Для построения графика Z-параметров:

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



IV. Результаты

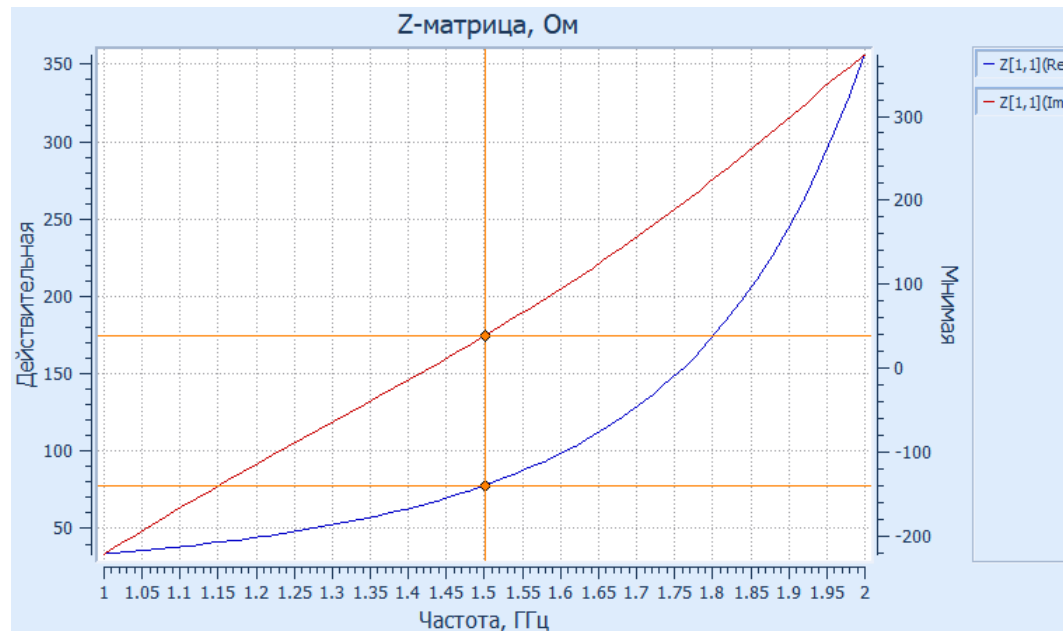
■ Анализ графика:

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

1) Курсором в виде перекрестия найдите точку 1,5 ГГц на графике и с помощью кнопки **Добавить маркер** добавьте маркеры.

2) Нажмите кнопку **Создать контрольную точку** для создания контрольной точки:

- В окне **Параметры контрольной точки** введите имя контрольной точки и нажмите **OK**.
- Контрольная точка появится в папке **Результаты** в дереве проекта:



	Частота	Действительная / Мнимая
1	1.5 (ГГц)	77.3738 (Re)
2	1.5 (ГГц)	38.0718 (Im)

Удалить маркеры

Слежение по 2D графику (Z[1,1])

