



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Учебный пример Gmта Возбуждение волноводных структур в МКР: Рупорная антенна



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

I. Введение: постановка задачи

□ Модель:

- Рупорная антенна (РА) состоит из волновода постоянного сечения, играющего роль питающей линии, и присоединенного к нему рупора, представляющего собой волновод переменного сечения. Согласование таким образом достигается постепенным переходом от импеданса волновода к импедансу свободного пространства.

□ Задача:

- Открыть пример РА в МКЭ, импортировать его в МКР.
- Организовать возбуждение волновода с помощью сосредоточенного порта.
- Параметризовать модель для различных сечений волновода.

□ Цель:

- Получить работу антенны ($S_{11} < -15$ дБ) в диапазоне частот 2,6÷3,6 ГГц.
- Проверить работу антенны для других размеров/частот.

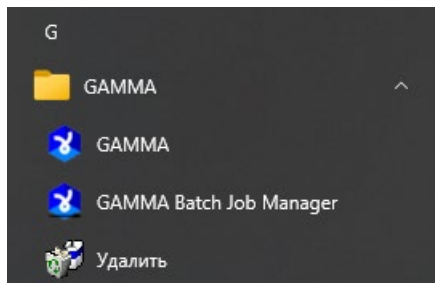
**Модель данного пассивного устройства
рассчитывается с помощью
следующих функции Gamma:**

- **Создание 3D модели:**
 - примитивы: полилиния, цилиндр.
- **Назначение возбуждения:**
 - сосредоточенный порт.
- **Библиотека материалов:**
 - PEC;
 - Vacuum.
- **Настройки расчета.**
- **Решение задачи с применением метода конечных разностей (МКР).**
- **Результаты:**
 - график S_{11} ;
 - диаграмма направленности.

II. Подготовка модели для расчета в МКР

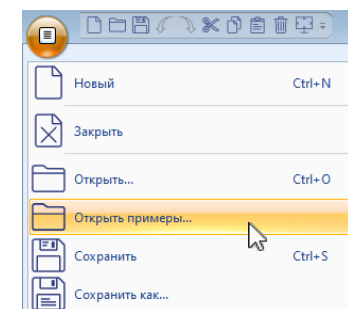
❑ Открытие учебного примера пирамидальной рупорной антенны

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



Стартовое меню

2. Откройте пример на панели во вкладке *Главная* > *Открыть примеры*.



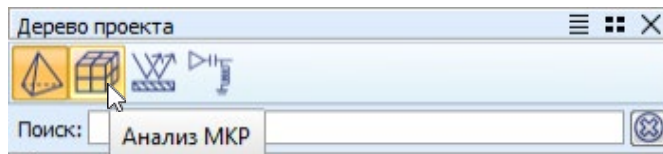
3. В окне с примерами выберите «Пирамидальная рупорная антенна» и нажмите *Открыть*.

Имя	Размер
Распространение сигнала внутри помещения	
Распространение сигнала внутри помещения.gma	49,09 MiB
Печатная плата радиочастотного усилителя.gma	2,73 MiB
Пирамидальная рупорная антенна.gma	1,07 MiB
Цилиндрический резонатор.gma	196,15 KiB
Двухдиапазонная печатная...льного телефона с СЦ.gma	222,55 KiB
Патч-антенна с непосредственной запиткой.gma	81,18 KiB
Направленные ответитель Риблета.gma	102,26 KiB
Диэлектрический резонатор.gma	69,81 KiB
Дипольная антенна.gma	46,34 KiB
Микрополосковая антенная решетка 2x2.gma	149,19 KiB

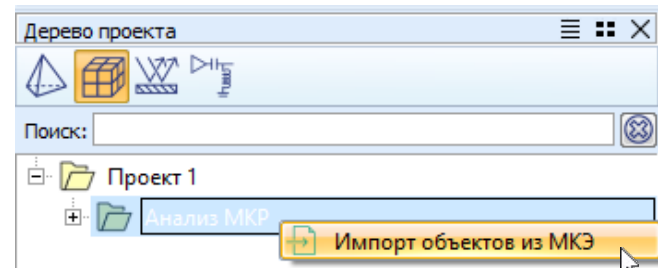
II. Подготовка модели для расчета в МКР

❑ Импорт пирамидальной рупорной антенны в МКР

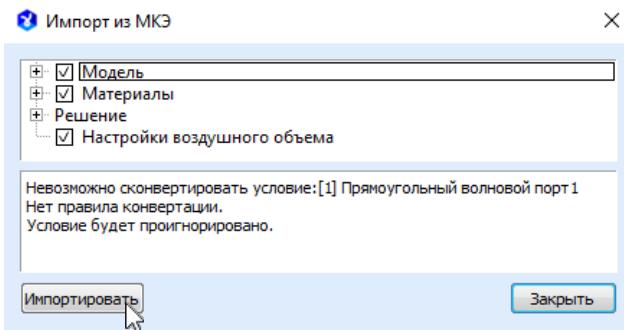
1. В *дереве проекта* перейдите в *Анализ МКР*.



