

Программа имитационного моделирования GAMMA

Руководство пользователя GAMMA

Содержание

Программа имитационного моделирования GAMMA	1
Руководство пользователя GAMMA	1
Содержание	2
1 Введение	7
1.1 Полезная документация	7
2 Информация о программе GAMMA	8
2.1 Архитектура программы GAMMA	9
2.2 Режимы работы	9
3 Пользовательский интерфейс GAMMA	10
3.1 Панель быстрого доступа	11
3.2 Вкладки: Выбранные функции	11
3.2.1 Меню «Файл»: выбранные функции	11
3.2.1.1 Сочетания клавиш	11
3.2.1.2 Пользовательские настройки	12
3.2.2 Вкладка Режимы	14
3.2.3 Вкладка Моделирование: Функции	14
3.2.4 Вкладка Моделирование	14
3.2.5 Вкладка Вид: выбранный функции	16
3.2.6 Вкладка Постобработка	16
3.2.7 Вкладка Конструктор	16
3.3 Дерево проекта	16
➤ Управление элементами дерева проекта (Создать новые папки)	18
3.4 Окно свойств	19
3.5 Средство просмотра 3D	20
3.5.1 Управление видом модели	20
3.5.2 Выбор элементов модели	21
3.5.3 Вкладка Вид	22
3.5.4 Контекстное меню	23
3.6 Окна сообщений	25
4 Моделирование	26
4.1 Основы геометрии модели	26
4.1.1 Системы координат	27
4.1.1.1 Создание относительной СК	28
4.1.2 Создание объектов	29
4.1.3 Привязка	30
4.1.3.1 Создание блока	31
4.1.3.2 Создание коробки с известными координатами	32
4.1.3.3 Привязка к геометрии	32
4.2 История операций	33
4.3 Редактирование геометрии	34
4.3.1 Операции изменений	34
4.3.1.1 Переместить	34
4.3.1.2 Повернуть	36
4.3.1.3 Отразить	37
4.3.1.4 Вычитание	37
4.3.1.5 Смещение граней	38
4.3.1.6 Смещение краев	38
4.3.1.7 Смещение тела	39
4.3.1.8 Кромка скругления	39
4.3.1.9 Край фаски	40
4.3.2 Операции с гранями/линиями	40
4.3.2.1 Полоска	40
4.3.2.2 Покрытие по поверхности	41
4.3.2.3 Вытягивание вдоль оси	41
4.3.2.4 Вытягивание вдоль линии	41

4.3.2.5	Задать толщину	42
4.3.3	Удалить грань	42
4.4	Инструменты измерения	44
4.4.1	Калькулятор расстояний	44
4.5	Поперечные сечения	45
4.6	Переменные модели	47
4.6.1	Управление переменными модели	48
4.6.2	Создание новой переменной модели	48
4.6.2.1	Установление длины объекта в качестве переменной модели	50
4.6.2.2	Установление индуктивности в качестве переменной модели	51
4.7	Конструкторы	51
4.7.1	Конструкция воздушной камеры	52
4.7.2	Коаксиальный кабель	52
4.7.3	Интеллектуальная матрица	52
5	Настройка решения	54
5.1	Назначение материалов	54
5.1.1	Каталог материалов	56
5.1.1.1	Присвоение объекту материала	57
5.1.1.2	Создание нового материала	57
5.1.1.3	Изменение материала	58
5.2	Исключение из анализа	58
5.3	Проверка электрического соединения	59
5.4	Выбор условий	59
5.4.1	Намагничивание	60
5.4.1.1	Назначение портов с сосредоточенными параметрами	62
5.4.1.2	Назначение коаксиального волнового порта	63
5.4.1.3	Назначение прямоугольного волнового порта	63
5.4.2	Сосредоточенный элемент	64
5.4.2.1	Расчет последовательной цепи RLC с сосредоточенными параметрами	65
5.4.2.2	Параллельная схема RLC с сосредоточенными параметрами	65
5.4.2.3	Назначение сосредоточенного элемента	66
5.4.3	Границы	66
5.4.3.1	Задать границы	67
5.4.4	Точечный источник	67
5.4.4.1	Назначение точечного источника	68
5.4.5	Добавление воздушной камеры	69
5.5	Установка настроек решателя	69
5.5.1	Настройка решения#1	71
5.5.2	Резонанс	71
5.5.2.1	Установка настроек решателя для типа резонанс	71
5.6	Генерация полигональной сетки	71
5.6.1	Точная генерация полигональной сетки	72
5.6.2	Генерация сетки в Gamma	72
5.6.2.1	Генерация полигональной сетки с помощью метода Gamma	73
5.6.2.2	Локальная обработка полигональной сетки	74
5.6.2.3	Адаптивное решение	74
5.6.3	Проверка сетки	75
5.7	Создание воздушной камеры	77
5.8	Проверка согласованности модели	78
6	Анализ	79
6.1	Параметрический анализ	79
7	Обработка результатов	81
7.1	Линии	83
7.1.1	Создание линии	83
7.2	Сечения	84
7.2.1	Создание сечения	84
7.2.2	Создание прямоугольника	85
7.3	Порты	86
7.3.1	Создание графика параметра порта	86

7.3.2	Сравнение графиков	88
7.3.3	Отчет S-параметров	88
7.3.3.1	Экспорт данных отчета S-параметров	89
7.3.3.2	Копирование/вставка данных отчета S-параметров	90
7.4	Контрольные точки	90
7.4.1	Добавление контрольной точки	90
7.4.2	Извлечение результатов для контрольной точки	91
7.5	Поля	92
7.5.1	Создание распределения полей по сечению	92
7.5.1.1	Создание распределения полей по сечению для слоев печатной платы	93
7.5.2	Создание распределения полей объема	94
7.5.3	Создание поверхностных течений	96
7.5.4	Распределение полей вдоль линии	97
7.5.5	Расчет сертификации SAR	98
7.5.6	Волновое сопротивление	100
7.5.6.1	Вычисление волнового сопротивления	100
7.5.7	Потеря проводимости	100
7.6	Излучение	100
7.6.1	Создание 3D-диаграммы направленности	104
7.6.1.1	Построение 3D-диаграммы направленности для различных параметров на одних и тех же осях	105
7.6.1.2	Применение индивидуальных настроек к построенным диаграммам направленности	106
7.6.2	Окна управления диаграммой направленности	107
7.6.2.1	Обозреватель диаграммы направленности	109
7.6.2.2	Центрирование диаграммы направленности	109
7.6.2.3	Контроллер управления лучом	110
7.6.2.4	2D-карта	111
7.6.2.5	2D-диаграмма направленности	112
7.6.2.6	Настройки масштаба	113
7.6.3	Создание графика параметров антенны	113
7.6.4	Расчет параметров антенны	114
7.6.5	Создание графика производительности сектора антенны	115
7.6.6	Создание графика RSE	116
7.6.7	Вычисление ECC	116
7.7	Антенная решетка	118
7.7.1	Создание многопортового набора	118
7.7.2	Установка параметров диаграммы направленности	121
7.7.3	Оптимизация многолучевой диаграммы направленности передачи 5G сигнала	122
7.8	Сохранение текущего проекта	122
7.8.1	Сохранение текущих результатов до расчета проекта	122
7.9	Форматирование результатов	123
7.9.1	Форматирование 2D-графиков	124
7.9.1.1	Форматирование диапазона осей, линий и меток	125
7.9.1.2	Установка маркера уровня	125
7.9.1.3	Установка маркерных точек	126
7.9.2	Сохранение данных 2D-графика	126
7.9.3	Форматирование распределений полей	126
7.9.4	Анимирование результатов	128
7.9.4.1	Анимирование графика относительно фазы отображаемого поля	128
7.9.5	Задание настроек шкалы	129
7.9.5.1	Диалоговое окно настроек шкалы	129
7.9.5.2	Диалоговое окно параметров распределения по объему	130
7.9.6	Форматирование 3D-диаграмм направленности	131
7.10	Результаты параметрического анализа	132
8	Режим СА	135
8.1	Включение/Выключение режима СА	135
8.2	Пользовательский интерфейс в режиме СА	136
8.2.1	Предпочтения	137
8.2.2	Сочетания клавиш	138
8.2.3	Контекстное меню	138
8.3	Моделирование цепей	138
8.3.1	Добавить элементы	139

8.3.1.1	Добавление опорного элемента цепи.....	140
8.3.1.2	Добавление SNP-элемента в цепь	140
8.3.1.3	Добавление провода	141
8.3.2	Редактирование элементов.....	141
8.3.3	Подключение элементов.....	142
8.3.3.1	Подключение элементов цепи напрямую	142
8.3.3.2	Подключение элементов цепи с проводом.....	142
8.3.4	Объединение элементов в группу	142
8.3.5	Требования для создания рабочей цепи	143
8.4	Моделирование	144
8.5	Постобработка	146
8.5.1	Окна результатов	146
8.5.1.1	Визуализация графика	147
8.5.1.2	Маркеры	147
8.5.1.3	Опорные уровни.....	148
8.5.1.4	Закрепление кривой	148
8.5.1.5	Настройки графика.....	149
8.5.1.6	Копирование графика.....	149
8.5.2	Отладка.....	149
8.5.2.1	Поиск решений для отладки	149
8.5.3	Оптимизация	151
8.5.3.1	Поиск решений для оптимизации	151

1 Введение

В этом документе подробно описываются функциональные возможности программы GAMMA. Информация упорядочена в следующих главах:

- [Информация о программе Gamma](#)
Общие сведения о программе GAMMA
- [Пользовательский интерфейс программы GAMMA](#)
Подробная информация о внешнем виде пользовательского интерфейса
- [Моделирование](#)
Как использовать редактор программы GAMMA
- [Настройка решателя](#)
Инструкция по вводу параметров в решатель для бесшовного моделирования
- [Анализ](#)
Запуск удаленного моделирования сложной реалистичной геометрии
- [Общие результаты](#)
Как получить общие результаты
- [Режим анализа радиочастотной цепи](#)
Как выполнять анализ радиочастотных цепей

1.1 Полезная документация

Дополнительную информацию, связанную с программой GAMMA, можно найти в следующих документах:

- GAMMA Начало работы (Руководство по установке программы GAMMA)
- GAMMA Snapping Overview (Общее сведение о привязке в GAMMA)

2 Информация о программе GAMMA

GAMMA – это программный инструмент для 3D полноволнового электромагнитного моделирования сложных радиочастотных, микроволновых и миллиметровых компонентов.

Программу GAMMA можно использовать для анализа:

- антенн сотовых телефонов
- антенных решеток
- волноводных трактов
- излучений от микроволновых печей
- микрополосковых фильтров
- соединений (печатных) плат
- радиочастотных цепей

Программа GAMMA предоставляет широкий функционал для проектирования моделей, выполнения вычислений и анализа результатов:

1. Широкие возможности для 3D моделирования

- Импорт моделей САПР
- Моделирование антенн
- Применение параметризации проекта

2. Адаптивный решатель для простого или параметрического анализа:

- Назначение материалов и намагничивание
- Добавление моделей
- Создание четырехгранной полигональной сетки
- Удаленный запуск анализа МКЭ (метод конечных элементов)

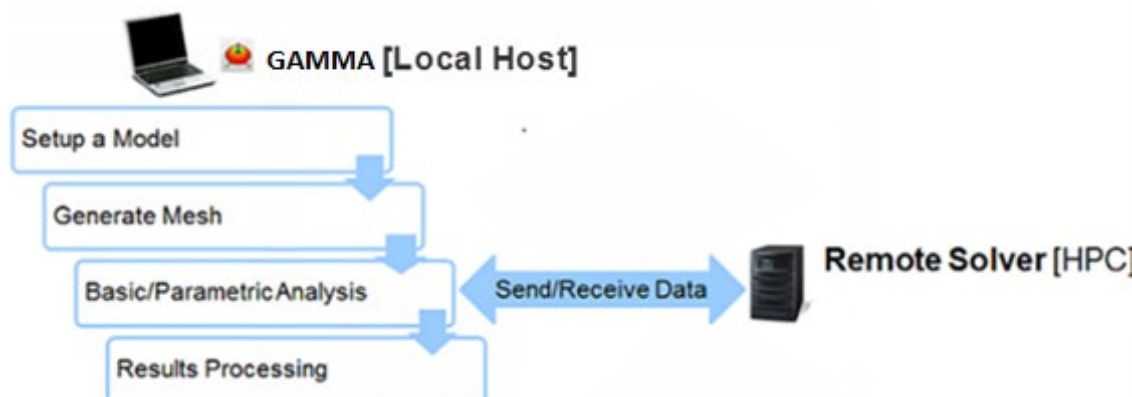
3. Расширенная обработка результатов:

- Создание 2D графиков и 3D распределение полей
- Просмотр поля в ближней зоне и поверхностных течений
- Генерация диаграммы направленности излучения
- Анализ параметров антенны
- Выполнение 1г. и 10г. расчетов удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии.

2.1 Архитектура программы GAMMA

В пакет программы GAMMA входят три программы:

1. GAMMA – программа для проектирования модели, решения по настройке и обработки результатов.



GAMMA [Local Host] – GAMMA [локальный хост]; Setup a Model – создание модели; Generate Mesh – генерация сетки; Basic/Parametric Analysis – Базовый/Параметрический анализ; Обработка результатов; Send/Receive Data – Отправить/Получить данные; Remote Solver [HPC] – Удаленный решатель [BB] (высокопроизводительные вычисления)

Как проходит рабочий процесс

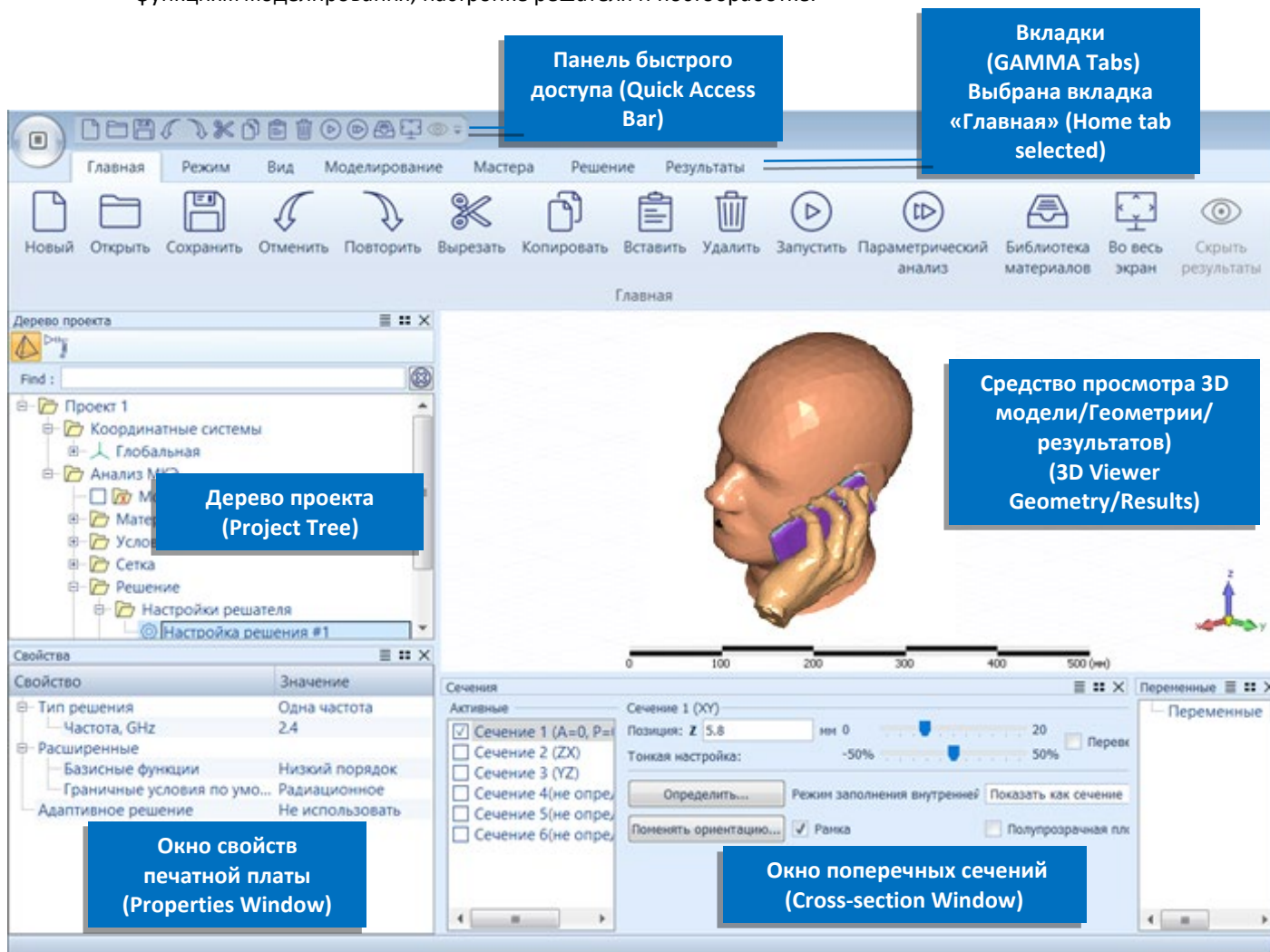
2.2 Режимы работы

Набор функций программы позволяет анализировать радиочастоты в одном из следующих специализированных режимов:

- **FEM analysis (Анализ МКЭ)** – Моделирование общего электромагнитного поля
- **Схемотехнический Анализ** – Моделирование высокочастотной цепи с несколькими элементами для обеспечения ее оптимальной работы. Подробнее в [режим СА](#).

3 Пользовательский интерфейс GAMMA

Программа GAMMA устроена таким образом, чтобы пользователям было легко получить доступ ко всем функциям моделирования, настройке решателя и постобработке.



[Quick Access Bar \(Панель быстрого доступа\)](#) отображает наиболее часто используемые команды.

[Tabs \(Вкладки\)](#) обеспечивают доступ к функциям, операциям и инструментам программы.

[Project Tree \(Дерево проекта\)](#) позволяет выбирать и изменять объекты, просматривать назначенные материалы и условия, получать доступ к настройкам вычислительной программы и получать результаты моделирования.

[Properties Window \(Окно свойств печатной платы\)](#) позволяет просматривать и изменять свойства выбранных объектов. Быстрый доступ к настройкам моделирования, свойствам материала и т.д.

Операции постобработки становятся доступными после запуска моделирования

[3D Viewer \(Средство просмотра 3D модели\)](#) отображает графическую модель для активного проектирования и полученные результаты моделирования для последующей обработки.

[Cross-sections Window \(Окно поперечных сечений\)](#) Отображает внутренние детали объектов, моделей и искусственных линий.

Options (Параметры) позволяет настроить стиль рабочего стола по умолчанию, шрифт, видимые элементы и т.д.

3.1 Панель быстрого доступа

В панели быстрого доступа можно легко найти наиболее часто используемые команды без поиска по вкладкам:

-  New (Новый файл)
-  Open (Открыть)
-  Save (Сохранить)
-  Undo (Отменить ввод) / Redo (Повторить ввод)
-  Cut (Вырезать)
-  Copy (Копировать) / Paste (Вставить)
-  Delete (Удалить)
-  [Run \(Запустить\)](#)
-  [Run Parametric \(Запустить параметрический анализ\)](#)
-  [Material Library \(Каталог материалов\)](#)
-  Скрыть результаты, чтобы закрыть [отображение результатов](#) и просмотреть геометрию(режим моделирования)
-  Полноэкранный режим, чтобы увеличить размер модели/результаты

Вы также можете вызвать общие команды с помощью [сочетаний клавиш](#).

3.2 Вкладки: Выбранные функции

3.2.1 Меню «Файл»: выбранные функции

Закреть и добавить в пакет данных	Закреть текущий проект и отправить его диспетчеру пакетных данных, где проект будет поставлен в очередь для расчета. Дополнительные сведения см. в разделе Менеджер пакетных заданий
Сохранить как	Сохранить текущий проект с результатами расчета.
Недавние файлы	Открыть список последних проектов формата .wve.
Импорт/Экспорт	Функции для импорта и экспорта файлов проекта.
Настройка горячих клавиш	Create your own shortcut keys or edit existing shortcuts. See. Создайте свои собственные сочетания клавиш или отредактируйте существующие сочетания клавиш. См. в разделе Keyboard Shortcuts (Сочетания клавиш)
Пользовательские настройки	Указать параметры программы см. в разделе Пользовательские настройки

3.2.1.1 Сочетания клавиш

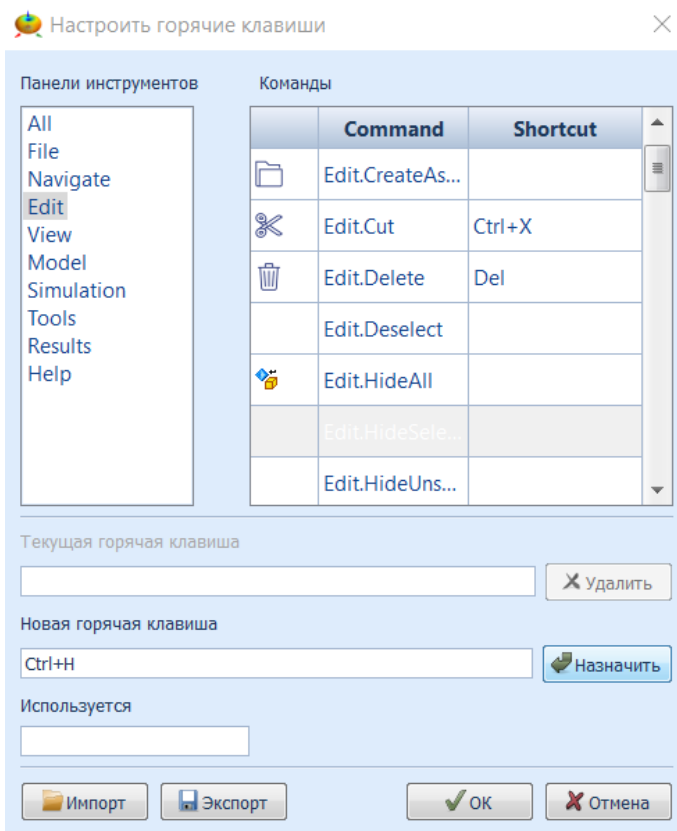
В программе GAMMA есть ряд полезных сочетаний клавиш для вызова общих команд. Вы можете настроить сочетания клавиш для более удобной и быстрой навигации.

Чтобы задать сочетание клавиш:

1. Нажмите на вкладку File (Файл) > Customize Shortcuts (Настройка сочетаний клавиш).
2. Выберите команду, которую хотите установить на сочетание клавиш.
3. Нажмите клавишу или комбинацию клавиш на клавиатуре, чтобы ввести ее в текстовое поле **New shortcut (Новое сочетание клавиш)**.

- Если комбинация уже существует, в текстовом поле **Used by (Используется)** отобразится команда, которая назначена на комбинацию.

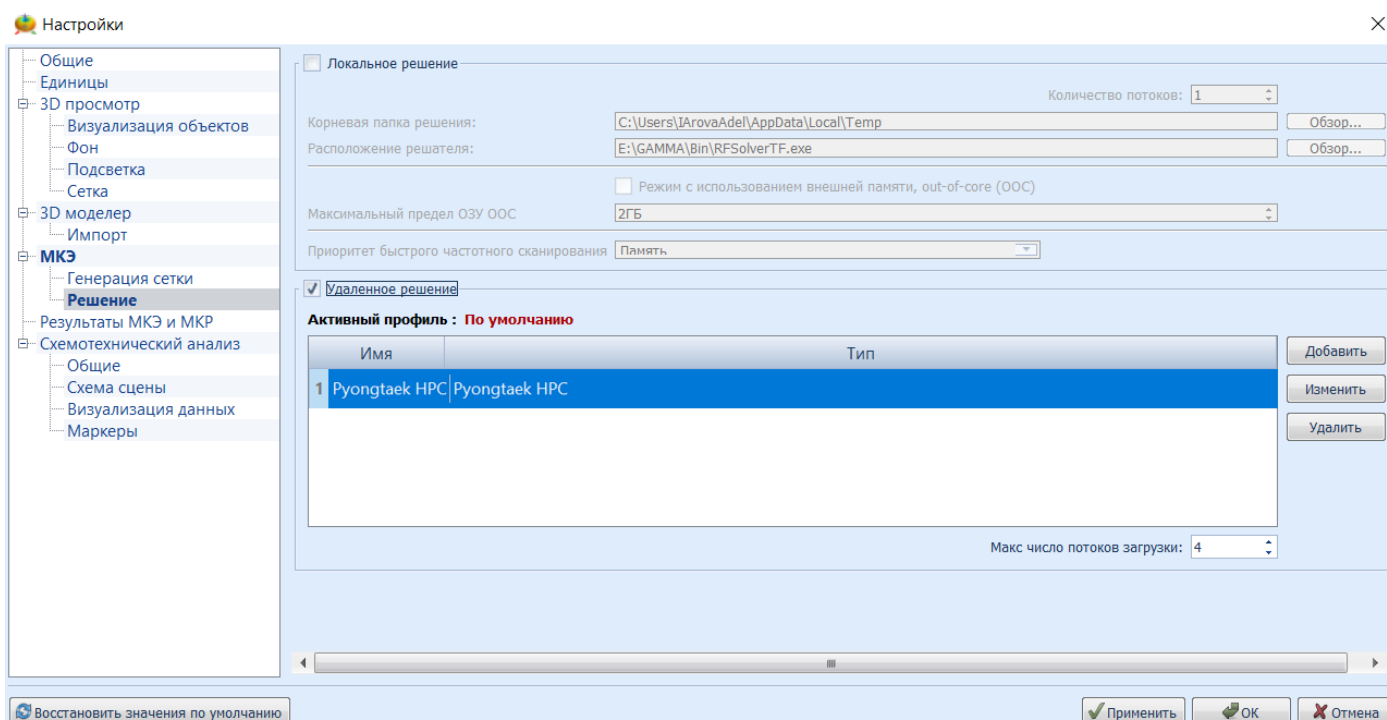
4. Нажмите **Assign (Задать)**.



Сочетание клавиш назначенное на команду Hide Selected (Скрыть выбранное)

3.2.1.2 Пользовательские настройки

Нажмите **File (Файл) > Preferences (Пользовательские настройки)** чтобы просмотреть и изменить основные функции программы.



➤ **General (Основные)**

- **Directories (Руководство)**
 - **Material Library (Библиотека материалов)** – укажите каталог для базы данных справочных материалов.
- **Problem Type selection (Выбор типа проблемы)**
 - Поле для галочки **Always show new project wizard (Всегда показывать мастер создания нового проекта)** – выбрать отображать/скрыть мастер создания нового проекта при создании нового проекта.
 - **Default analysis method (Метод анализа по умолчанию)** – выберите из списка [analysis type/method combinations \(комбинаций тип/метод анализа\)](#).
- **Startup (Начало работы)** – каталог, содержащий последний запущенный проект. Чтобы сохранить его – установите флажок **Fixed (Фиксированный)**
- **Data storage (Хранилище данных)** – путь к папке со всеми данными, экспортируемыми, импортируемыми из/в Результаты (Results)
- Включить [привязку к геометрии](#), чтобы достичь точки привязки через объекты модели.
- Установить цвета новым созданным объектам. См. в разделе [Основы геометрии модели](#)

➤ **Units (Вкладка Единицы измерения)** содержит единицы измерения, используемые для определения физических параметров. Не рекомендуется изменять единицы измерения по умолчанию.

➤ **Средство просмотра 3D модели**

- **Object visualization (Визуализация объектов)** – настройка цветов недавно созданных объектов. См. в разделе [Основы геометрии модели](#)
- **Background (Фон)** – настройка фона 3D просмотра
- **Lighting tab (Вкладка Освещение)** – настройка параметров освещения при просмотре 3D модели
- **Grid tab (Вкладка Сетка)** – установить цвет и плотность сетки привязки:
 - **Adaptive (Адаптивная)** – автоматически настраивает плотность сетки привязки в рабочей плоскости при увеличении/уменьшении масштаба объектов
 - **Fixed (Фиксированная)** – установить постоянный размер ячеек сетки

➤ **3D Modeler (Конструктор 3D моделей)**

- **Import (Импорт)**
 - **Healing (Исправление)**
 - **Other (Другое)**

➤ **FEM (МКЭ)**

- **Meshing (Создание сетки)**
 - **Mesh Generation (Генерация сетки)**
 - **Mesh Errors (Ошибки сетки)**
- **Solution (Программное решение)** Не рекомендуется изменять настройки по умолчанию.
 - **Maximum RAM limit(MB) Максимальный объем ОЗУ(МБ)** - показывает значение, необходимое для создания сетки
 - **Out-of-core (OOC) mode (Режим работы вне ядра)**
 - **Local Simulation (Локальное моделирование)** – позволяет изменить параметры высокопроизводительных вычислений на локальную машину. Подробнее см. в GAMMA Installation Guide (Руководство по установке программы GAMMA).
 - **Double precision SLAE solver (Решение СЛАУ с двойной точностью)**

- **FFS priority (Приоритет файловой системы)** – выбрать между скоростью и памятью
- **Remote Simulation (Удаленное моделирование)** – список доступных удаленных решателей и выделение активированного
- **Max download thread (Максимальная нить загрузки)**
- **FEM & FDTD Results (Вкладка результатов анализа метода конечных результатов и метода конечных разностей во временной области)** – отобразить/скрыть построенные детали, задать имена плоскостям датчиков
- **Схемотехнический Анализ.** См. в разделе [Предпочтения](#)
 - General (Общее)
 - Scene layout (Макет сцены)
 - Data visualization (Визуализация данных)
 - Markers (Маркеры)

3.2.2 Вкладка Режимы

В вкладке Mode tab (Режимы) можно переключаться между режимами программы для специального анализа. Вкладка является контекстно-зависимой для выбранного режима – активируются определенные параметры панели инструментов



Метод конечных элементов – моделирование общего электромагнитного поля.



- **Схемотехнический анализ** – Моделирование высокочастотной цепи с несколькими элементами для обеспечения ее оптимальной работы. Подробнее в [Режим СА](#)

3.2.3 Вкладка Моделирование: Функции

	Новая относительная система координат	Настройка рабочей плоскости. См. в разделе Системы координат
	История	Группа содержит элементы управления для изменения истории операций моделирования. См. в разделе История операция .
	Форма	Содержит инструменты для рисования 1D, 2D И 3D примитивов. См. в разделе Моделирование .
	Изменение	Содержит команды для операций Преобразование, Булев и Смещение. См. в разделе Моделирование .
	Операции с гранями/линиями	Содержит команды для преобразования проволоки в лист и листа в твердое тело. См. в разделе Моделирование .
	Удалить грани	Удалить выбранную грань твердотельного объекта. См. в разделе Удаление граней .
	Вычислить расстояние	Инструменты для измерения длины, площади и объема. См. в разделе Инструменты измерения .

3.2.4 Вкладка Моделирование

Анализ операций рабочего процесса:

1. Назначить условия конфигурации		
	Assign Material (Назначить материал)	Доступ к базе данных материалов для применения к твердым объектам. См. в разделе Каталоге материалов .

	Assign Excitation (Назначить магнитную силу)	Определить поведение поля на границах проблемной области и интерфейсов объектов. См. в разделе Выбор условий .
	Assign Boundary (Назначить границу)	Определить поведение поля на границах проблемной области и интерфейсов объектов. См. в разделе Выбор условий .
	Assign Lumped Element (Назначить сосредоточенный элемент)	Определить поведение поля на границах проблемной области и интерфейсов объектов. См. в разделе Выбор условий .
	Assign Point Source (Назначить точечный источник)	Добавить точечный источник для имитации электромагнитных помех. См. в разделе Точечный источник .
	Check Electrical Link (Проверка электрического соединения)	Проверить электрическое соединение между двумя металлическими частями. См. в разделе Проверка электрического соединения .
2. Указать настройки сетки		
	Settings (Настройки)	Задать размер сетки, лямбда-коэффициент и т.д. Или задать локальные настройки сетки для выбранных деталей модели. См. в разделе Генерация полигональной сетки .
	Select Mesher (Выбрать сетку)	Выбрать между Exact Mesh (Точная сетка), Gamma Mesh (Гамма сетка) и Handset Mesh (Телефонная сетка). См. в разделе Генерация полигональной сетки .
	View (Просмотр)	Изучить статистику сетки и проблемы с контактами.
3. Указать настройки вычислителя и начать анализ		
	Apply Template (Применить шаблон)	Выбрать между Simple Model (простой моделью), Full Model (полной моделью) и Eigenmode (резонансом)
	Exclude from Analysis (Исключить из анализа)	Выбрать деталь модели, которая не учитывается при моделировании.
	Include in Analysis (Ввести в анализ)	Нажать, чтобы включить ранее исключенную часть модели в анализ.
	Настройки решателя (Solver Settings)	Задать параметры настройки моделирования.
	Check Model Consistency (Проверка согласованности модели)	Убедитесь, что вы назначили материалы, условия и создали воздушную камеру.
	Run Analysis (Запустить анализ)	Нажмите, чтобы начать моделирование.
	Run Parametric Analysis (Запустить параметрический анализ)	Нажмите, чтобы выполнить параметрический анализ .
	Solver Log (Журнал решателя)	Просмотр информации о шагах решения и общем времени анализа. Изучите детали адаптации, если применяется метод построения гамма-сетки.
	Calculation status (Состояние расчета)	Нажмите, чтобы отобразить строку состояния для процесса моделирования.

	New Parametric Variable (Новая параметрическая переменная)	См. в разделе Параметрический анализ .
---	--	--

3.2.5 Вкладка Вид: выбранный функции

	Select All (Выделить все)	Выбрать все объекты в геометрическом узле дерева проекта и объекты САПР в средстве 3D-просмотра.
	Show all (Показать все)	Спрятать с которыми вы в данный момент не работаете. Выбрать объекты в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра и используйте эти команды.
	Fit to Window (Вписать в окно)	Масштабируйте и центрируйте 3D-модель, чтобы она поместилась внутри рабочего окна.
	Transparency (Прозрачность)	Определите целевой объект, сделав его видимым через другие объекты с динамической прозрачностью. Чтобы изменить прозрачность отдельных объектов, откройте Окно свойств .
	Cross-section (Поперечное сечение)	Разрезать объект по различным плоскостям. См. Поперечные сечения .

3.2.6 Вкладка Постобработка

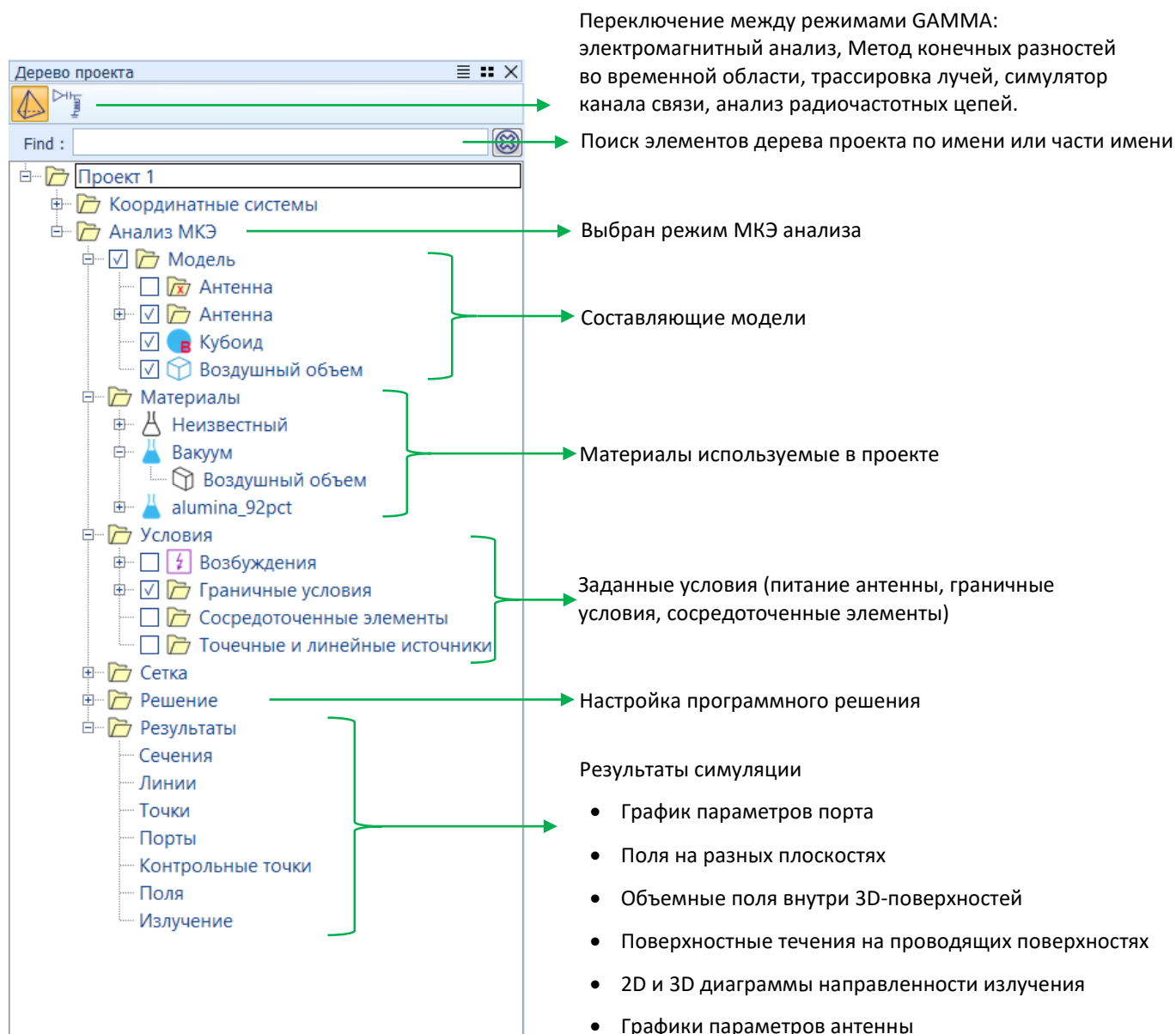
Отображает функции [обработки результатов](#), которые активируются после выполнения моделирования.

3.2.7 Вкладка Конструктор

Включить [конструкторы](#) для сложных операций.

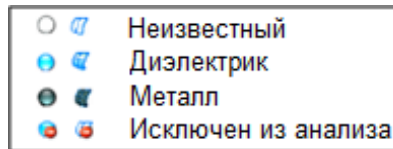
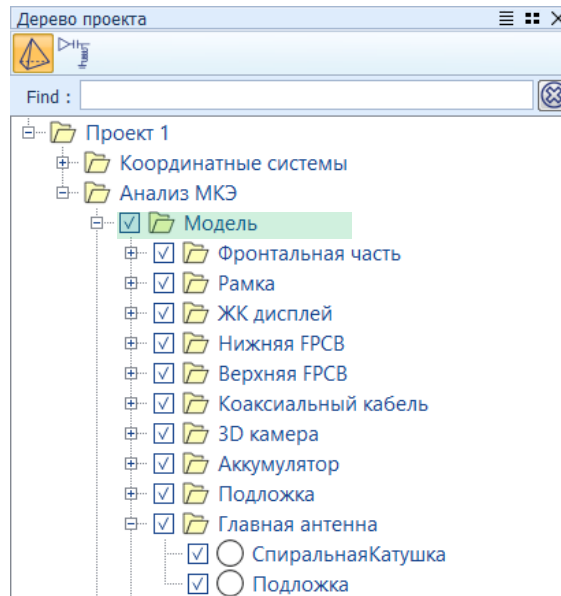
3.3 Дерево проекта

Дерево проекта содержит папки со всеми структурными компонентами модели и полученными результатами моделирования:



Geometry node (В геометрическом узле) дерева проекта отображается информация о моделировании – типы объектов, выбранные материалы и условия:

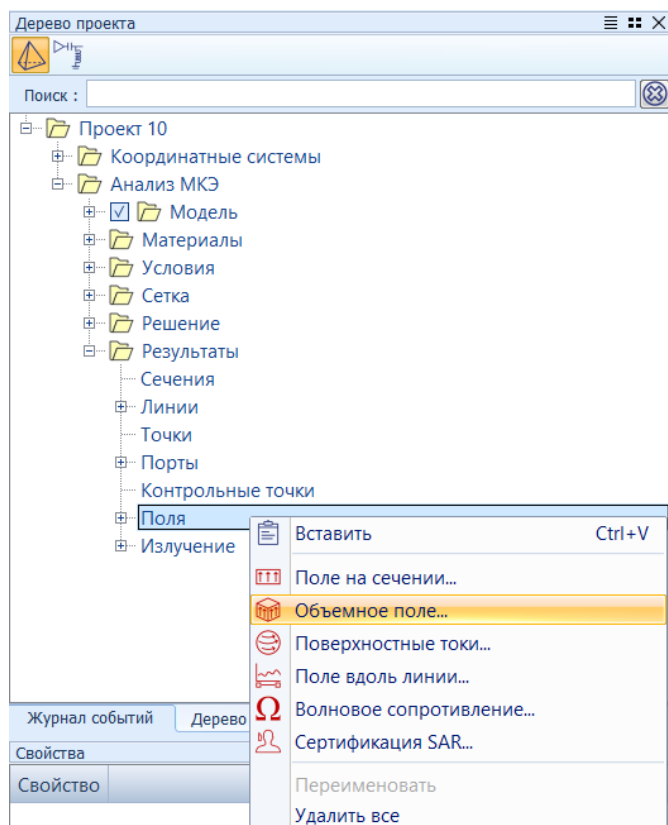


Геометрический узел дерева проекта**Значки дерева проекта**

Узел геометрии сложной модели содержит папки, в которых группируются детали модели

➤ Управление элементами дерева проекта (Создать новые папки)

- Щелкните правой кнопкой мыши узел **Geometry (Геометрия) > Create Assembly (Создать сборку)** для основной папки.
 - Щелкните правой кнопкой мыши на папку в списке > **Create Assembly (Создать сборку)** для подпапки
- Перетащить существующие папки
- Щелкните правой кнопкой мыши, чтобы просмотреть доступные операции в контекстном меню.
- Нажмите клавишу **F2**, чтобы переименовать элемент

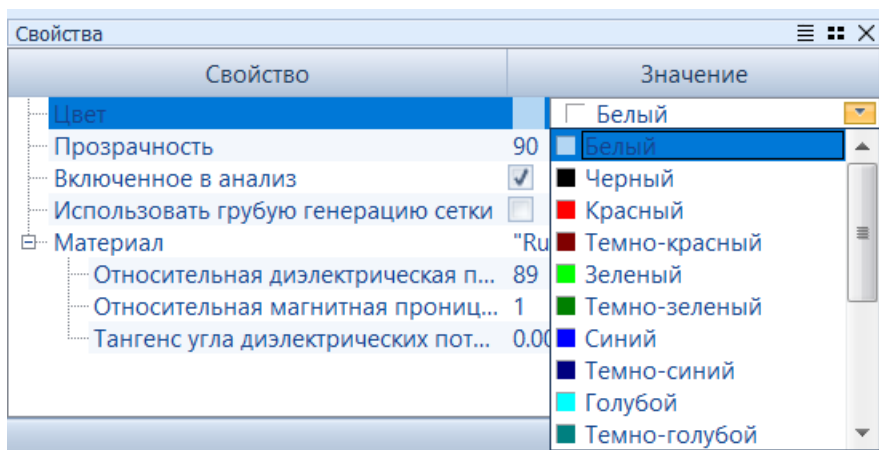


Контекстное меню полей со списком связанных результатов

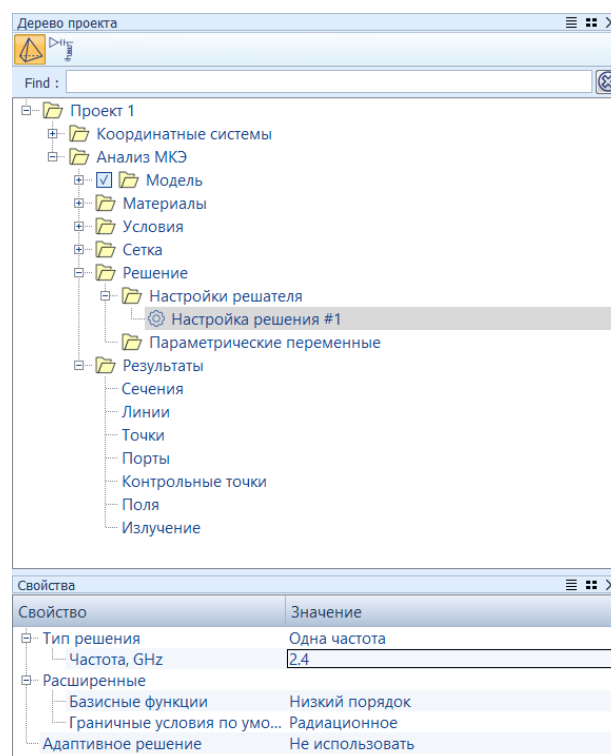
3.4 Окно свойств

Properties Window (Окно свойств) отображает свойства элементов дерева проекта и позволяет изменять их на ходу:

1. Выберите элемент дерева проекта.
2. Дважды щелкните элемент управления в **Properties Window (Окне свойств)**, чтобы изменить значение:



Свойство объекта: цвет



Настройка вычислителя: установить диапазон частот

3.5 Средство просмотра 3D

3D Viewer (средство просмотра 3D) отображает геометрию модели и результаты моделирования, а также позволяет взаимодействовать с элементами проекта. См. в разделе [Моделирование](#).