Частота, ГГц

Действительная

Мнимая

1.5

77.3738

38.0718

☒ Следить по точкам данных

Добавить маркер

Создать контрольную точку

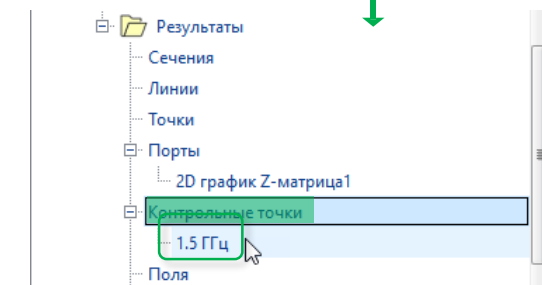
OK

Параметры контрольной точки

Имя контрольной т

1.5 ГГц

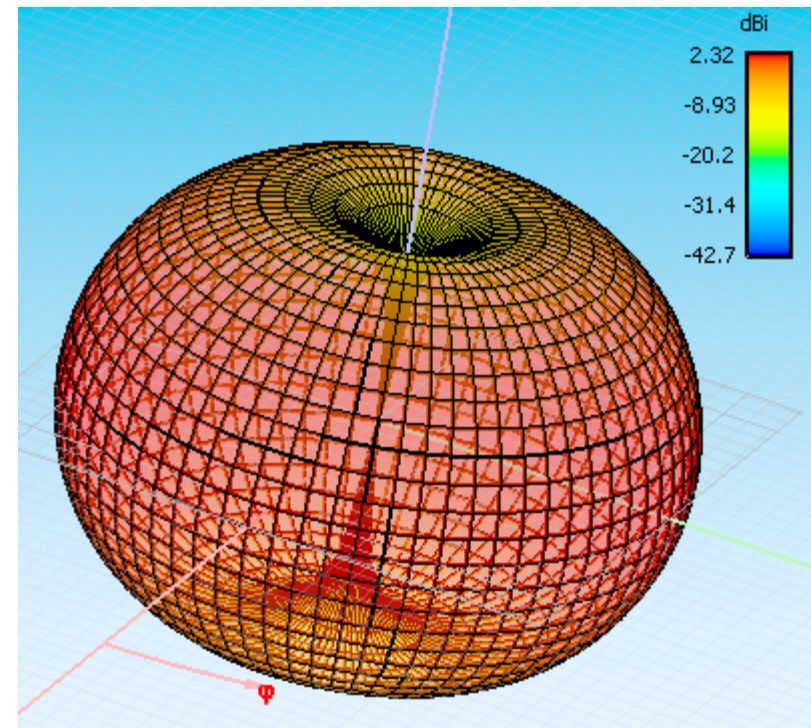
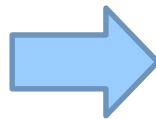
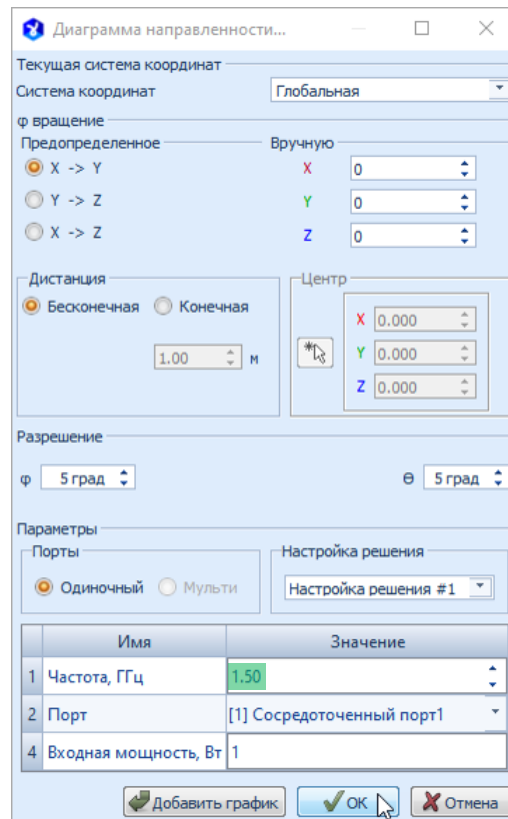
OK



IV. Результаты

❑ Построение диаграммы направленности:

1. В папке **Результаты** > **Контрольные точки** > нажмите правой кнопкой на точке 1,5 ГГц > **Диаграмма направленности...**
2. В окне **Диаграмма направленности...** > убедитесь, что диаграмма будет построена на частоте 1,5 ГГц, оставьте все значения по умолчанию и нажмите **ОК** :