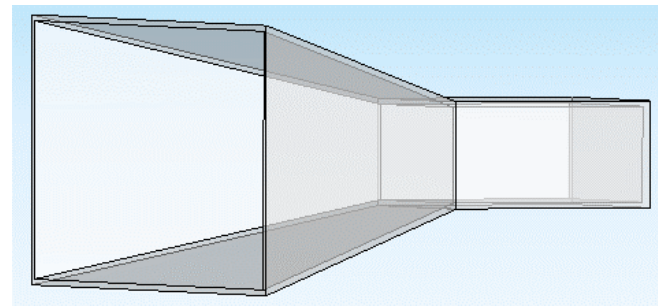
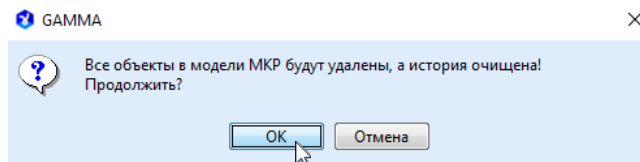
2. Нажмите правой кнопкой на *Анализ МКР* > *Импорт объектов из МКЭ*.



3. В открывшемся окне *Импорт из МКЭ* нажмите *Импортировать* и далее подтвердите импорт, нажав *OK*.



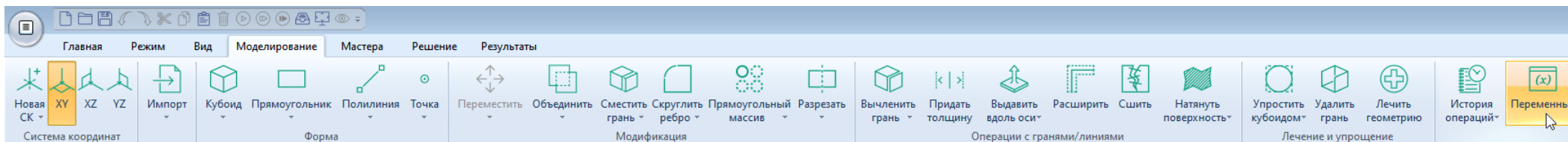
Предупреждение «Невозможно сконвертировать условие: [1] Прямоугольный волновой порт 1» возникает ввиду отсутствия в текущей версии программы условия возбуждения *Волноводный порт* в МКР.



II. Подготовка модели

❑ Создание и назначение переменных:

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



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

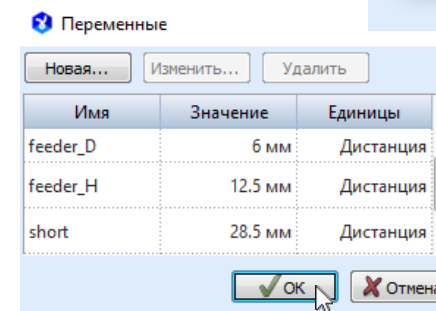
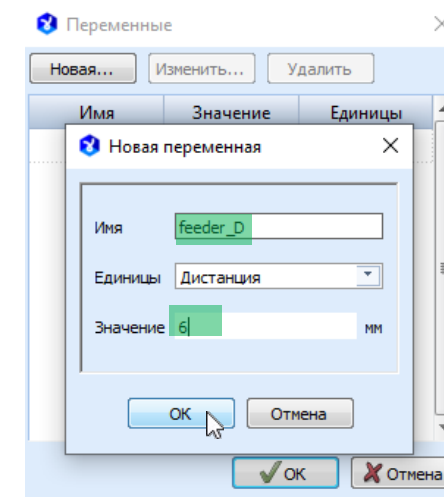
3. В окне *Новая переменная* добавьте переменную диаметра возбуждающего штыря и нажмите *OK*:

- Имя: **feeder_D**;
- Единицы: **Дистанция** (по умолчанию);
- Значение: **6** мм.

4. Аналогичным образом создайте переменную длины возбуждающего штыря **feeder_H = 12.5** мм.

5. Повторите процедуру для добавления переменной положения короткозамыкателя **short = 28.5** мм.

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

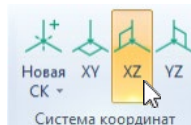


Для просмотра списка переменных необходимо
включить окно *Переменные* во вкладке *Вид*

II. Подготовка модели для расчета в МКР

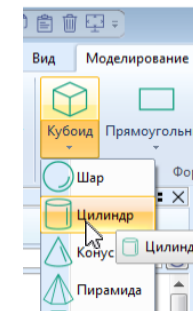
❑ Создание возбуждения волноводной рупорной антенны с помощью сосредоточенного порта

1. Выберите систему координат XZ.



2. Создайте параметризованный цилиндр :

1) Постройте цилиндр произвольной формы во вкладке *Моделирование* > всплывающий список *Кубоид* > *Цилиндр*.

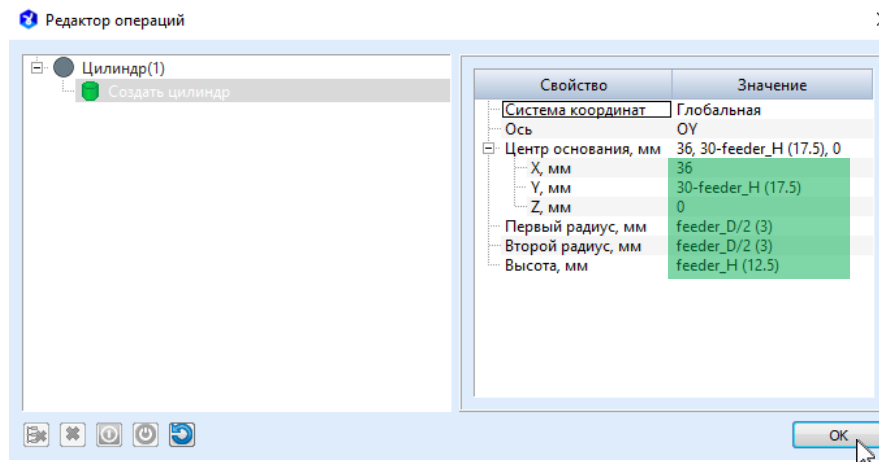
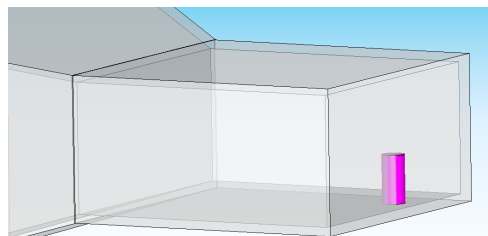


2) Далее двойным кликом по объекту «Цилиндр» войдите в его *Редактор операций*.