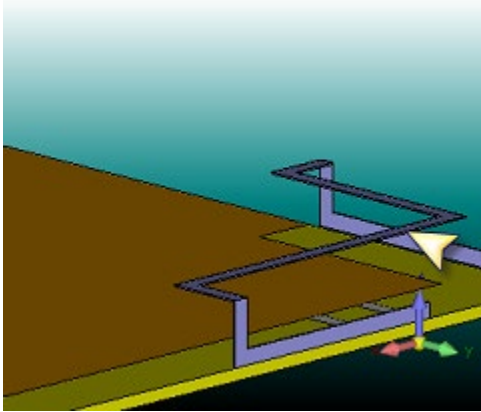
3.5.1 Управление видом модели

- Элементы управления [вкладкой Вид](#).
- Просмотр команд контекстного меню по правому клику на экране просмотра 3D.
- Сочетания клавиш. См. в [Сочетание клавиш](#).
- Пробел, чтобы подогнать модель под доступное место на экране.
- Назначение мыши для команд просмотра
 - Нажмите на модель, чтобы повернуть/панорамировать/масштабировать ее вид относительно точки, выбранной на поверхности модели.
 - Щелкните в любом месте за пределами модели, чтобы повернуть/сделать/панорамировать/масштабировать ее вид относительно начала координат осей.

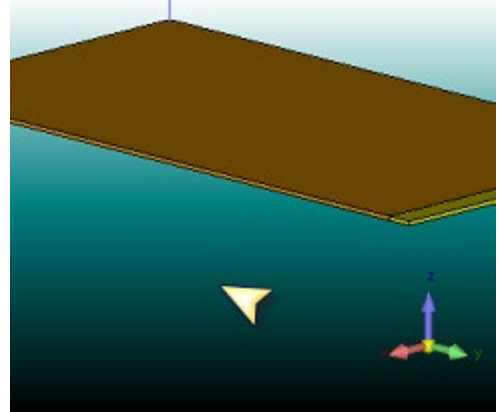
Управление мышью

Команда просмотра	Средняя кнопка мыши (СКМ)	Колесо прокрутки
Повернуть	Нажмите СКМ и перетащите объект	Нажмите на колесо и перетащите объект
Панорамирование Pan	Нажмите клавишу Ctrl + СКМ и перетащите объект	Нажмите на колесо мыши + правая кнопка мыши и перетащите объект

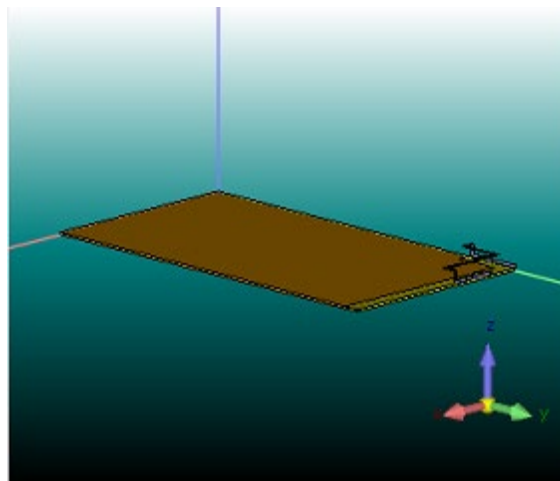
Приблизить/отдалить	Нажмите клавишу Shift + СКМ и перетащите объект.	Прокрутите вверх/вниз
---------------------	---	-----------------------



Увеличение вида модели относительно точки на модели



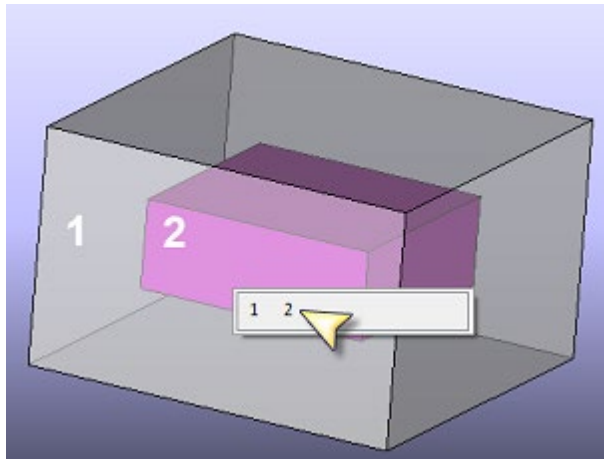
Просмотр приближен относительно точки на экране



По размеру экрана (нажмите пробел)

3.5.2 Выбор элементов модели

- Выберите элемент, щелкнув по нему в дереве проекта или в средстве 3D
 - Выбранный элемент выделяется уникальным цветом (по умолчанию сплошной розовый). Вы можете изменить цвета элементов модели в [окне свойств](#).
- Выбрать несколько объектов, удерживая нажатой клавишу **CTRL** и нажатием на них.
- Чтобы выделить объекты, находящиеся внутри других объектов, выполните одно из следующих действий
 - а. Нажмите и удерживайте прилегающий объект, чтобы отобразить полосу с номерами для выбора. Чем больше число, тем глубже находится объект.

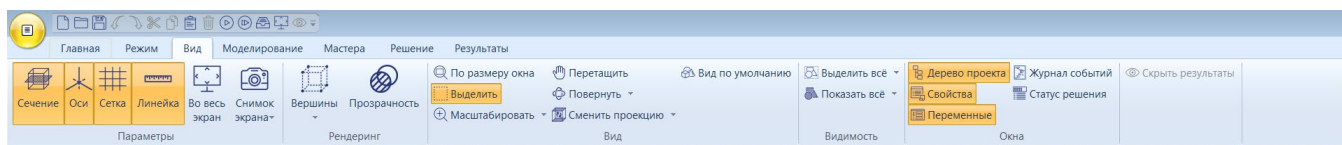


Выбранная закрытая коробка

- b. В дереве проекта снимите флажки с объектов за пределами модели, чтобы скрыть их.
- c. Используйте команды **Show (Показать)** и **Hide (Скрыть)** на вкладке **Вид (View tab) > Show All (Показать все) >...**

3.5.3 Вкладка Вид

View (Вкладка Вид) содержит элементы управления для управления отображением модели:



Cross-section (Поперечное сечение): скрыть/отобразить окно поперечных сечений ([Cross-Sections](#))

Axes (Оси): показывает/скрывает оси системы координат.

Grid (Сетка): показывает/скрывает сетку.

Ruler (Линейка): показывает/скрывает линейку.

Full Screen (Полный экран): расширяет представление модели/результатов на весь экран, скрывая другие элементы рабочего стола.

Screenshot (Снимок экрана): создает снимок экрана 3D-модели/результата и сохраняет его в буфер обмена или в файл для отчетов.

Nodes (Узлы): показывает/скрывает линии, контуры сетки или поверхности.

Transparency (Прозрачность): позволяет точно определить целевой объект, делая его видимым через другие объекты с функцией динамической прозрачности. Чтобы изменить прозрачность отдельных объектов, откройте **окно свойств** ([Properties Window](#)).

Fit to Window (Подогнать под размер окна): масштабирует/центрирует модель по размеру окна.

Selection (Выбор): нажмите, чтобы выйти из команды масштабирования.

Zoom > Zoom Area (Приближение > Зона приближения): выберите прямоугольную область и нажмите **Zoom > Zoom Area (Зона приближения)**, чтобы масштабировать выбранную область. Выйдите из команды Зона приближения помощью команды Selection (Выбор).

Zoom > Zoom Selected (Приближение > Выбранное приближение): масштабирует часть, выбранную в дереве проекта.

Pan (Панорамирование): перетащите из одной стороны в другую, чтобы переместить модель по горизонтали, или вверх или вниз, чтобы переместить ее по вертикали.

Rotate (Повернуть): вращать модель во всех направлениях.

Roll (Повернуть): повернуть модель вокруг ее центра на 90° влево/вправо и на 180° или установить произвольный угол для вращения.

Switch Projection (Переключение проекции) : отображает вид модели спереди, сзади, слева, справа, сверху и снизу.

Select All/Show All (Выбрать все/Показать все): предоставить простой способ скрыть объекты, с которыми вы в данный момент не работаете. Выберите объекты в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра и используйте команды.

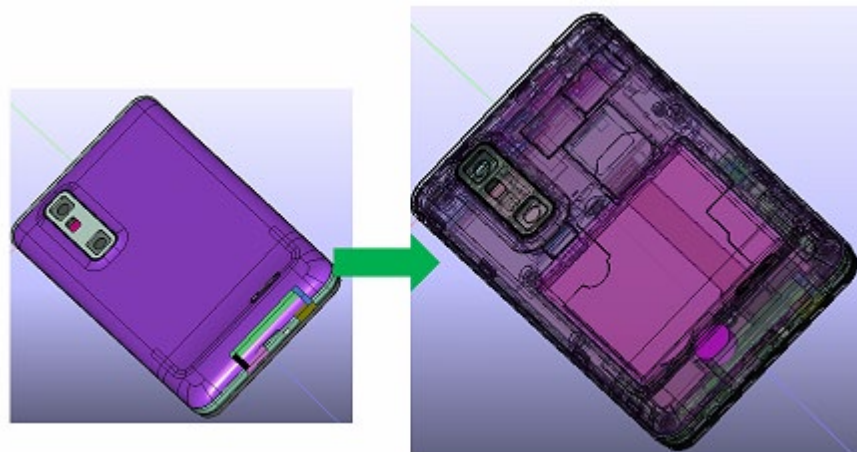
Variables List (Список переменных): отображает переменные, используемые в проекте.

Event Log/Calculation (Status Журнал событий/состояние расчета) скрыть/отобразить [окна сообщений](#).

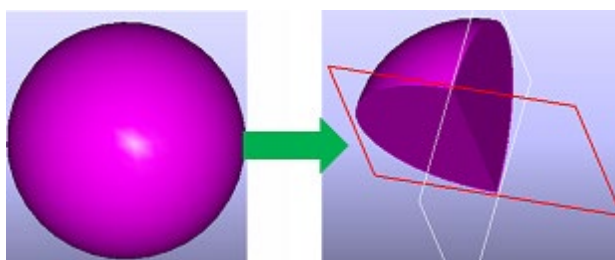
Project Tree/Properties Window (Дерево проекта/окно свойств) скрыть/отобразить [дерево проекта](#) и информацию [окна свойств](#).

Animation (Анимация):

Hide Results (Скрыть результаты): нажмите, чтобы выйти из просмотра результатов и переключиться на геометрию.



Модель телефона становится прозрачной с помощью Просмотр > Прозрачность

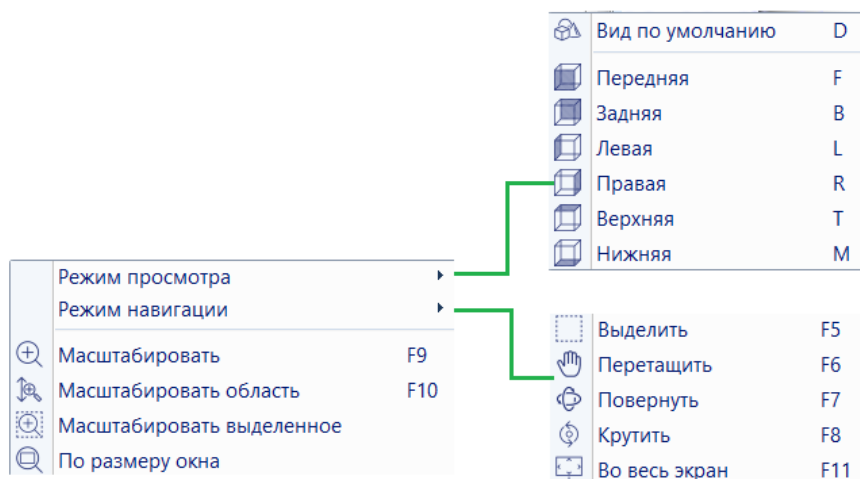


Сфера разрезается на 2 плоскости с помощью Вид > Поперечное сечение

3.5.4 Контекстное меню

Различные команды GAMMA доступны из контекстного меню:

- вид модели (щелкните правой кнопкой мыши в любом месте средства 3D-просмотра)
- моделирование (щелчок правой кнопкой мыши по модели/детали модели)
- постобработка (щелчок правой кнопкой мыши в любом месте полученного графика/графика)



Команды контекстного меню вида модели

Анимация	
Функция	▶
Шкала	▶
Размер вектора	▶
Тип стрелки	▶
Фиксированная длина вектора	
☒ Показать поле в точке	
Параметры объемного распределения	
Скопировать в буфер обмена	
Экспортировать в файл	
Информация о решении	

Команды контекстного в меню постобработки

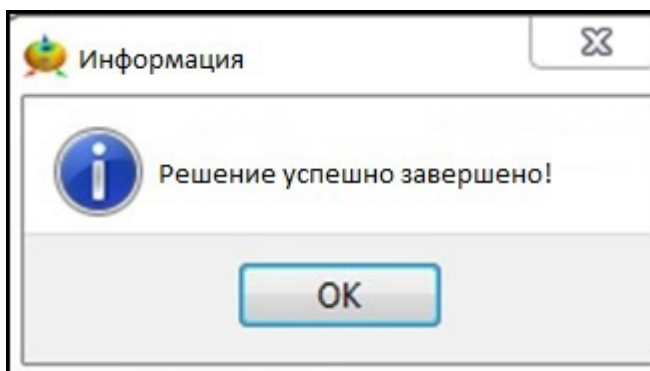
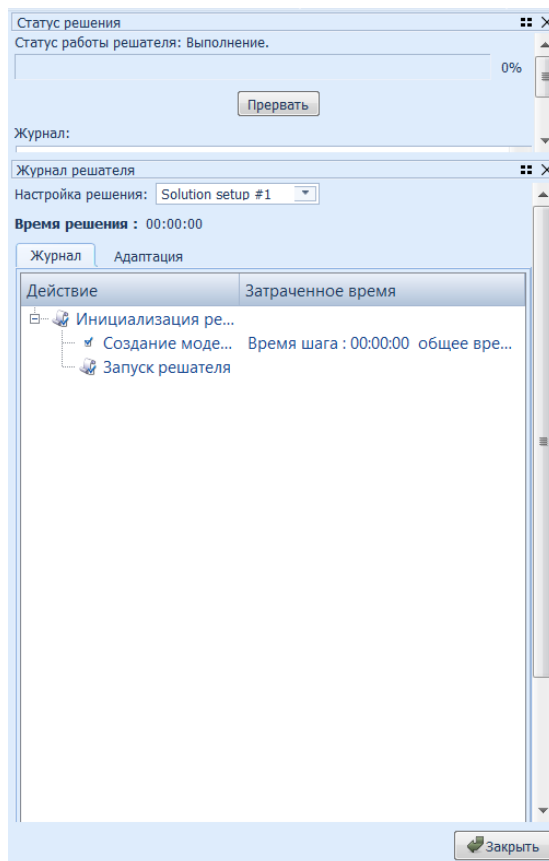
	Вырезать	Ctrl+X
	Копировать	Ctrl+C
	Удалить	Del
	Экспорт...	Ctrl+E
	Редактировать историю...	
	Очистить историю	
	Назначить материал	▶
	Назначить условие	▶
	Трансформирование	▶
	Логические операции	▶
	Масштабировать выделенное	
	Показать выделенное	
	Скрыть выделенное	
	Скрыть невыделенное	
	Назначить локальные настройки сетки	▶
	Исключить из анализа	
	Включить в анализ	
	Прозрачность	▶
	Цвет...	
	Переименовать	

Команды контекстного меню моделирования

3.6 Окна сообщений

В окнах сообщений отображаются ошибки или предупреждения, связанные с выполняемой функцией:

- **Файлы журнала событий** могут быть полезны нашей команде разработчиков для устранения неполадок.
- **Журнал вычислителя** отображает временную информацию, записываемую в локальный файл журнала.
- **Статус расчета.** Выведите на экран окно **View (Просмотр) > Calculation Status (Статус расчета)**, если оно не отображается перед запуском моделирования, чтобы просмотреть его ход.



4 Моделирование

Приложение GAMMA предлагает полный спектр возможностей 3D-моделирования, доступных на вкладке «Моделирование». Основные особенности:

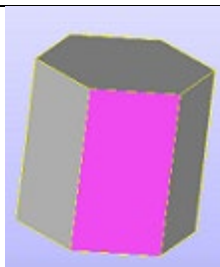
- Импорт/Экспорт
 - Импорт: SAT, STEP, Pro/E, IGES, Pro/E, AutoCAD DXF.
 - Экспорт: SAT, STEP, IGES, AutoCAD DXF.
- [1D, 2D и 3D примитивы](#)
 - Линии: прямые сегменты и кривые
 - Прямоугольник, эллипс, многоугольник и т. д.
 - Куб, сфера и т.д
- [Редактирование геометрии](#)
 - Преобразование 1D-> 2D и 2D-> 3D
 - Перемещение, вращение, отражение
 - Логические операции
 - Смещение тела и граней
- [Переменные модели](#)
- [Инструменты измерения](#)
 - Длина, площадь, объем
- [Локальная системы координат](#)
- Исправление ошибок геометрии
 - [Удалить грани](#)

[Геометрия печатной платы](#)

4.1 Основы геометрии модели

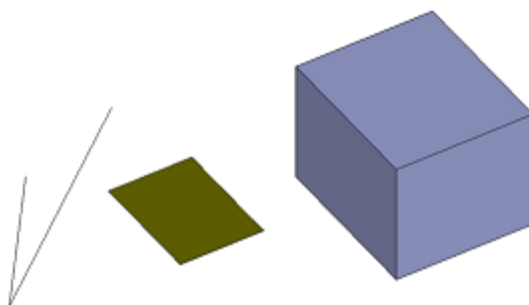
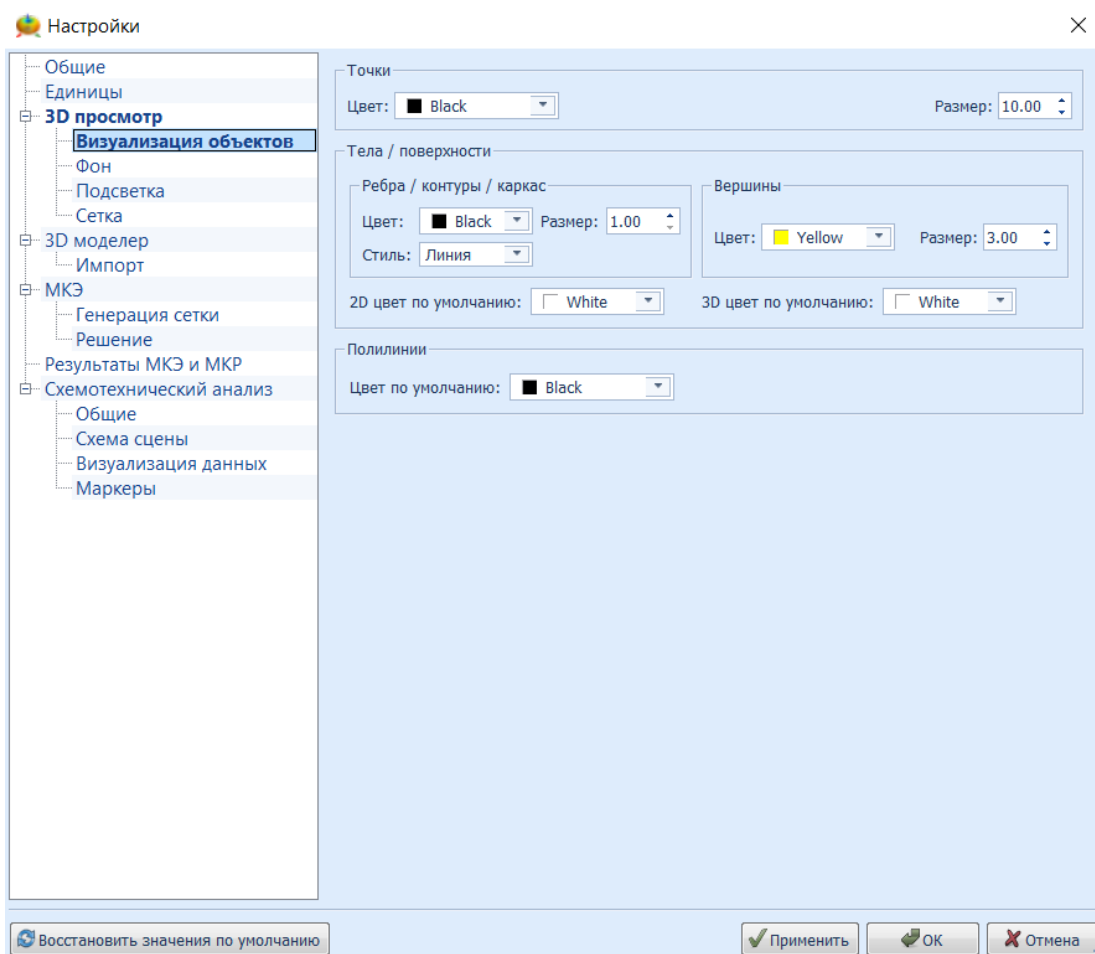
GAMMA позволяет создавать 3D модели на следующих основных элементах:

Провода (линии)	1D-объекты: открытые объекты, не заключайте область в свои границы	полилинии сплайновые линии
Листы (Поверхности)	2D-объекты: закрытые объекты, заключают область в свои границы	прямоугольники эллипсы круги правильные многоугольники
Твердые вещества (объемы)	3D-объекты: замкнутые объекты, заключают объемную область в свои границы. У твердых тел есть грани – двумерные области поверхности, ограниченные ребрами.	коробки цилиндры сферы



Грань твердого объекта

Вы можете указать цвета по умолчанию для 1D/2D/3D объектов в меню **File (Файл) > Preferences (Пользовательские настройки) > 3D Viewer (Средство просмотра 3D) > Object visualization (Визуализация объекта)**.



Цвета для отдельных объектов задаются в [окне свойств](#).

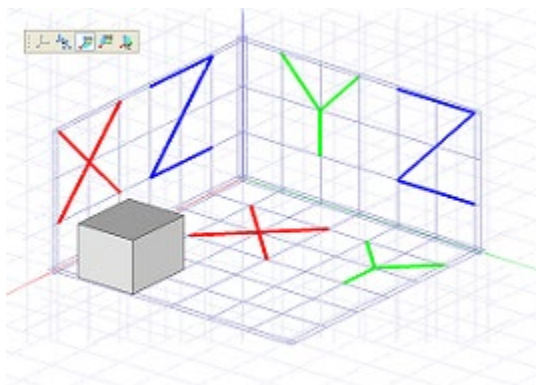
4.1.1 Системы координат

Для создания структурного объекта необходимо начать с установки системы координат.

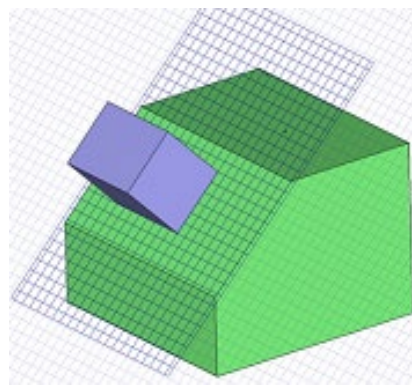
GAMMA предлагает следующие типы систем координат:

- **Global CS (Общая СК)** является общей для всех компонентов модели, она фиксирована и не может быть изменена или удалена. Изменяйте в трех рабочих плоскостях, переключаясь между ними с помощью кнопок панели инструментов the **Coordinate Systems (Системы координат)**:
- **Relative CS (Относительная СК)** определяется пользователем и помогает настроить рабочую плоскость. См. пример Создание относительного CS

Активируйте системы координат на вкладке **Modeling (Моделирование)** или в дереве проекта.



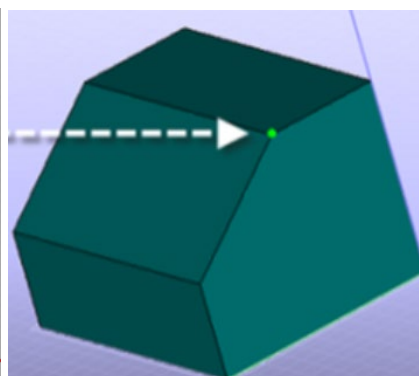
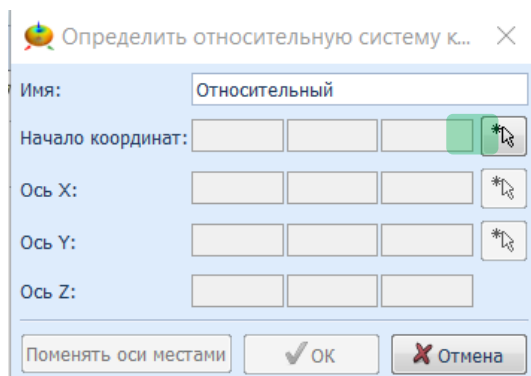
Общие рабочие плоскости



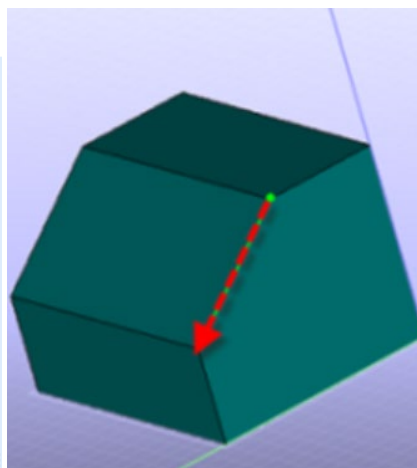
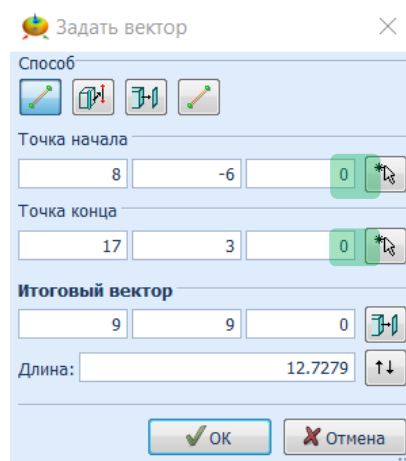
Относительная рабочая плоскость

4.1.1.1 Создание относительной СК

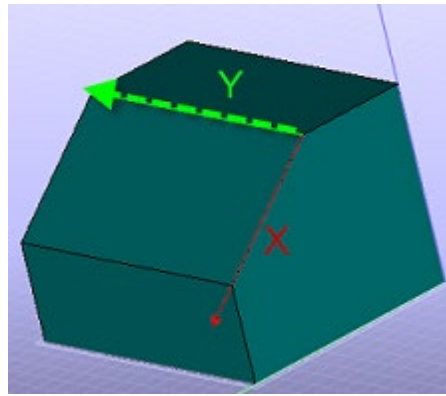
1. Вкладка **Modeling (Моделирование)** > **New Relative CS (Новая относительная СК)**
2. Установите начало новой системы координат в диалоговом окне **Define Relative CS (Определить относительную СК)**.
 - Создается новая система координат с началом в этой точке.
 - Чтобы переместить его по плоскости, выполните шаги 3 и 4.



3. Установите ось X
 - Нажмите кнопку выбора оси X в диалоговом окне Define Relative CS (Определить относительную СК).
 - Выберите начальную и конечную точки в поле **Measure Vector box (Измерить вектор)**, чтобы задать направление оси X.



4. Повторите для оси Y

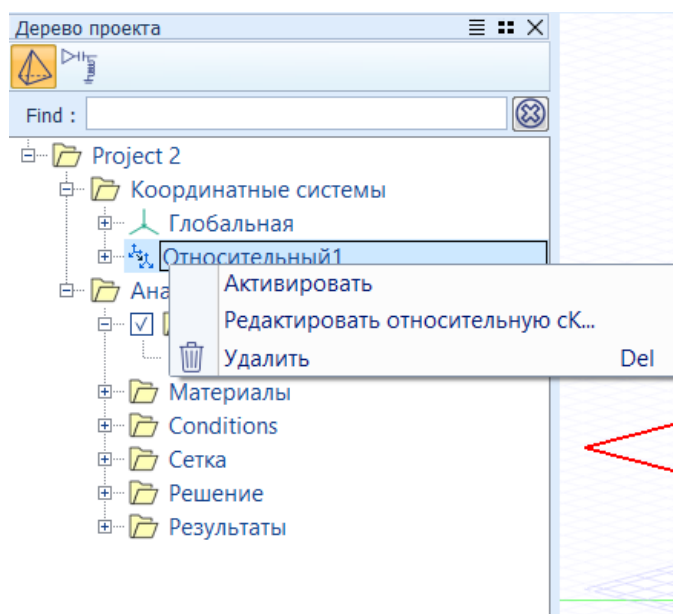


5. Активируйте только что созданную относительную СК из дерева проекта.

- **Coordinate Systems (Системы координат) > щелкните правой кнопкой мыши Relative (Относительно) > Activate (Активировать).**

• При работе с относительным СК помните следующее:

- ✓ При изменении относительной СК все результаты операций, выполненных в этой СК, будут изменены
- ✓ Вы не можете удалить локальную плоскость, пока не удалите все созданные на ней объекты
- ✓ Активировать общую СК, когда закончите работу с относительной СК

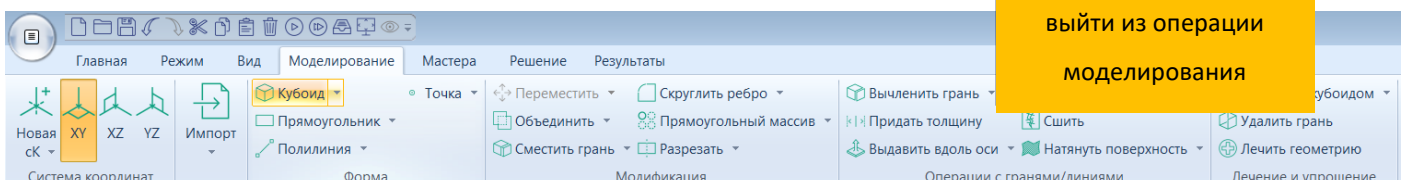


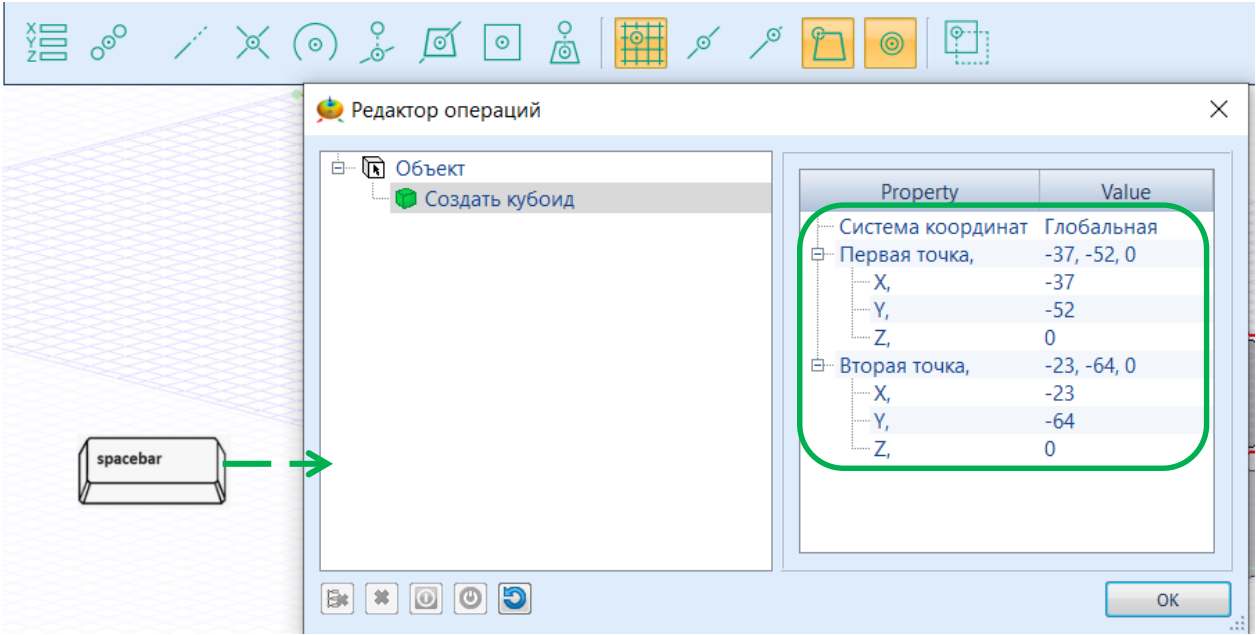
Включить общую СК

4.1.2 Создание объектов

Чтобы создать объект:

1. Выберите значок объекта на **Modeling tab (Моделирование)**.
 - a. Нажмите пробел, чтобы получить доступ к **Редактору операций**, чтобы задать размеры вручную или установить [переменные модели](#).
 - b. Используйте функцию [привязки](#).





Ручная установка размеров блока в редакторе операций

4.1.3 Привязка

Операции привязки обеспечивают точное расположение точек настройки. Чтобы установить точки, выполните одно из следующих действий:

- а. Выберите точки в средстве 3D-просмотра, привязавшись к другим существующим объектам/сетке.
- б. Введите координаты точки вручную

Каждый раз, когда вы начинаете создавать или редактировать геометрию, отображается панель инструментов привязки (рис. 1). При выборе инструмента привязки программа будет помогать моделировать, давая полезные подсказки (рис. 2).

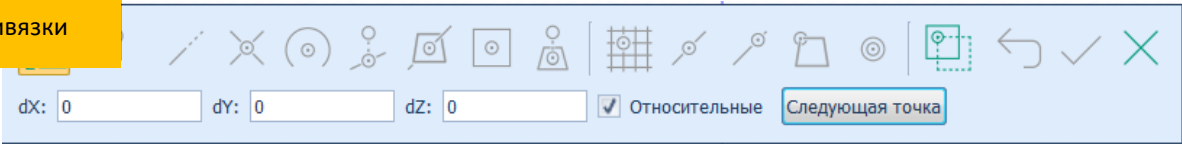


(Рис. 1) Панель инструментов привязки



(Рис. 2) Подсказки привязки

Нажмите Esc, чтобы
выйти из привязки



(Рис. 3) Ручной ввод координат

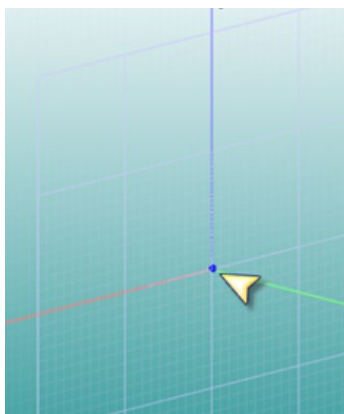
Значок	Функция	Примечание
	Ручной ввод координат	Координаты первой точки вводятся как глобальные координаты. По умолчанию координаты других точек вводятся как дельты координат (относительно предыдущей точки). Снимите флажок относительно (см. рис. 3), чтобы задать абсолютные координаты.

	Привязать к средней точке	Находит среднюю точку между двумя вершинами
	Привязать к касательной к кромке	Выбирает точку вдоль продолжения выбранного ребра
	Привязать к пересечению краев	Найти все точки пересечения
	Привязать к центру дуги	Найти точный центр круга или дугообразных объектов
	Привязка к вершине проекция к краю	Найти точку проекции вершины на ребро
	Привязка к пересечению ребра и грани	Найти все точки пересечения
	Привязка к плоскому центру грани	Найти точный центр грани
	Привязать к вершинной проекции на грань	Найти точку проекции вершины на грань
	Привязки к сетке	Находит ближайшую точку сетки. Опция активирована по умолчанию
	Привязать к средней точке края	Выбрать среднюю точку между двумя ребрами
	Привязать к краю	Находит ближайшее ребро. Опция активирована по умолчанию
	Привязать к вершине/узлу	Опция активирована по умолчанию
	Привязать к точке привязки	Опция активирована по умолчанию
	Привязка через геометрию	Включить, чтобы достичь точки привязки через объекты модели. См. Привязка через геометрию
	Предыдущая точка	Изменить ранее указанную точку
	Готово	Используйте эту кнопку, когда вводится полилиния или сплайн (поскольку они могут быть заданы произвольным количеством точек).
	Отменить	Отменить текущую операцию создания

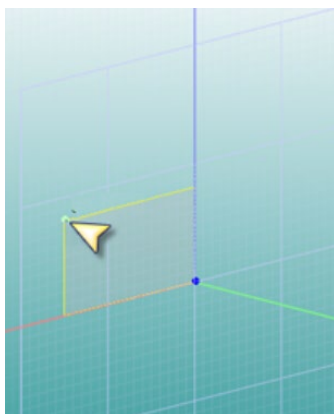
Больше информации можно найти в **GAMMA Snapping Overview** (Общее сведение о привязке в GAMMA)

4.1.3.1 Создание блока

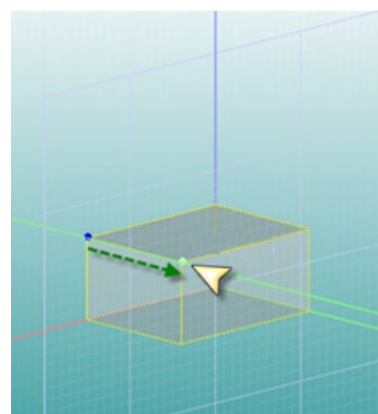
1. Если сетка не отображается, сделайте ее видимой, выбрав **View (Вид) > Grid (Сетка)**.
2. Выберите плоскость XZ с помощью моделирования **Modeling (Моделирование) >** .
3. Выберите объект камеры с помощью **Modeling (Моделирование) > Блок (Modeling Box)** .
4. Для первой точки выполните привязку к началу координат {0;0;0}:
5. Для второй точки выполните привязку к любой точке сетки.
6. Для третьей точки выполните привязку к точке вдоль линии, проходящей через вторую точку.



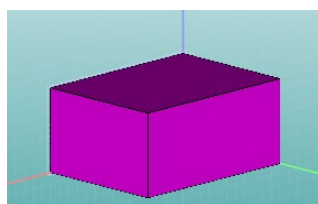
1-я точка



2-я точка



3D точка

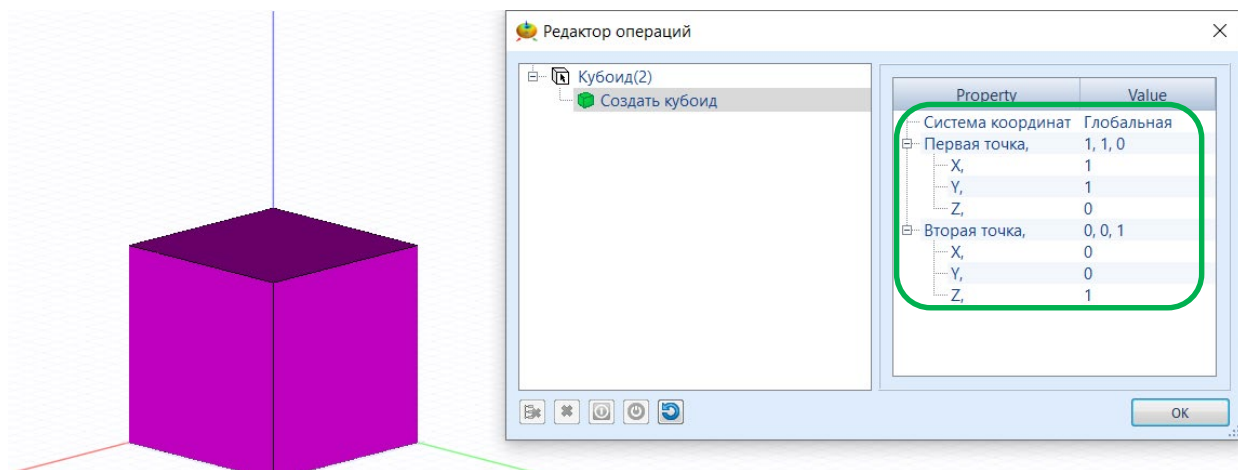


Созданный блок

Нажмите Esc, чтобы
выйти из операции
моделирования

4.1.3.2 Создание коробки с известными координатами

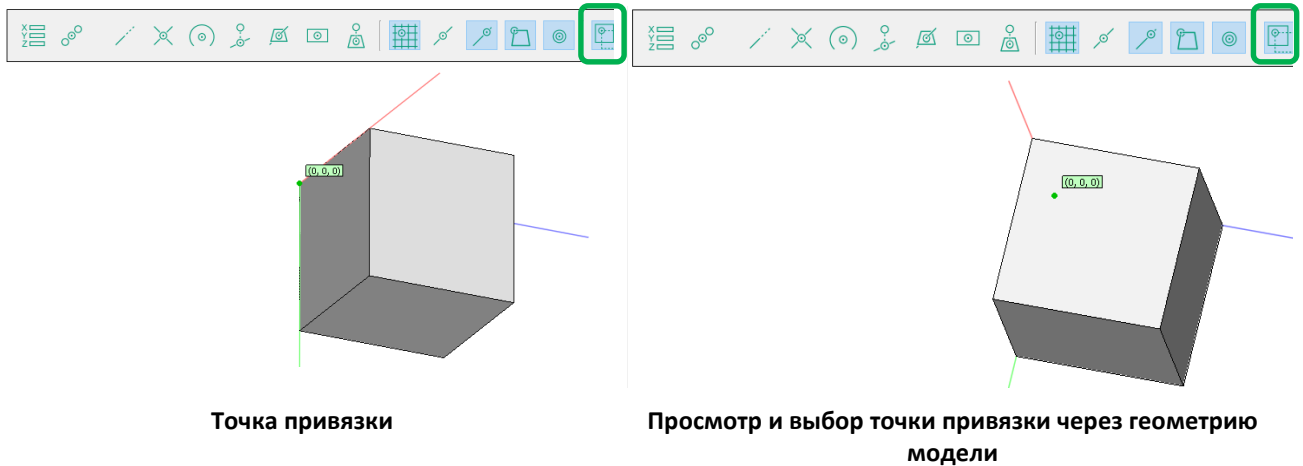
1. Если сетка не отображается, сделайте ее видимой, выбрав **View (Вид) > Grid (Сетка)**
2. Выберите плоскость XZ с помощью **Modeling (Моделирование) > **.
3. Выберите объект блок с помощью **Modeling (Моделирование) > box (блок) **.
4. Нажмите пробел, чтобы открыть диалоговое окно **Operation Editor (Редактор операций)**, и введите значения:



Дополнительные примеры привязки объектов см. в разделе [Перемещение](#).

4.1.3.3 Привязка к геометрии

Начните моделирование/редактирование геометрии > На панели инструментов **Snapping toolbar (Привязка)** включите **Snap through geometry (Привязать через геометрию)**, чтобы достичь точки привязки через геометрию:



4.2 История операций

История операций моделирования позволяет изменять, отменять и переходить назад по выполненным операциям.

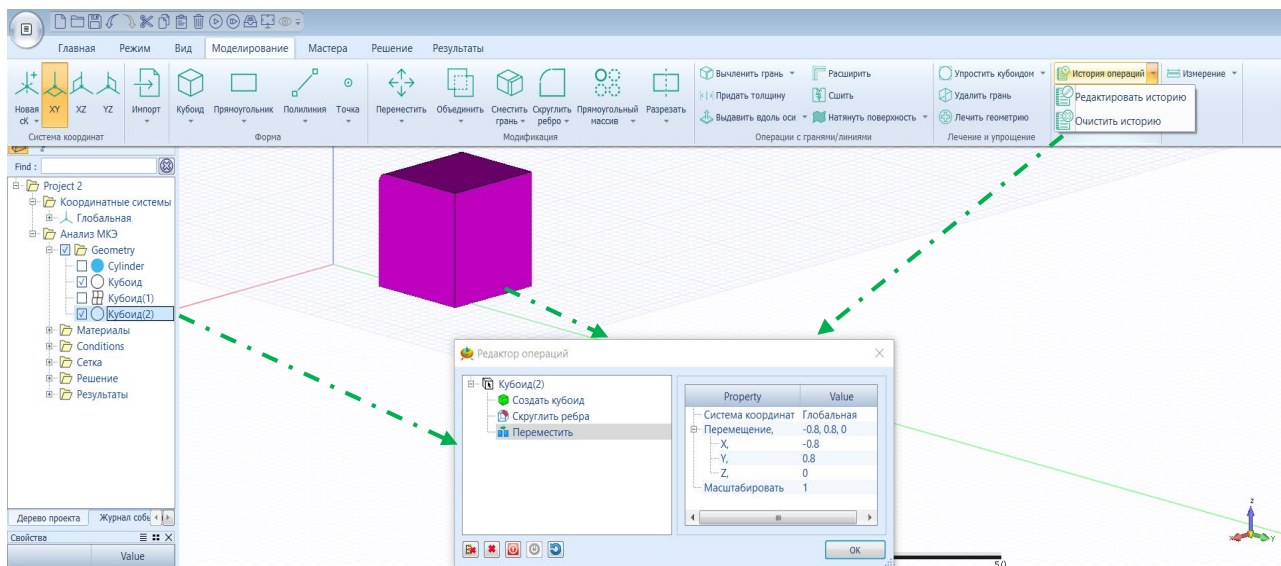
Для доступа к истории операций в диалоговом окне Operation Editor (Редактор операций):

- Дважды щелкните объект в средстве просмотра 3D или в дереве проекта.
- Выберите объект в средстве 3D-просмотра или в дереве проекта > вкладка **Modeling tab**

(Моделирование) > History options (Параметры истории) > Edit History (Редактировать историю)



- Clear History (Очистить историю)** удаляет историю операций выбранного объекта. После него никакие модификации невозможны.



Способы доступа к диалоговому окну Operation Editor (Редактор операций)

Дважды щелкните на значения в диалоговом окне, чтобы изменить их.