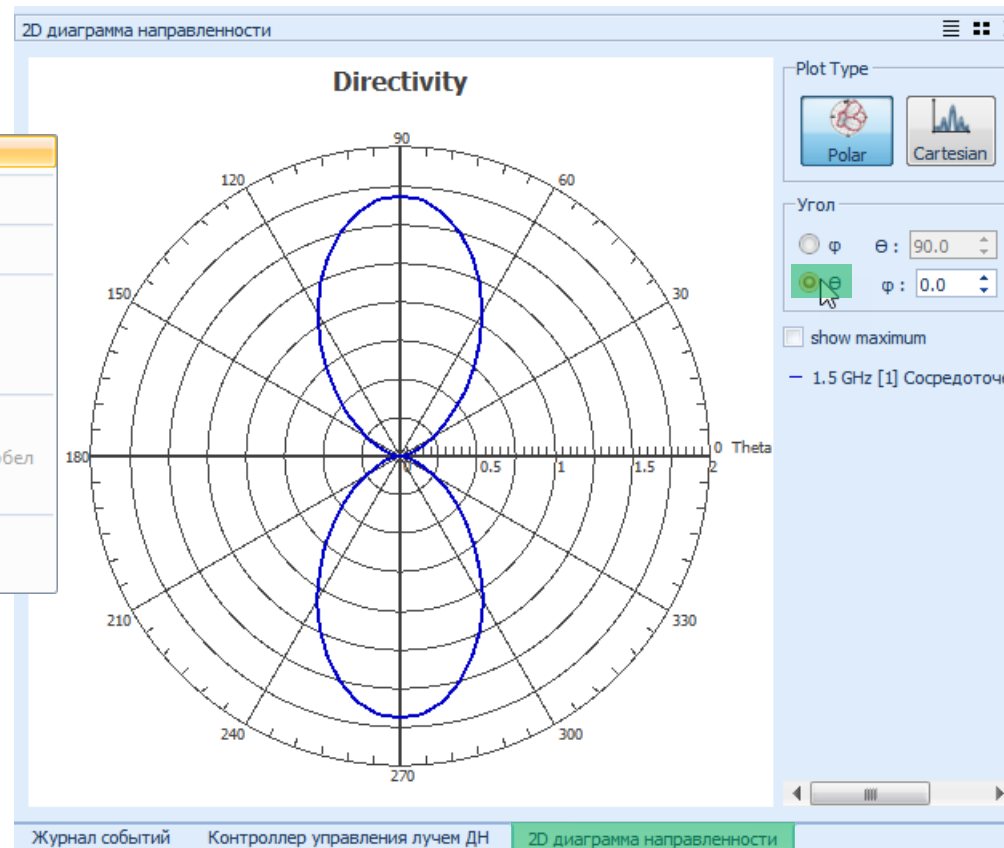
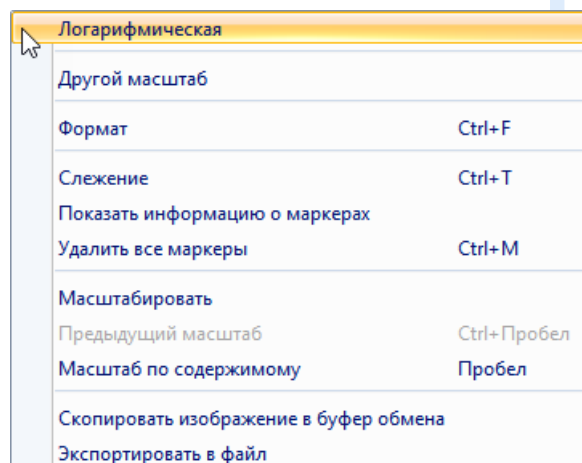
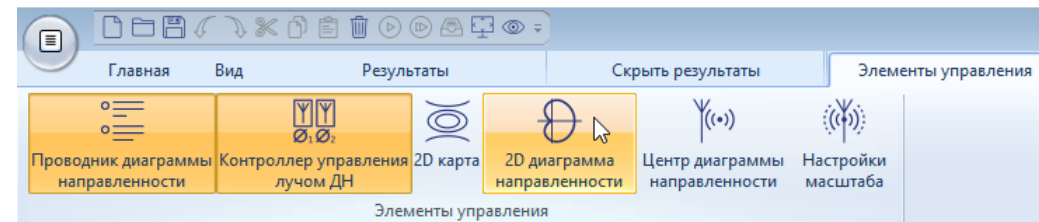


Пиковое значение КНД = 2,32 дБи

IV. Результаты

❑ Просмотр 2D диаграммы направленности:

1. Во вкладке **Элементы управления** > **2D диаграмма направленности**:
2. В окне **2D диаграмма направленности** переключите угол на ϑ .
3. Нажмите правой кнопкой на графике > **выключите логарифмическую шкалу**:



Сравнение входного импеданса дипольной антенны: предсказанной и рассчитанной численным методом

Результаты, полученные с помощью метода конечных элементов, очень близки к значениям, полученным аналитически. Погрешность составляет 4%, что допустимо с учетом наших предположений*.

См. таблицу ниже для сравнения результатов:

	Теория	Расчет
Входной импеданс на частоте 1,5 ГГц	$Z_{in} = 73,1 + j \cdot 42,5 \text{ Ом}^*$	$Z_{in} = 77,4 + j \cdot 38,1 \text{ Ом}$
Пиковый КНД	2,15 дБи	2,32 дБи

*Имеются следующие предположения:

1. $a > w$ не оказывает существенного влияния на Z_{in} на этой частоте (1,5 ГГц),
2. Реактивность зазора не учитывается.