3) Задайте размеры цилиндра:

- Центр основания > X, мм: **36**;
- Центр основания > Y, мм: **30-feeder_H**;
- Центр основания > Z, мм: **0**;
- Первый радиус, мм: **feeder_D/2**;
- Второй радиус, мм: **feeder_D/2**;
- Высота, мм: **feeder_H**;

4) Нажмите **OK**.

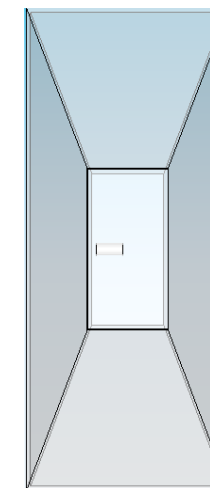
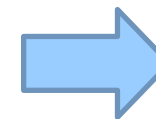
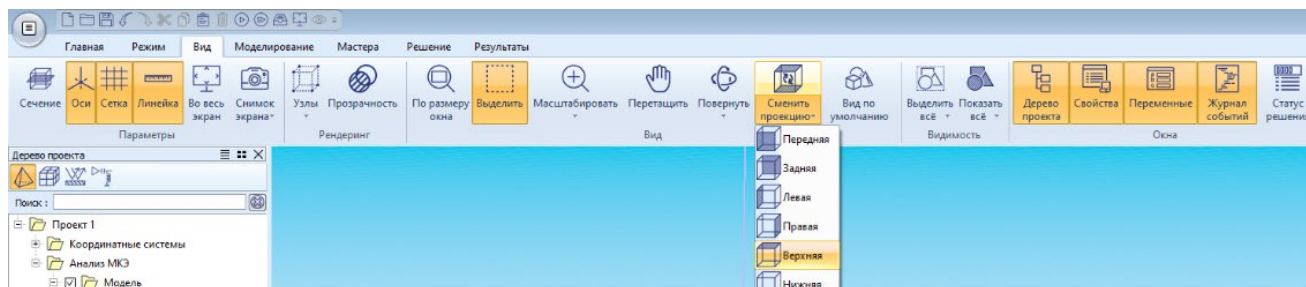


Назначение переменных позволяет осуществлять удобное изменение требуемых размеров

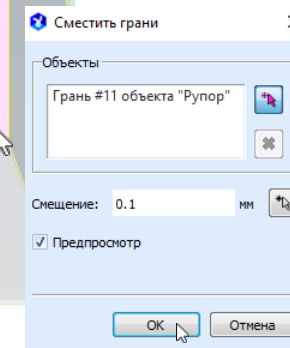
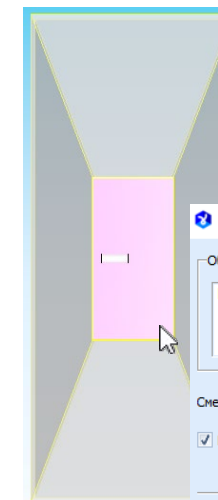
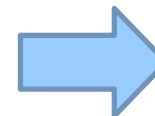
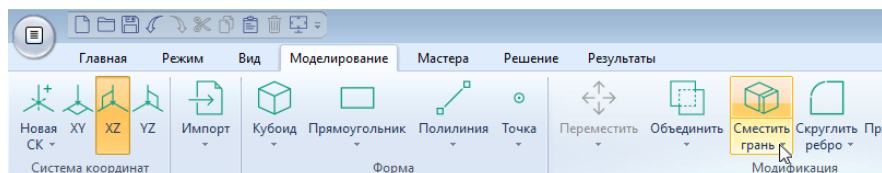
II. Подготовка модели

3. Задайте положение короткозамыкателя прямоугольного волновода через переменную:

1) Поверните рупор раскрытом от себя во вкладке *Вид* > всплывающий список *Сменить проекцию* > *Нижняя*.



2) Во вкладке *Моделирование* > *Сместить грань*.



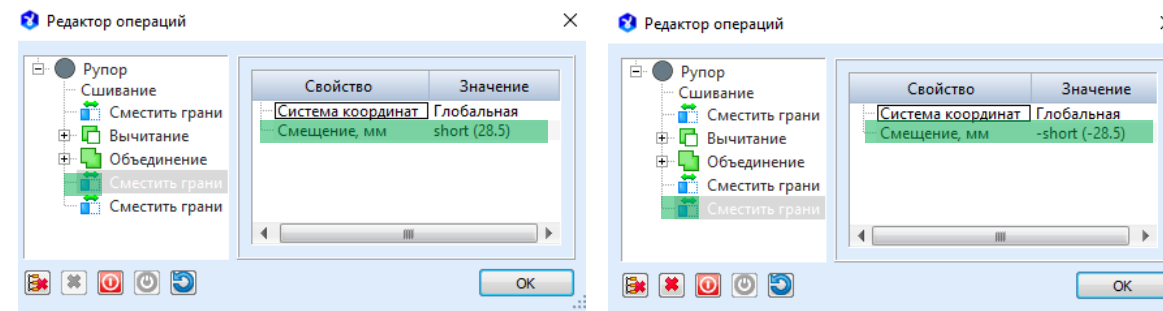
3) Наведите курсор на прямоугольную плоскость в основании Рупора, щелкните по ней левой клавишей мыши (она подсветится фиолетовым цветом) и нажмите *ОК* в диалоговом окне *Сместить грань*.