- Управление операциями с помощью элементов управления диалогового окна

- Удалить все операции
- Удалить последнюю операцию
- Подавить/отменить подавление выбранной операции
- Перестроить все операции

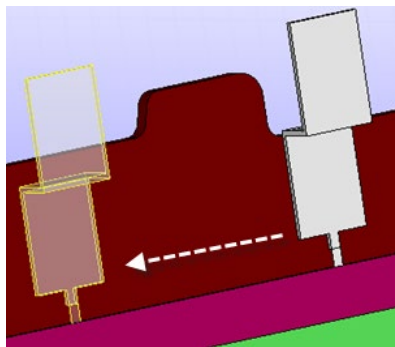
4.3 Редактирование геометрии

В разделе описаны выбранные операции редактирования существующих объектов:

- [Modification Operations \(Операции изменения\)](#)
- [Face/Line Operations \(Операции с гранями/линиями\)](#)
 - [Healing Operations \(Операции исправления ошибок\)](#)
- [Boolean Operations \(Логические операции\)](#)

Каждую операция редактирования:

- ✓ можно применять сразу к нескольким объектам. Удерживая клавишу **Ctrl**, выберите несколько объектов
- ✓ имеет опцию **Preview (Просмотр)** для оценки результатов операции



Предварительный просмотр операции перемещения

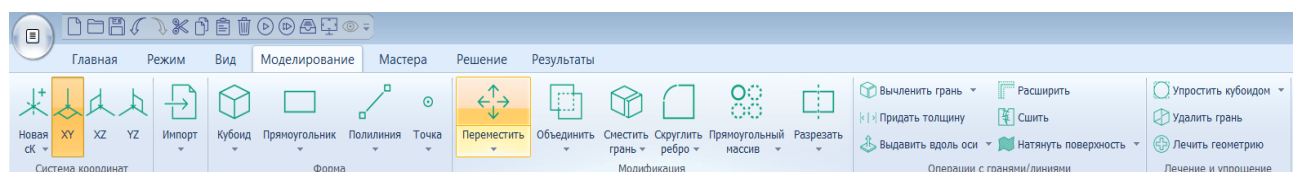
4.3.1 Операции изменений

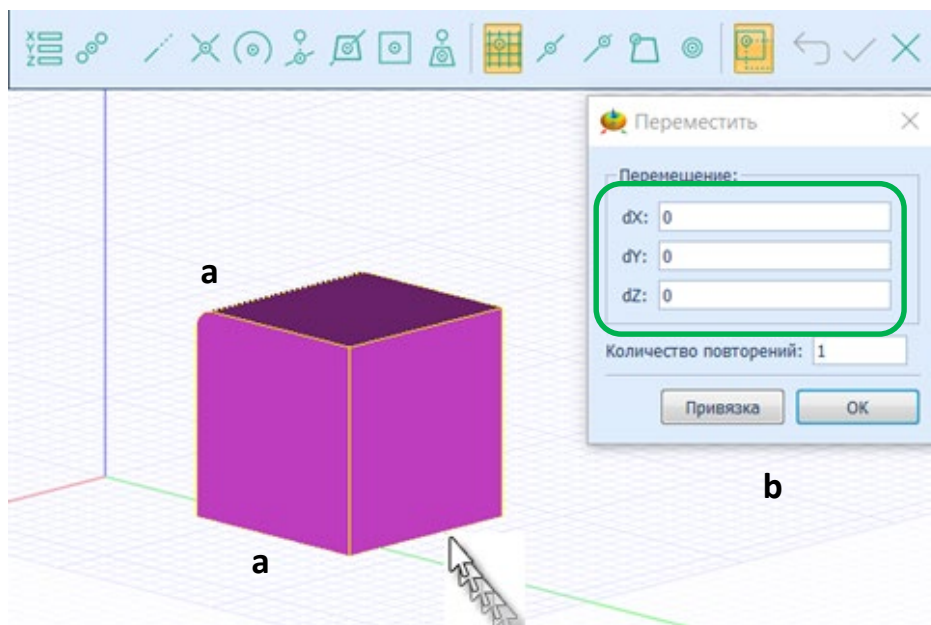
- [Move \(Переместить\)](#)
 - [Rotate \(Повернуть\)](#)
 - [Mirror \(Отразить\)](#)
- [Subtract \(Вычесть\)](#)
- [Offset Edges \(Смещение краев\)](#)
- [Offset Faces \(Смещение граней\)](#)
- [Offset Body \(Смещенное тело\)](#)

4.3.1.1 Переместить

Когда вы выбираете команду *Move (Переместить)*, *Mirror (Отразить)*, *Scale (Масштабировать)* или *Rotate (Повернуть)*, GAMMA предлагает два способа указания точек:

- [Используйте объектную привязку для указания точек](#) или
- [Введите значения смещения](#)

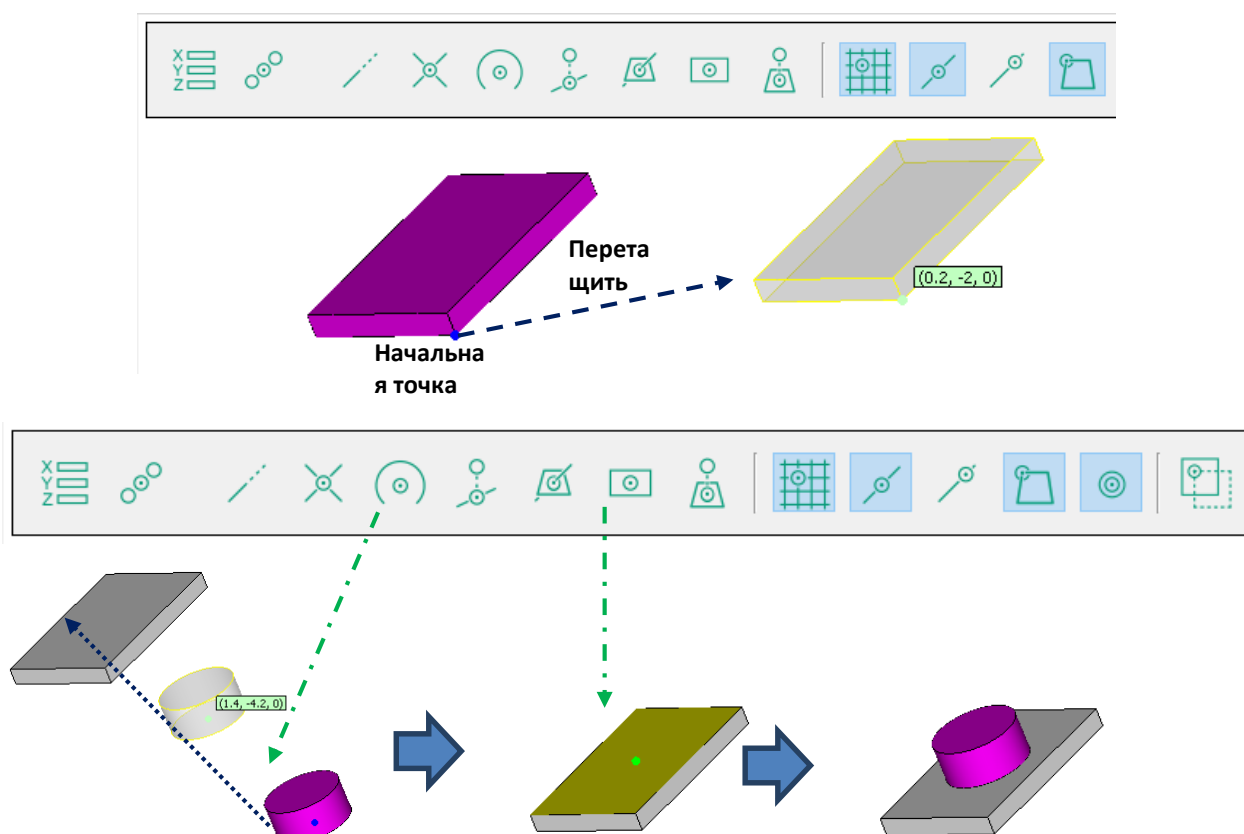




Команда Move (Переместить) перемещает выделенный объект по вектору смещения (а – с привязкой, б – с ручным вводом значения)

4.3.1.1.1 Указание вектора смещения с привязкой

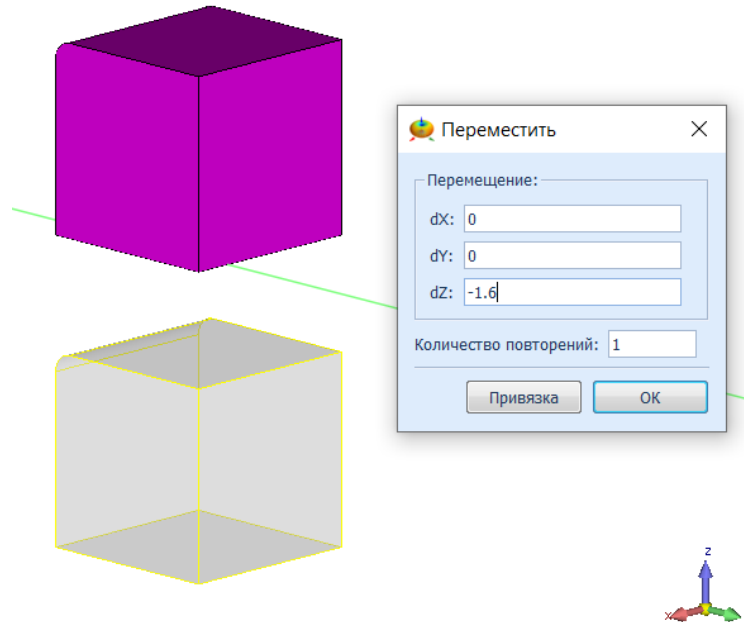
1. Выберите объект или несколько объектов в дереве проекта или в средстве просмотра 3D.
2. Вкладка **Modeling tab (Моделирование)**>>  **Move (Переместить)**. Вы также можете получить доступ к операциям преобразования из [контекстного меню](#) выбранного объекта в дереве проекта.
3. Выберите базовую точку для перемещения.
4. Выберите точку в любом месте средства 3D-просмотра, чтобы перейти к ней. Предварительный просмотр операции отобразит результат.
 - Используйте инструменты привязки для привязки к другим объектам.



Перемещение с помощью инструментов привязки

4.3.1.1.2 Типовые значения смещения

1. Выберите объект или несколько объектов в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра.
2. **Modeling (Моделирование) > Move (Переместить)**.
3. Введите значения смещения в диалоговом окне **Move (Переместить)**. Предварительный просмотр операции отобразит результат.

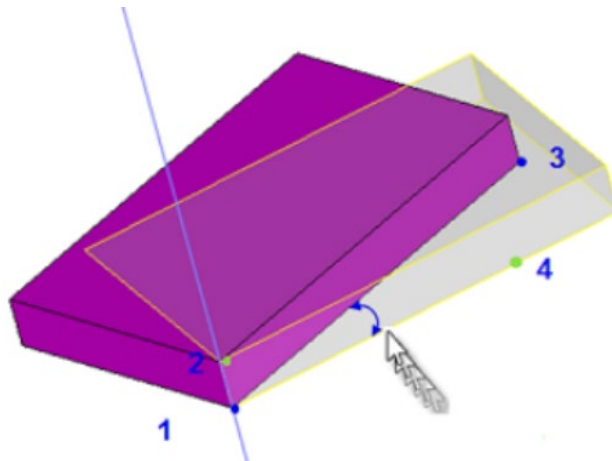


Перемещение со значениями смещения

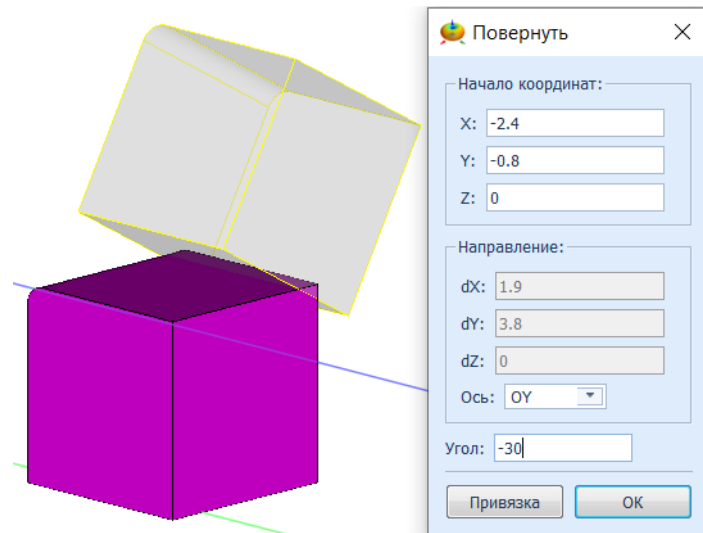
4.3.1.2 Повернуть

Повернуть выбранный объект вокруг базовой точки на угол.

1. Выберите объект или несколько объектов в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра.
2. **Modeling (Моделирование) > Move options (Параметры перемещения) > Rotate (Повернуть)**. Вы также можете получить доступ к операциям преобразования из [контекстного меню](#) объекта.
3. Укажите начальную точку, чтобы вращать объект вокруг нее.
 - а. Выберите точку в средстве просмотра 3D или
 - б. Введите значения в диалоговом окне команды.
4. Укажите угол поворота, указав точку или введя ее значение в диалоговом окне. Предварительный просмотр операции отобразит результат.



Угол между точками 3 и 4 является углом поворота

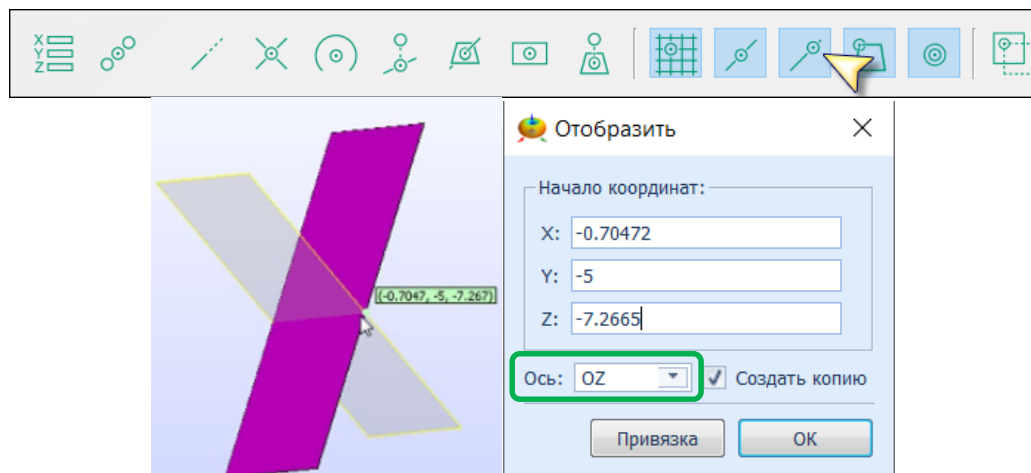


Угол поворота вводится в диалоге команды

4.3.1.3 Отобразить

Перемещает и изменяет ориентацию выбранного объекта вокруг заданной плоскости отражения.

1. Выберите объект или несколько объектов в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра.
2. **Modeling (Моделирование) > Move options (Параметры перемещения) > Mirror (Отразить)**. Вы также можете получить доступ к операциям преобразования из [контекстного меню](#) объекта.
3. Укажите начальную точку плоскости отражения.
 - a. Выберите точку в просмотре 3D или
 - b. Введите значения в диалоговом окне команды.
4. Выберите ось из раскрывающегося списка



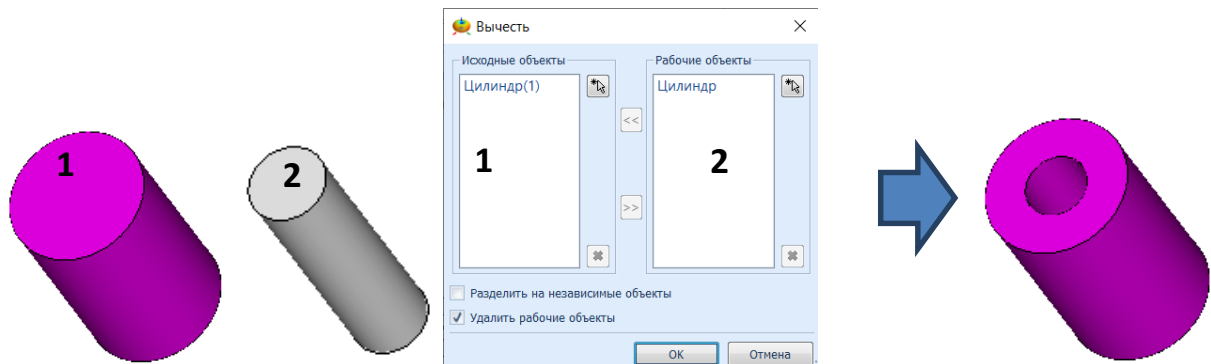
Команда Mirror (Отразить) с привязкой к краю

4.3.1.4 Вычитание

Удаляет разделы из объекта. Может выполняться на объектах всех типов.

1. В средстве 3D-просмотра или в дереве проекта выберите несколько объектов, удерживая клавишу **Ctrl**.
 - Сначала выберите объект для вычитания
 - Затем выберите режущий объект(ы)
2. **Modeling (Моделирование) > Unite options (Объединить параметры) > Subtract (Вычесть)**. Вы также можете получить доступ к логическим операциям [из контекстного меню](#).

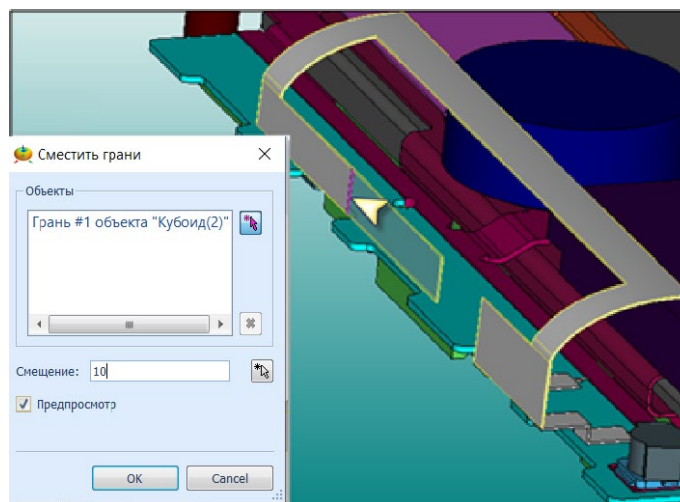
3. В диалоговом окне **Subtract (Вычитание)** в поле **Blank object (Пустой объект)** перечислены объекты, из которых необходимо вычесть (1), а в поле «Инструментальные объекты» — **Tool objects (Объекты вырезания)** (2).
4. Режущий объект удаляется после операции.



4.3.1.5 Смещение граней

Перемещает выбранные грани твердотельного объекта в направлении, нормальном к его поверхности. Грани перемещаются на заданное расстояние по нормали к исходным плоскостям

1. Убедитесь, что объект не выбран.
2. **Modeling (Моделирование) > Offset Face (Смещение граней).**
3. В окне **Offset Face (Смещение граней)** нажмите кнопку выбора , чтобы выбрать грань. Удерживайте клавишу **Ctrl**, чтобы выбрать несколько граней.
4. Введите значение расстояния смещения в текстовое поле **Offset (Сместить).**

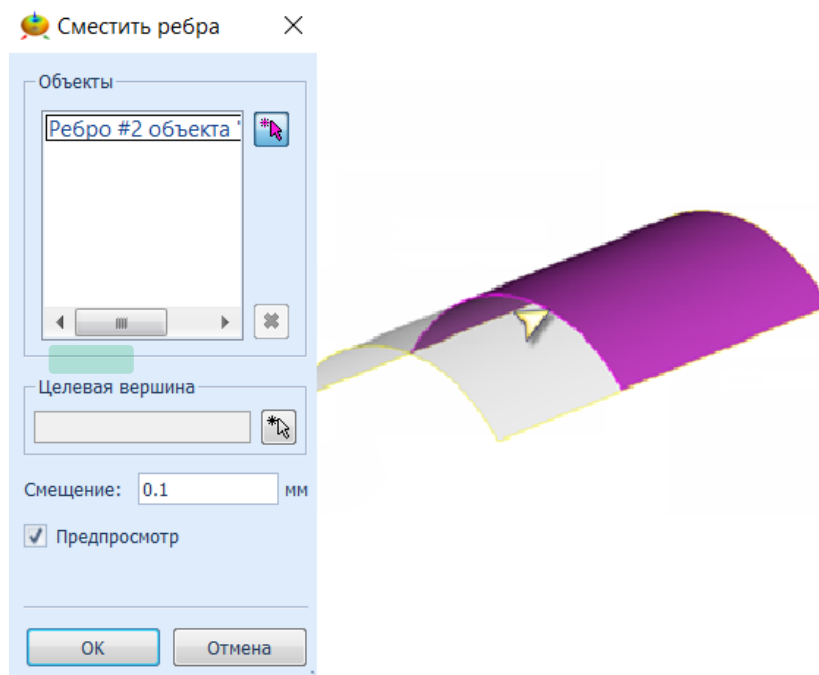


Сделать часть антенны длиннее с помощью команды **Offset Faces (Смещение граней)**.

4.3.1.6 Смещение краев

Растягивает выбранные края объекта листа в направлении, нормальном к его поверхности.

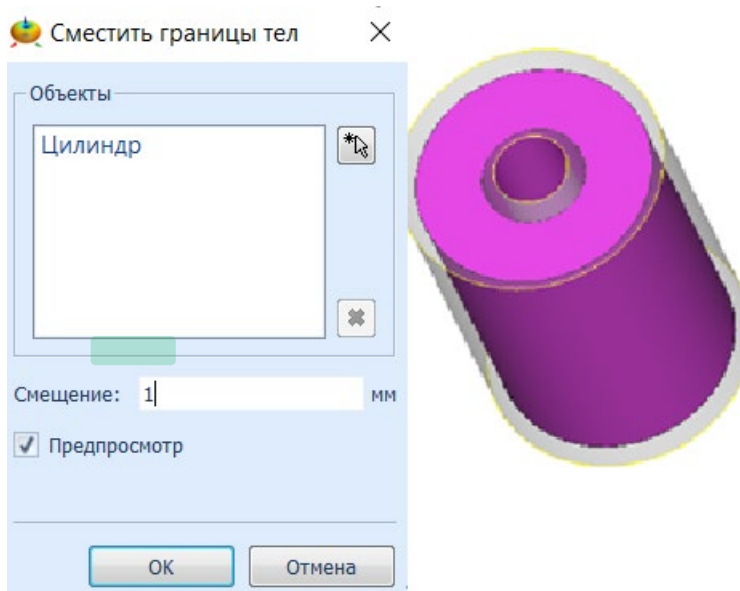
1. Убедитесь, что объект не выбран.
2. **Modeling (Моделирование) > функция Offset Face (Смещение грани) > Offset Edge (Сместить край).**
3. Нажмите на  выбора, чтобы выбрать ребро. Удерживая нажатой клавишу **Ctrl**, выберите сразу несколько ребер.
4. Введите значение расширения в текстовое поле **Extend (Расширить).**



4.3.1.7 Смещение тела

Перемещает все грани выбранного твердотельного объекта в направлении, нормальном к его поверхности.

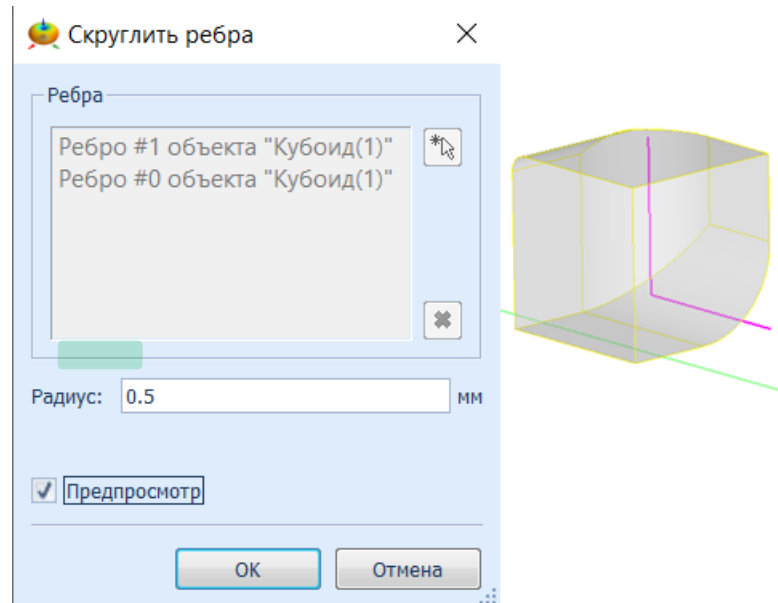
1. **Modeling (Моделирование) > функция Offset Face (Сместить грани) > Offset Body (Сместить тело).**
2. Нажмите на  кнопку выбора, чтобы выбрать тело. Удерживайте клавишу **Ctrl**, чтобы выбрать сразу несколько тел.
3. Введите значение расстояния смещения в текстовое поле **Offset (Сместить).**



4.3.1.8 Кромка скругления

Скругляет угол между выбранными кромками твердотельного объекта с заданным радиусом.

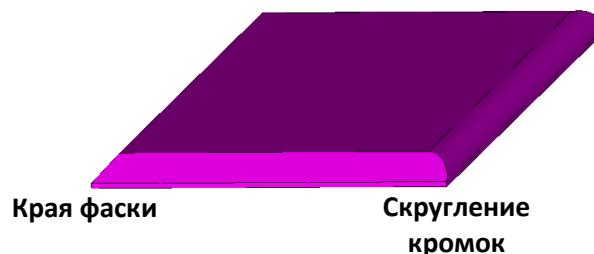
1. **Modeling (Моделирование) > Fillet Edge (Кромка скругления).**
2. Нажмите на  кнопку выбора, чтобы выбрать ребро. Удерживая нажатой клавишу **Ctrl**, выберите сразу несколько ребер.
3. Введите значение радиуса округления в текстовое поле **Radius (Радиус).**
4. Нажмите **OK**



4.3.1.9 Край фаски

Сглаживает угол между выбранными кромками твердотельного объекта.

1. **Modeling (Моделирование) > функция Fillet Edge (Параметры скругления) > Chamfer Edge (Фаска кромки).**
2. Нажмите на  кнопку выбора, чтобы выбрать ребро. Удерживая нажатой клавишу **Ctrl**, выберите сразу несколько ребер.
3. Значение диапазона выравнивания в текстовое поле **Range (Диапазон).**
4. Нажмите **OK**



4.3.2 Операции с гранями/линиями

Превратить проволоку в лист, а лист в твердое тело:

Проволока-> Лист

[Полоска](#)

[Покрытие по поверхности](#)

Лист-> Твердое тело ->

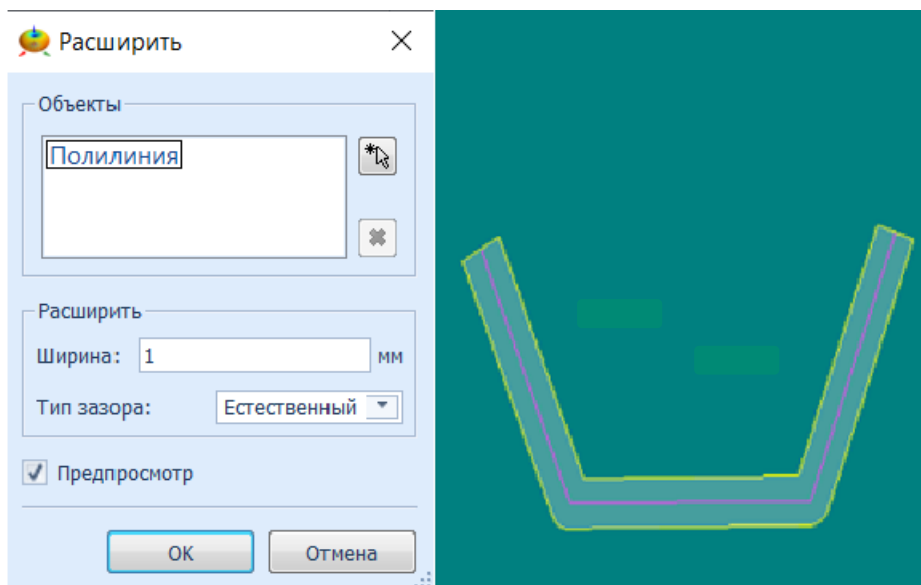
[Выдавить вдоль оси](#)

[Выдавить вдоль линии](#)

[Задать толщину](#)

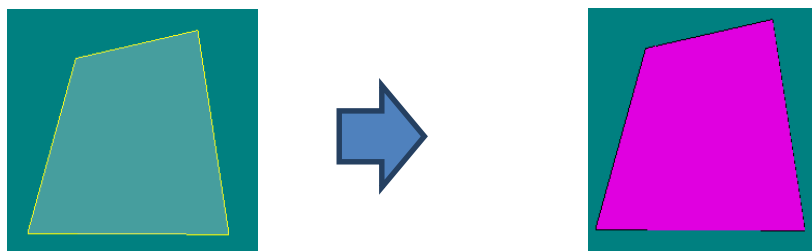
4.3.2.1 Полоска

1. Выберите полилинейный объект.
2. **Modeling (Моделирование) > Face/Line Operations group (Операции с гранями/линиями) > Strip (Расширить).**
3. Введите значение ширины полосы **Strip (Расширить)** в диалоговом окне **Strip (Расширить)** и выберите тип **Gap type (Зазора).**
4. Нажмите **OK**



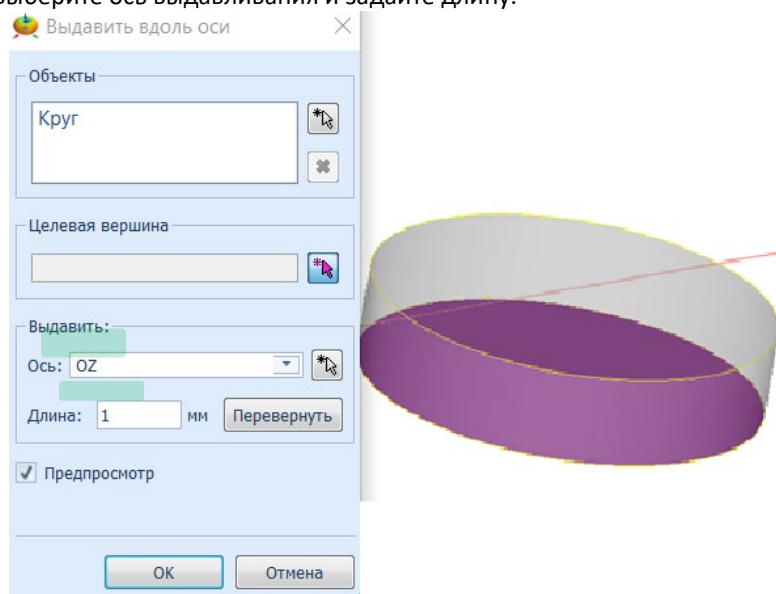
4.3.2.2 Покрытие по поверхности

1. Выберите полилинейный объект, образующий замкнутую форму. Все линии должны лежать в одной плоскости.
2. **Modeling (Моделирование) > Face/Line Operations group (Операции с гранями/линиями) > Cover by Surface (Покрытие по поверхности)**



4.3.2.3 Вытягивание вдоль оси

1. Выберите объект листа
2. **Modeling (Моделирование) > Extrude Along Axis (Вытягивание вдоль оси).**
3. В командном диалоге выберите ось выдавливания и задайте длину.

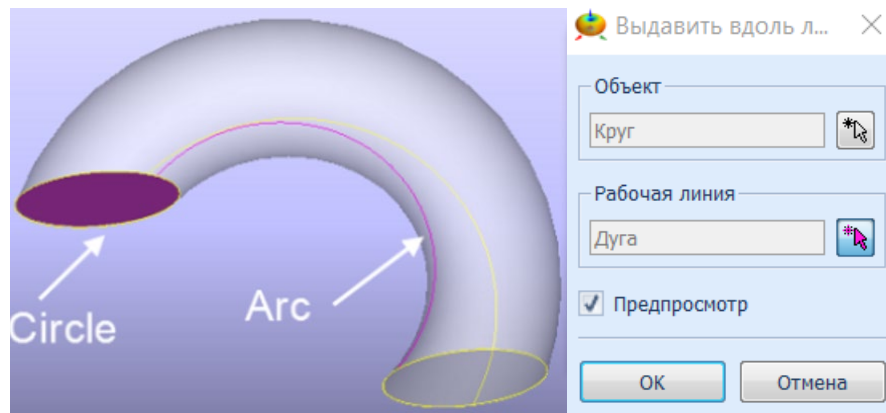


4.3.2.4 Вытягивание вдоль линии

Выдавить объекты вдоль заданной линии, например:

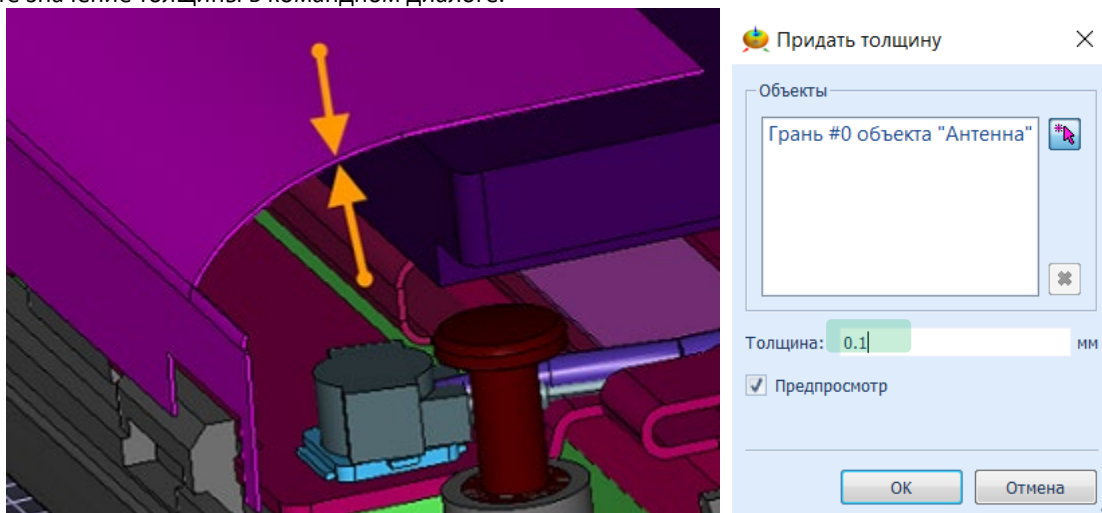
1. круг и дугу, чтобы очертить экструзию круга.

2. **Modeling (Моделирование) > Extrude Along Axis options (Параметры вытягивание оси) > Extrude Along Line (Выдавливание вдоль линии).**
3. В диалоговом окне нажмите  на кнопку выбора, чтобы выбрать окружность в качестве **Object (Объекта)** и дугу к качестве **(Tool line) Линии инструмента**.



4.3.2.5 Задать толщину

1. Выберите объект листа.
2. **Modeling (Моделирование) > Make Thickness (Задать толщину).**
3. Установите значение толщины в командном диалоге.

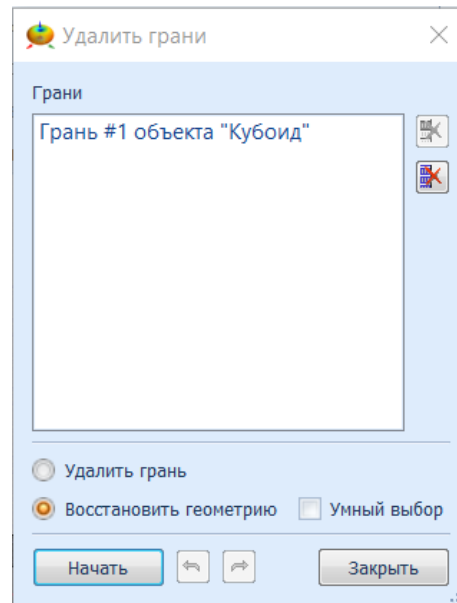


4.3.3 Удалить грань

Удалить выбранную грань твердотельного объекта. Это помогает удалить выбранные элементы (отверстия, выдавленные буквы, смешанные края) и экстраполировать соседние грани. Операция предлагает два варианта:

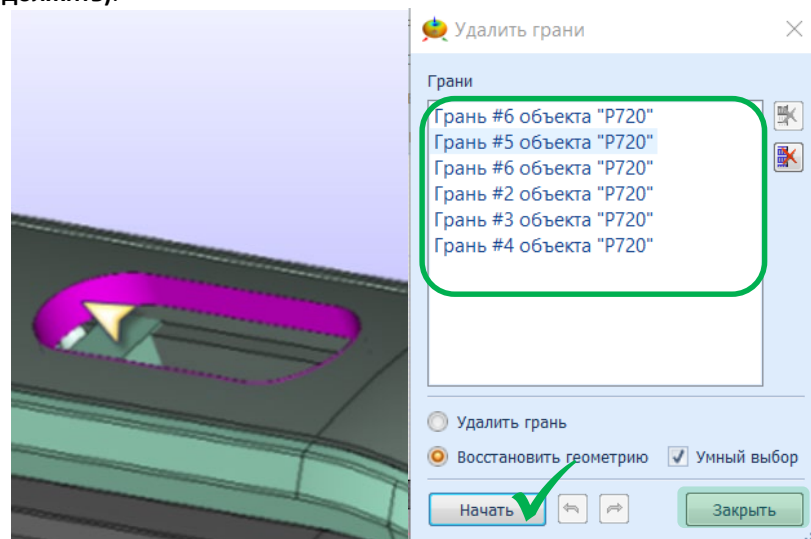
- a. **Elementary removing (Элементарное удаление)** – удаляет существующую грань твердотельного объекта, не закрывая проем.
- b. **Defeaturing (Искажение)** – удаляет существующий элемент с поверхности объекта и закрывает отверстие.

Рекомендуется установить флажок **Smart selection (Умный выбор)** для простых функций, чтобы сразу выбрать все соответствующие лица.

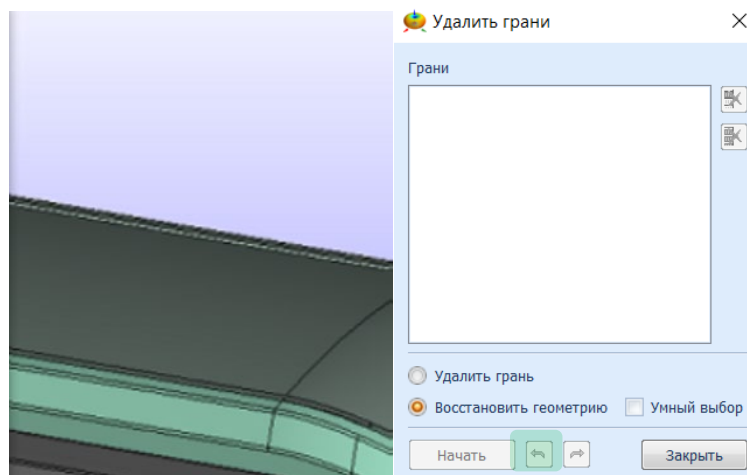


Диалоговое окно удаления лиц по умолчанию

1. Убедитесь, что объект не выбран
2. **Modeling (Моделирование) > Remove Face (Удалить грань).**
3. В командном диалоге установите флажок **Smart selection (Умный выбор).**
4. Выберите грань элемента, который нужно удалить. Все соответствующие смежные грани выделяются в средстве 3D-просмотра и отображаются в поле.
5. Нажмите **Proceed (Продолжить).**



6. При необходимости используйте **Undo (Отменить).**



Функция удалена и открытие закрыто

4.4 Инструменты измерения

GAMMA предлагает следующие инструменты измерения, которые помогут вам в моделировании:



Рассчитать
расстояние

расстояние между двумя точками в средстве 3D-просмотра



Вычислить длину
ребра

общая длина выбранных ребер



Вычислить площадь

площадь лица объекта

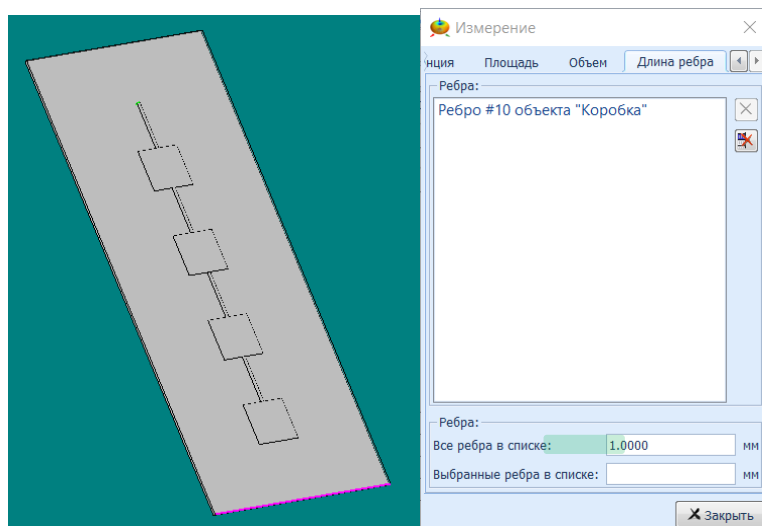


Рассчитать объем

объем твердого предмета

Эти инструменты доступны в разделе **Modeling (Моделирование) > Calculate Distance (Вычислить расстояние)**.

Щелкните значок инструмента **Measurement Tool (Инструменты измерения)**, чтобы отобразить диалоговое окно инструмента измерения. Переключайтесь между вкладками, чтобы выполнять различные измерения на ходу:



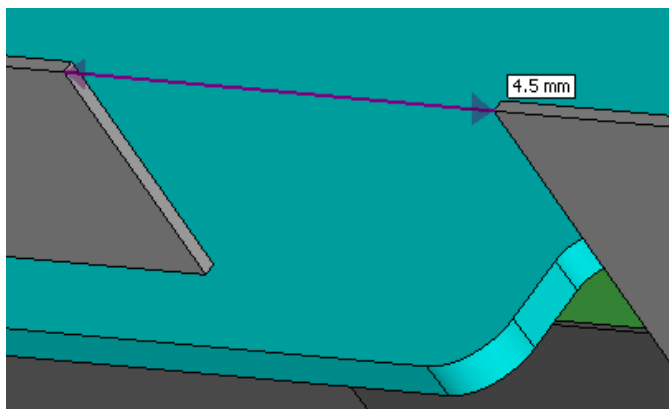
Инструмент «Длина края»

4.4.1 Калькулятор расстояний

Для расчета расстояния между двумя любыми точками в рабочей области:

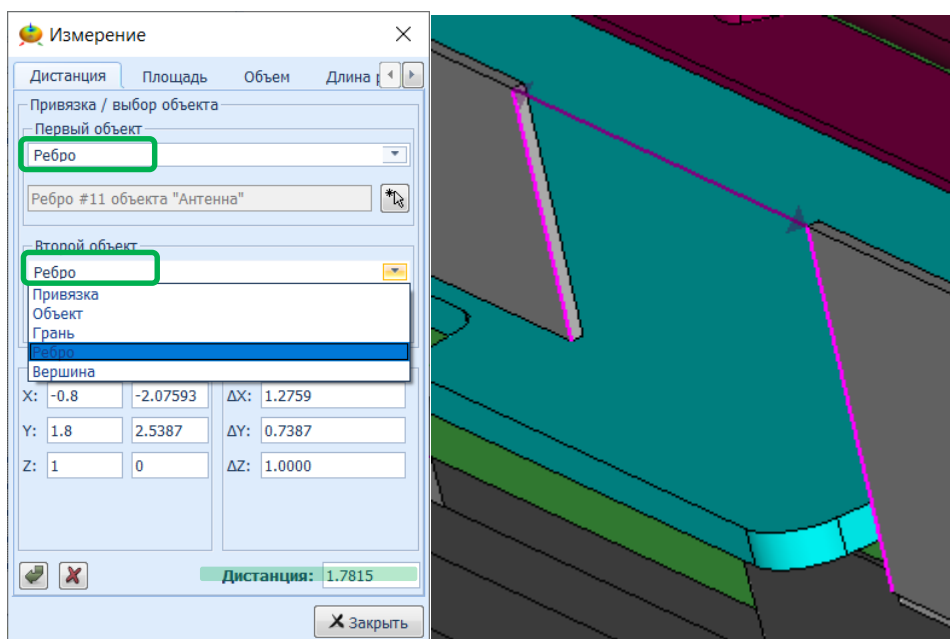
1. Вкладка **Modeling (Моделирование) > Calculate Distance (Рассчитать расстояние)** > диалоговое окно **Measurement Tool (Инструмент измерения)**.
2. Выберите начальную и конечную точки. По умолчанию функция [привязки](#) с привязкой к сетке, вершине и точке привязки активирована.





Расчет расстояния с привязкой

- Вы можете рассчитать расстояние между объектами/гранями/ребрами/вершинами и их комбинациями: В открывшемся окне выберите раздел **First Object (Первый объект)** / **Second Object (Второй объект)**, выберите Start point (начальная точка)/End point (конечная точка) со следующими параметрами:
- Snapping (привязка) – default option (опция по умолчанию)
 - Object (объект) – snap to object (привязка к объекту)
 - Face (плоскость) – snap to face (привязка к плоскости)
 - Edge (край) – snap to edge (привязка к краю)
 - Vertex (вершина) – snap to vertex (привязка к вершине)



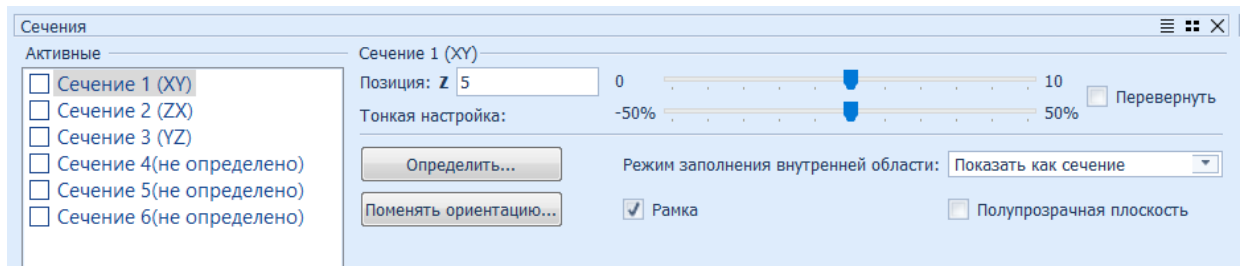
Рассчитать расстояние между ребрами

- Вы можете задать координаты вручную в полях **Points (точки)**
 Расстояние рассчитывается в единицах, установленных в данный момент на вкладке **File (Файл) > Preferences (Установки) > Units (Единицы)**.