4) Повторите операцию *Сместить грань* для прямоугольной плоскости в основании рупора для проекции *Верхняя*.

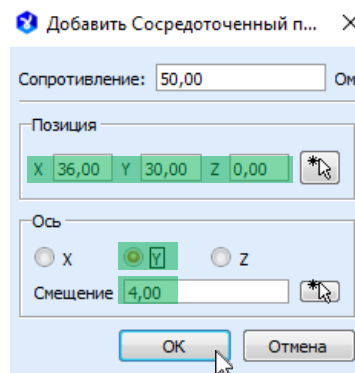
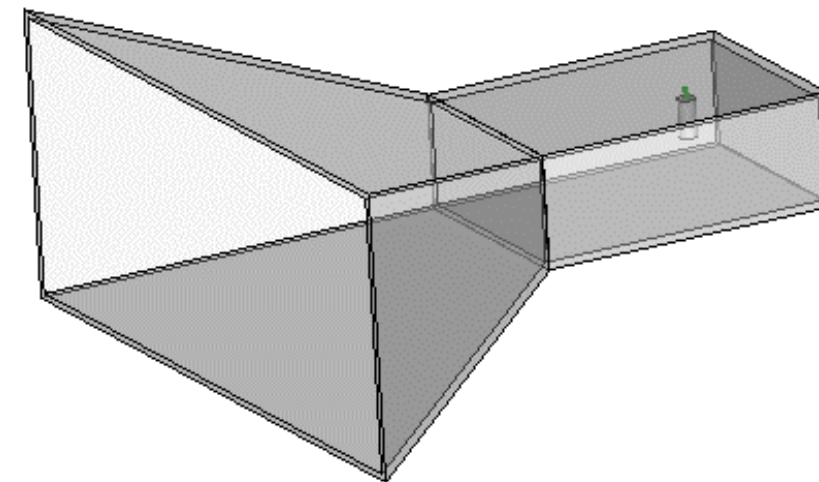
Точные значения смещений будут заданы далее через переменные

II. Подготовка модели для расчета в МКР

- 5) Далее двойным кликом по объекту «Рупор» войдите в его *Редактор операций*.
 - 6) В окне *Редактор операций* объекта «Рупор» измените *Смещение* для последних двух операций (*Сместить грани*) на **short** и **–short** соответственно.
 - 7) Нажмите **OK**.
4. Задайте сосредоточенный порт для возбуждения штыря:
- 1) Во вкладке *Мастера* > *Сосредоточенный порт*.
 - 2) В окне *Добавить Сосредоточенный порт* установите следующие значения и нажмите **OK**:
- *Позиция* > **X: 36, Y: 30, Z: 0;**
 - *Ось:* **Y;**
 - *Смещение:* **4.**



Модель рупорной антенны с возбуждением
сосредоточенным портом*



* Возбуждение прямоугольного волновода с помощью сосредоточенного порта и штыря аналогично принципу коаксиально-волноводного перехода. В данном случае базовыми элементами согласования будут: глубина погружения штыря (зависит в основном от высоты волновода) и расстояние от штыря до короткозамыкателя волновода (зависит от длины волны, обычно выбирается равной $\approx \lambda/4$). Для более широкополосного согласования могут использоваться и другие элементы согласования, в том числе изменяющийся по высоте диаметр штыря.

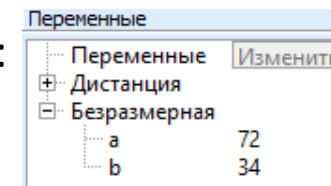
II. Подготовка модели для расчета в МКР

❑ Масштабирование модели для возможности задания других волноводных сечений*

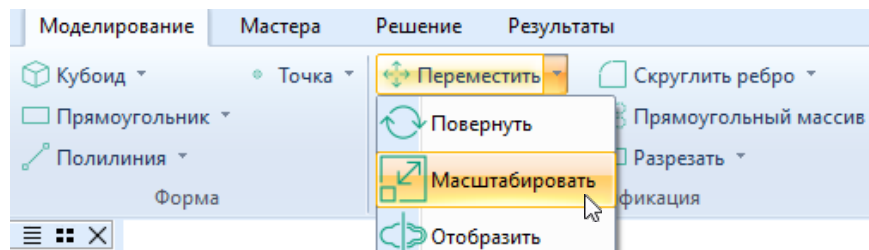
1. Во вкладке *Моделирование* > *Переменные* создайте еще две переменные:

1) Имя: **a**; Единицы: **Безразмерная**; Значение: **72**;

2) Имя: **b**; Единицы: **Безразмерная**; Значение: **34**.



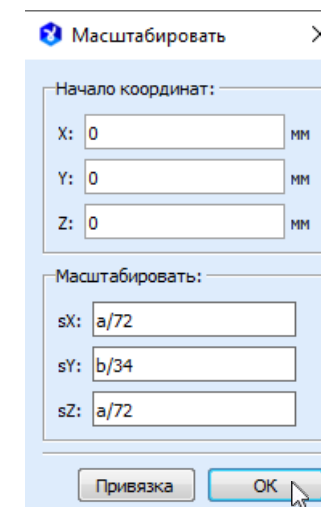
2. Выделите одновременно все объекты («Рупор», «Цилиндр», «Линия для [1] Сосредоточенный порт 1») либо в окне самой модели, либо в дереве проекта, затем во вкладке *Моделирование* > *Переместить* > всплывающий список > *Масштабировать*:



1) В окне *Масштабировать* установить следующие значения:

- *Начало координат* > X: **0**, Y: **0**, Z: **0**;
- *Масштабировать* > sX: **a/72**; sY: **b/34**; sZ: **a/72**.

2) Нажмите **OK**.



*Предлагается возможность масштабирования волноводного сечения (а также рупора) для изменения частотного диапазона. Данная функция предполагает задание стандартного волноводного сечения с коэффициентом: (ширина волновода / высота волновода) ≈ 2 . Для других волноводных сечений (например, 72 x 10) может потребоваться подстройка согласования.

II. Подготовка модели для расчета в МКР

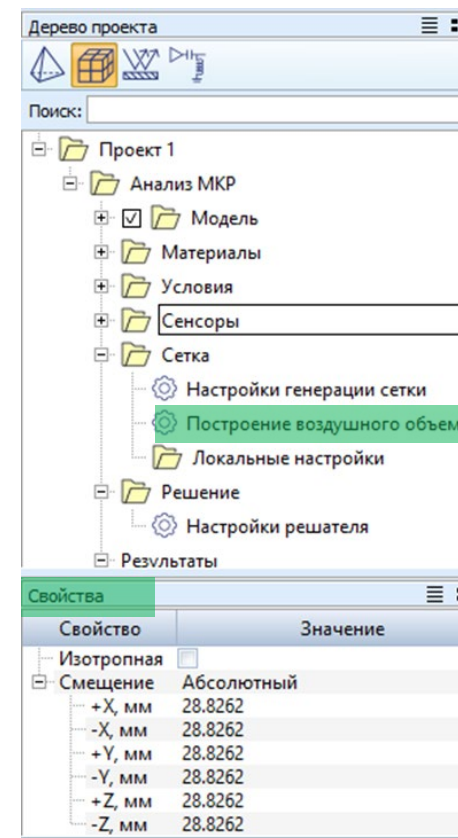
❑ Настройки сетки: Воздушный объем

1. В дереве проекта во вкладке *Проект 1 > Анализ МКР > Сетка > Построение воздушного объема* в окне *Свойства* установите следующие значения:

- *Изотропная*: **вкл**;
- *Смещение*: **Длин волн**;
- *Значение*: **0,25**.

Свойства	
Свойство	Значение
Изотропная	☒
Смещение	Длин волн
Значение	0.25

Задание смещения в длинах волн позволяет автоматически изменять воздушный объем при изменении частотного диапазона



II. Подготовка модели для расчета в МКР

❑ Настройки сетки: Локальные размеры

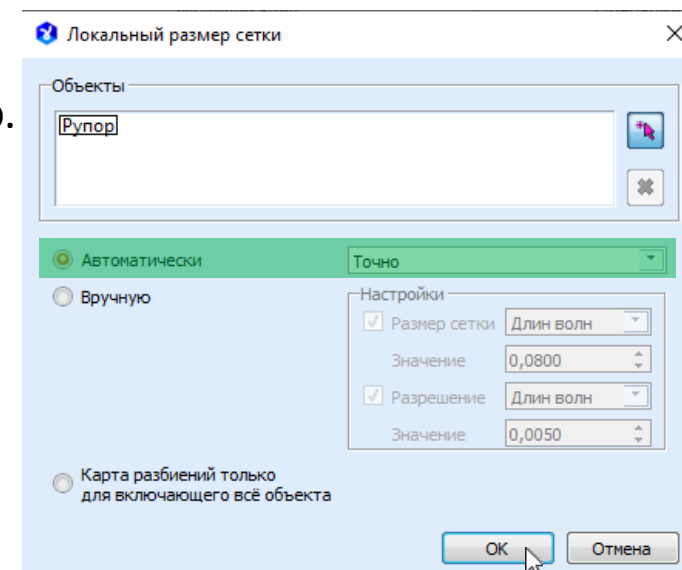
1. Выделите объект «Рупор», нажмите на нем правой кнопкой и во всплывающем окне выберите > *Назначить локальные настройки сетки* > *Добавить локальные настройки*:



- 1) В окне *Локальный размер сетки* проверить режим *Автоматически*: **Точно**.
- 2) Нажмите *ОК*.
2. Аналогично установите локальные настройки для объекта «Цилиндр»:
 - 1) *Автоматически*: **Очень точно**.
 - 2) Нажмите *ОК*.

Рекомендовано устанавливать следующие локальные настройки сетки:

- на антенные элементы – *Точно**;
- на элементы антенно-фидерного тракта (с поперечными размерами $\ll \lambda$, например, микрополосковая линия) – *Очень точно**.



3. Назначенные локальные размеры можно найти в папке *Сетка/Локальные настройки* в дереве проекта. Свойства выбранной локальной настройки сетки доступны в ее окне *Свойства*.