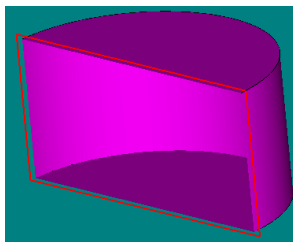
4.5 Поперечные сечения

В программе GAMMA вы можете воспользоваться инструментами для произведения поперечного сечения и увидеть внутренние детали объектов, моделей. Инструмент полезен как для непосредственно самого моделирования, так и для последующей обработки результатов.

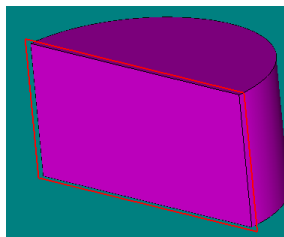
1. Вкладка **View (Вид)** >  **C-section (Поперечное сечение)**.
2. Диалоговое окно **Cross-section (Поперечное сечение)** предлагает следующие расширенные функции:



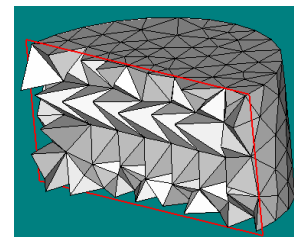
- Список **Active (Активные)** активирует одно или несколько поперечных сечений.
- Параметры строки **Position (Положение)** указывают, где активное поперечное сечение должно разрезать объект.
- Параметры строки **Fine tuning (Точные настройки)** помогают более точно настроить расположение плоскости поперечного сечения.
- Галочка в поле **Flip (Повернуть)** устанавливает обратное направление поперечного сечения.
- Галочка в поле **Semi-transparent plane (Полупрозрачное поле плоскости)** отображает плоскости поперечного сечения.
- Галочка в поле **Frame (Рамка)** отображает/скрывает контур плоскости поперечного сечения.
- Параметры строки **Fill interior mode (Внутренний режим)**, устанавливают:
 - **None (запрет)** на просмотр внутренней части вырезанного объекта.
 - **Display as section (Показать как раздел)** используется, чтобы скрыть внутреннюю часть
 - **Display FE faces (Отображение конечного элемента граней)** используется для проверки качества сетки после создания сетки во вкладке **Simulation (Моделирование)** > **View (Просмотр)**



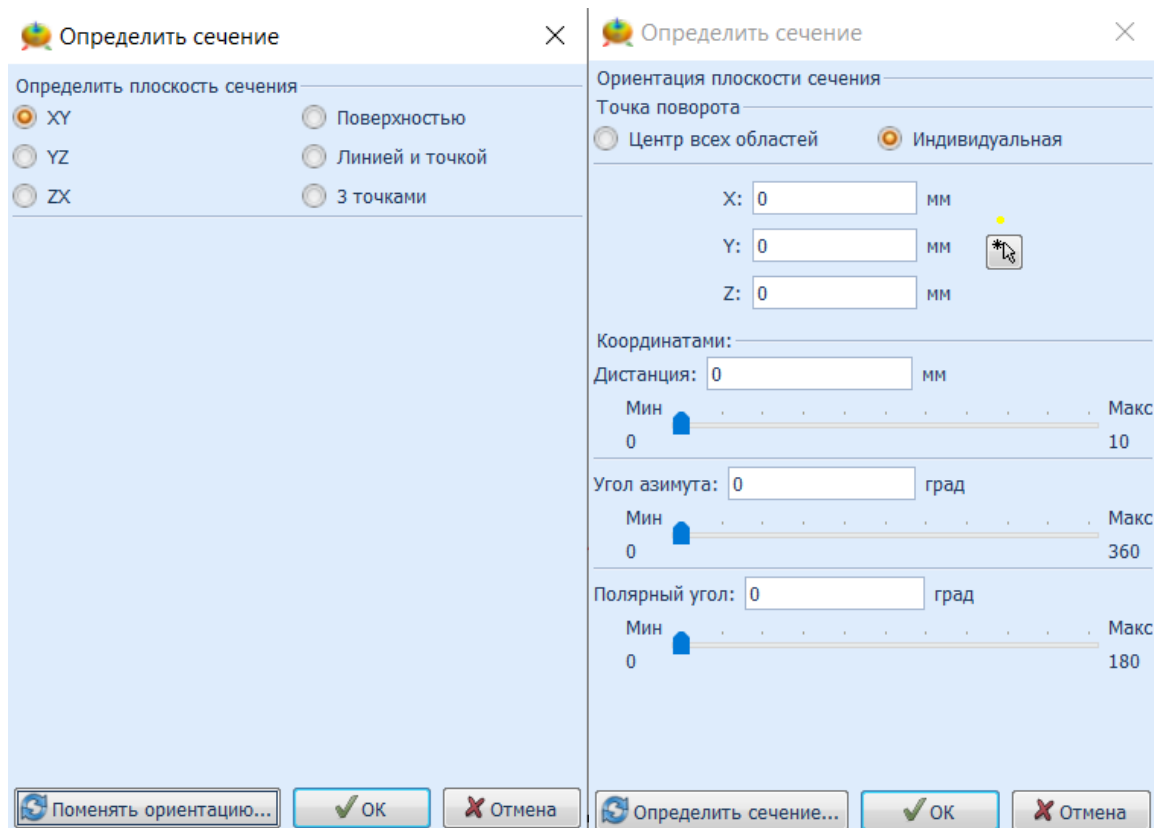
Запрет



Показать как раздел

Отображение конечного
элемента граней

- Функция **Define (Определить)** используется для задания поперечного сечения плоскостью XY, XZ или YZ, поверхностью, линией и точкой/или тремя точками.
- Функция **Change Orientation (Изменить направление)** используется, чтобы настроить направление и положение выбранной плоскости поперечного сечения.



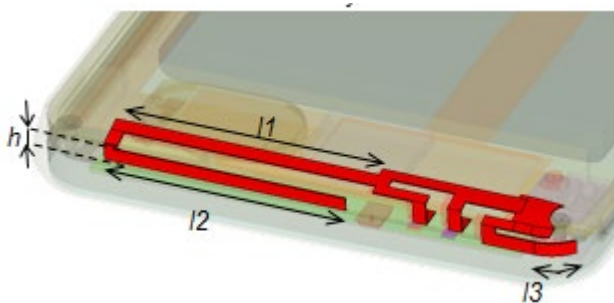
4.6 Переменные модели

Переменные модели позволяют изменять геометрию модели без дополнительных операций моделирования, когда вы:

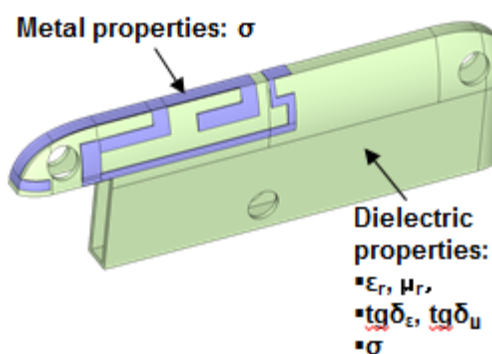
- ✓ Думаете, что будете часто изменять параметры
- ✓ Думаете, что будете часто использовать одно и то же значение параметра
- ✓ Хотите начать [параметрический анализ](#), где будете указывать ряд значений переменных в пределах одного диапазона для решения.

Переменные модели устанавливаются для указания свойств:

- Геометрических объектов

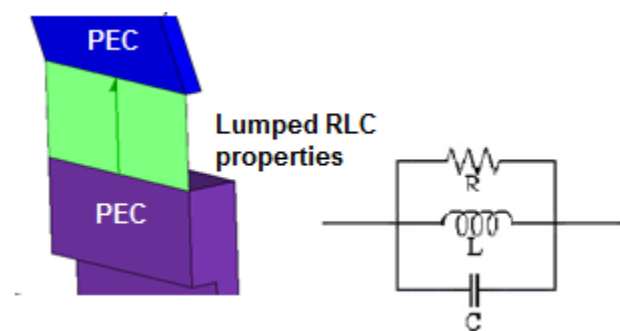


- Материалов



(*metal properties* – *металлические свойства*
dielectric properties – *диэлектрические свойства*)

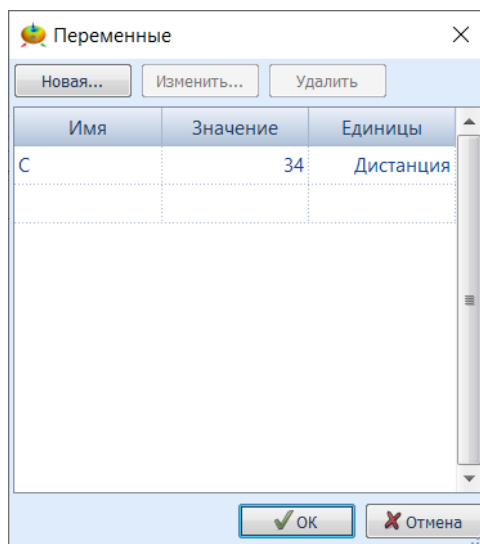
- Условий (намагничивание, границы, сосредоточенный параметр)



(*Lumped RLC properties* - *Сосредоточенный элемент RLC*)

4.6.1 Управление переменными модели

1. Вкладка **Modeling (Моделирование)** > **Model Variables (Переменные модели)**.
2. В диалоговом окне **Model Variables (Переменные модели)** появляется список переменных, определенных для проекта, и предлагаются следующие операции: **New (Новая)**, **Edit (Редактировать)**, или **Delete (Удалить)**.



3. Вкладка **View (Вид)** > **Variables list (Список переменных)** используется, чтобы закрепить окно в рабочей области.

4.6.2 Создание новой переменной модели

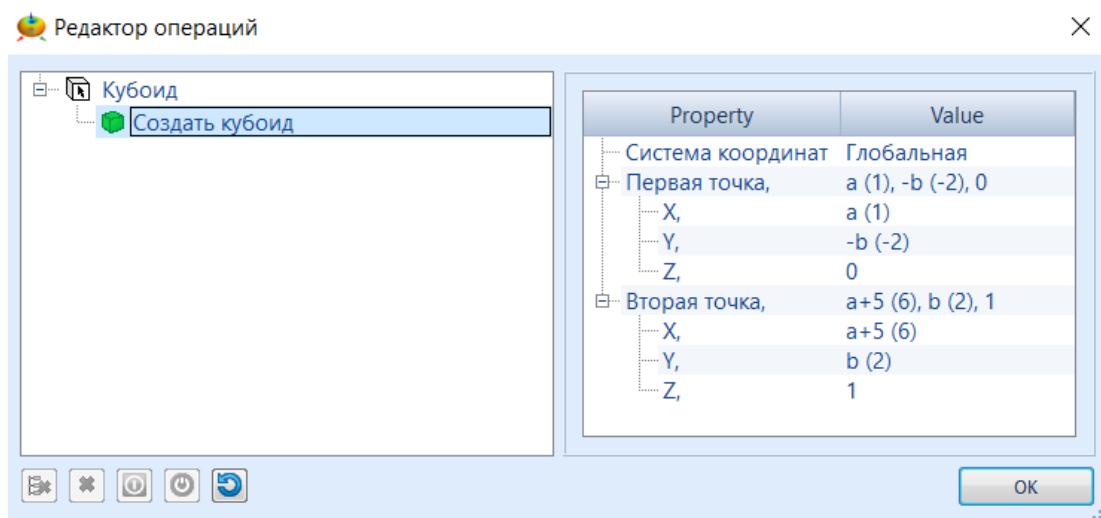
1. Вкладка **Modeling (Моделирование)** > **Model Variables (Переменные модели)**.
2. Выберите **New (Новая)** в диалоговом окне **Model Variables (Переменные модели)**.
3. Задайте имя, единицы измерения и значение в диалоговом окне **New Variable (Новая переменная)**.
 - В поле **Units (Единицы измерения)** будет предложен список величин для определения переменных.

Количество	Единицы по умолчанию*
Расстояние	Mm (миллиметры)
Угол	Deg (градусы)
Частота	GHz

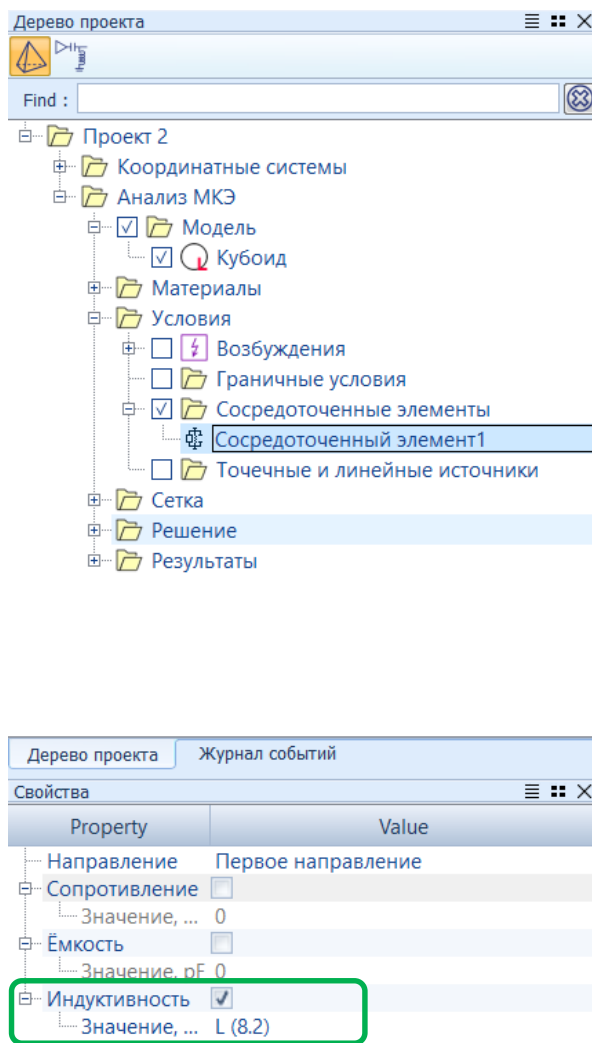
Индуктивность	nH
Емкость	pF
Сопротивление	Ohm
Ток	A
Напряжение	V
Поверхностная проводимость	Siemens/m
Сила	W
Без единиц измерения	Может использоваться в таких выражениях, как: • делитель • множитель

*Вы можете изменить единицы измерения по умолчанию в меню **File (Файл) > Preferences (Настройки) > вкладка Units (Единицы)**.

4. После того, как вы определили переменные модели, вы можете установить их как числовые значения, основные арифметические операции (+, -, *, /) и числовые выражения ($-ax^2+b$) прямо в [редакторе операций](#), в диалоговых окнах команд модификации или в [окне свойств](#).



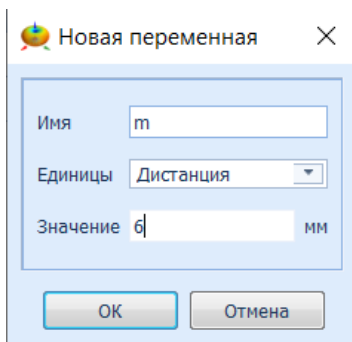
Геометрические переменные в редакторе



Переменная условия в окне свойств

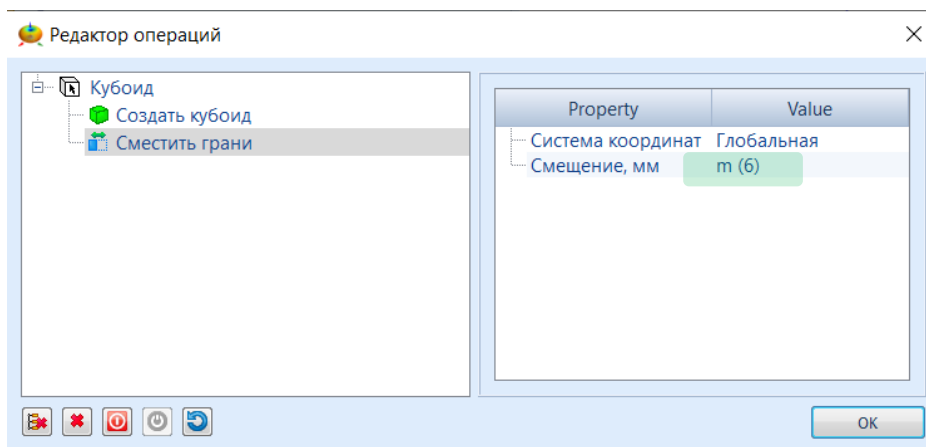
4.6.2.1 Установление длины объекта в качестве переменной модели

1. Вкладка **Modeling (Моделирование)** > **Model Variables (Переменные модели)**.
2. Нажмите **New (Новое)** в диалоговом окне **Model Variables (Переменные модели)**.
3. Установите новые переменные параметры: **Name (Название)** m; **Units (Единицы измерения)** Distance (расстояние); **Value (Значение)** 6 mm:



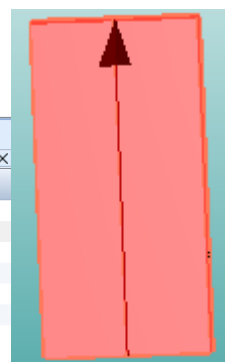
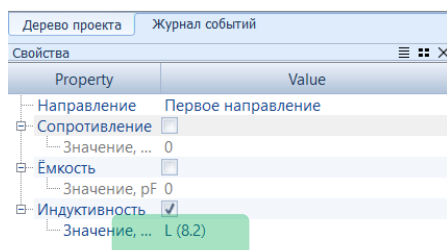
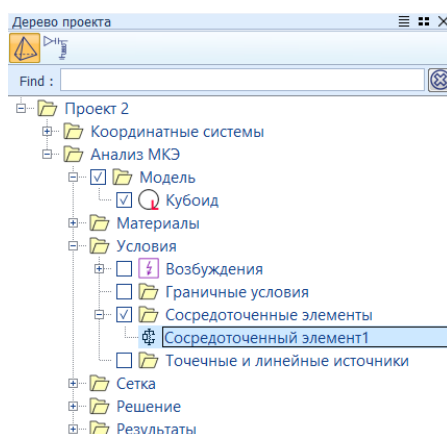
В текущей версии WAVE вы не можете определить одну переменную через другую.

4. Дважды щелкните объект в дереве проекта или в средстве 3D-просмотра, чтобы активировать **Operation Editor (Редактор операций)**.
5. В **Operation Editor (Редакторе операций)** дважды щелкните необходимое значение, чтобы изменить его на m(6):



4.6.2.2 Установление индуктивности в качестве переменной модели

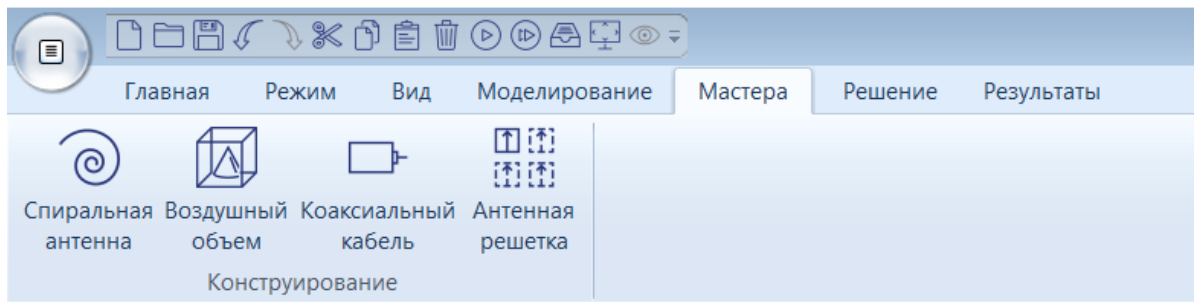
1. Вкладка **Modeling (Моделирование)** > **Model Variables (Переменные модели)**.
2. Выберите **New (Новое)** в диалоговом окне **Model Variables (Переменные модели)**.
3. Установите новые параметры переменной: **Name (Название)** L; **Units (Единицы)** Inductance (Индуктивность); **Value (Значение)** 8.2 pH.
4. Откройте **Lumped Element (Элемент с сосредоточенными параметрами)** в дереве проекта.
5. В **Properties Window (Окне свойств)** дважды щелкните значение индуктивности, чтобы изменить его на L (8.2).



4.7 Конструкторы

Выполняйте простые шаги в конструкторе программы GAMMA, чтобы выполнить сложные операции:

1. [Конструктор воздушной камеры](#)
2. [Коаксиальный кабель](#)
3. [Интеллектуальная матрица](#)



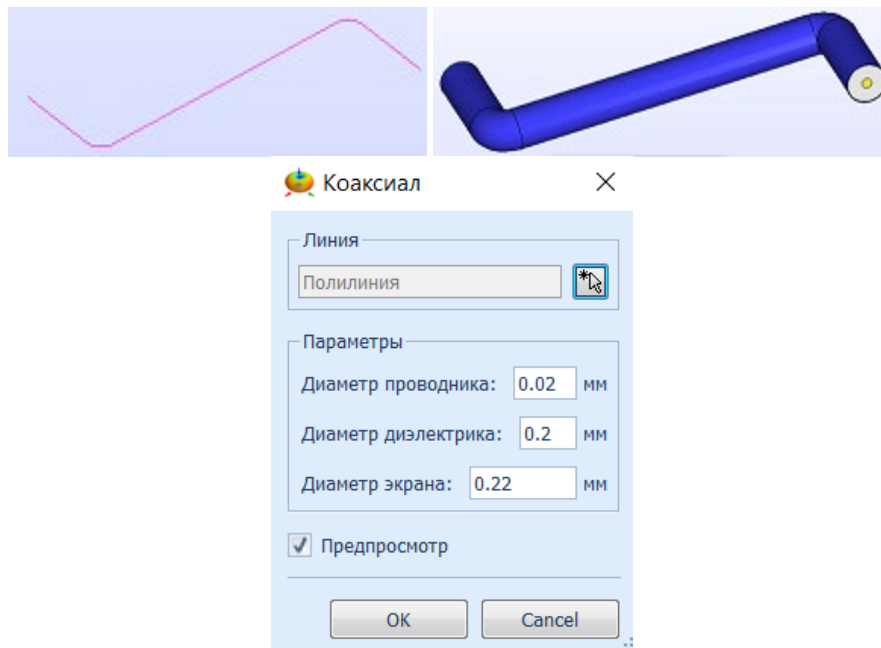
4.7.1 Конструкция воздушной камеры

Конструирование воздушной камеры является обязательным этапом настройки решения. См. [Создание воздушной камеры](#).

4.7.2 Коаксиальный кабель

Коаксиальный конструктор позволяет проектировать коаксиальные кабели.

1. Нарисуйте линию, которая будет служить основой для создания нового коаксиального кабеля.
2. Вкладка **Wizards (Конструктор) > Coaxial (Коаксиальный кабель)**.
3. Выберите линию, которая будет служить основой для кабеля и укажите параметры кабеля в диалоговом окне мастера.
4. Не забудьте установить флажок в строке **Preview (Предварительный просмотр)**, чтобы отобразить предварительный просмотр коаксиального кабеля.



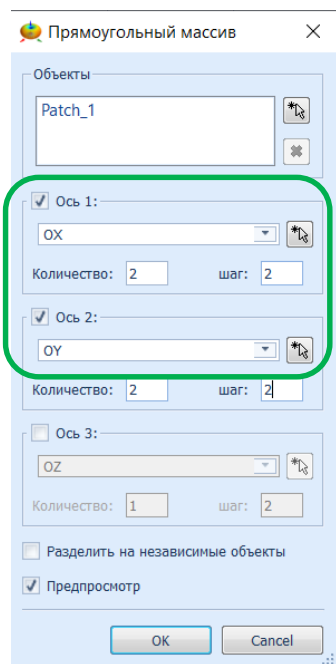
4.7.3 Интеллектуальная матрица

Интеллектуальная матрица дублирует выбранные объекты со всеми их свойствами, в том числе:

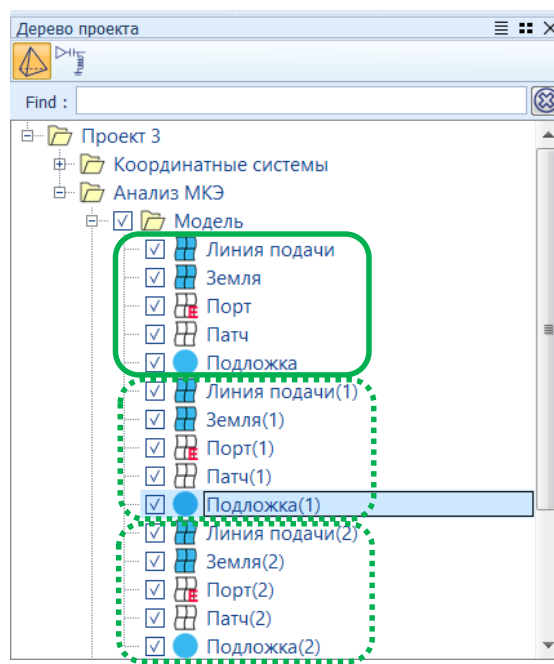
- Выбранные [условия](#)
 - Намагничивание и состояния сосредоточенных параметров (например, порты) также дублируются.
- Выбранные [материалы](#)
- Локальные настройки для симуляции ([включение в / исключение из анализа](#)) или построения сетки (локальные настройки сетки).

Выберите Smart Array (Интеллектуальная матрица), чтобы создать антенную решетку из одной антенны (особенно, если указаны ее локальные свойства, условия и т. д.)

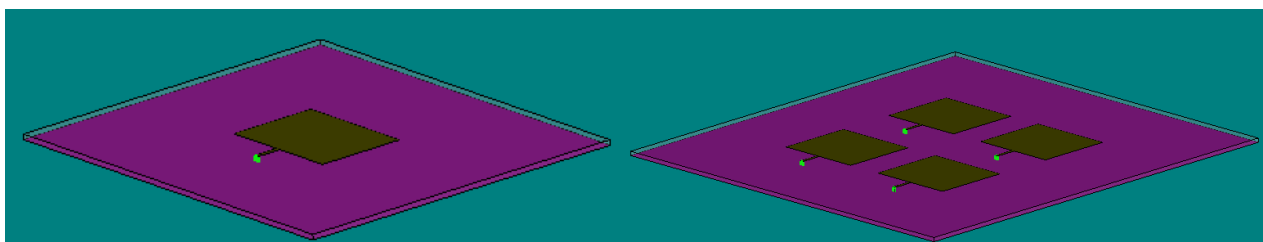
1. Выберите элемент объекта, который хотите дублировать.
2. Вкладка **Wizards (Конструктор) > Smart Array (Интеллектуальная матрица)**.
3. В диалоговом окне **Smart Array (Интеллектуальная матрица)** выберите оси, по которым необходимо дублировать, укажите **Number (Количество)** копий по выбранным осям, и **Pitch (Шаг)** – зазор между копиями (в мм).
4. Значение шага можно определить как [Переменную модели](#).
5. Нажмите **ОК**.
6. Вам может понадобиться объединить некоторые элементы (например Ground (Землю), Substrate (Подложку), etc) после выполнения операции Smart Array (Интеллектуальная матрица).



Полосковая антенная решетка 2x2 установлена с зазором D



Элементы исходного объекта дублируются со своими свойствами, присвоенными материалами и условиями



Оригинальная полосковая антенна (одинарная)

2x2 полосковая антенна решетка созданная с помощью Smart Array (Интеллектуальной матрицы)

5 Настройка решения

GAMMA может находить правильное решение по Finite Element Method (методу конечных элементов). Вы можете настроить параметры решателя и создания сетки при открытии нового проекта GAMMA в диалоговом окне [Select Problem Type](#) (Выбор типа задачи) или позже с помощью элемента управления Change Type (Изменить тип) на вкладке **Simulation (Моделирование)**.

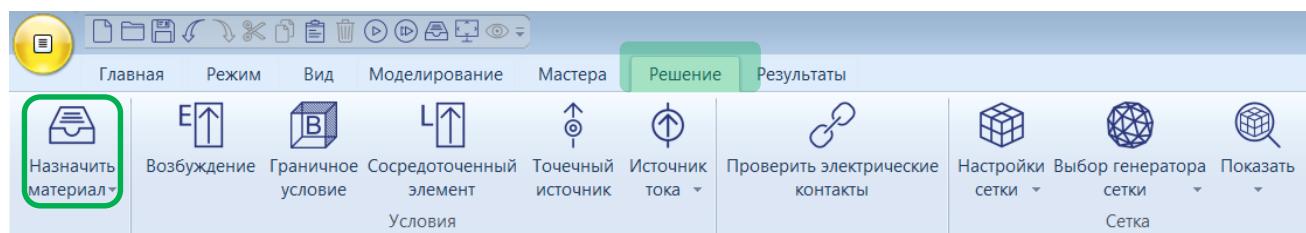
Чтобы моделирование не занимало много времени и было достаточно точным, необходимо выполнить следующие шаги настройки решения:

1. [Назначение материалов](#)
2. [Выбор условий](#)
 - Excitations (Намагничивание)
 - Lumped Element (Сосредоточенный элемент)
 - Boundaries (Границы)
3. [Задайте настройки решателя](#)
 1. Solution Type (Тип решения)
 2. Basic Functions (Основные функции)
 3. Adaptive Solution (Адаптивное решение)
4. [Добавьте модели](#) (если необходимо).
5. [Создайте воздушную камеру](#)
6. [Проверьте согласованность модели](#)
 - Materials (Материалы)
 - Conditions (Условия)
 - Geometry (Геометрия)
7. [Сгенерируйте полигональную сетку](#)
 - Укажите метод генерации сетки

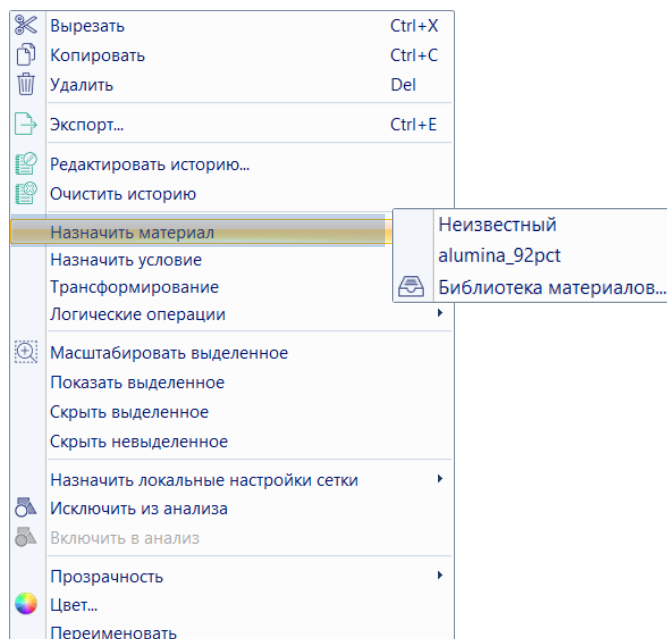
5.1 Назначение материалов

В моделях GAMMA нужно указать материал каждого твердотельного объекта. Вы можете выбрать справочные материалы из существующей базы — [Каталог материалов](#) — и дополнительно настроить их для своего проекта.

Получите доступ к **Material Library (Каталогу материалов)** и списку материалов, используемых в проекте, с помощью  **Assign Material (Присвоить материал)** на вкладке **Simulation (Моделирование)** или из контекстного меню выбранного объекта.

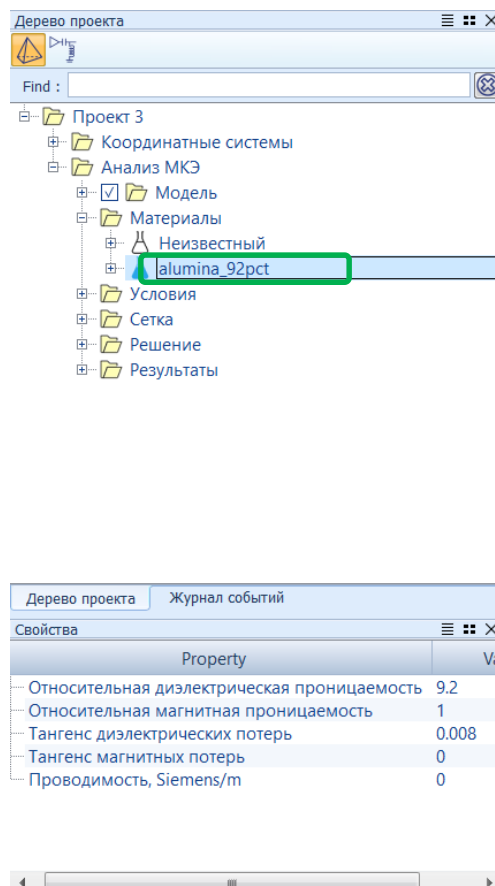


Assign Material (Присвоить материал) на вкладке Simulation (Моделирование)



Список уже выбранных материалов в проекте и Material Library (Каталоге материалов) в контекстном меню

Выбранные материалы перечислены в узле **Materials (Материалы)** дерева проекта. В узле перечислены материалы и детали, которым они назначены, а также свойства материалов в **Properties Window (Окне свойств)**. Подузел **Unknown (Неизвестные)** перечисляет объекты без назначенных материалов.

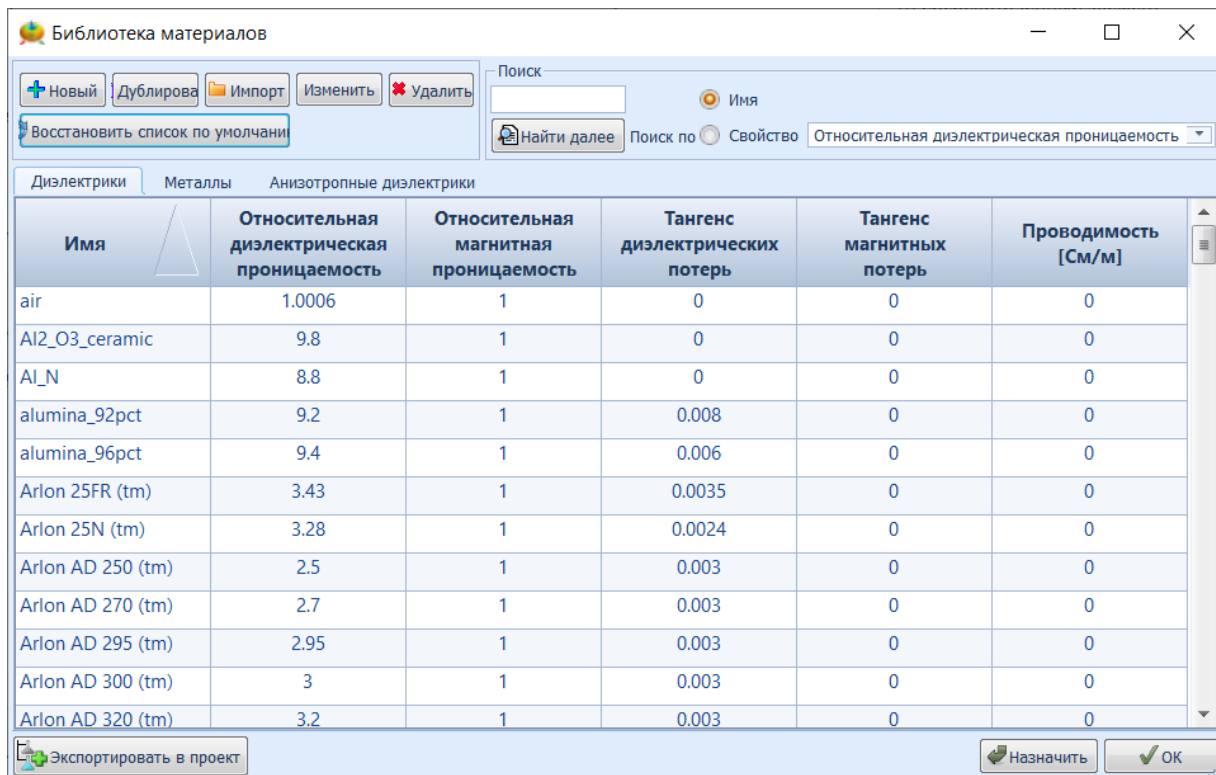


Назначенные материалы перечислены в дереве проекта. Окно свойств отображает свойства выбранного материала

5.1.1 Каталог материалов

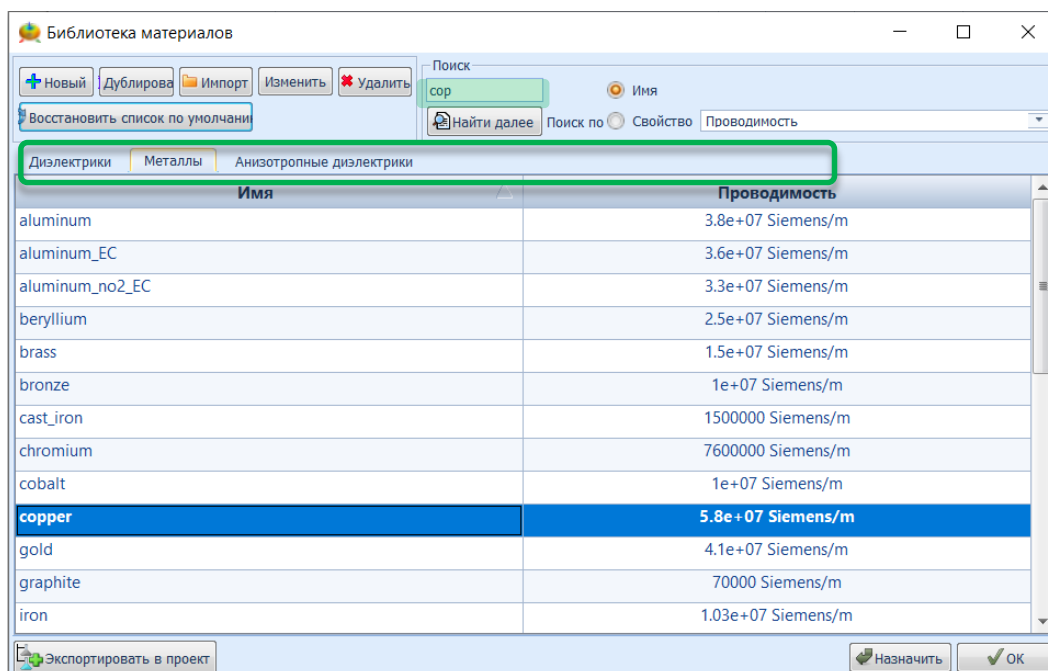
Каталог материалов 2-13 это база данных эталонных материалов, включая наиболее часто используемые — Carrier (носитель), Substrate (подложку) и FR4.

Каталог материалов можно найти на вкладке **Simulation (Моделирование) > Assign Material (Присвоить материал)** или в контекстном меню объекта.



Выбранные функции:

- Можно воспользоваться контекстным поиском, чтобы облегчить поиск материалов
- Навигация между группами материалов – **Dielectrics (Диэлектрики)**, **Metals (Металлы)**, **Anisotropic Dielectrics (Анизотропные диэлектрики)**

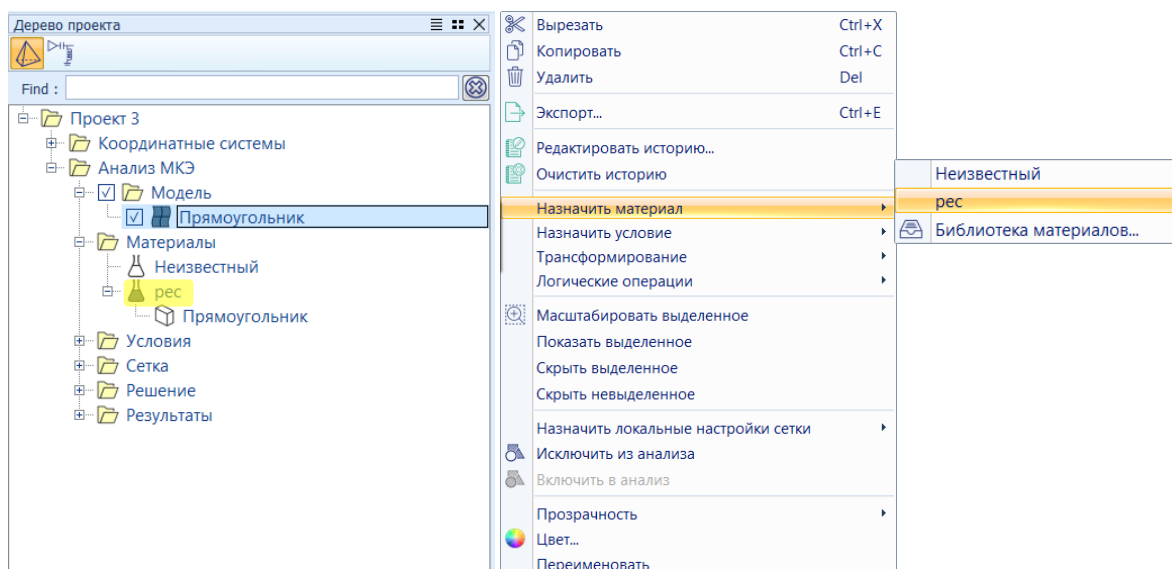


Материалы GAMMA:

- **Dielectrics (Диэлектрики)** – линейные, изотропные
- **Metals (Металлы)** – определяются свойством проводимости в мо/метр
- **Anisotropic Dielectrics (Анизотропные диэлектрики)** имеют различную диэлектрическую проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь в зависимости от ориентации электрического поля через материал

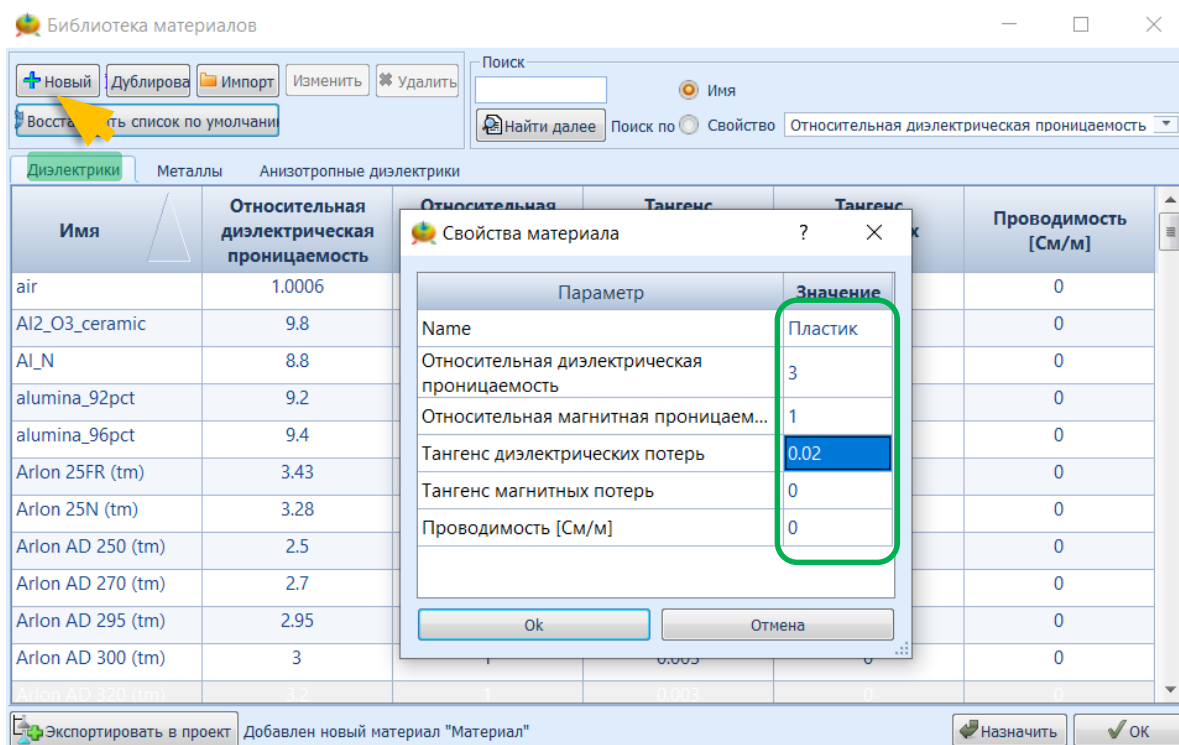
5.1.1.1 Присвоение объекту материала

1. Выберите объект в 3D Viewer или дереве проекта, чтобы присвоить ему материал. Можно присвоить несколько материалов, нажав клавишу **Ctrl**.
2. Откройте **Material Library (Каталог материалов)** на вкладке **Simulation (Моделирование)** или в контекстном меню объекта.
3. В диалоговом окне **Material Library (Каталог материалов)** выберите нужный материал и нажмите **Assign (Присвоить)**.
4. Выбранный материал отображается в узле **Materials (Материалы)** дерева проекта, в контекстном меню объекта и в **Properties Window (Окне свойств)** выбранного объекта.
- 5.



5.1.1.2 Создание нового материала

1. Откройте **Material Library (Каталог материалов)** на вкладке **Simulation (Моделирование)** > **Assign material (Присвоить материал)** или из контекстного меню объекта.
2. В диалоговом окне **Material Library (Каталог материалов)** выберите соответствующую вкладку с нужным типом материала (Dielectrics (Диэлектрики), Metals (Металлы), Anisotropic Dielectrics (Анизотропные диэлектрики), Frequency Dependent (частотно зависимые материалы)) и нажмите **New (Новый)**.
3. В диалоговом окне **Material Property (Свойства материала)** задайте необходимые параметры материала.
4. Новый материал занесен в базу данных. Теперь вы можете присвоить его выбранному объекту/объектам.