*Для более точного решения рекомендуется применять локальную настройку сетки: Очень точно - на антенные элементы; Сверх точно - на элементы антенно-фидерного тракта (АФТ) с поперечными размерами $\ll \lambda$. В очень больших задачах (размер $\gg \lambda$), например, в радарах с узкой диаграммой направленности, рекомендуется использовать локальную настройку только на элементы АФТ с поперечными размерами $\ll \lambda$ – Точно. Также следует отметить, что задание локальных размеров в режиме «Автоматически» имеет привязку к длине волны и автоматически перестраивается при изменении частотного диапазона.

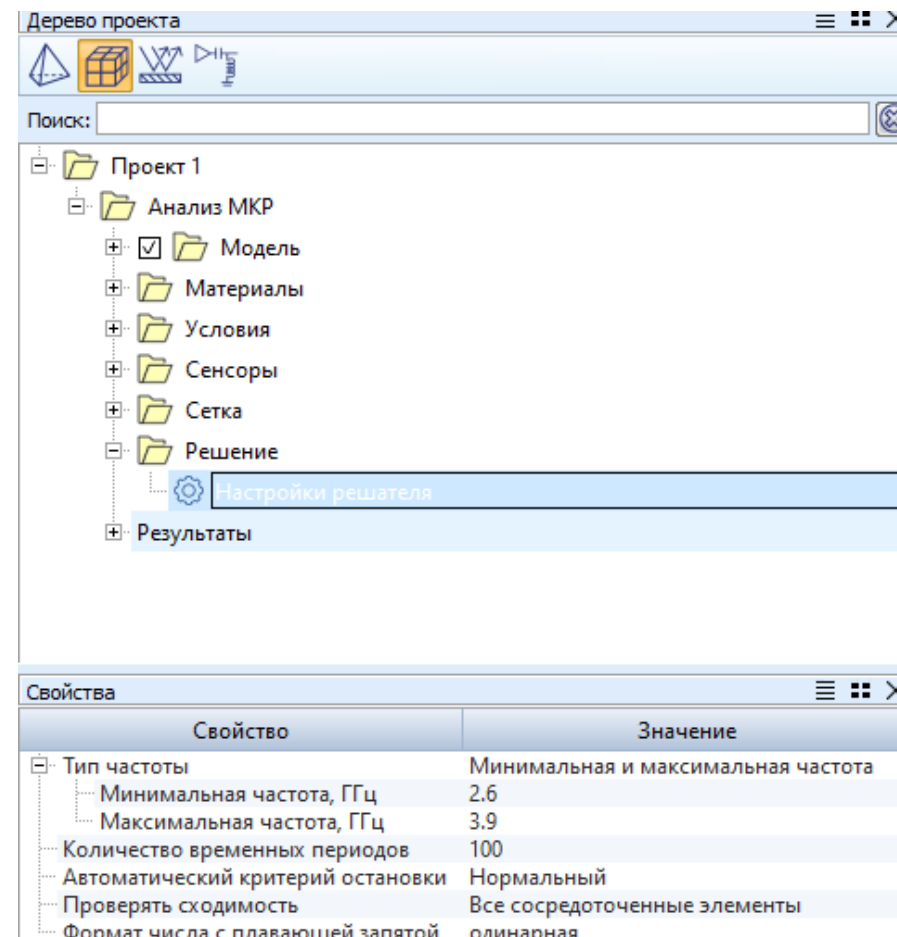
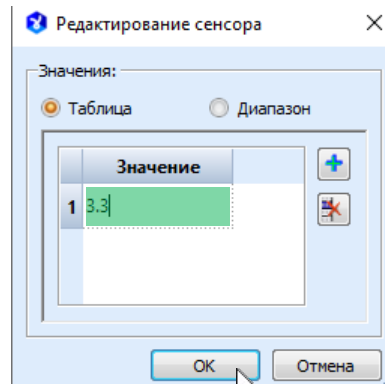
III. Решение

❑ Установка параметров решения:

1. В дереве проекта > *Анализ МКР* > *Решение* > *Настройки решателя*.
2. В окне *Свойства* оставьте значения по умолчанию.

❑ Установка сенсора*:

1. В дереве проекта > *Анализ МКР* > *Сенсоры* > нажмите правой кнопкой на *Излучение* > *Редактировать сенсор*:
 - 1) Двойным кликом по ячейке со столбцом *Значение* и строкой *1* введите значение **3,3** (ГГц);
 - 2) Нажмите *ОК*.

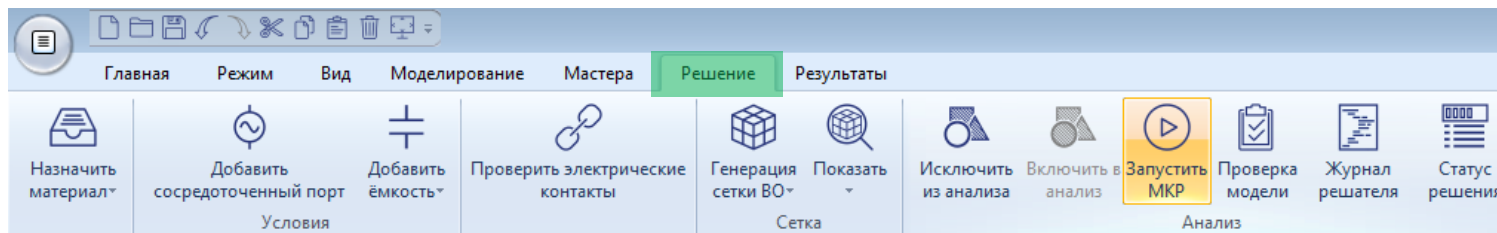


*В отличие от анализа методом конечных элементов (МКЭ) в МКР расчет Поля, Тока и Диаграммы направленности (а также ее производных, например, КПД) задается перед началом расчета в папке Сенсоры.