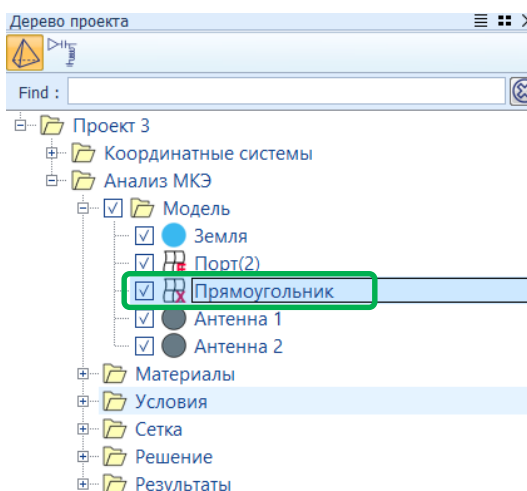
5.1.1.3 Изменение материала

1. Выберите материал из дерева проекта.
2. В **Properties Window (Окне свойств)** дважды нажмите на **Value (значение)**, чтобы изменить его, и нажмите клавишу **Enter**, чтобы сохранить изменения.
3. Переименуйте новый материал, нажав клавишу **F2**.

! Актуально только для текущего материала проекта, который не указан в базе данных **Material Library (Каталога материалов)**.

5.2 Исключение из анализа

- Чтобы исключить вспомогательный объект из анализа, нажмите на него правой кнопкой мыши в 3D-просмотре/дереве проекта > **Exclude From Analysis (Исключить из анализа)** в контекстном меню.
 - Исключенный объект не берется во внимание во время создания и моделирования сетки.
- Чтобы включить объект обратно в анализ, нажмите на него правой кнопкой мыши > **Include in Analysis (Включить в анализ)** в контекстном меню.

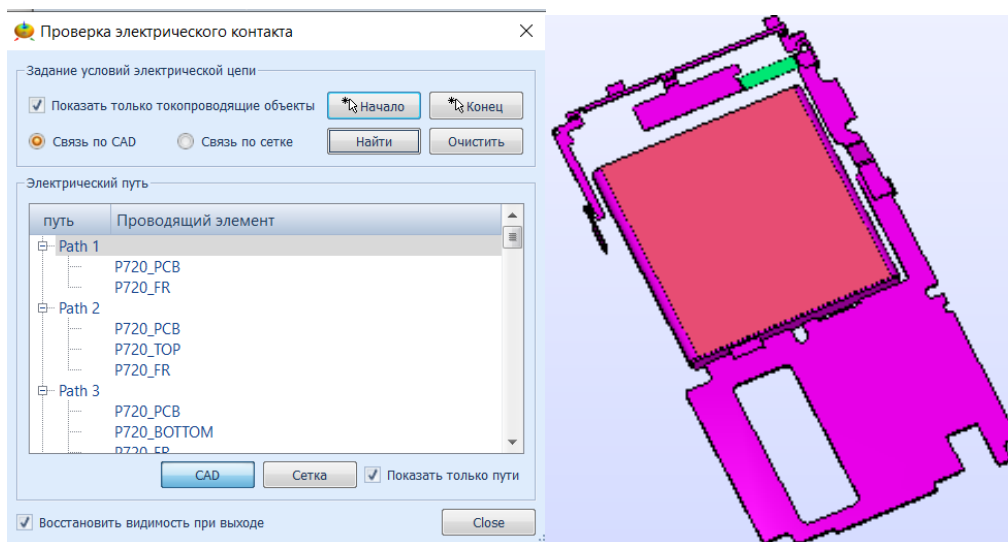


Исключенный из анализа объект

5.3 Проверка электрического соединения

Вы можете автоматически проверить электрическое соединение между двумя металлическими частями:

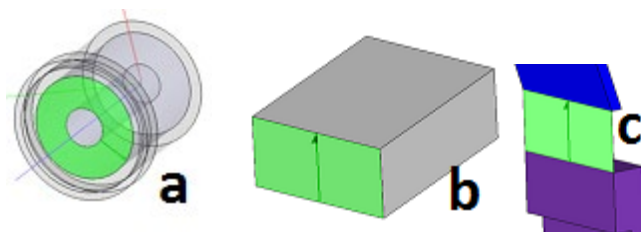
1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Check Electrical Link (Проверить электрическое соединение)**.
2. С помощью клавиши **Start (Начало)/End (Конец)** выберите часть, которая *begins (начинает)* / *ends (завершает)* электрическую цепочку, и нажмите **Find (Найти)**.
3. Отобразится детальная электрическая цепочка.



5.4 Выбор условий

Условия конфигурации определяют поведение поля на границах проблемной области и интерфейсов объектов. Программа GAMMA обеспечивает следующие условия для конфигурации модели:

- **Намагничивание**
 - a. Coaxial Wave Port (Коаксиальный волновой порт)
 - b. Rectangular Wave Port (Прямоугольный волновой порт)
 - c. Lumped Port (Сосредоточенный порт)



➤ [Сосредоточенный элемент](#)



➤ [Границы](#)

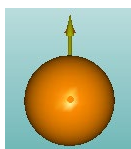
а. ГЭС (Герметизированная Электронная Схема)

б. ИМП

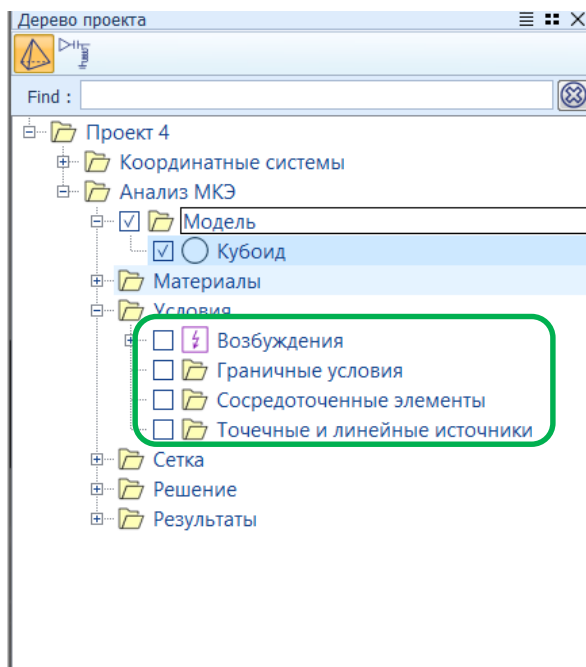
с. Радиация

д. Конечный элемент

➤ [Точечный источник](#)



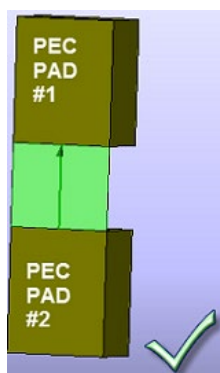
Посмотреть условия можно на вкладке **Simulation (Моделирование)** или в узле **Conditions (Условия)** дерева проекта:



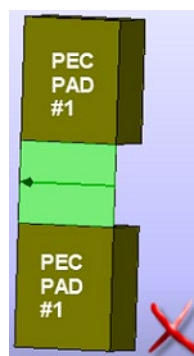
5.4.1 Намагничивание

Порты намагничивания используются для определения источников электромагнитных полей.

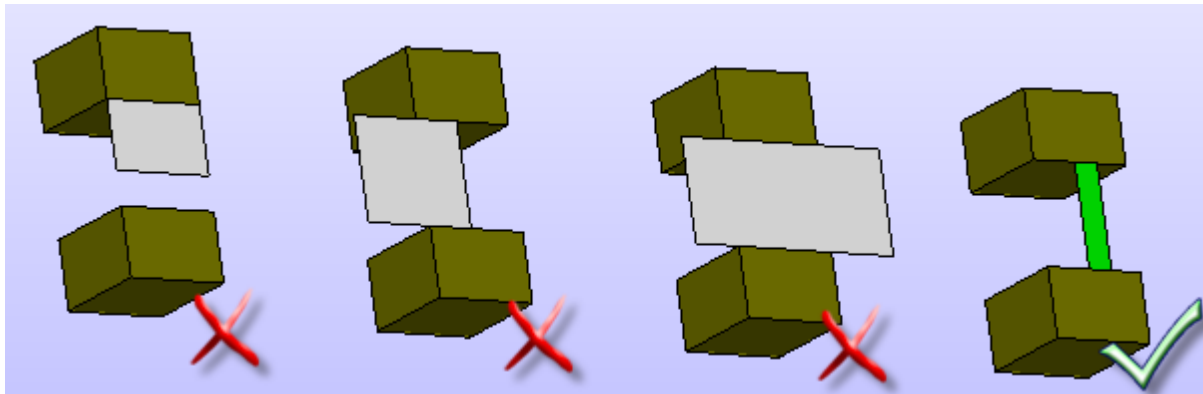
Порт намагничивания	Описание	Назначение правил
Волновые порты: Коаксиальный Прямоугольный	- Обозначьте места на внешней границе модели, через которые энергия входит и выходит из конструкции. - Сформируйте область на поверхности, где определяется тангенциальное электрическое или магнитное поле. Программа GAMMA предполагает, что каждый волновой порт, определенный пользователем, подключен к однородному волноводу с тем же поперечным сечением и свойствами материала, что и порт. - Распределение поля в порте аналитически настроено на: - Базовый волноводный режим TE_{10} для прямоугольного порта - Режим базового волновода TEM для коаксиального порта - Для решения каждый волновой порт активируется отдельно. - Решения 2D-поля, сгенерированные для каждого волнового порта, служат граничными условиями в этих портах для 3D-задачи. Окончательное решение поля должно соответствовать шаблону 2D-поля на каждом порте.	Коаксиальный волновой порт Может быть отнесен только к кольцеобразной грани, ограниченной двумя коаксиальными кольцами. Прямоугольный волновой порт Может быть назначен только для прямоугольной грани
Сосредоточенный порт	- Укажите места внутри модели, через которые энергия входит и выходит из конструкции. - Используется для моделирования внутренних портов в конструкции. - Расчет S-параметров непосредственно в порте. - Распределение поля в порте с сосредоточенными параметрами аналитически установлено равномерным.	Может быть определен только прямоугольной гранью с двумя противоположными кромками, которые соприкасаются с двумя металлическими деталями. Также важно установить сосредоточенное направление порта между ограничивающим металлом части. См. рисунки ниже.



Правильное сосредоточенное направление порта



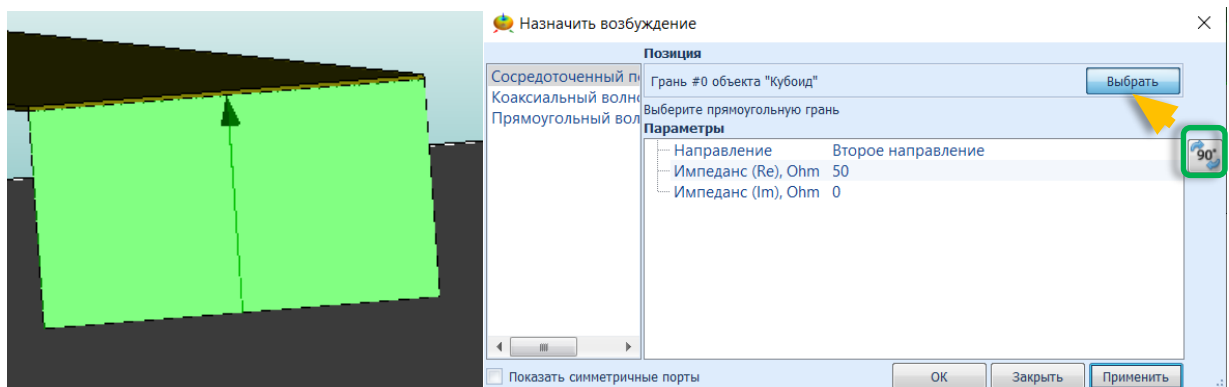
Неправильное сосредоточенное направление порта



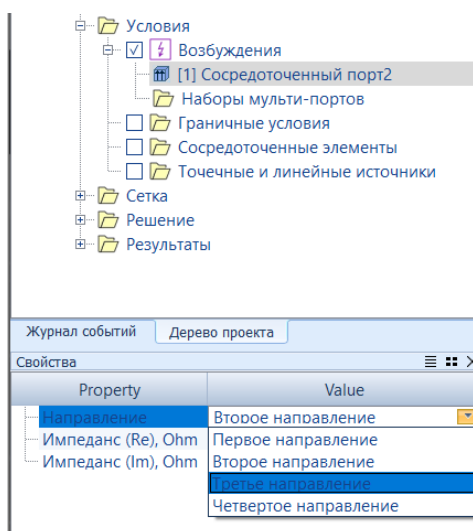
Сосредоточенное положение порта (правильное/неправильное)

5.4.1.1 Назначение портов с сосредоточенными параметрами

1. Выберите прямоугольный объект/объекты в средстве 3D-просмотра.
2. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Assign Excitation (Определить намагничивание)**, или в дереве проекта выберите **Conditions (Условия)** > щелкните правой кнопкой мыши **Excitations (Намагничивание)** > **New Rectangular Lumped Port (Новый прямоугольный порт с сосредоточенными параметрами)**.
3. В диалоговом окне **Assign Excitation (Определить намагничивание)** выберите **Lumped Port (сосредоточенный порт)**.
4. Выберите прямоугольную грань, ограниченную двумя металлическими деталями, с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
5. Щелкните элемент управления вращением, чтобы выбрать направление.
6. Поскольку указанный порт с сосредоточенными параметрами является объектом искусственного намагничивания, программа GAMMA не может рассчитать его сопротивление. Оставьте значения по умолчанию для действительной и мнимой частей сопротивления порта с сосредоточенными параметрами или при необходимости настройте:
 - Дважды нажмите на элемент управления **Impedance (Re)**, чтобы установить значение реальной составляющей сопротивления.
 - Дважды нажмите на элемент управления **Impedance (Im)**, чтобы установить значение мнимой составляющей сопротивления.
7. Щелкните **Apply (Применить)**, чтобы применить параметры для элемента.

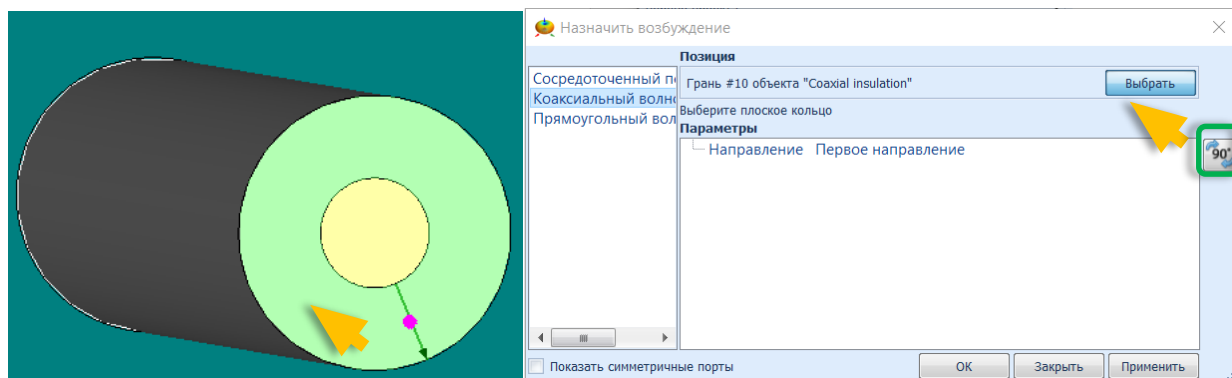


- ✓ Вы можете применить функцию намагничивания для других объектов в том же диалоговом окне. Выберите другой объект с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
- ✓ Посмотреть примененные функции намагничивания можно в проектном дереве > **Conditions (Условия)** > **Excitations (Намагничивания)**.
- ✓ Чтобы изменить направление намагничивания вне конструктора:
 - **Conditions (Условия)** в проектном дереве > **select port (Выберите порт)** > в **Properties Window (Окне свойств)** измените направление с помощью контроля **Direction (Направления)**.



5.4.1.2 Назначение коаксиального волнового порта

1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Assign Excitation (Применить намагничивание)**, или в дереве проекта выберите **Conditions (Условия)** > нажмите правой кнопкой мыши **Excitations (Намагничивание)** > **New Coaxial Wave Port (Новый коаксиальный волновой порт)**.
2. В диалоговом окне **Assign Excitation (Применить намагничивание)** выберите **Coaxial Wave Port (Коаксиальный волновой порт)**.
3. Выберите коаксиальную грань с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
4. Щелкните элемент управления вращением, чтобы выбрать направление.
5. Щелкните **Apply (Применить)**, чтобы применить параметры для элемента.

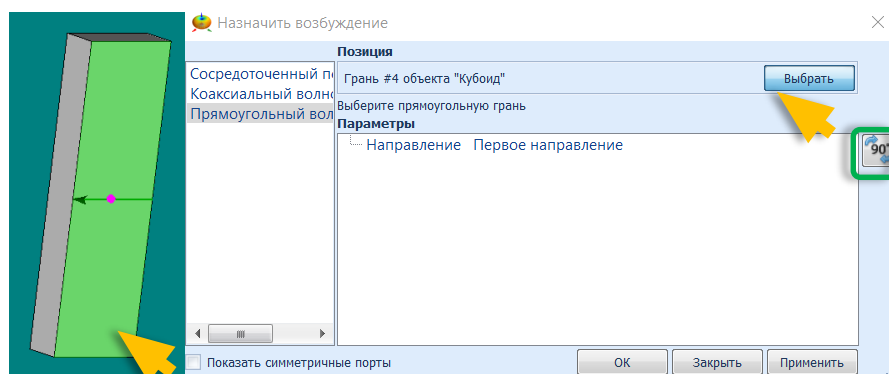


- ✓ Просмотреть примененное намагничивание можно в дереве проекта, нажав **Conditions (Условия)** > **Excitations (Намагничивание)**.
- ✓ Чтобы изменить направление намагничивания вне конструктора:
 - **Conditions (Условия)** в проектном дереве > **select port (Выберите порт)** > в **Properties Window (Окне свойств)** измените направление с помощью контроля **Direction (Направления)**.

5.4.1.3 Назначение прямоугольного волнового порта

1. Выберите прямоугольный объект/объекты в средстве 3D-просмотра.
2. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Assign Excitation (Определить намагничивание)**, или в дереве проекта выберите **Conditions (Условия)** > щелкните правой кнопкой мыши **Excitations (Намагничивание)** > **New Rectangular Wave Port (Новый прямоугольный волновой порт)**.
8. В диалоговом окне **Assign Excitation (Определить намагничивание)** выберите **Rectangular Wave Port (Прямоугольный волновой порт)**.

3. Выберите прямоугольную грань с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
9. Щелкните элемент управления вращением, чтобы выбрать направление.
4. Щелкните **Apply (Применить)**, чтобы применить параметры для элемента.



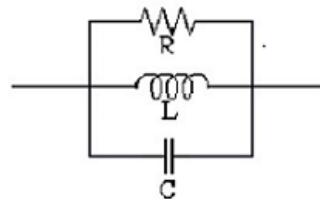
- ✓ Вы можете применить намагничивание для других объектов в том же диалоговом окне. Выберите другой объект с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
- ✓ Посмотреть примененные функции намагничивания можно в проектном дереве > **Conditions (Условия)** > **Excitations (Намагничивание)**.
- ✓ Чтобы изменить направление намагничивания вне конструктора:
 - **Conditions (Условия)** в проектном дереве > select port (выберите порт) > в **Properties Window (Окне свойств)** измените направление с помощью контроля **Direction (Направление)**.

5.4.2 Сосредоточенный элемент

Сосредоточенный элемент представляет собой параллельное соединение на поверхности сосредоточенного резистора, катушки индуктивности и/или конденсатора.

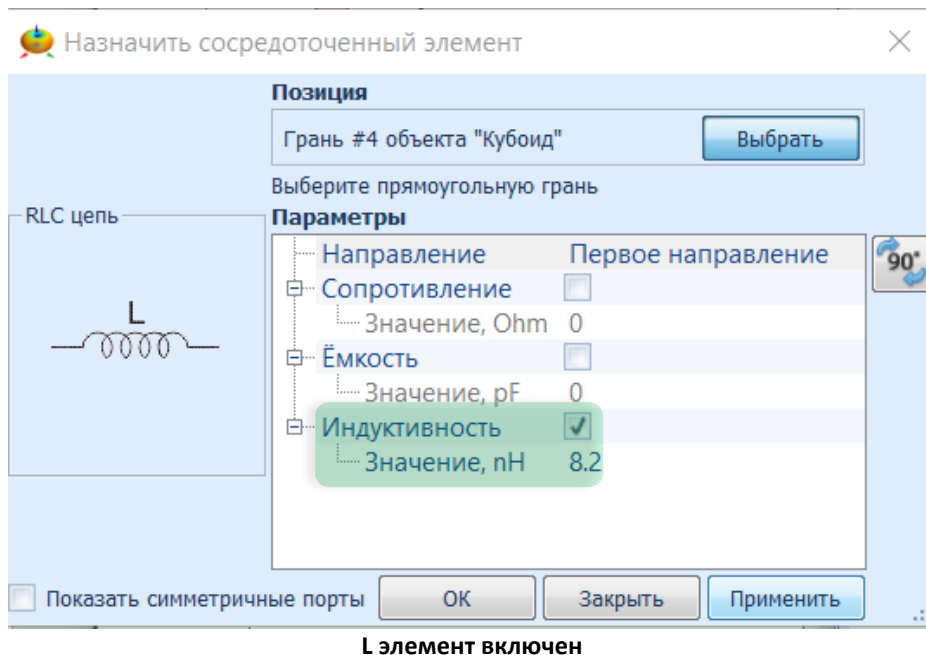
Параллельная схема RLC с сосредоточенными параметрами может быть составлена из комбинации трех элементов схемы:

- поверхность элемента с сопротивлением
- поверхность элемента с емкостью
- поверхность элемента с индуктивностью



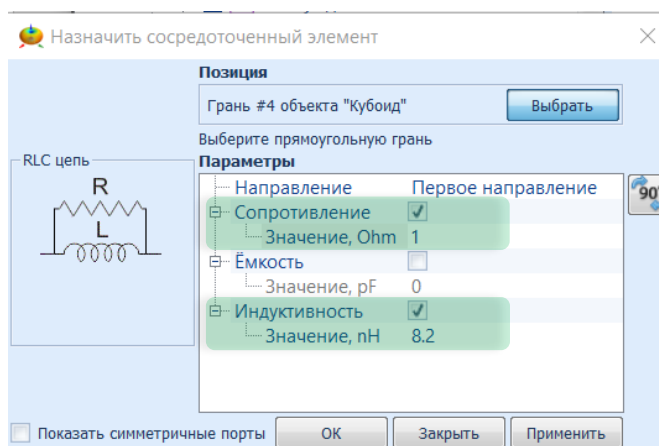
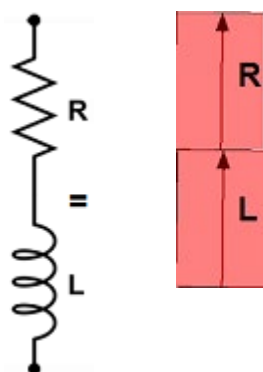
- ! По умолчанию элементы выключены. Чтобы установить соединение, вам нужно включить хотя бы один. Если элемент включен, но равен "0":

$R = 0 \text{ Ohm}$ короткое замыкание
 $L = 0 \text{ nH}$ короткое замыкание
 $C = 0 \text{ pF}$ холостой



5.4.2.1 Расчет последовательной цепи RLC с сосредоточенными параметрами

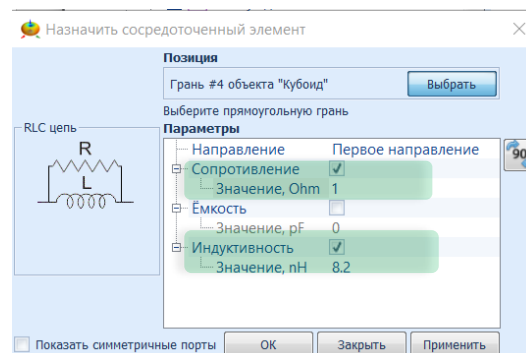
Вручную соедините два прямоугольных сосредоточенных элемента в модели и назначьте каждому R, L или C:



Правила назначения элемента с сосредоточенными параметрами аналогичны правилам для порта с сосредоточенными параметрами. См. **Lumped Port (Сосредоточенный порт)** в [Намагничивание](#).

5.4.2.2 Параллельная схема RLC с сосредоточенными параметрами

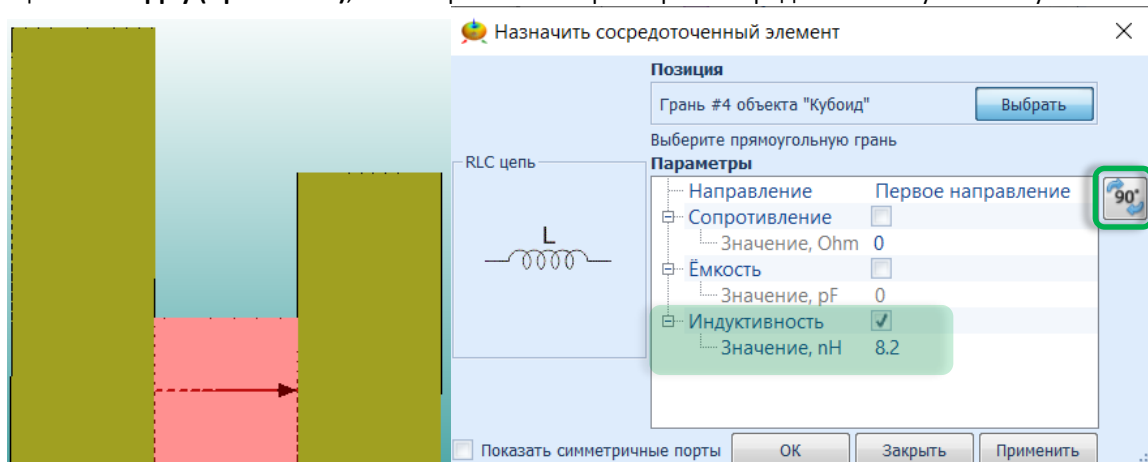
Примените комбинацию R, L или C для одной прямоугольной грани:



Правила применения элемента с сосредоточенными параметрами аналогичны правилам для порта с сосредоточенными параметрами. См. **Lumped Port (Сосредоточенный порт)** в [Намагничивание](#).

5.4.2.3 Назначение сосредоточенного элемента

1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Assign Lumped Element (Назначить сосредоточенный элемент)** или в дереве проекта выберите **Conditions (Условия)** > щелкните правой кнопкой мыши **Lumped Elements (Сосредоточенные элементы)** > **New Lumped Rectangular Element (Новый сосредоточенный прямоугольный элемент)**.
2. В диалоговом окне **Assign Lumped Element (Назначить сосредоточенный элемент)** выберите прямоугольную грань с помощью кнопки **Select (Выбрать)**.
3. Дважды нажмите на элемент управления **Direction (Направление)**, чтобы изменить направление текущего потока.
4. Если есть резистор, дважды щелкните элемент управления **Resistance (Сопротивление)**, чтобы установить значение сопротивления.
5. Если имеется конденсатор, дважды нажмите на **Capacitance (Элемент управления емкостью)**, чтобы установить значение емкости.
6. Если имеется индуктор, дважды щелкните элемент управления **Inductance (Индуктивность)**, чтобы установить значение индуктивности.
7. Щелкните **Apply (Применить)**, чтобы применить параметры к сосредоточенному элементу.



- ❖ Просмотрите назначенные сосредоточенные элементы в дереве проекта > выберите **Conditions (Условия)** > **Lumped Elements (Сосредоточенные элементы)**.

5.4.3 Границы

Условия границы задают поведение поля на поверхностях проблемной области и в интерфейсах объектов.

По умолчанию все поверхности модели, подверженные воздействию фона, имеют границы излучения. Вы можете изменить настройки границ по умолчанию. См. [Задайте настройки решателя](#).

Программа GAMMA предлагает следующие типы пограничного состояния:

Идеальный Электрический Проводник (ИЭП)

- Границы ИЭП представляют собой идеально проводящие поверхности в конструкции. На таких поверхностях исчезает тангенциальная составляющая электрического поля. Предполагается, что электрическое поле перпендикулярно по отношению к этим поверхностям.
 - Границы ИЭП автоматически назначаются поверхностям всех объектов модели, для которых вы назначаете идеально проводящие материалы.

Идеальный Магнитный Проводник (ИМП)

- Границы ИМП представляют собой поверхности с одинаковой тангенциальной составляющей магнитного поля с обеих сторон. В результате чего на внутренних поверхностях возникает естественная граница, через которую распространяется поле. А на внешних поверхностях появляется граница, которая имитирует ИМП, и где тангенциальная составляющая магнитного поля равна нулю.
 - Границы ИМП могут назначаться при холостом ходе нагрузки волновода.

Излучение

- Все виды таких граничных условий являются неотражающими лишь приближенно. Поверхности излучения обеспечивают неотражающие оболочки для электромагнитного излучения изнутри. Для такого явления, на поверхности излучения должен быть определен особый тип граничных условий. Все виды таких граничных условий являются неотражающими лишь приближенно.
- В коде используются граничные условия излучения первого порядка.
- Для моделирования излучения используется поглощающее граничное условие.
 - В программе GAMMA границы излучения используются для моделирования открытых задач, которые позволяют волнам излучения распространяться бесконечно далеко в космос, как например, в конструкции антенн. Поэтому радиационные граничные поверхности используются как аппроксимация свободного пространства.

Конечная проводимость

- Граница с конечной проводимостью представляет собой неидеальный проводник. Он аппроксимирует поведение поля на поверхности объекта; программа GAMMA не вычисляет поле внутри объекта.
- На границах с конечной проводимостью следующее условие определяется по формуле:

$$E_{tan} = Z(\hat{n} \times H_{tan})$$

где:

E_{tan} – составляющая электронного поля, которая является касательной к поверхности

H_{tan} – составляющая магнитного поля, которая является касательной к поверхности

Z_s – поверхностное сопротивление границы, $(1+j)/(\delta\sigma)$, где:

δ – толщина поверхностного слоя, $\sqrt{2/(\omega\sigma\mu)}$, моделируемого проводника

ω – частота магнитных волн

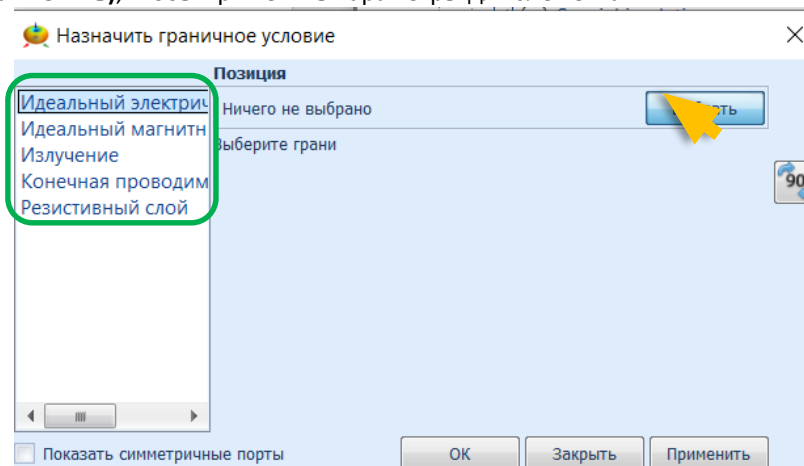
σ – проводимость проводника

μ – проницаемость проводника.

- Тот факт, что электронное поле имеет тангенциальную составляющую на поверхности неидеальных проводников, имитирует случай, когда определенная поверхность способствует потерям.
 - Поверхности любых объектов, определенных как несовершенные проводники, автоматически устанавливаются в границы конечной проводимости.

5.4.3.1 Задать границы

1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Assign Boundary (Задать границы)** или выберите **Conditions (Условия)** в дереве проекта > правой кнопкой мыши нажмите **Boundaries (Границы)** > **New (Новые)**.
2. В диалоговом окне **Assign Boundary (Задать границы)** выберите тип граничного условия.
3. Выберите поверхность, чтобы назначить тип граничного условия, с помощью кнопки **Select (Выбрать)**
4. Нажмите **Apply (Применить)**, чтобы применить параметры для элемента.



5.4.4 Точечный источник

Добавьте в решение точечный источник для имитации электромагнитных помех.

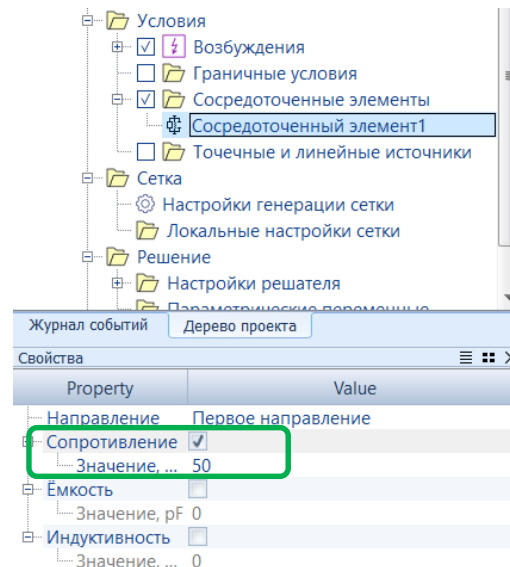
! Условия **Намагничивания** должны быть исключены из анализа.

- Убедитесь, что в узле **Conditions (Условия)** нет портов **Excitations (Намагничивание)**

! Вы можете использовать **Lumped Elements (Сосредоточенные элементы)**, но не **Ports (Порты)**

- При желании вы можете заменить **Ports (Порты)** нагрузкой 50 Ом.

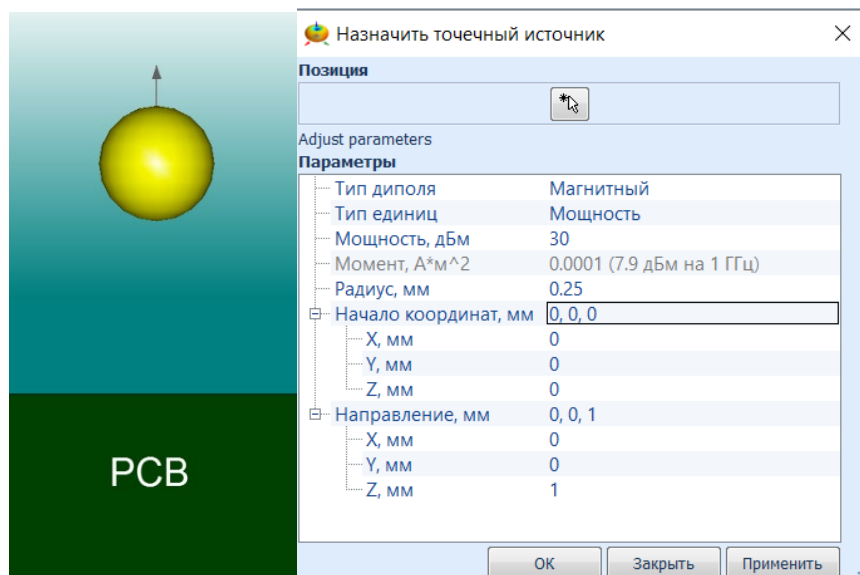
! Моделирование печатной платы возможно осуществить с помощью специального анализа. Чтобы добавить точечный источник на плату, см. [Анализ печатной платы](#).



Узел Excitations (Намагничивания) пуст, порты заменены на сосредоточенные элементы с нагрузкой 50 Ом.

5.4.4.1 Назначение точечного источника

1. Откройте диалоговое окно **Assign Point Source (Назначить точечный источник)**:
 - Узел **Conditions (Условия)** в проектном дереве > кликните правой кнопкой мыши на **Point Source (Точечный источник)** > **New Point Source (Новый точечный источник)**, или
 - Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **New Point Source (Новый точечный источник)**.
2. В диалоговом окне **Assign Point Source (Назначить точечный источник)** укажите параметры точечного источника:
 - **Тип диполя** — дважды щелкните элемент управления, чтобы выбрать **Magnetic (Магнитный)** / **Electric (электрический)**.
 - **Тип единицы измерения** — дважды щелкните элемент управления, чтобы выбрать **Moment (Момент вращения)** / **Power (Мощность)**.
 - **Мощность, dBm** — поле активно, если выбрано **Unite type (Тип объединения)** > **Power (Мощность)**.
 - **Момент вращения, A*m2** — поле активно, если выбрано **Unite type (Тип объединения)** > **Moment (Момент вращения)**.
 - **Радиус, mm** — радиус сферы точечного источника. Значение должно быть > 0.
 - **Источник** — точка начала координат. Вы можете ввести значения здесь или щелкнуть , чтобы расположить источник точек с привязкой. См. шаг 3 ниже.
 - **Направление** — направление точечного источника.
3. Расположите Point Source object (сферу) так, чтобы он не пересекался с другими объектами, особенно с металлическими.
 - Нажмите  чтобы включить Snapping (привязку) или ввести **Origin (Исходные значения)** вручную.



Тип Диполя – Магнитный, Тип единицы измерения – Момент вращения

4. Нажмите **ОК**, чтобы добавить точечный источник.
 - Вы можете назначить несколько точечных источников
 - Узел **Conditions (Условия)** > **Point Source (Точечный источник)** > выберите Point Source (Точечный источник), чтобы просмотреть/редактировать его параметры в **Properties Window (Окне свойств)**.

5.4.5 Добавление воздушной камеры

Программе GAMMA необходимо ограничить область анализа, окружив модель воздухом. Воздушная камера вокруг модели имеет сетку и включена в конечно-элементное моделирование.

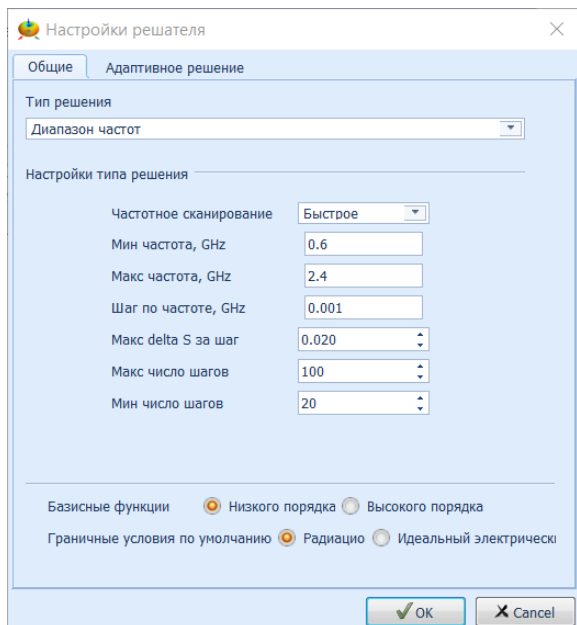
1. Вкладка **Wizards (Конструктор)** > **Air Box Construction (Конструирование воздушной камеры)**.
2. Во всплывшем диалоговом окне **Air Box Construction (Конструирование воздушной камеры)** установлены настройки по умолчанию.
3. Оставьте значения по умолчанию и нажмите **ОК**, чтобы создать воздушную камеру.

5.5 Установка настроек решателя

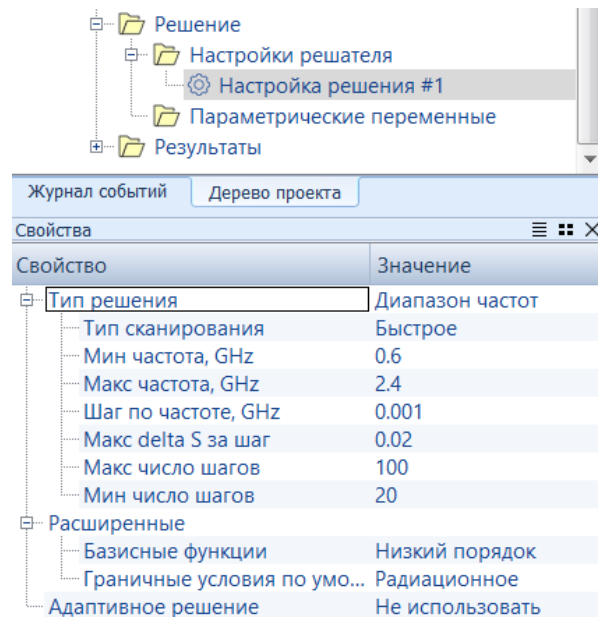
После того, как вы сконструировали модель, выбрали материалы и определили условия, вам необходимо указать, каким образом GAMMA вычислит решение.

Основные параметры настройки решения устанавливаются заранее, когда вы создаете новый проект и выбираете [Тип анализа](#) в зависимости от цели вашего проекта. Для того, чтобы задать определенные параметры решения для вашего проекта, сделайте следующее:

1. Найдите параметры настроек Решателя
 - Во вкладке **Simulation (Моделирование)** > **Solver Settings (Настройки решателя)**, или
 - Дерево проекта > **Solution (Решение)** > **Solver Settings (Настройки решателя)** > **Solution setup #1 (Настройка решения#1)** > **Properties Window (Окно свойств)**



Вкладка Моделирование > Настройки
Решателя



Окно свойств

2. Укажите следующие параметры:

➤ **Solution Type (Тип Решения)**

✓ **Single Frequency (Одиночная частота)** – генерирует решение при частоте, равной единице.

- **Solution frequency (Частота Решения), ГГц** – укажите, для каких частот сохранять результаты решения. Чтобы изменить единицы: **File (Файл) > Preferences (Настройки) > вкладка Units (Единицы)**.

✓ **Frequency Range (Диапазон частот)** – генерирует решения в заданном диапазоне частот.

- **Min frequency (Минимальная частота), ГГц** и **Max frequency (Максимальная частота), ГГц** – установите диапазон частотных точек.
- **Frequency Step (Шаг частоты)** – установите шаг между частотными точками.

✓ **Eigenmode (Резонанс)** – рассчитывает резонансы структуры. См. раздел [Резонанс](#).

- **Frequency, GHz (Частота, ГГц)** – укажите, для каких частот сохранять результаты решения.
- **Number of eigenmodes (Число резонансов)** – установите число резонансов для анализа.

✓ **EMC/EMI** – анализирует электромагнитную совместимость и электромагнитную интерференцию.

- **Частота решения, ГГц** – укажите, для каких частот сохранять результаты решения. Вы можете установить несколько значений частоты, разделенных запятыми. См. раздел [EMC/EMI](#).

Следующие параметры являются предустановленными, и мы рекомендуем их не менять:

- **Sweep Type (Тип развертки)**

- **Fast (Ускоренный)** – генерирует уникальное решение полного поля во всем указанном частотном диапазоне. GAMMA генерирует точное решение на центральной частоте и хорошую экстраполяцию решения поля в требуемом диапазоне частот из решения поля центральной частоты.
- **Discreet (Тщательный)** – генерирует решения поля для всех частотных точек в частотном диапазоне (соответствующих всем этапам частоты в частотном диапазоне). Например, если вы укажете диапазон от 1000 МГц до 2000 МГц и шаг частоты 250, результатом будут решения для частот 1000, 1250, 1500, 1750 и 2000 МГц.

➤ **Advanced (Продвинутый режим)**

- **Основные функции**

- **Low Order (Младший порядок)** – линейная интерполяция электромагнитного поля. Более высокая точность требует более плотной полигональной сетки. В свободном пространстве максимальный размер полигональной сетки должен быть меньше $\lambda/10$, где λ – длина волны, зависящая от материала.

- **High Order (Старший порядок)** – квадратичная интерполяция электромагнитного поля. Решает постепенно больше неизвестных для каждого тетраэдра. Он более точен, чем младший порядок, но требует больше оперативной памяти. Поэтому чтобы сократить время решения, ему необходима более крупная полигональная сетка. В свободном пространстве максимальный размер полигональной сетки должен быть не менее $\lambda/3$, где λ – длина волны, зависящая от материала.
- **Default Boundaries (Границы по умолчанию)** – Изменение настроек границ по умолчанию.
 - ГЭС
 - Радиация
- **Adaptive Solution (Адаптивное решение)** – См. [Адаптивное решение](#) в главе Генерация полигональной сетки.
 - Отключено/Включено

5.5.1 Настройка решения#1

5.5.2 Резонанс

Решение для резонанса находит резонансные частоты структуры и полей на тех резонансных частотах.

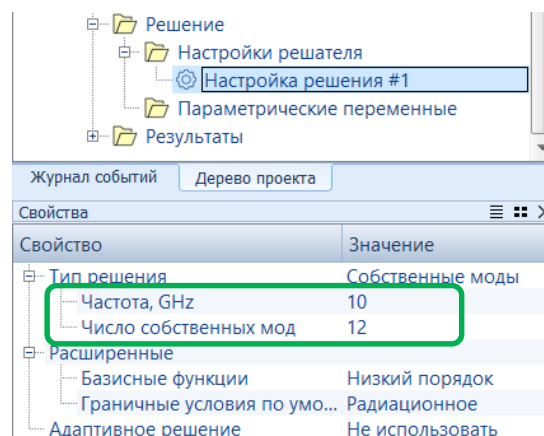


Ограничения резонанса:

- Нельзя задать пограничные условия возбуждения или излучения. Конечная проводимость принимается за ГЭС.
- Для постобработки доступны только результаты [Полей](#).
- [Адаптивное решение](#) не поддерживается.

5.5.2.1 Установка настроек решателя для типа резонанс

1. Рекомендуется указать тип задачи в начале работы над проектом. См. [Типы задач](#). В особых случаях вы можете задать тип в дереве проекта вручную: **Solution (Решение) > Solver Settings (Настройки решателя) > Solution setup#1 (Решение задачи#1) > Properties Window (Окно свойств) > Solution Type (Тип решения)**.
2. Установите **Frequency (Частоту)** и **Number of Eigenmodes (Число резонансов)**. Для других параметров оставьте значения по умолчанию.



- По завершении моделирования только Результаты решения [Полей](#) будут доступны для типа задачи **Eigenmode (Резонанс)**.

5.6 Генерация полигональной сетки

Метод конечных элементов, использующийся в GAMMA, требует одиночную конформную четырехгранную полигональную сетку (включая поле с окружающим воздухом) для всей модели.

Метод генерации сетки	Функции	Применяется в
Gamma	Оптимальное время моделирования/точность Автоматическое присвоение размера сетки Крупная сетка для анализа метода конечных элементов старшего порядка Адаптивная обработка сетки	Моделях типа HFSS: ➤ Простые модели без ошибок ➤ Общие исследования и конструирование • Новые типы антенн • Радиочастотные цепи и компоненты • Искусственные материалы (метаматериалы и т.д.)

Чтобы управлять процессом создания сетки:

- Метод определяется автоматически, когда вы начинаете новый проект и выбираете [Тип анализа](#).
 - Вы можете выбрать метод генерации сетки во вкладке **Simulation (Моделирование) > Select Mesher (Выбрать создание сетки)**.
- Проверьте настройки сетки и запустите процесс генерации во вкладке **Simulation (Моделирование) > Settings (Настройки)**.
- Просмотрите сгенерированную сетку и ее статистические данные во вкладке **Simulation (Моделирование) > View (Просмотр)**. См. [Проверка сетки](#)
- Рекомендуется изучить сгенерированную сетку перед началом конструирования модели. Поищите случайные пробелы или замыкания в структуре или наслоения, из-за которых процесс моделирования может занять гораздо больше времени, чем необходимо.

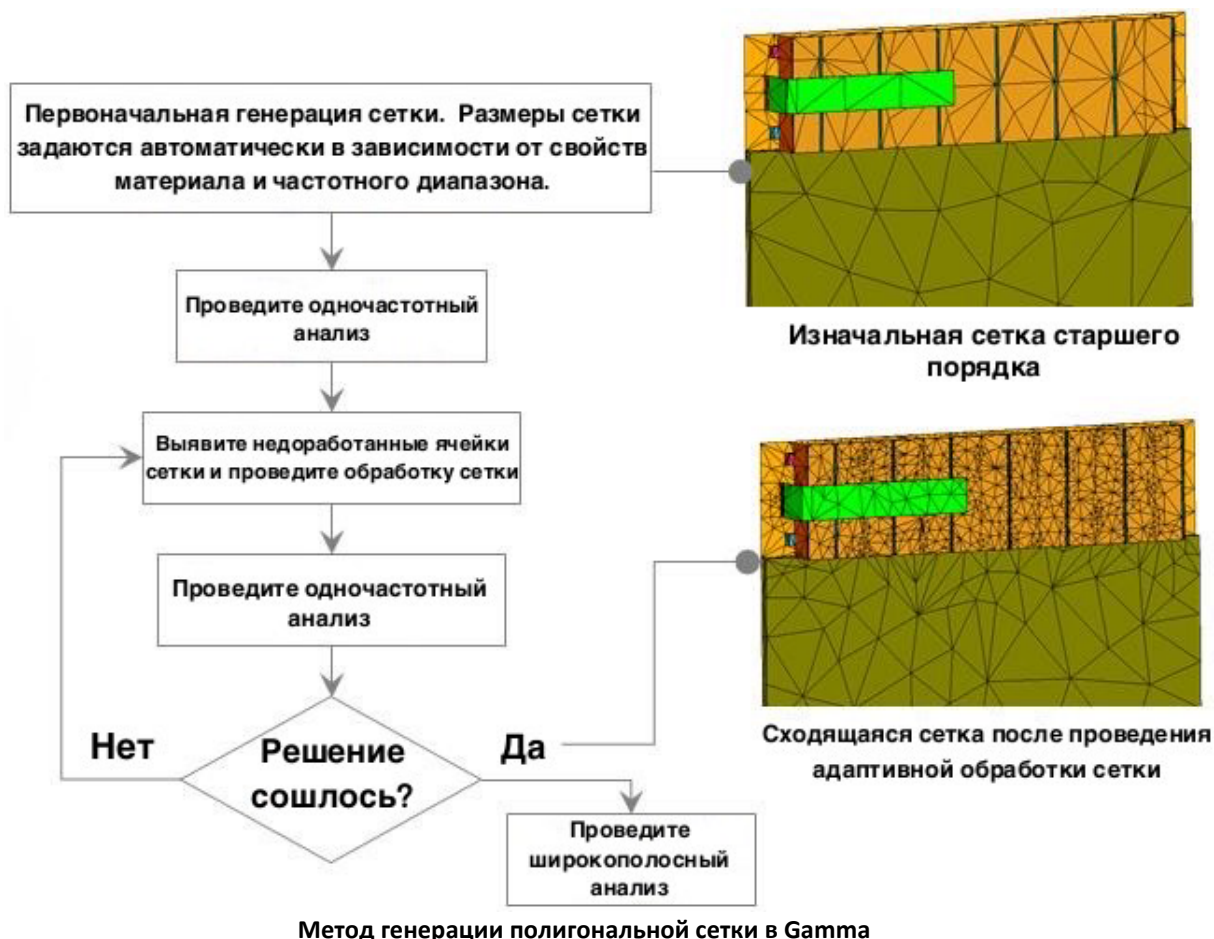
5.6.1 Точная генерация полигональной сетки

5.6.2 Генерация сетки в Gamma

позволяет генерировать сетку и проводить анализ, несмотря на геометрические ошибки. Обновленный Алгоритм Генерации Сетки (Генерация сетки в Gamma) для реальных 3D САПР, импортированных из Инструментов 3D Моделирования третьей части и имеющих Ошибки при Моделировании.

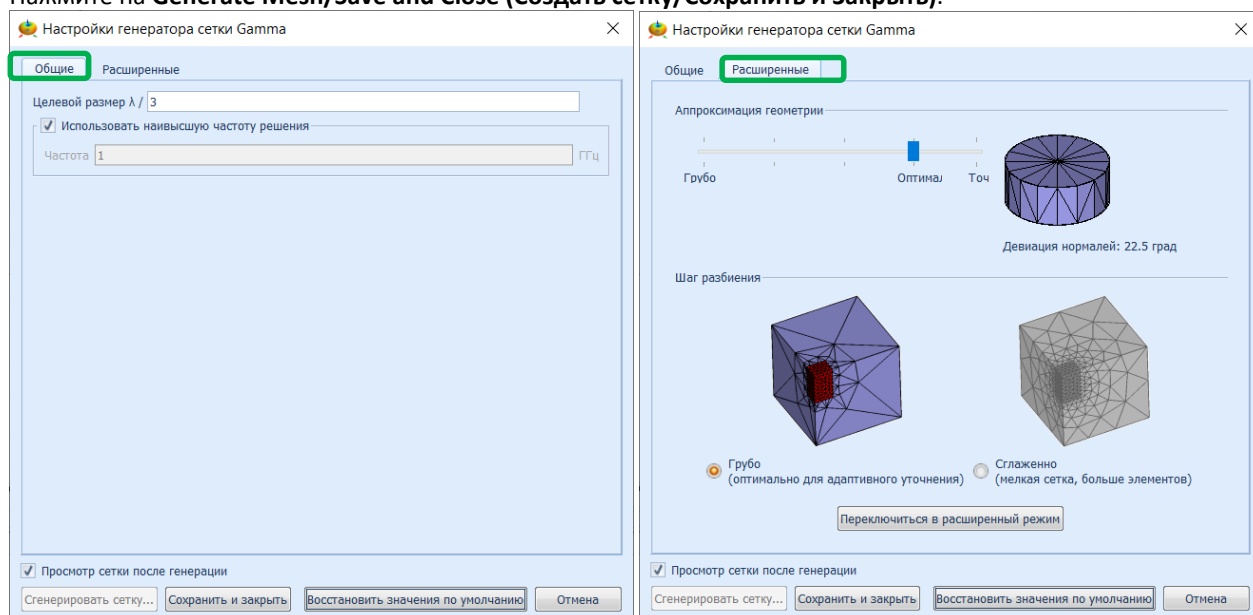
Метод генерации полигональной сетки в Gamma лучше всего подходит для исследовательской работы и для новой конструкции диаграммы направленности антенны. Метод применяется к относительно простой и безошибочной геометрии для того, чтобы:

- Устранить все мелкие детали и зазоры модели с высокой точностью (< 10-3 мм)
- Точно обработать объекты, толщиной с лист бумаги (поверхности ГЭС нулевой толщины)
- Обеспечить генерацию оптимальной полигональной сетки с ее автоматической обработкой



5.6.2.1 Генерация полигональной сетки с помощью метода Gamma

1. Данный метод задается автоматически, когда вы создаете новый проект и выбираете [тип анализа](#)
 - В особых случаях можете выбрать метод генерации полигональной сетки во вкладке **Simulation (Моделирование) > Select Mesher (Выбор конструктора сетки) > Gamma Meshing (Генерация сетки в Gamma)**.
2. Вкладка **Simulation (Моделирование) > Settings (Настройки)**. Задайте индивидуальные варианты генерации сетки (инструкция ниже).
3. Нажмите на **Generate Mesh/Save and Close (Создать сетку/Сохранить и Заккрыть)**.



Рабочая вкладка генерации сетки в Gamma

Генерация сетки в Gamma: Выбранные варианты➤ Вкладка **General (Основные)**

Целевой размер λ/	Метод по умолчанию для генерации сетки в Gamma. Значение определяет размер сетки, где λ — длина волны, зависящая от материала. Примечание1: Рекомендуется задать Целевой размер $\lambda/3$ (значение по умолчанию) для базисной функции старшего порядка и 10 для базисной функции младшего порядка. Примечание2: Для объектов, чьи материалы указаны как Неизвестные, полигональная сетка не может быть сгенерирована.
---	--

➤ Вкладка **Advanced (Продвинутый уровень)**.

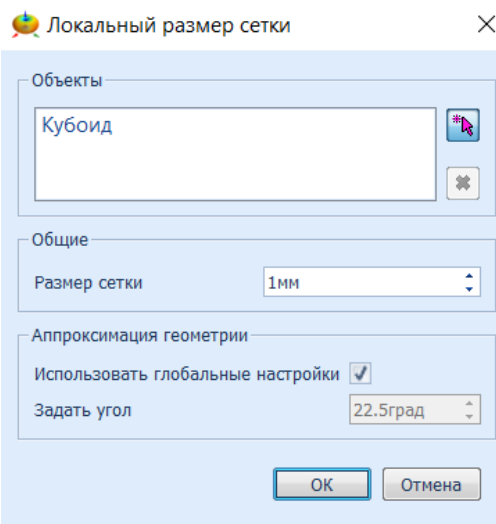
Геометрическая аппроксимация	Определяет качество аппроксимации для криволинейной поверхности. Например: <i>цилиндрический резонатор требует более высокой точности аппроксимации геометрии при построении сетки. Следовательно, нам необходимо повысить качество аппроксимации геометрии.</i>
Градация	Определяет плавность изменения размера сетки от мелкой до крупной.

5.6.2.2 Локальная обработка полигональной сетки

Вы можете определить локальные настройки сетки для выбранного графического объекта. Для выбранных объектов сетка генерируется в соответствии с указанными локальными настройками.

Чтобы задать локальные параметры генерации сетки:

1. Выберите объект/объекты, которым для генерации сетки требуются особые настройки, в дереве проекта в окне просмотра в 3D.
2. Щелкните по объекту правой клавишей мыши > **Assign Local Mesh Settings (Задать локальные настройки сетки)** > **New Local Mesh Settings (Новые локальные настройки сетки)**.
3. В окне **Local Mesh Size (Локальный размер сетки)** используйте варианты генерации сетки по умолчанию, если вам не нужно переписать их для индивидуального случая.



Настройки локальной сетки по умолчанию

Чтобы просмотреть список вариантов обработки локальных сеток: вкладка **Simulation (Моделирование)** > опции **Settings (Настроек)** > **Local settings (Локальные настройки)**. (Должен быть задан метод [Генерация сетки в Gamma](#)).

5.6.2.3 Адаптивное решение

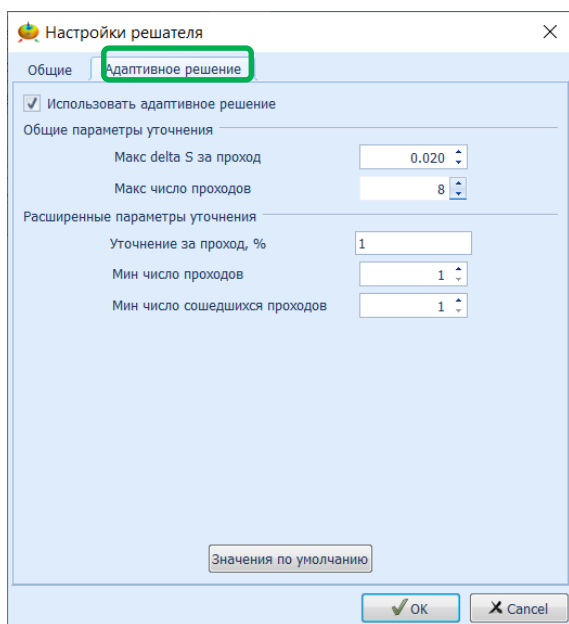
Для точного моделирования методом конечных элементов в разумные сроки требуется сложное адаптивное уточнение (автоматическое улучшение качества сетки). Адаптивное решение поддерживается, только если

выбран метод [Генерация сетки в Gamma](#). Алгоритм адаптивного решения решает проблему несколько раз, постепенно уменьшая размер сетки в важнейших зонах. Процесс продолжается до тех пор, пока изменение метрики сходимости не станет меньше заданного пользователем допуска или пока не будет достигнуто максимальное указанное количество итераций. Это помогает повысить точность решения и сократить время моделирования и требования к памяти.

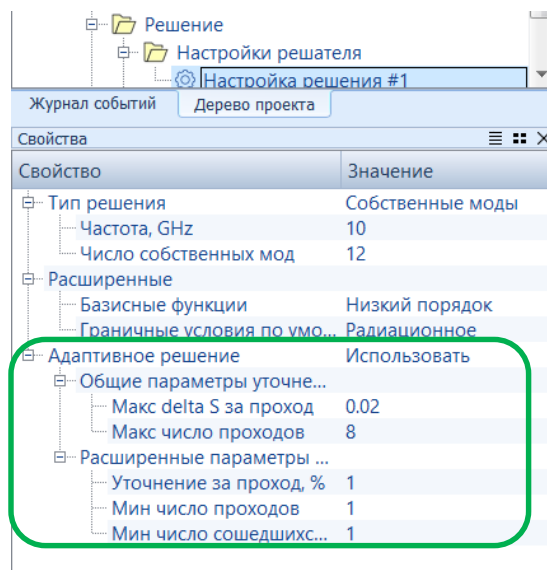
GAMMA предлагает рекомендуемые значения для настроек адаптивного решения, однако опытные пользователи могут поэкспериментировать с другими настройками.

Откройте вкладку Адаптивного решения через

- Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Solver Settings (Настройки Решателя)** > вкладка **Adaptive Solution (Адаптивное Решение)**, или
- Дерево проекта > **Solution (Решение)** > **Solver Settings (Настройки Решателя)** > **Solution setup#1 (Настройка решения#1)** > в **Properties Window (Окне свойств)** выберите **Enable (Разрешить)** в поле значение **Adaptive solution (Адаптивного решения)**



Настройка Адаптивного решения во вкладке Моделирование > Настройки решателя



Настройка Адаптивного решения в окне свойств

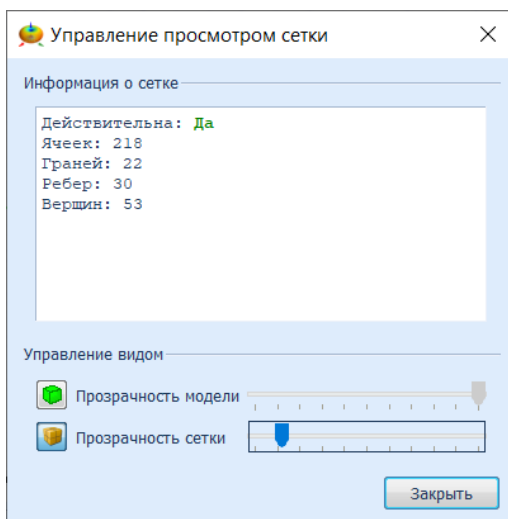
Параметры адаптивного решения:

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Макс. дельта S за проход	Определяет сходимость сетки/решения	0.02
Максимальное число проходов	Устанавливает максимально допустимое количество итераций, прежде чем будет выявлено несовпадение	8
Обработка за проход, %	Определяет процент четырехгранников, которые должны быть разделены за итерацию.	1
Мин. количество проходов	Устанавливает минимальное количество итераций, которое должно быть выполнено до остановки процесса адаптивного решения.	1
Мин. сходящихся проходов	Определяет минимальное количество конвергентных итераций, которое должно быть выполнено, до остановки процесса адаптивного решения.	1

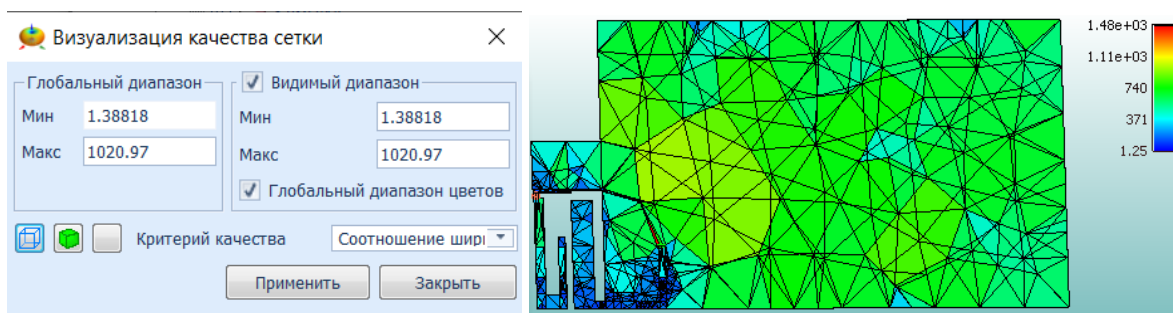
5.6.3 Проверка сетки

Чтобы проверить сгенерированную сетку на наличие случайных пробелов или наложения:

1. Вкладка **Решение** > **View (Просмотр)**.
 - Просмотрите статистические данные сетки и при необходимости настройте прозрачность модели/сетки:

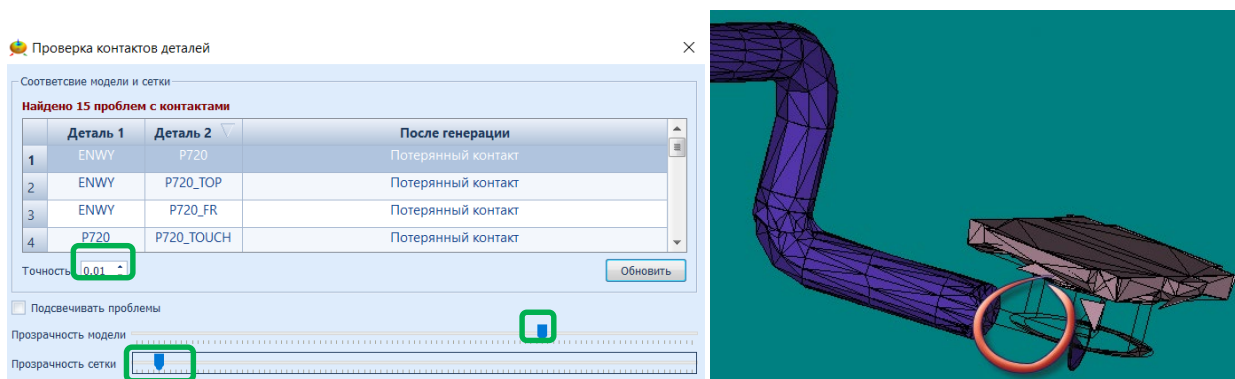


2. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > параметры **View (Просмотра)** > **Mesh Quality (Качество сетки)**:
 - В окне **Mesh Quality Visualization (Визуализация качества сетки)** задайте минимальное значение **Visible Range (Видимого диапазона)** до 1000.

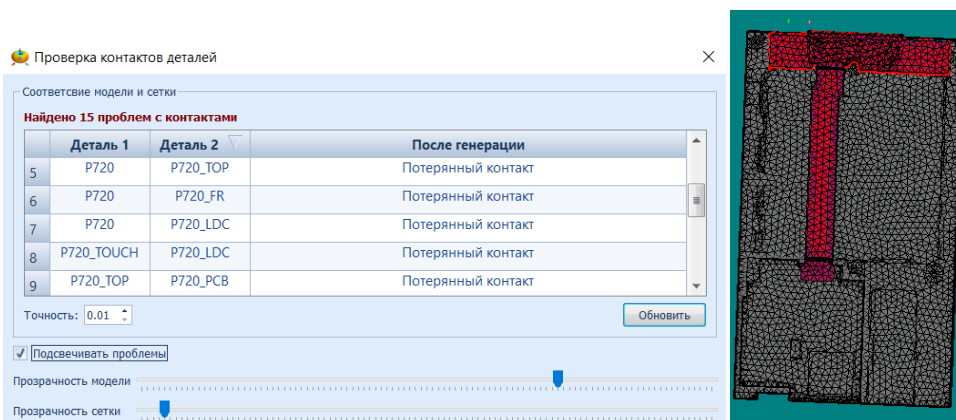


Чем выше значение, тем ниже качество сетки

3. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > параметры **View (Просмотра)** > **Check Contacts (Проверка контактов)**. Инструмент проверяет сетку на предмет потери контактов, присутствующих в геометрии САПР. И на предмет имитации несуществующих в геометрии САПР контактов. В нем перечислены потерянные или несуществующие проблемы с контактом между металлическими частями:

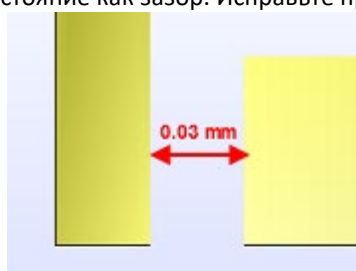


Потерянный контакт (воспользуйтесь слайдерами, чтобы изменить САПР/прозрачность сетки)



Несуществующий контакт (выделен красным) – части расположены слишком близко

- ❖ Точность построения сетки ограничена: если расстояние между деталями модели менее чем 0,03 мм - программа не воспринимает это расстояние как зазор. Исправьте пробел в геометрии модели.



Части расположены слишком близко – возможно возникновение проблемы с контактом

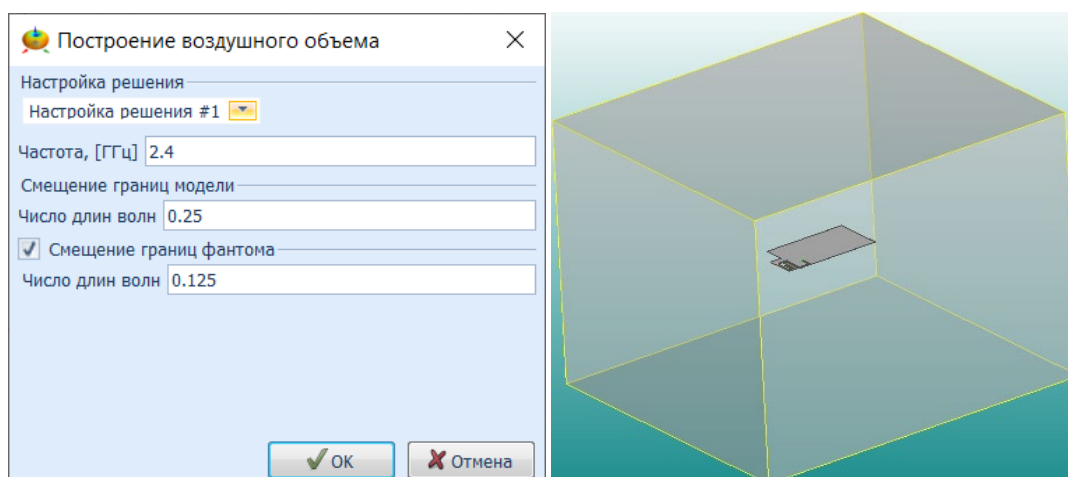
- ❖ В случае проблем с контактом измените САПР геометрию модели.

5.7 Создание воздушной камеры

Программе GAMMA необходимо ограничить область анализа, заключив модель в объем воздуха. Воздушная камера вокруг модели имеет полигональную сетку и включена в конечно-элементное моделирование.

Чтобы создать воздушную камеру:

1. Вкладка **Wizards (Конструктор) > Air Box Construction (Конструирование воздушной камеры)**.
2. В окне **Air Box Construction (Конструирование воздушной камеры)** оставьте настройки по умолчанию и щелкните **ОК**, чтобы создать воздушную камеру.
3. Чтобы скрыть созданную воздушную камеру, снимите с опции галочку в дереве проекта > **Geometry node > Air Box (Воздушная камера)**.
 - Вы можете сделать воздушную камеру прозрачной с помощью настроек **Transparency (Прозрачности)** в **Properties Window (Окне свойств)** воздушной камеры.

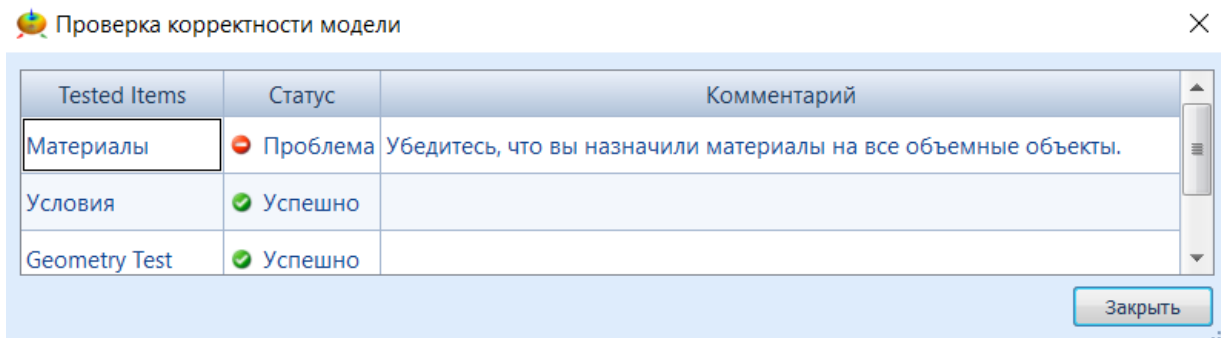


Окно создания Воздушной камеры и созданная воздушная камера

5.8 Проверка согласованности модели

Инструмент **Model Consistency Check (Проверка согласованности модели)** автоматически проверяет, готова ли модель к моделированию.

Найдите инструмент во вкладке **Simulation (Моделирование) > Check Model Consistency (Проверить согласованность модели)**. В окне **Model Consistency Check (Проверка согласованности модели)** отобразятся результаты и, при наличии, будут указаны проблемы:



Стандартные предупреждения

Проверяемый предмет	Комментарий	Как исправить
Материалы	Убедитесь, что вы задали материалы всем твердым объектам.	Назначьте материалы всем твердым объектам
Условия	Убедитесь, что вы установили все необходимые возбуждения, сосредоточенные элементы и границы.	Задайте условия
Проверка геометрии	Убедитесь, что вы создали воздушную камеру.	Вкладка Wizards (Конструктор) > Конструирование воздушной камеры

6 Анализ

После того, как вы настроили модель, определили настройки решателя и создали сетку, вы можете начать моделирование. Моделирование выполняется на удаленном решателе GAMMA для экономии времени на вычисления и места.

В программе GAMMA предлагается два типа моделирования:

- Базовый анализ - конструкция модели остается неизменной во время моделирования.
 - Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Run FEM (Запустить МКЭ)**
- [Параметрический анализ](#) – моделирует ряд конструктивных вариантов одной модели.
 - Задаёт значения параметрических переменных
 - Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Run Parametric (Запустить параметрический)**

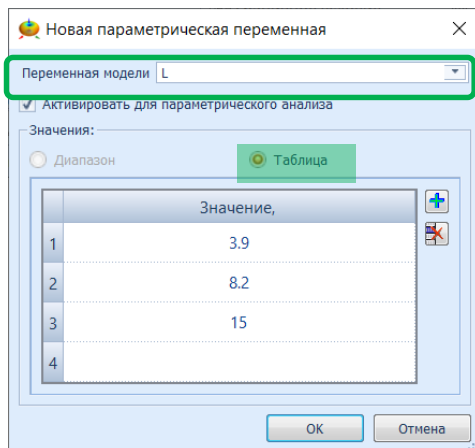
После завершения процесса решения вы можете просмотреть его этапы и общее время анализа, открыв вкладку **Simulation (Моделирование)** > **Solver Log (Журнал решателя)**. В журнале решателя также можно просмотреть сведения об адаптации, если применяется метод генерации полигональной сетки в Телефоне.

6.1 Параметрический анализ

Инструменты программы GAMMA позволяют смоделировать несколько решений для разных совокупностей значений параметров модели, используя одну модель.

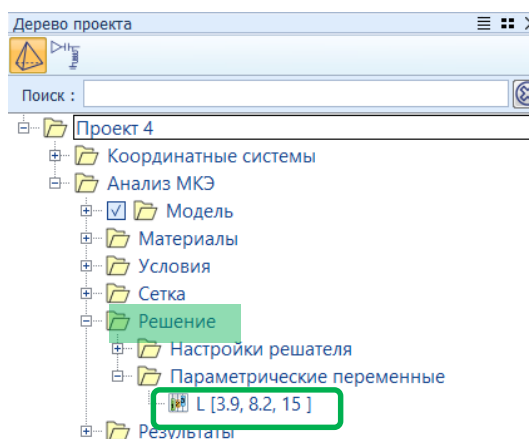
Процесс работы параметрического анализа:

1. Назначьте [переменные модели](#) (геометрические размеры, свойства материалов и условия) вашей модели.
2. Откройте окно **New Parametric Variable (Новая параметрическая переменная)**:
 - Откройте узел **Solution (Решение)** в дереве проекта > щелкните правой кнопкой мыши на **Solution (Параметрические переменные)** > **New Parametric Variable (Новая параметрическая переменная)** или
 - Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **New Parametric Variable (Новая параметрическая переменная)**.
3. Укажите переменные модели для параметрического анализа в окне **New Parametric Variable (Новая параметрическая переменная)**:
 1. Выберите переменную модели в перечне **Переменная модели**.
 2. Убедитесь, что параметр **Activate for parametric analysis (Активировать для параметрического анализа)** включен.
 3. Выберите **Range/Table (Диапазон/Таблица)**, чтобы ввести набор значений параметрических переменных:
 - **Диапазон** — укажите значения (Start) Начало и (Stop) Конец, (Set) Этап и (Count) Счет (количество значений, которые должны быть определены в указанном диапазоне). Когда вы задаете параметр Этап, параметр Счет вычисляется автоматически и наоборот.
 - **Таблица** — четко укажите все возможные значения

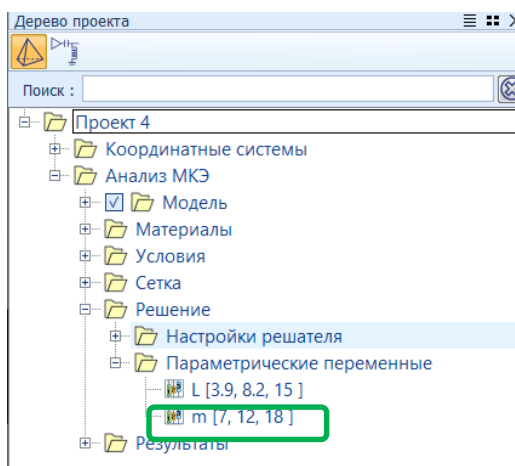


Переменные модели для параметрического анализа

4. Параметрические переменные перечислены в дереве проекта > **Solution (Решение)** > **Parametric Variables (Параметрические переменные)**



- Вы можете указать другие переменные модели для параметрического анализа. Выберите переменную, для которой необходимо запустить параметрический анализ:



5. Запустите параметрический анализ для указанной переменной.

- Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Run Parametric (Запустить параметрический)**.

6. Программа GAMMA генерирует решения для каждой совокупности решений.

7. После завершения моделирования выполните [постобработку](#). Сравните результаты решений, чтобы определить, как каждая совокупность значений параметрических переменных влияет на смоделированный интегральный КПД анализируемого устройства.

- ❖ Хотя вам не требуется решать базовую модель перед запуском параметрического анализа, эта процедура помогает убедиться, что разработанная модель настроена и работает должным образом.

7 Обработка результатов

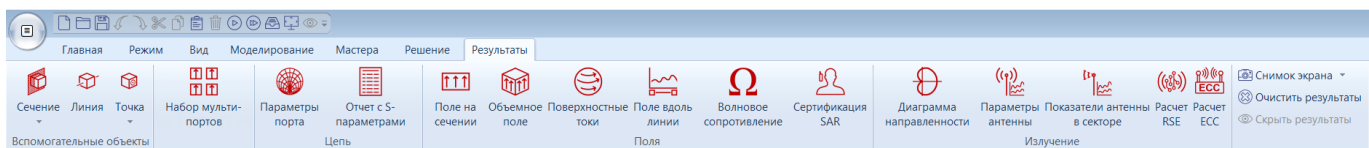
После проведения анализа в программе GAMMA можно извлечь следующие варианты результатов:

- Параметры сети
 - графики различных параметров порта
 - S-, Y-, and Z-матрицы (2-х осевой график)
 - KSVN
 - 2D-график и диаграмма Смита
- Распределение полей внутри проблемной области
 - 2D-графики для значений поля вдоль линии
 - Градиенты и векторы на поверхности
 - Изоповерхности, точки и векторы в объеме
 - Распределение удельного коэффициента поглощения
- Параметры излучения
 - диаграммы направленности в 2D и 3D
 - Параметры антенны
 - таблицы
 - графики
 - Перекрестная корреляция огибающей (ECC)

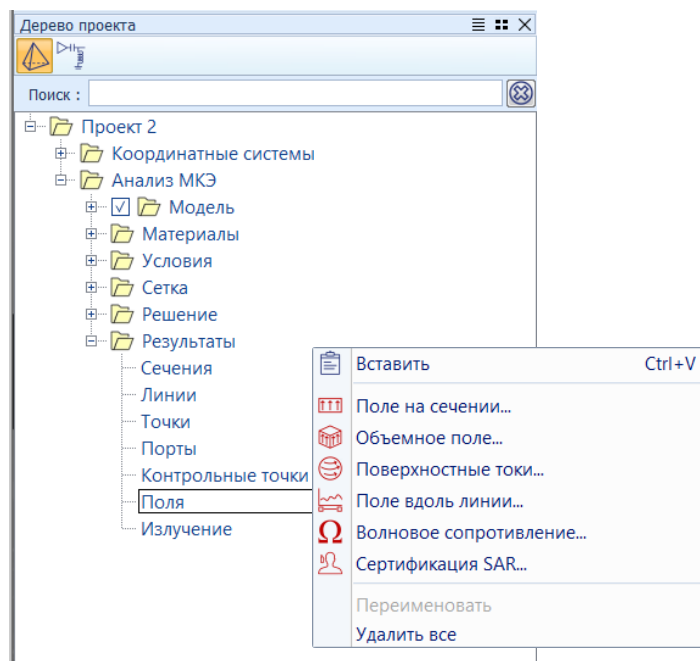
В программе GAMMA также представлены уникальные функции постобработки для анализа на уровне системы 5G:

- Инструмент для формирования луча для матрицы миллиметровых волн (многолучевой синтез диаграммы направленности). См. [Контроллер управления лучом](#)
- Инструмент анализа производительности антенной решетки: график кумулятивной функции распределения, комбинированная производительность нескольких антенн. См. [Антенная решетка](#)
- Инструмент радиочастотной безопасности (FCC-совместимый расчет удельной мощности в ближнем и дальнем поле). См. [Удельная мощность](#)

- ✓ Откройте результаты моделирования на панели инструментов во вкладке **Post Processing (Постобработка)** или

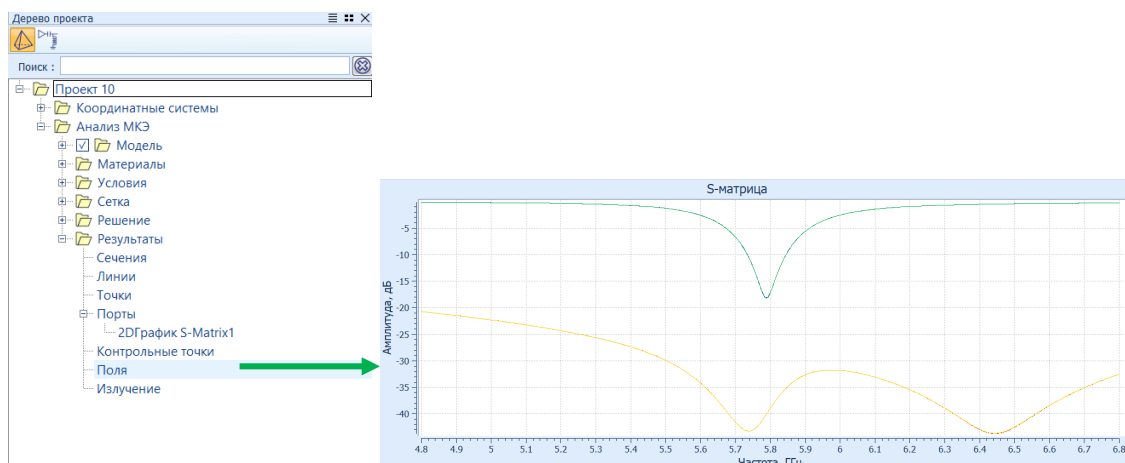


- ✓ Извлеките результаты прямо из дерева проекта > папка **Results (Результаты)** > щелкните правой кнопкой мыши на узел результата (порты, контрольные точки, поля и т. д.), чтобы просмотреть параметры извлечения (график параметров порта, поле объема, поверхностное течение и т. д.).



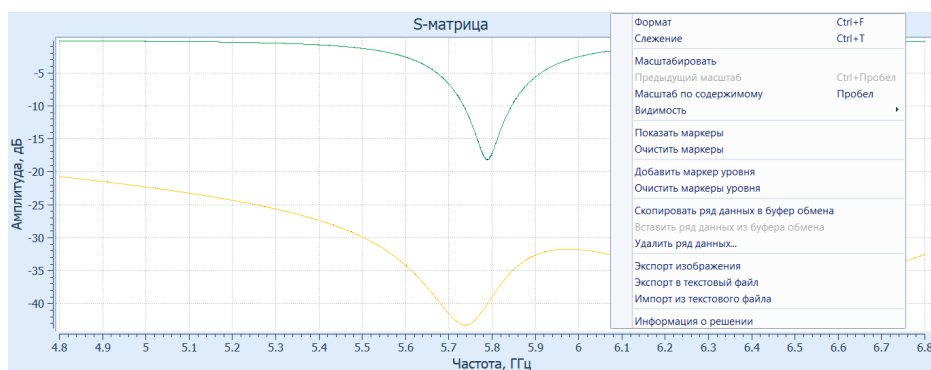
Узел Поля: Параметры извлечения

- ✓ Щелкните дважды на извлеченные результаты в дереве проекта, чтобы просмотреть их.



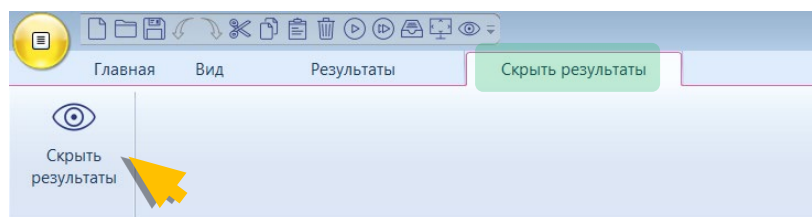
Дважды щелкните результат S-матрицы, чтобы просмотреть его

- ✓ Управляйте извлеченными результатами (см. [Форматирование результатов](#)) с помощью контекстного меню:

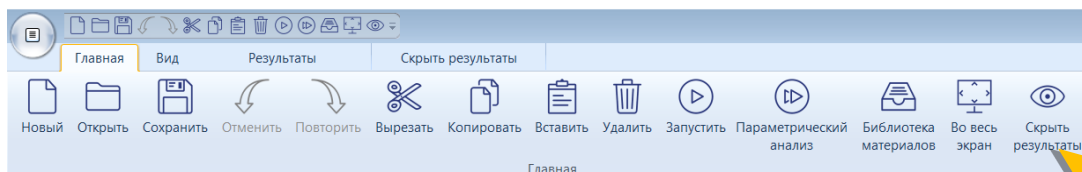


Функции контекстного меню

- ✓ Чтобы выйти из режима отображения результатов и просмотреть геометрию, нажмите **Hide results (Скрыть результаты)** на вкладке **Results/Hide Results (Результаты/Скрыть результаты)** или на [панели быстрого доступа](#).



Вкладка Результаты/Скрыть результаты



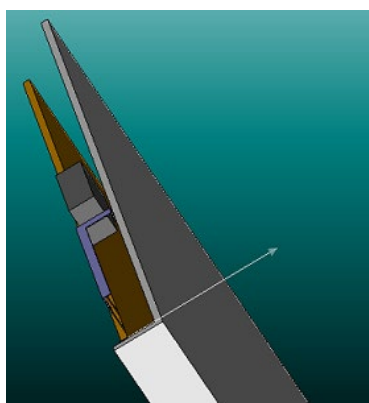
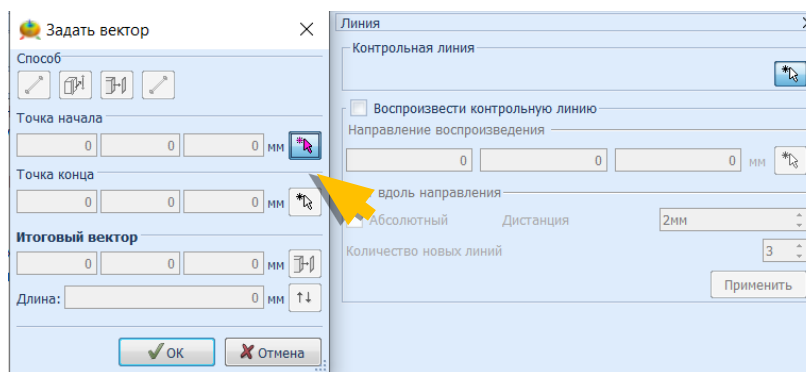
Панель быстрого доступа

7.1 Линии

Линии используются для отображения распределения электромагнитных полей с удельной скоростью поглощения вдоль такой линии.

7.1.1 Создание линии

1. Щелкните правой кнопкой мыши на узел **Lines (Линии)** в дереве проекта > **Line (Линия)**.
2. Используйте элементы управления окна **Define Line (Определить линию)**, чтобы провести линию с функцией привязки:



Линия, пересекающая крышку телефона

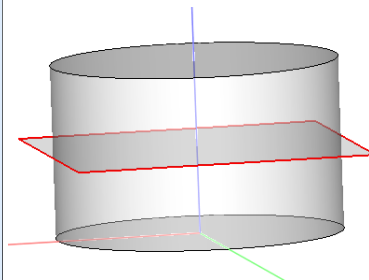
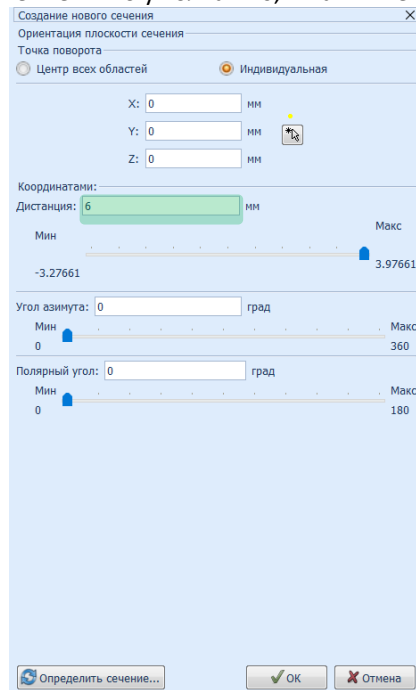
3. Теперь вы можете построить график распределения поля вдоль линии или рассчитать [Волновое сопротивление](#).

7.2 Сечения

Сечения используются для отображения распределений электромагнитных полей с определенными скоростями поглощения на плоскостях этих сечений. В программе GAMMA предлагается уникальная возможность построения определенного распределения поля на каждой плоскости сечения. См. [Поля](#).