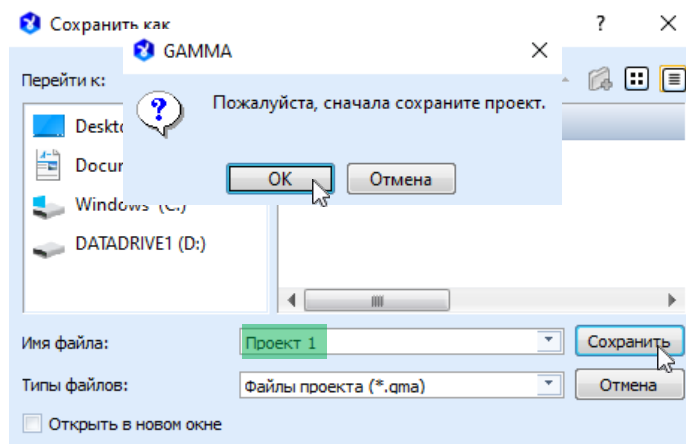
III. Решение

❑ Запуск расчета:

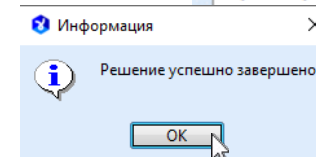
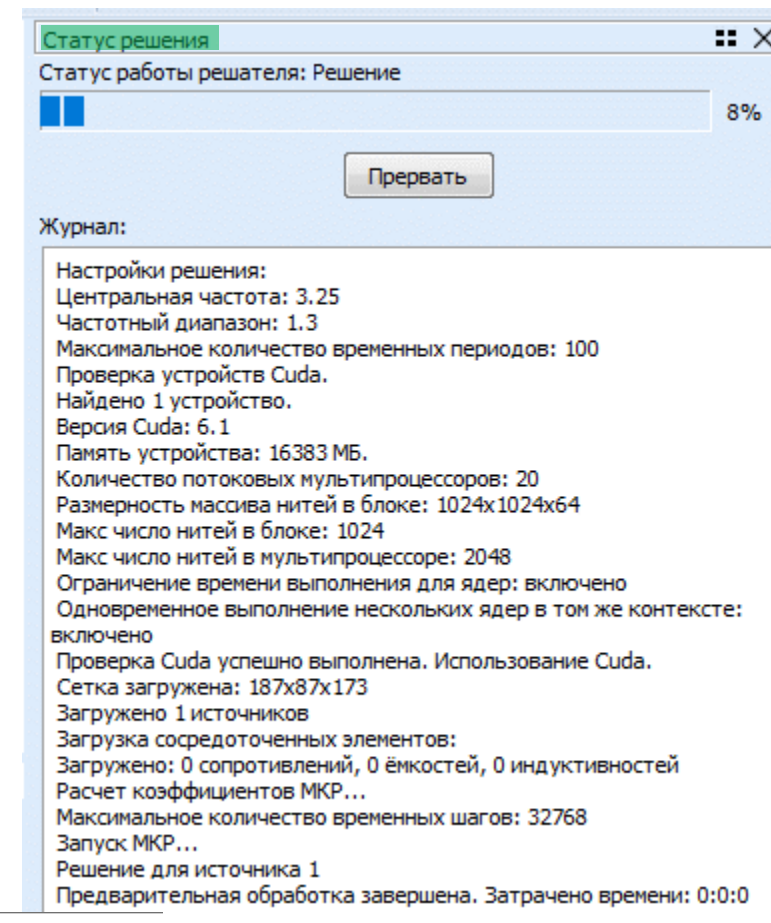
1. Во вкладке *Решение* > *Запустить МКР*.



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



3. Процесс решения можно контролировать в автоматически открывающемся окне *Статус решения*.