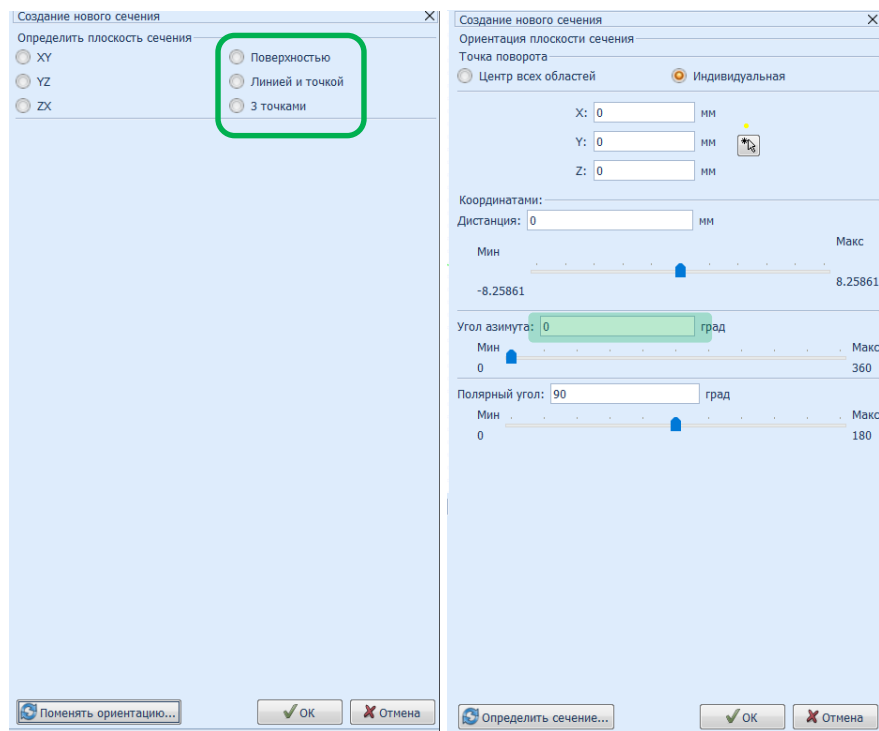
7.2.1 Создание сечения

1. Дерево проекта > **Results (Результаты)** > щелкните правой клавишей мыши на узел **Sections (Сечения)** > **Plane (Плоскость)**.
2. Воспользуйтесь элементами управления окна **Create New Section (Создать новую секцию)**, чтобы расположить сечение XY по умолчанию, и нажмите **OK**.



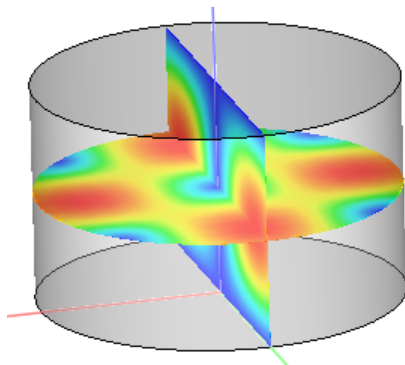
Плоскость XY расположена в середине цилиндра высотой 12 мм.

3. Чтобы изменить сечение XY по умолчанию, нажмите **Define Section (Определить сечение)** и выберите нужную плоскость из списка, затем нажмите **Change Orientation (Изменить ориентацию)**, чтобы расположить ее.
 - Вы можете задать собственную уникальную плоскость по параметрам поверхности, линии и точки и по 3-м точкам.
4. Воспользуйтесь элементами управления окна **Create New Section (Создать новую секцию)**, чтобы расположить плоскость, и нажмите **OK**.



Выберите плоскость YZ и расположите ее в середине цилиндра

5. Вы можете переименовать созданную плоскость в узле **Section (Плоскость)** с помощью клавиши **F2**, например «ПлоскостьYZ».
6. Теперь вы можете создать [распределение полей по сечению](#).

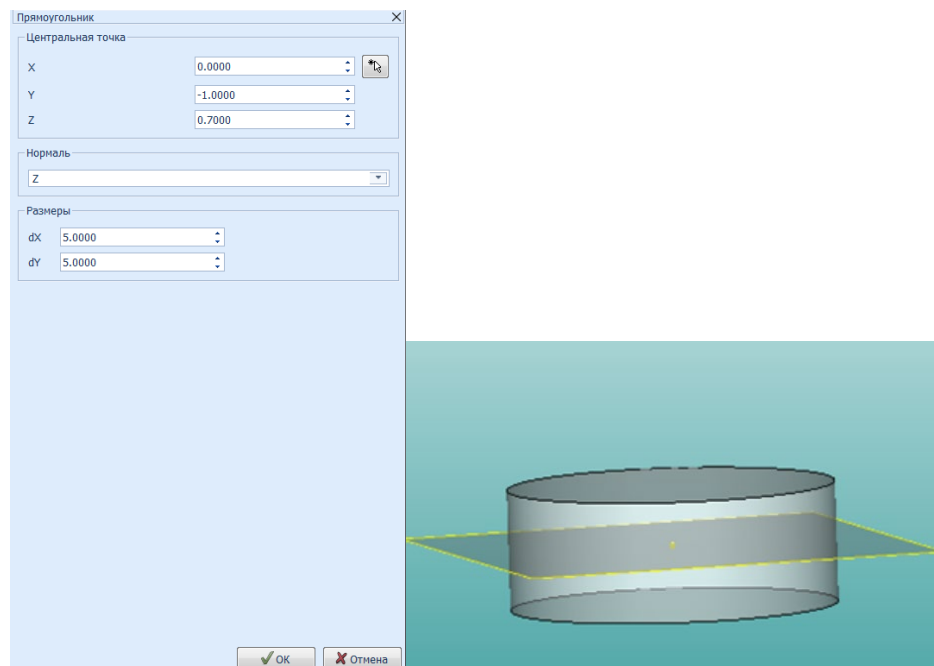


Разделение поля на плоскость XY и плоскость YZ

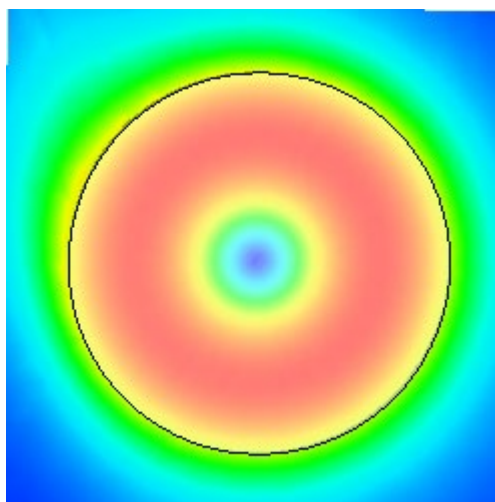
7.2.2 Создание прямоугольника

Иногда вам может понадобиться ограниченная площадь для отображения распределения поля на плоскости.

1. Дерево проекта > **Results (Результаты)** > щелкните правой клавишей мыши на узел **Sections (Плоскости)** > **Rectangle (Прямоугольник)**.
2. Используйте элементы управления **Rectangle Creator (Конструктора прямоугольника)** для построения прямоугольника с указанными **Center Point (Центральной точкой)**, **Normal (Нормалью)** и **Dimensions (Размерами)**.
3. Теперь вы можете создать разделение полей по прямоугольнику. См. [Создание полей на плоскости](#).



Прямоугольник в плоскости XY в середине резонатора



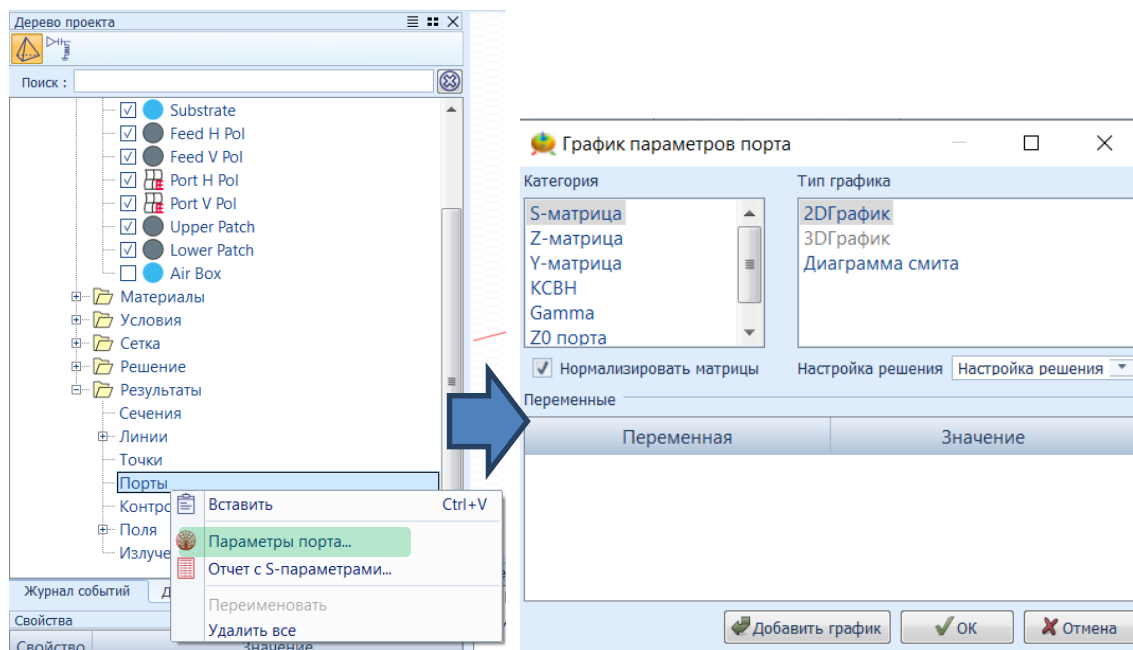
Распределение поля по прямоугольнику XY

7.3 Порты

В программе GAMMA можно создавать двухмерные и трехмерные графики для различных параметров порта (S-параметров, КСВН и т. д.) в зависимости как от частотных переменных, так и от переменных параметрического анализа. График создается сразу для всех портов. Вы также можете создать отчет S-параметров в формате .snr.

7.3.1 Создание графика параметра порта

1. Дерево проекта > **Results (Результаты)** > щелкните правой клавишей мыши на узел **Ports > Port Parameter Plot (График параметра порта)**.
2. В диалоговом окне **Create Port Parameters Plot (Создать график параметра порта)** выберите параметры порта и нажмите **ОК**, чтобы построить их:



Создать 2D-график S-матрицы (выбор по умолчанию)

Элементы управления окна **Создать график параметра порта**:

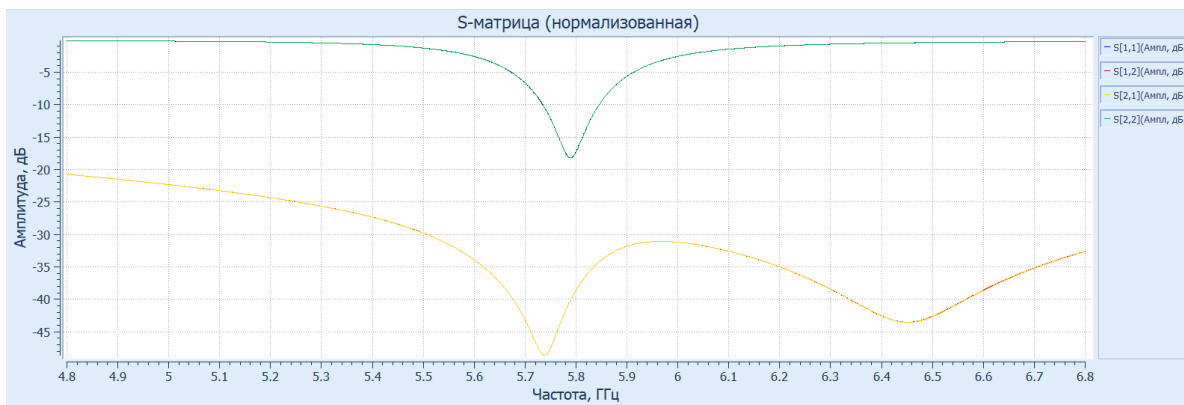
➤ **Category (Категория)**

- **S-matrix (S-матрица)** описывает, какая часть мощности, связанная с данным возбуждением поля, передается или отражается на каждом порту.
- **Z-Matrix (Z-Matrix)** - матрица сопротивлений, рассчитанная по S-матрице.
- **Y-Matrix (Y-матрица)** - матрица проводимости, представляет собой обратную Z-матрице сопротивлений.
- **VSWR (КСВН)** - коэффициент стоячей волны напряжения.
- **Gamma** - комплексная константа распространения для S-параметров.
- **Порт Z0** - волновое сопротивление порта.

➤ **Plot Type (Тип графика)**

- **2D Plot** - двумерный прямоугольный график результатов по оси x-y.
- **3D Plot** - трехмерный прямоугольный график результатов по x-y-z. Доступен только для параметрических переменных.
- **Smith Chart (Диаграмма Смита)** - представление всех возможных комплексных сопротивлений относительно координат, определяемых коэффициентом отражения.

3. График с результатами отображается в окне 3D Просмотр. Отформатируйте полученный график с помощью контекстного меню. См. [Управление результатами](#).

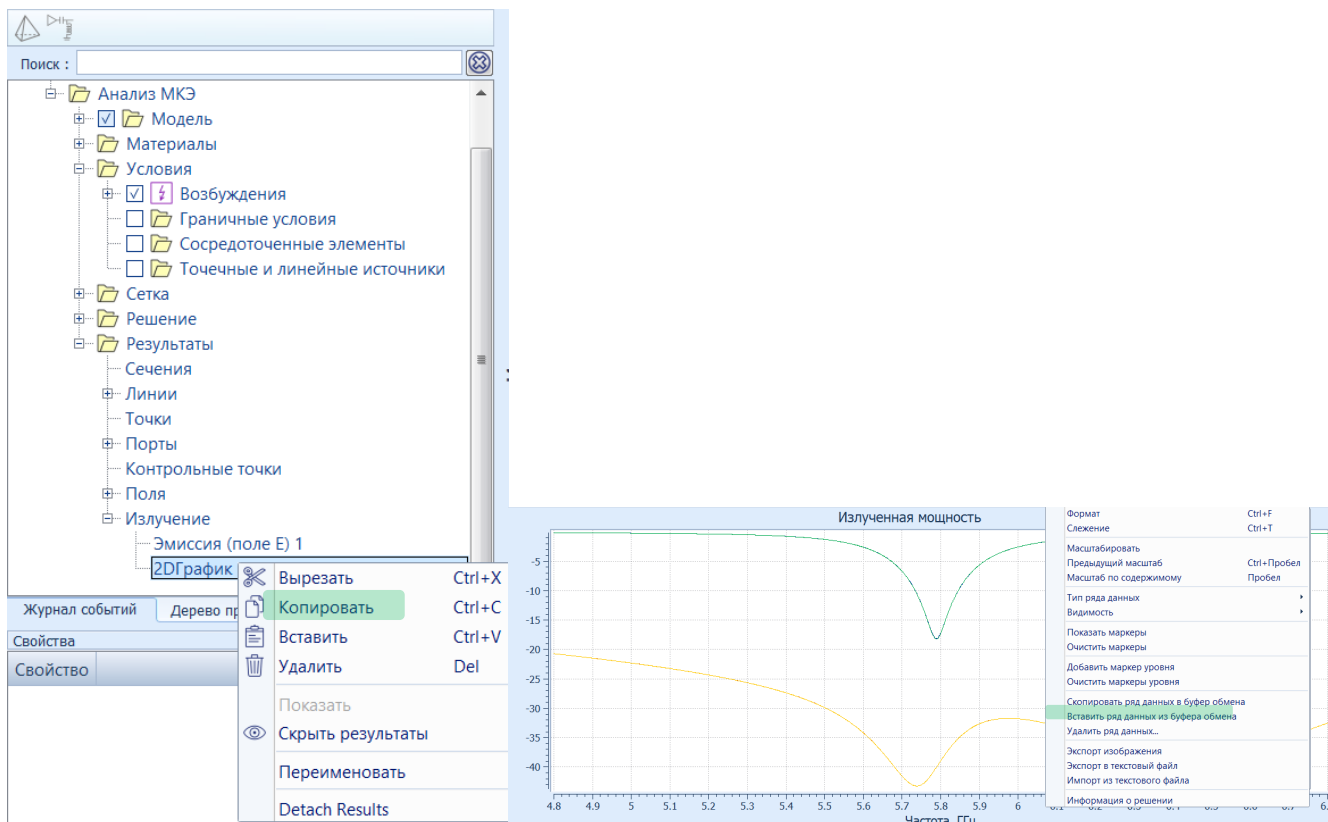


Созданный график S-матрицы

7.3.2 Сравнение графиков

В программе GAMMA можно копировать 2D-графики из других проектов/внутри единого же проекта для сравнения.

1. Щелкните правой клавишей мыши на имя графика с результатами > **Сору (Скопировать)**.
2. Выберите **Paste Plot from Clipboard (Вставить график из буфера обмена)** в контекстном меню другого графика.
3. Графики будут совмещены.



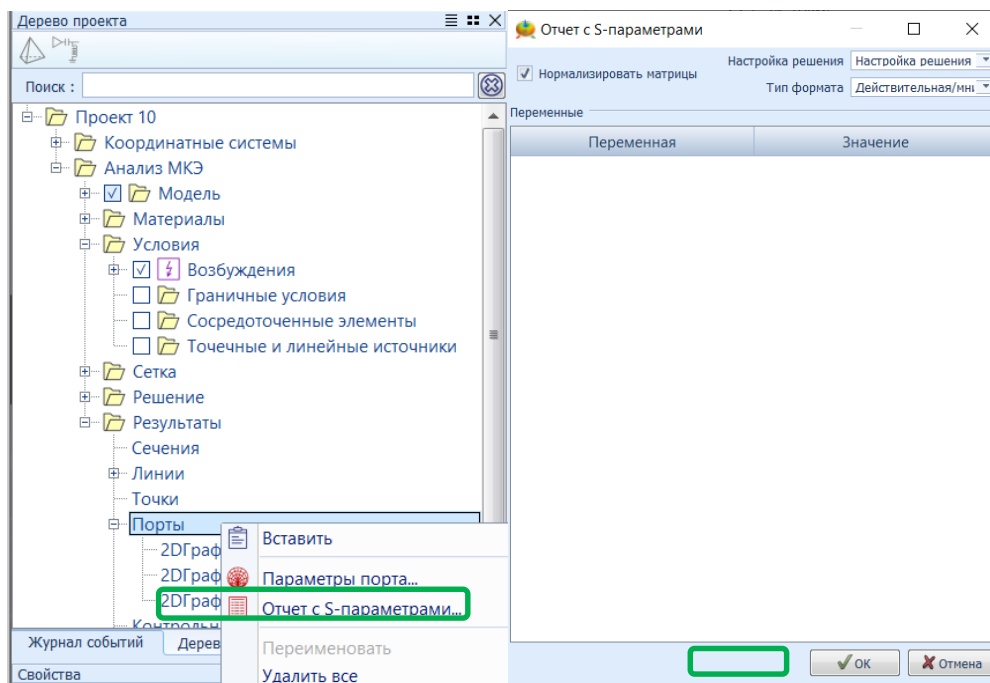
Графики общей эффективности и радиационной отдачи

- ❖ Дважды щелкните по названию результата в дереве проекта, чтобы отобразить результат.

7.3.3 Отчет S-параметров

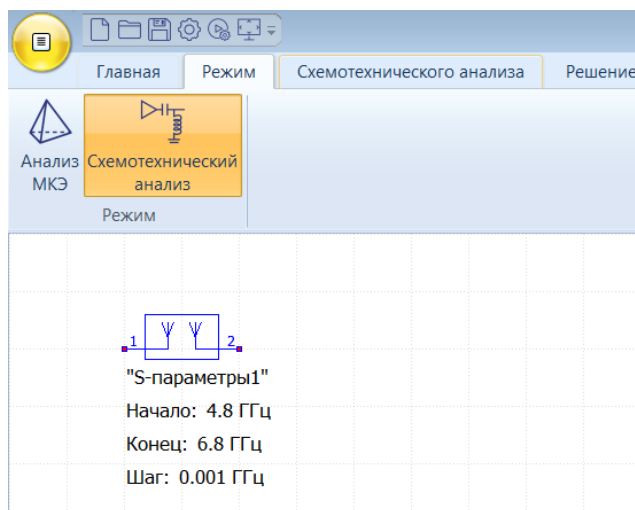
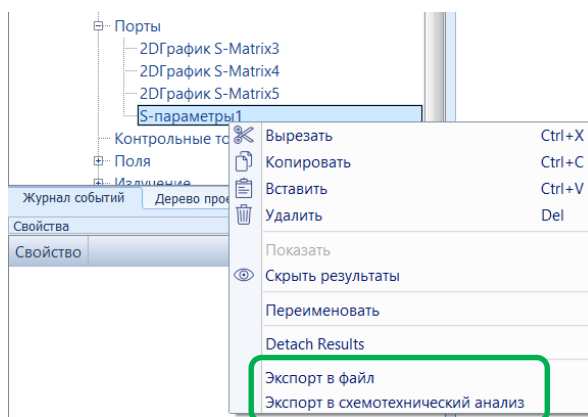
Вы можете создать отчет S-параметров в формате .snr и затем экспортировать данные в 2D-графики и в режим СА.

1. Узел **Results (Результаты)** в дереве проекта > щелкните правой клавишей мыши на **Ports > S-Param Report (Отчет S-параметров)**.
2. В окне **Port Parameters Report (Отчет о параметрах порта)** выберите **Format Type (Тип формата)** (амплитуда/фаза; амплитуда (дБ)/фаза; реальный/условный), если необходимо, и нажмите **OK**.
3. Отчет S-параметров формируется в текстовом формате.



7.3.3.1 Экспорт данных отчета S-параметров

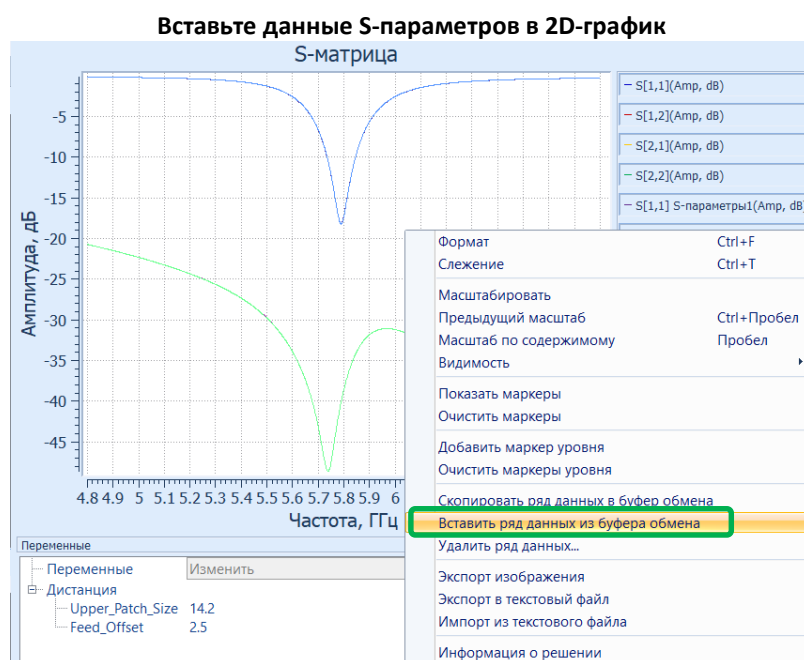
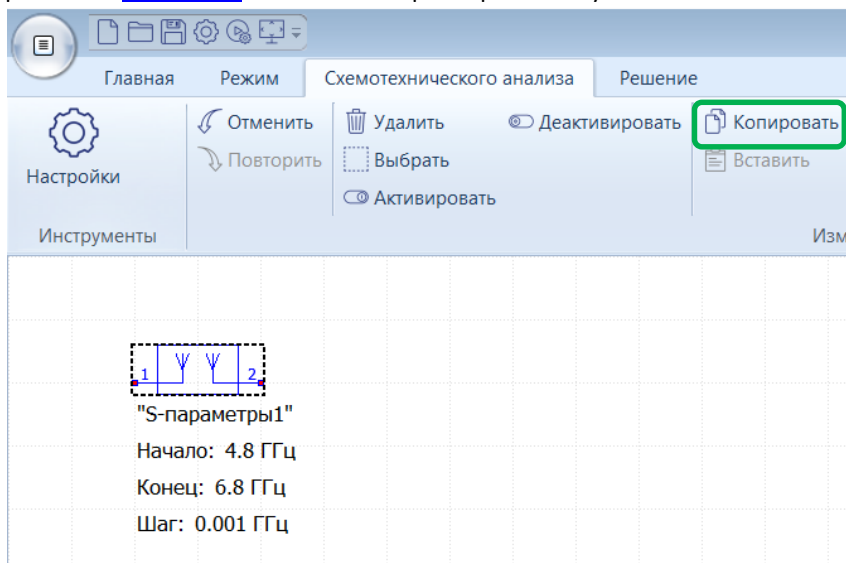
1. Щелкните правой кнопкой мыши имя результата отчета в дереве проекта > выберите вариант:
 - a) **Экспорт в файл** — сохраняет данные в виде файла .snr.
 - b) **Экспорт в СА** — открывает [режим СА](#) с [элементом SNP](#), содержащим данные экспорта.



Режим СА с экспортированными данными S-параметров

7.3.3.2 Копирование/вставка данных отчета S-параметров

1. Скопируйте результат S-параметров в дереве проекта.
2. а) Откройте 2D-график с результатами и вставьте S-параметры в 2D-график или
б) Переключите режим на [режим СА](#) и вставьте S-параметры в схему.



Вставьте данные S-параметров в 2D-график

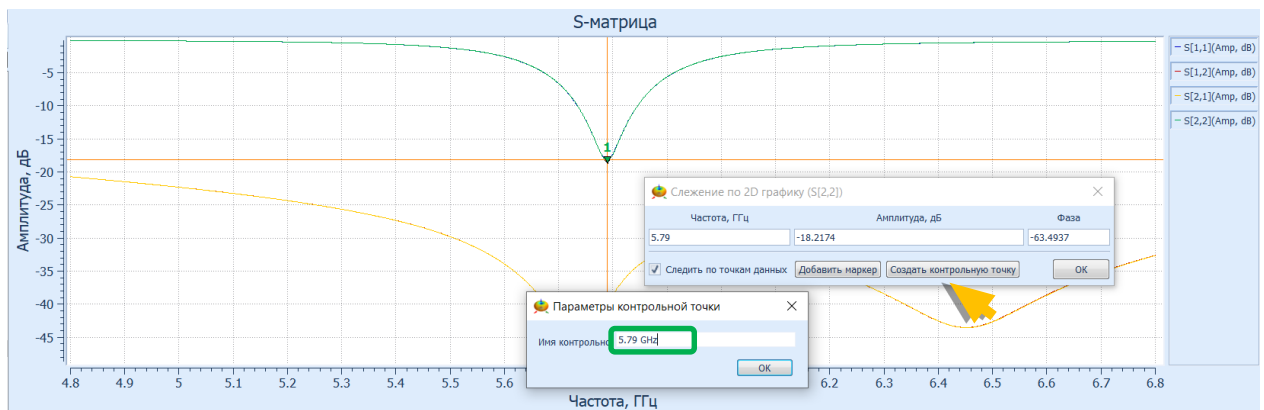
7.4 Контрольные точки

В программе GAMMA можно найти контрольную точку в пространстве моделирования, определяемом частотными, портовыми и параметрическими переменными. Вы можете создавать контрольные точки на 2D-графике (S-параметры, KCBH, параметры антенны и т. д.) и вычислять результаты ближнего и дальнего поля для выбранной контрольной точки.

7.4.1 Добавление контрольной точки

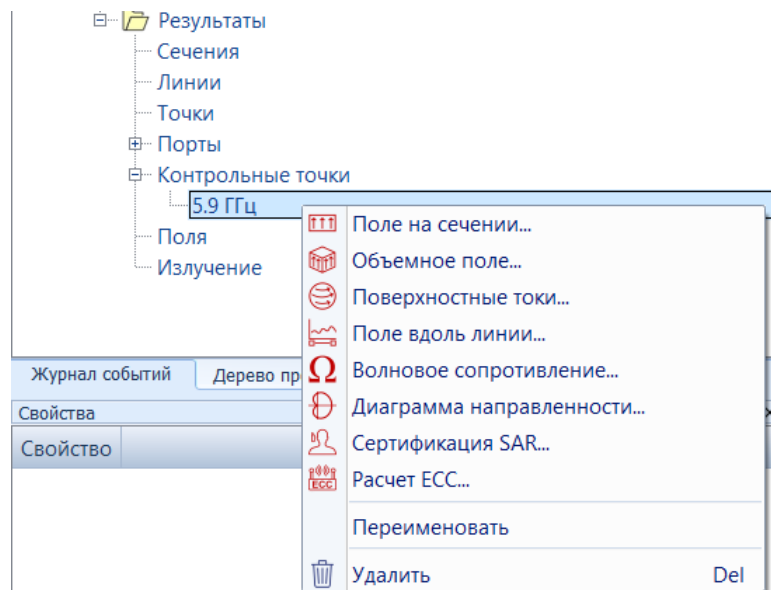
1. Щелкните правой клавишей мыши на созданный 2D-график > **Trace (Отследить)**. При необходимости [отформатируйте](#) полученный график.

- Найдите точку пересечения на графике с помощью курсора в виде крестика.
 - Используйте клавиши со стрелками влево и вправо для более точного позиционирования.
- В окне **Trace 2D Plot (Отследить 2D-график)** отображаются параметры точки (частота, амплитуда, фаза, эффективность и т. д.).
- Нажмите **Create Control Point (Создать контрольную точку)**, чтобы установить обнаруженную точку пересечения в качестве контрольной точки.
- Нажмите **OK** в окне **Control Point Parameters (Параметры контрольной точки)**, чтобы добавить контрольную точку.



Добавить контрольную точку 2,4 ГГц

- Созданные контрольные точки отображаются в дереве проекта. Щелкните правой кнопкой мыши на выбранную контрольную точку, чтобы построить другие результаты.



Контекстное меню контрольной точки показывает возможные результаты

7.4.2 Извлечение результатов для контрольной точки

- [Добавить контрольную точку.](#)
- Щелкните правой клавишей мыши на контрольную точку в дереве проекта, чтобы выбрать из списка параметры извлечения результатов (поля, излучение, поверхностные течения и т. д.).
- Извлечь результаты для параметров выбранной контрольной точки. См. [Поля](#), [Волновое сопротивление](#), [Излучение](#).

7.5 Поля

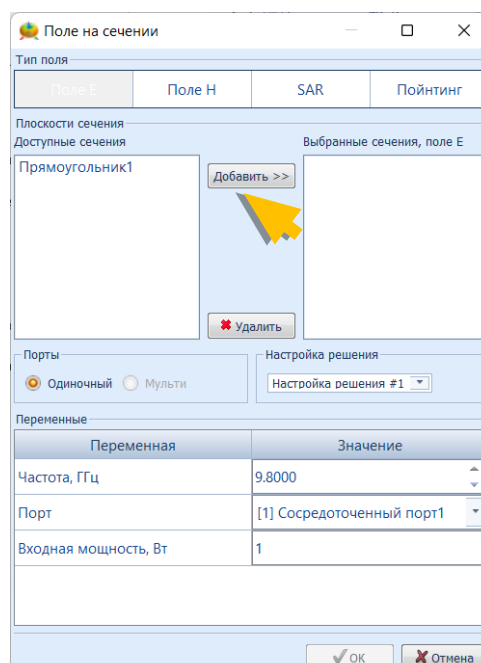
В программе GAMMA можно создавать распределения поля и поверхностные течения внутри воздушной камеры и для объекта:

- Field on Section - Поле на Сечении
- Volume Field - Поле объема
- Surface Currents - Поверхностные сечения
- Power Density - Удельная мощность
- Power Density Batch - Пакет удельной мощности
- Field Along Line - Поле по линии
- Characteristic Impedance - Волновое сопротивление
- Certification SAR - Сертификация удельного коэффициента поглощения
- Conductivity Loss - Потеря проводимости

! Сначала создайте [контрольную точку](#), а затем постройте на ней распределение полей, чтобы использовать заданные частоты и другие доступные переменные.

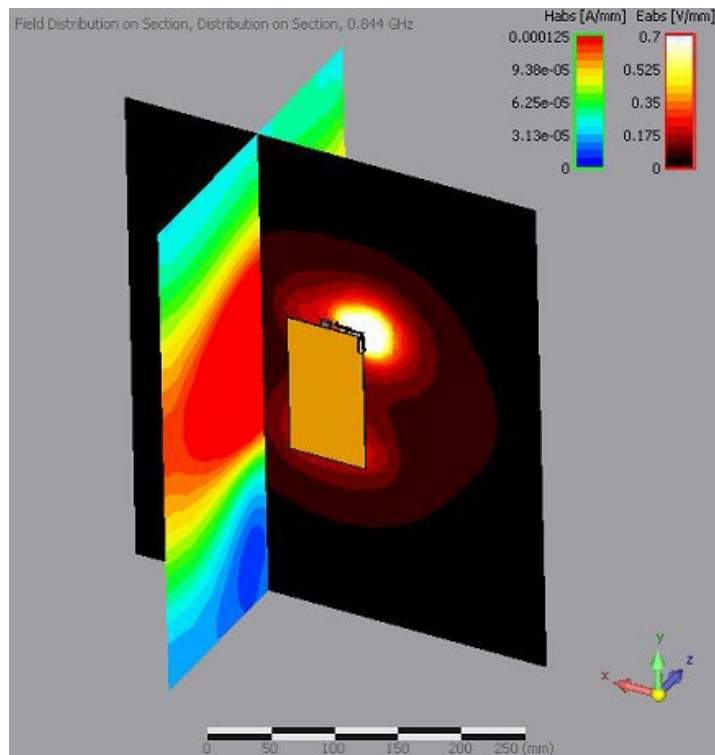
7.5.1 Создание распределения полей по сечению

1. Создайте Сечения (например, СечениеXY and СечениеYZ). См. [Сечения](#).
2. Щелкните правой клавишей мыши на узел **Fields (Поля)** в дереве проекта > **Field on Section (Поле в сечении)**.
3. В окне **Create Field Distribution on Section (Создать распределение полей в сечении)** выберите тип поля из следующих позиций:
 - **Поле E** – электрическое поле
 - **Поле H** – магнитное поле
 - **SAR** – удельный коэффициент поглощения
 - **Poynting** - плотность потока энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга, определяемый как $E \times H$ (Wm²). График с результатами будет представлять действительную часть вектора Пойнтинга.
4. Выберите сечение из списка доступных сечений и нажмите кнопку **Add (Добавить)**, чтобы создать распределение полей в этой плоскости сечения.



Сечение 1 добавлено к Полю Е, чтобы создать распределение электрического поля в этой плоскости сечения.

5. Вы можете выбрать другой тип поля и добавить к нему сечение.
6. Задайте **Variables (Переменные)** для всех частотных диапазонов. Выберите частоты и порты и введите значение **Input Power (Входной мощности)**.
7. Щелкните **ОК**.
8. Щелкните правой кнопкой мыши полученное распределение, чтобы отформатировать его. См. [Форматирование результатов](#).

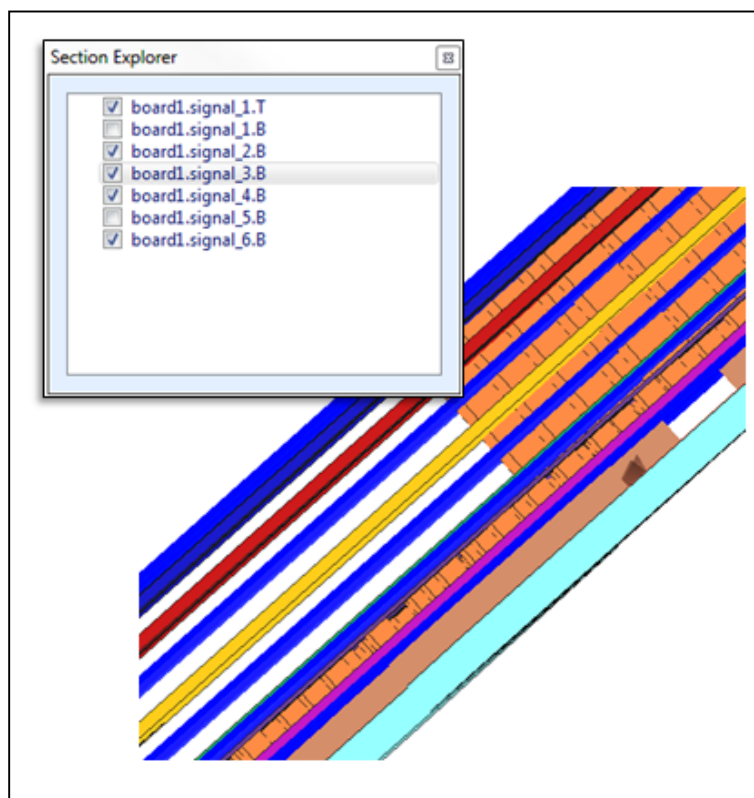


Распределение Поля Е на участке XY и распределение Поля Н на участке YZYZ

7.5.1.1 Создание распределения полей по сечению для слоев печатной платы

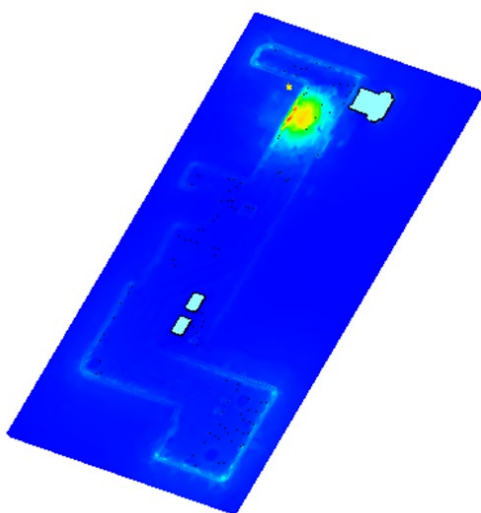
В программе GAMMA можно построить определенное распределение поля на плоскости сечения любого слоя печатной платы.

Разделы для всех слоев платы заданы заранее. Вам не нужно создавать их в разделе **Результаты > Сечения**, как описано в разделе [Создать сечение](#).

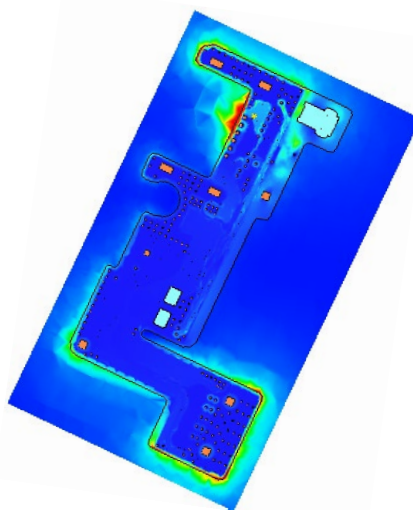


Заранее заданные плоскости сечения (синие)

1. Узел **Results (Результаты)** > щелкните правой клавишей мыши на **Fields (Поля)** > **Field on Section (Поле в сечении)**.
2. В окне **Create Field Distribution on Section (Создать распределение полей по сечению)** перечислены все возможные плоскости сечения для печатной платы. Список определен заранее.
3. Выберите несколько доступных сечений, нажмите **Add (Добавить)**, а затем **OK**. В программе GAMMA отображаются результаты распределения для всех слоев.



Распределение по сечению над верхним слоем

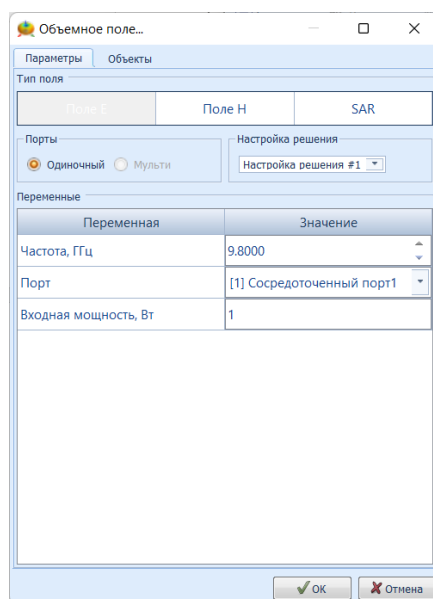


Распределение по сечению внутреннего слоя

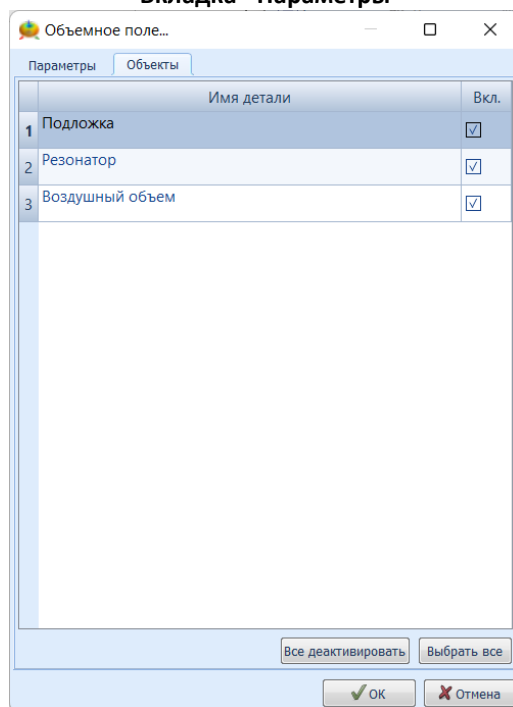
7.5.2 Создание распределения полей объема

1. Щелкните правой клавишей мыши на узел **Fields (Поля)** в дереве проекта > **Volume Field (Поле объема)**.
2. В окне **Create Field Volume Distribution (Создать распределение объема поля)** укажите тип распределения, которое необходимо создать:
 - **Поле E** – электрическое поле

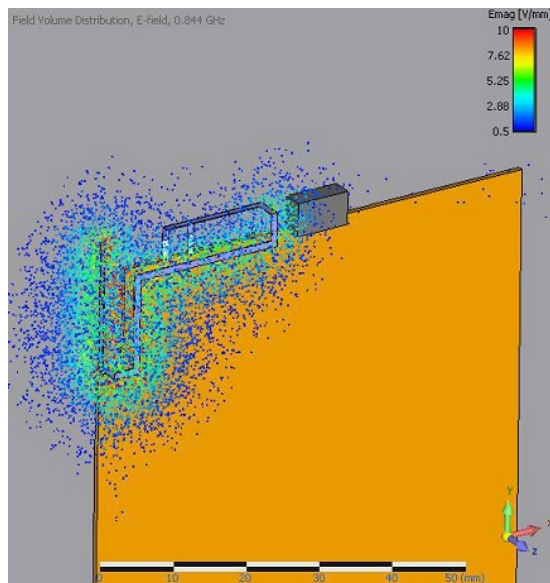
- **Поле H** – магнитное поле
 - **SAR** – удельный коэффициент поглощения.
3. Выберите частоты и порты и введите значение **Input Power (Входной мощности)**.
 4. Во вкладке **Objects (Объекты)** выберите объекты, для которых будет построено объемное распределение полей. (Например, вы можете оставить только модель головы). Нажмите **OK**.
 - Нажмите **Disable All (Убрать все)**, чтобы снять отметку со всех объектов, а затем в средстве 3D-просмотра выберите объект, для которого необходимо построить объемное поле.
 5. Щелкните правой клавишей мыши на полученное распределение, чтобы отформатировать его. См. [Форматирование результатов](#).



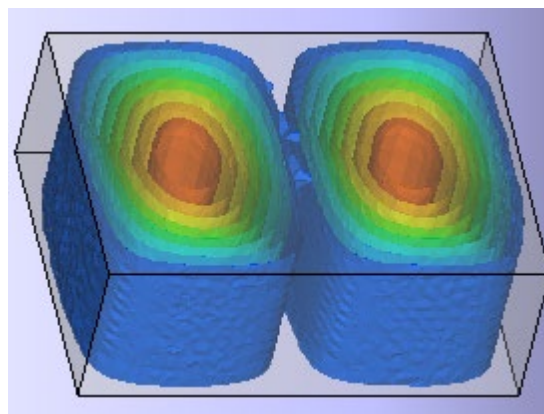
Вкладка - Параметры



Вкладка - Объекты



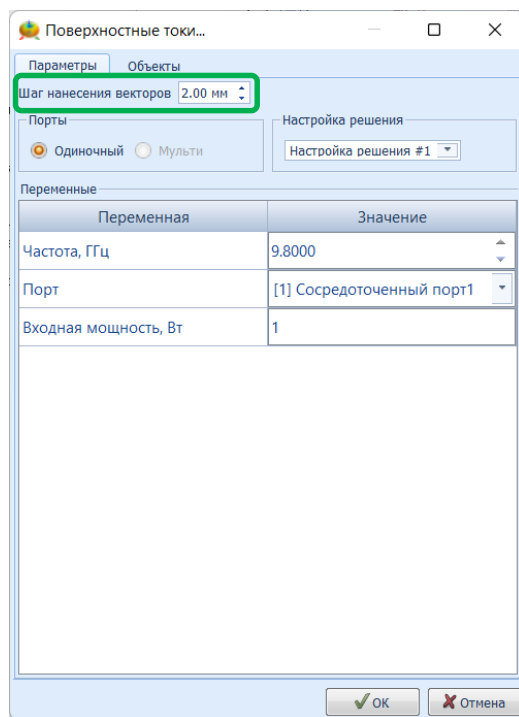
Поле объема, Поле E



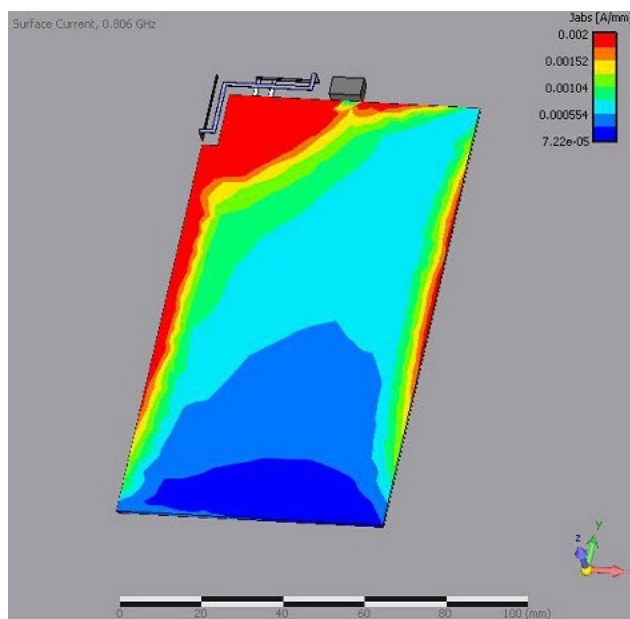
Результаты поля объема резонанса

7.5.3 Создание поверхностных течений

1. Щелкните правой клавишей мыши на узел **Fields (Поля)** в дереве проекта > **Surface Currents (Поверхностные течения)**.
2. В окне **Plot Surface Currents (График поверхностных течений)**:
 - Установите **Vector Plot Step (Этап векторного графика)** (например, этап вектора для узкой антенны должен быть меньше)
 - Выберите частоты и порты и введите значение **Input Power (Входной мощности)**.
3. Во вкладке **Objects (Объекты)** выберите объекты для построения поверхностных течений.
4. Нажмите **Disable All (Убрать все)**, чтобы снять отметку со всех объектов, а затем в средстве 3D-просмотра выберите объект, для которого нужно построить объемное поле.
5. Щелкните правой клавишей мыши на полученное распределение, чтобы отформатировать его. См. [Форматирование результатов](#).