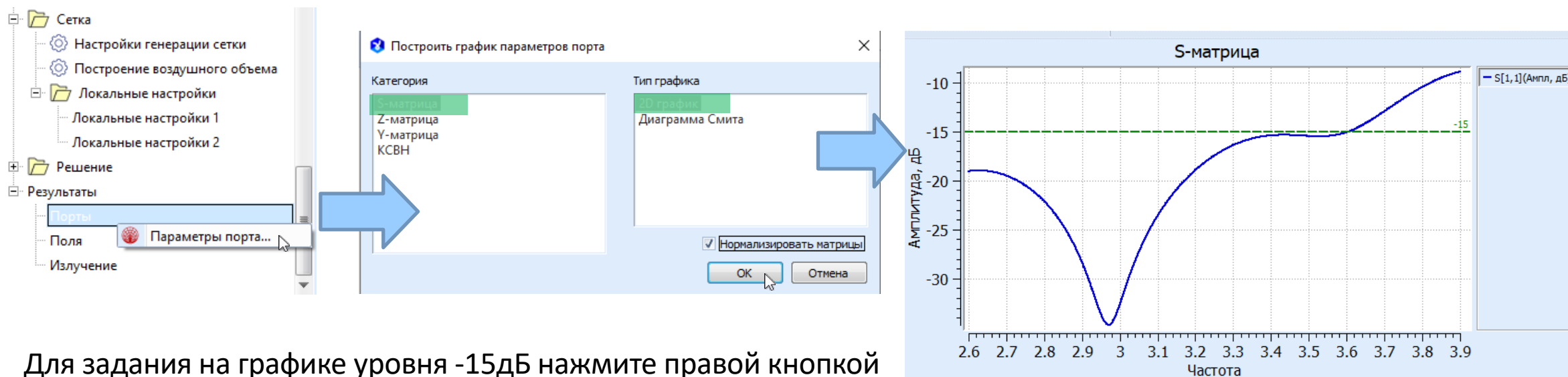


IV. Результаты

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

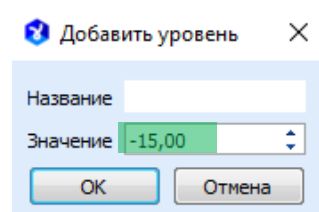
1. Для построения графика *S-параметров*:

- 1) В папке *Результаты* нажмите правой кнопкой на *Порты* > *Параметры порта*;
- 2) В окне *Построить график параметров порта* выберите *S-матрица* и нажмите *OK*.



2. Для задания на графике уровня -15дБ нажмите правой кнопкой в поле графика > *Добавить маркер уровня*:

- 1) В появившемся окне *Добавить уровень* установить *Значение*, равное **-15**.



Результат согласования (S_{11})* рупорной антенны соответствует требуемому уровню -15дБ в диапазоне частот 2.6-3.6 ГГц

*Согласование самого прямоугольного волновода с возбуждающим штырем соответствует примерно -20 дБ в широкой полосе.

IV. Результаты

2. Для построения *Диаграммы направленности*:

- 1) В папке *Результаты* нажмите правой кнопкой на *Излучение* > *Диаграмма направленности...*;
- 2) В окне *Диаграммы направленности...* нажмите *ОК*.

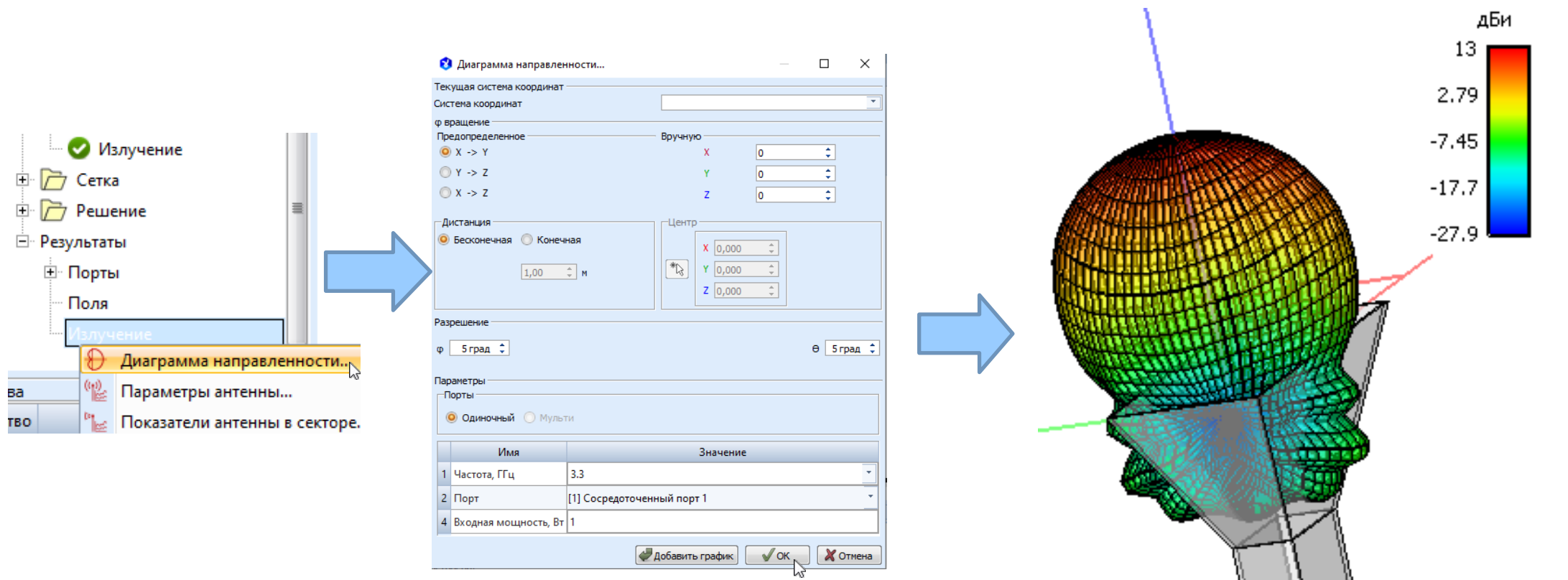


Диаграмма направленности соответствует
апертуре рупора (для заданной частоты)

IV. Результаты

❑ Расчет в другом диапазоне (X-диапазон):

Решение в другом частотном диапазоне реализуется следующим образом:

- 1) Задайте другое сечение волновода с помощью переменных $a = 23$, $b = 10$.
- 2) В дереве проекта > *Решение* > *Настройки решателя* измените диапазон частот на **8÷12 ГГц**.
- 3) Измените сенсор излучения на **10 ГГц** в дереве проекта > *Сенсоры* > *Излучение* > правой кнопкой > *Редактировать сенсор*.
- 4) Запустите расчет.
- 5) Выведите график **S-матрицы** и постройте **Диаграмму направленности**.