Вкладка Параметры

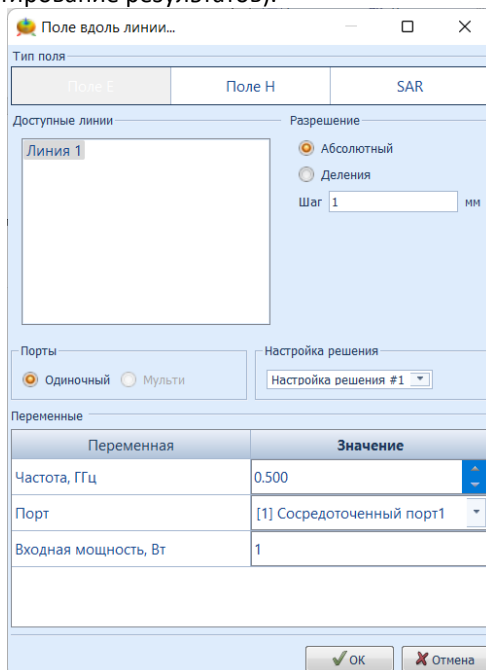


Поверхностные течения

7.5.4 Распределение полей вдоль линии

1. Нарисуйте линию. См. [Lines](#) (Линии).
2. Нажмите правой кнопкой мыши на узел дерева проекта **Fields (Поля) > Field Along Line (Поле вдоль линии)**.
3. В диалоговом окне **Create Field Distribution on Line (Создать распределение полей на линии)** определите тип распределения, которое будет сгенерировано:
 - **E field** – электрическое поле;
 - **H field** – магнитное поле;
 - **SAR** – удельная скорость поглощения.
4. Выберите линию из списка **Available lines (Доступные линии)**.
5. Установите разрешение:
 - **Abs** – линия разделяется с указанным шагом (убедитесь, что длина достаточна).

- **Divisions (Деления)** – автоматически разделяет линию.
6. Выберите частоты и порты и введите значение **Input Power (Входной мощности)**.
 7. Нажмите правой кнопкой мыши на окончательное распределение, чтобы отформатировать его. См. [Results Formatting](#) (Форматирование результатов).



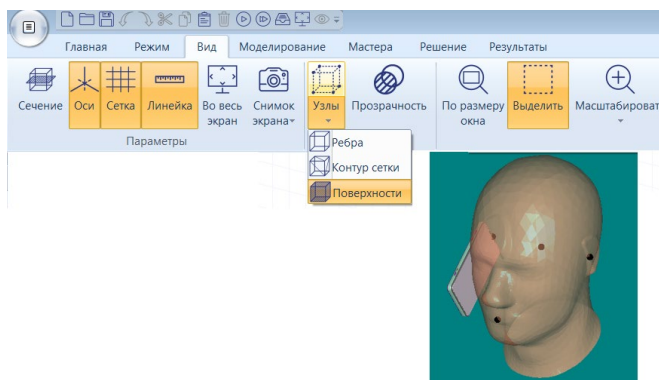
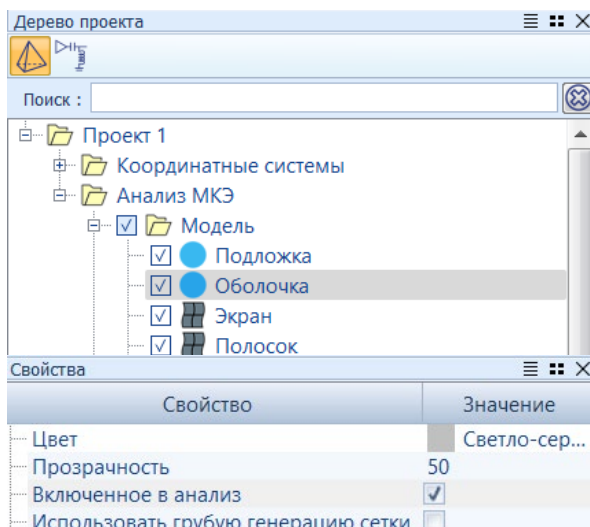
Диалоговое окно «Создать распределение полей на линии»

7.5.5 Расчет сертификации SAR

GAMMA позволяет рассчитать сертификацию SAR в соответствии с IEEE Std 1528-2003.

Чтобы лучше визуализировать распределение SAR, перед вычислением SAR выполните следующее:

1. Сделайте модель головы прозрачной:
 - Нажмите на модель головы в 3D Viewer, чтобы выбрать его
 - В **Properties Window (Окне свойств)** установите **Transparency (Прозрачность)** на 50
2. Скройте ненужные детали модели головы:
 - Вкладка **View (Просмотр)** > Параметры **Nodes (Узлов)** > **Lines (Линии)**



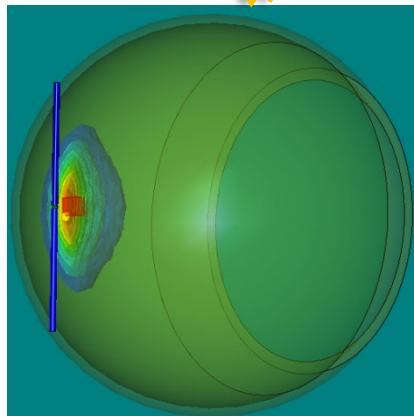
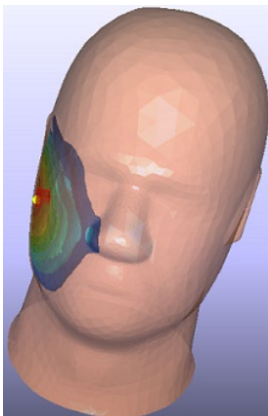
Изменение прозрачности модели и скрытие каркаса

Теперь вы готовы рассчитать и отобразить распределение SAR:

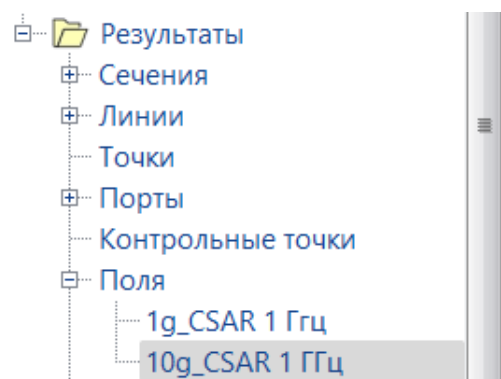
1. Нажмите правой кнопкой мыши на узел дерева проекта **Fields (Поля)** > **Certification SAR (Сертификация SAR)**.

2. В диалоговом окне **Certification SAR (Сертификация SAR)**:
 - 1) Определите объект с наибольшей объемной проводимостью (значение сигмы). Обычно для головы модели это "Tissue" (ткань).
 - 2) Укажите все переменные для всех частотных диапазонов.
 - 3) Установите **Mass (Массу)** в 1г или в 10г.
 - 4) Для остальных параметров оставьте их значения по умолчанию.
3. Нажмите **Calculate (Рассчитать)** и посмотрите результаты SAR.
4. Нажмите **Save (Сохранить)** чтобы просмотреть результаты в дереве проекта.
5. Нажмите правой кнопкой мыши на окончательное распределение, чтобы отформатировать его. См. [Results Formatting](#) (Форматирование результатов).

Расчет 1г SAR



Распределение 1г SAR :
Пиковый показатель SAR (желтая точка)
Красный кубик весом 1г



Результаты расчета SAR в
дереве проекта

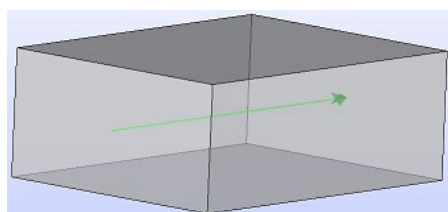
7.5.6 Волновое сопротивление

GAMMA позволяет рассчитать волновое сопротивление вдоль линии по формуле: $\rho = \frac{U^2}{2W}$

Где $U = \int E dI$ – это сосредоточенное напряжение в линии передачи или резонаторе, W – это величина, пропорциональная потенциальной энергии или передаваемой мощности.

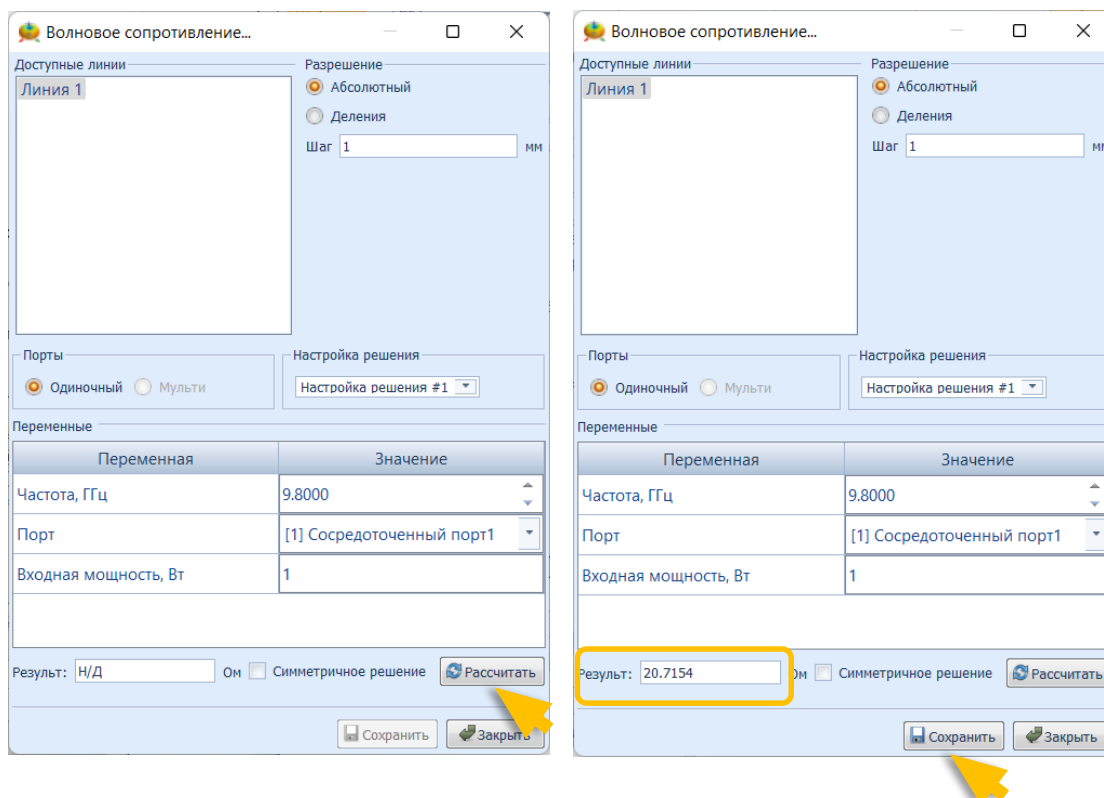
7.5.6.1 Вычисление волнового сопротивления

1. Создайте линию. См. [Lines](#) (Линии).



Линия передачи

2. Нажмите правой кнопкой мыши на узел дерева проекта **Fields (Поля) > Characteristic Impedance (Волновое сопротивление)**.
3. В диалоговом окне **Calculate Characteristic Impedance (Рассчитать волновое сопротивление)** определите линию передачи и значение решения и нажмите **Calculate (Рассчитать)**.
4. Результат вычисляется в секундах. Нажмите **Save (Сохранить)** чтобы посмотреть результаты в дереве проекта.



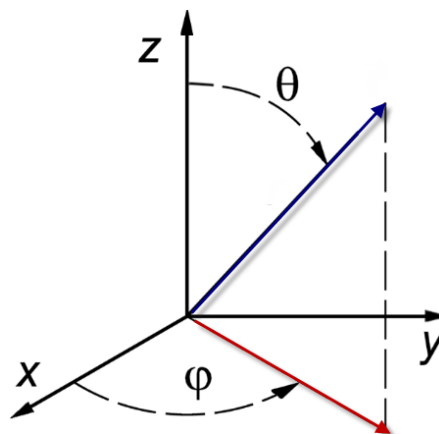
7.5.7 Потеря проводимости

7.6 Излучение

GAMMA позволяет создавать графические изображения различных характеристик антенны в зависимости от частоты:

- 3D-полярный график отображающий цветную карту 3D-диаграмм направленности дальнего поля. См. [Create 3D radiation pattern](#) (Создать 3D-диаграмму направленности)
- График CDF. См. [CDF Analysis](#) (Анализ CDF)
- 2D-диаграмма направленности, отображающая интенсивность диаграмм направленности дальнего поля. См. [Create 2D radiation pattern](#) (Создать 2D-диаграмму направленности)
- Построение графика и расчет параметров антенны, отображающих антенные свойства излучаемых тел. См. [Create antenna parameters plot](#) (Создание графика параметров антенны)
 - Общая эффективность
 - Эффективность излучения
 - Излучаемая сила
 - Пиковое усиление, и т. д.
- График производительности сектора антенны. См. [Create Antenna Sector Performance Plot](#) (Создать график производительности сектора антенны)
- График RSE. См. [Create RSE Plot](#) (Создать график RSE)
- Взаимная корреляция огибающей (ECC) для многоантенных систем. См. [Calculate ECC](#) (Рассчитать ECC).
 - Для двух определяемых пользователем антенн
 - Равномерная и неоднородная ECC
 - Система координат, настраиваемая для неоднородных (гауссовых) ECC

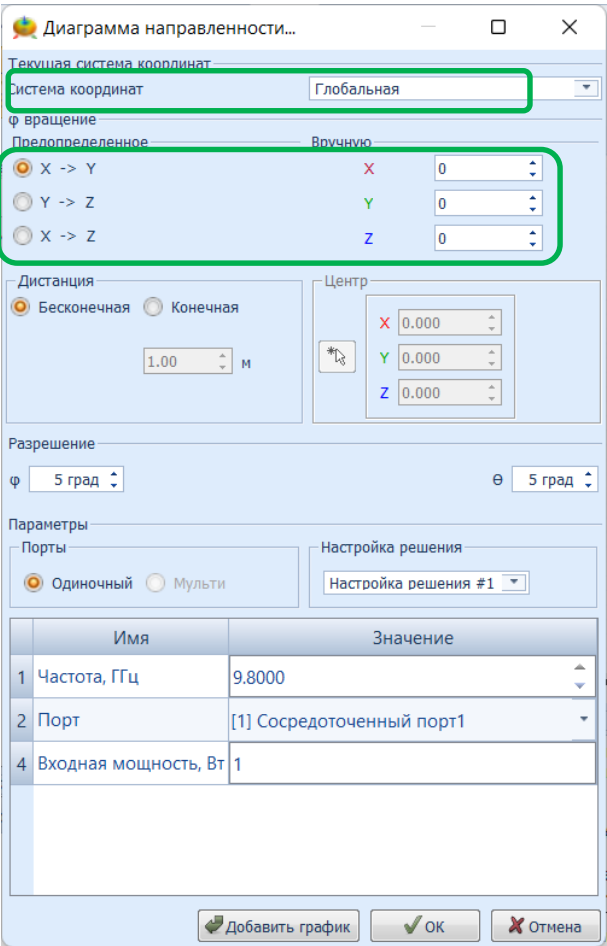
Чтобы оценить излучаемые поля в области дальнего поля, GAMMA создает бесконечную сферу вокруг излучающего объекта. Координаты на бесконечной сфере задаются углами поворота Φ и Θ :



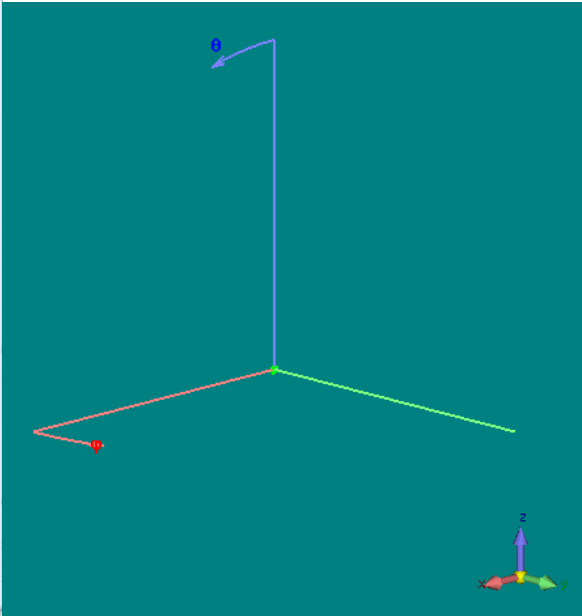
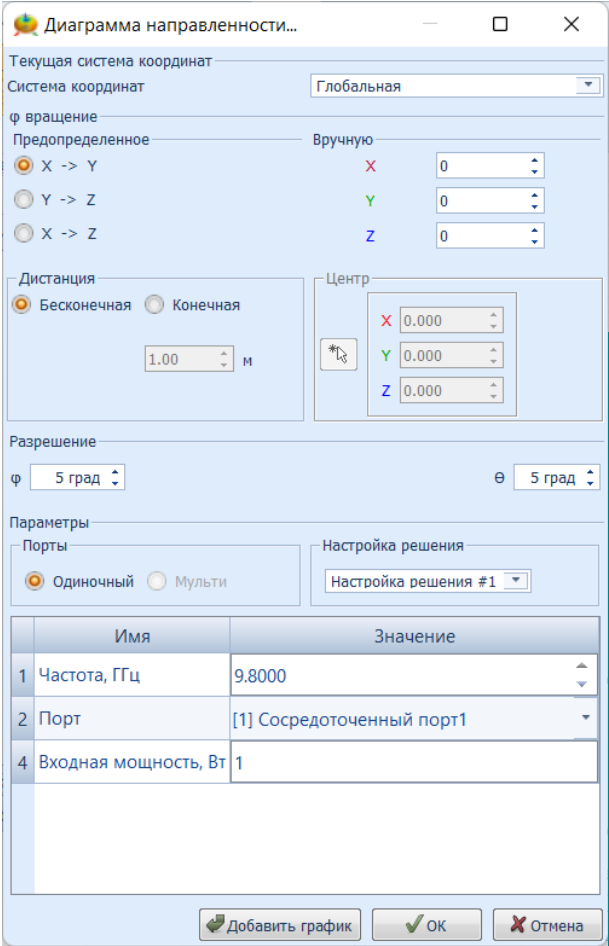
Углы Φ и Θ

По умолчанию, углы поворота обозначены в соответствии со всемирной системой координат, но вы можете изменить их обозначения одним из двух способов:

- a. Используйте [Local coordinate system](#) (Локальную систему координат), определенную ранее в проекте, или
- b. Вручную обозначьте направление для углов поворота Φ и Θ прямо в дереве проекта: узел **Results (Результаты)** > нажмите правой кнопкой мыши **Radiation (Излучение)** > **Radiation Pattern (Диаграмма направленности)**:
 - В поле вращения Φ используйте секцию **Predefined (Заданное)** для изменения направления углов поворота с помощью предварительных настроек
 - Если **Predefined (Заданного)** вращения недостаточно, введите значения градусов в поля **Manual (Вручную)** чтобы повернуть плоскости в желаемое положение



Диалоговое окно «Создать диаграмму направленности»



Направление углов поворота по умолчанию (дипольная антенна)

Диаграмма направленности...

Текущая система координат
Система координат: Глобальная

Ф вращение
Предопределенное: X -> Y, Y -> Z, X -> Z
Вручную: X: 0, Y: 0, Z: 90

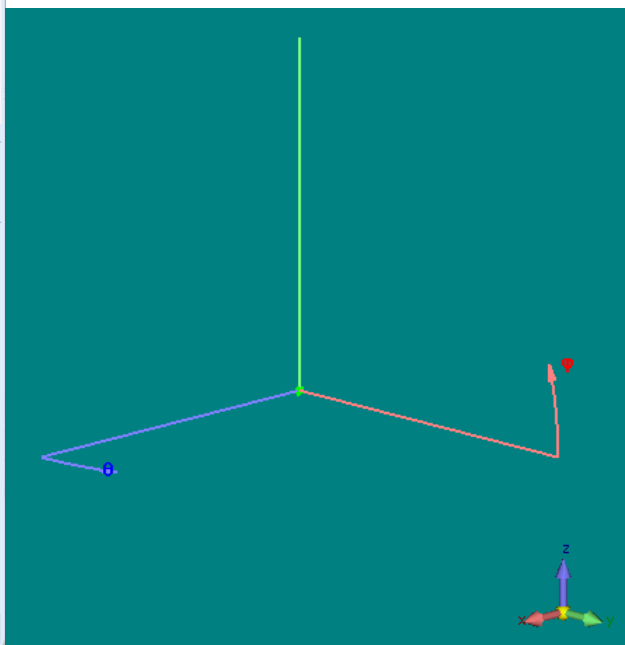
Дистанция: Бесконечная, Конечная: 1.00 м
Центр: X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000

Разрешение
Ф: 5 град, Θ: 5 град

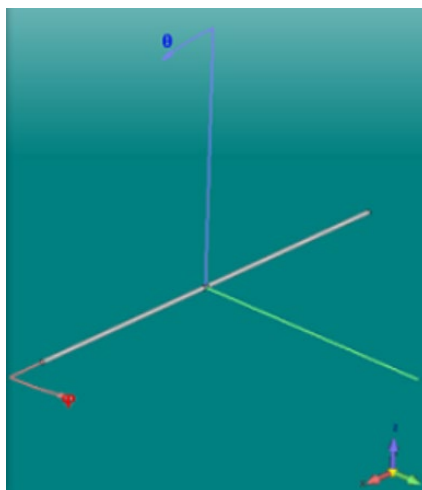
Параметры
Порты: Одиночный, Мульти
Настройка решения: Настройка решения #1

Имя	Значение
1 Частота, ГГц	9.8000
2 Порт	[1] Сосредоточенный порт1
4 Входная мощность, Вт	1

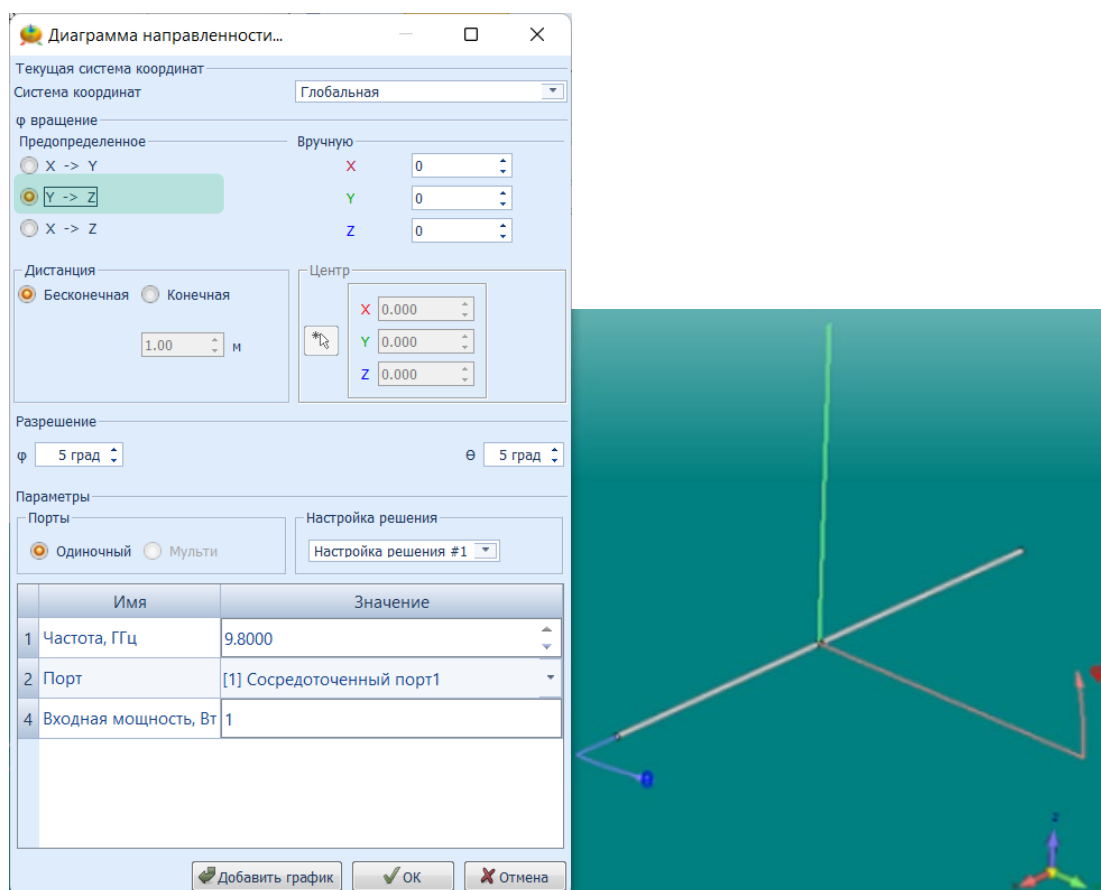
Добавить график, OK, Отмена



Переназначенное направление углов поворота



Направление угла поворота OX по умолчанию (дипольная антенна)

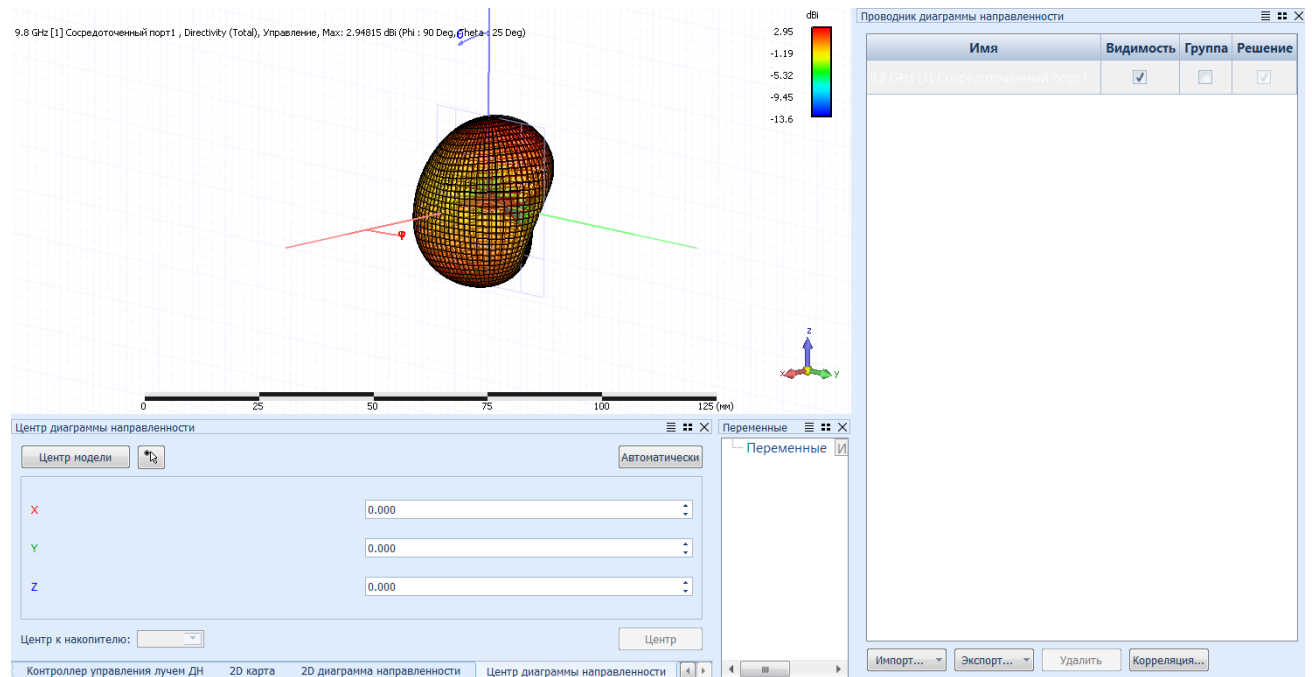


Переназначенное направление углов поворота (дипольная антенна)

7.6.1 Создание 3D-диаграммы направленности

Вы можете сначала создать [control point](#) (контрольную точку), а затем на ее основе выстроить параметры антенны для использования заранее определенных частот и других доступных переменных.

1. Дерево проекта > узел **Results (Результаты)** > нажмите правой кнопкой мыши **Radiation (Излучение)** > **Radiation Pattern (Диаграмма направленности)**.
2. В диалоговом окне **Create Radiation Pattern (Создать диаграмму направленности)** задайте направление для углов вращения Фи и Тета (опционально, см. выше).
3. Установите шаг (в градусах) на бесконечной сфере по углам Фи и Тета в поле **Resolution (Разрешение)** (опционально).
 - Для простых антенн установите разрешение Фи и Тета на 5 градусов.
 - Для [antenna array](#) (антенной решетки) и антенны с высоким коэффициентом усиления установите разрешение Фи и Тета на 1-2 градуса.
4. В поле **Ports (Порты)** выберите **Single** для системы с одним портом, или **Multi** для антенной решетки.
5. В полях **Variables (Переменные)** выберите частоты и порты, и введите значение **Input Power (Входной мощности)**.
6. Нажмите **OK**. Отображаются 3D-диаграмма направленности [control windows](#) (окна управления) для анализа; или
 - Нажмите **Add plot (Добавить график)** чтобы [Plot 3D radiation patterns for different parameters on the same axes](#). (Построить 3D-диаграммы направленности для разных параметров на одних и тех же осях)
7. Используйте контекстное меню, чтобы отформатировать окончательный график или изменить его в режиме реального времени. См. [Format 3D radiation patterns](#) (Форматирование 3D-диаграмм направленности).



Извлеченная 3D-диаграмма направленности и окна управления

7.6.1.1 Построение 3D-диаграммы направленности для различных параметров на одних и тех же осях

1. Узел **Results (Результаты)** > нажмите правой кнопкой мыши на **Radiation (Излучение)** > **Radiation Pattern (Диаграмма направленности)**, или
 - Если вы отследили контрольную точку, извлеките диаграмму направленности из узла **Results (Результаты)** > **Control Point (Контрольная точка)** > нажмите правой кнопкой мыши на отслеживаемую контрольную точку > **Radiation Pattern (Диаграмма направленности)**.
2. В диалоговом окне **Create Radiation Pattern (Создать диаграмму направленности)** установите требуемые значения, выберите набор портов из выпадающего списка **Port Set (Набор портов)** и нажмите **Add plot (Добавить график)**.
3. GAMMA отображает построенную диаграмму направленности, **Radiation Pattern Explorer (Обозреватель диаграмм направленности)** и [control windows](#) (окна управления) для анализа.
4. Вернитесь в диалоговое окно **Create Radiation Pattern (Создать диаграмму направленности)** и выберите другой набор портов из выпадающего списка **Port Set (Набор портов)** и нажмите **Apply (Применить)**.
5. Построенные графики отображаются по тем же осям и в том же масштабе.
 - Если вам нужно построить больше диаграмм направленности – повторите шаг 4.
6. Нажмите **OK** чтобы закрыть диалоговое окно **Create Radiation Pattern (Создать диаграмму направленности)**. Вы можете открыть диалоговое окно и добавить больше графиков: **Results (Результаты)** в дереве проекта > **Radiation (Излучение)** > нажмите правой кнопкой мыши на название извлеченного результата > **Edit (Редактировать)**

! Команда **Edit (Редактировать)** недоступна, если график не отображается. Дважды нажмите на название извлеченного результата, чтобы активировать его.

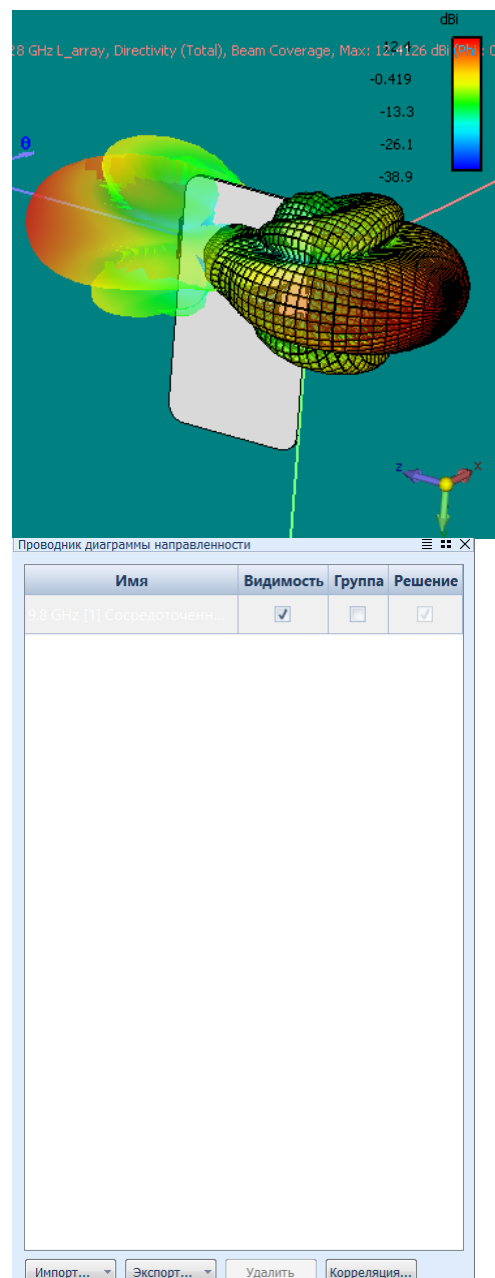
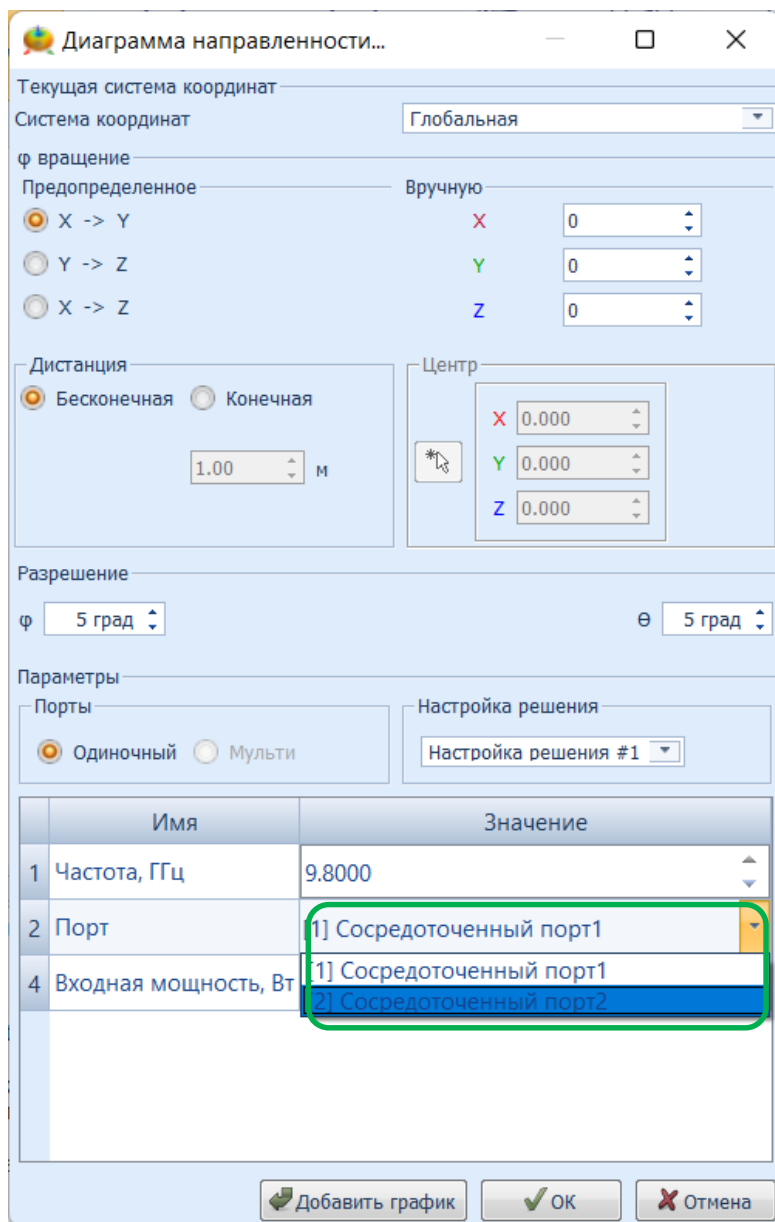
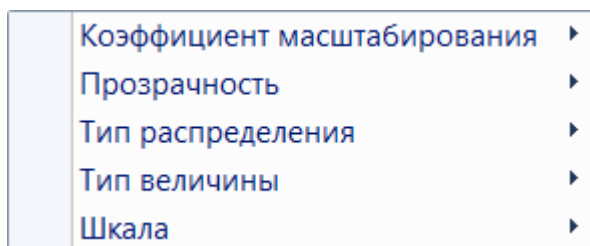


Диаграмма направленности антенной решетки.
Параметры правого и левого массивов нанесены на одни и те же оси.

7.6.1.2 Применение индивидуальных настроек к построенным диаграммам направленности

1. Нажмите правой кнопкой мыши в любом месте в любом месте на построенном графике диаграммы направленности, чтобы открыть его настройки.
2. Следующие настройки могут быть применены к каждому графику в отдельности:
 - Коэффициент масштабирования;
 - Прозрачность;
 - Тип распределения;
 - Тип величины;
 - Шкала.

Остальные настройки применяются ко всем построенным графикам одновременно.



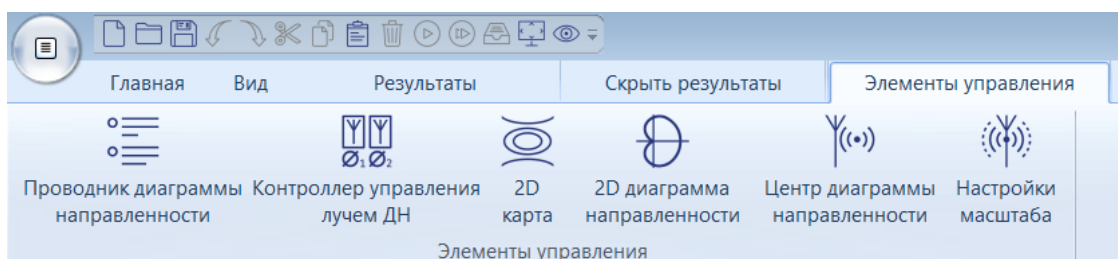
Настройки построения, которые можно применить к каждой диаграмме направленности в отдельности

7.6.2 Окна управления диаграммой направленности

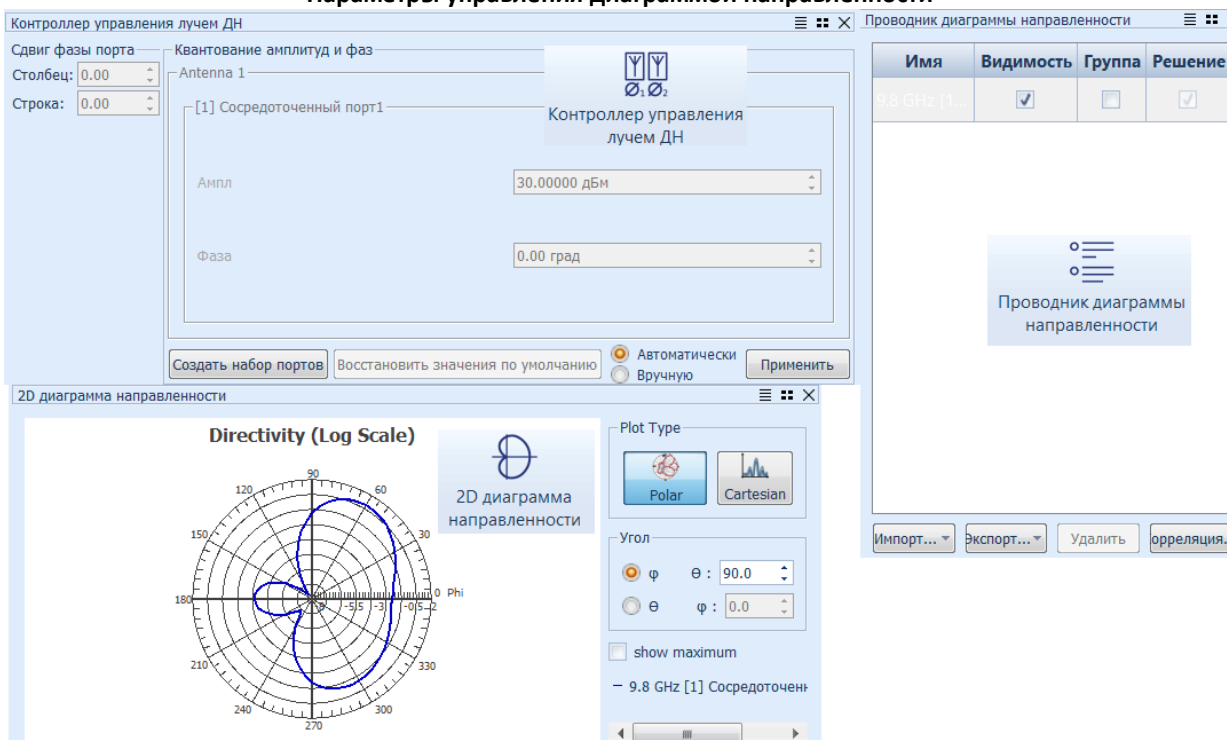
Параметры последующей обработки диаграммы направленности систематизированы в окнах управления:

- Radiation Pattern Explorer (Обозреватель диаграммы направленности)
- Beam Steering Controller (Контроллер управления лучами)
- CDF Analysis (Анализ CDF)
- 2D Map (2D-карта)
- 2D Radiation Pattern (2D-диаграмма направленности)
- Radiation Pattern Center (Центр диаграммы направленности)
- Scale Settings (Настройки масштаба)

- Откройте окна управления на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)** (вкладка становится доступной при создании 3D-диаграммы направленности):



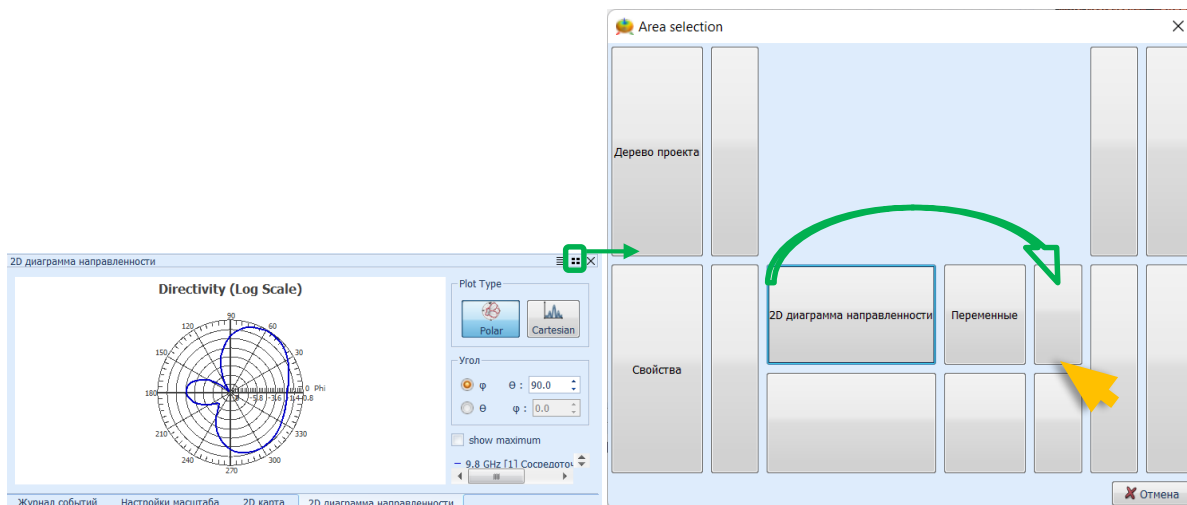
Параметры управления диаграммой направленности



Окна управления диаграммой направленности (расположение по умолчанию)

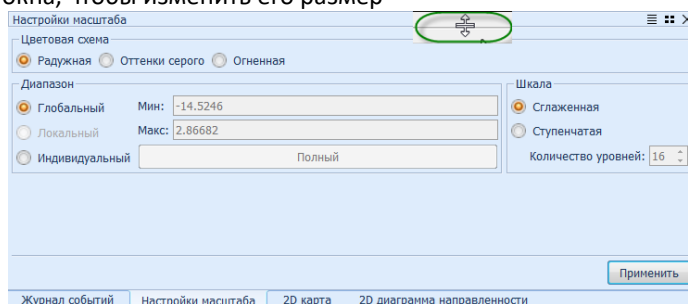
- Измените положение окна управления:

1. Нажмите  на панели заголовка окна, положение которого вам нужно изменить
2. В диалоговом окне **Area Selection (Выбор области)** нажмите на область, чтобы переместить туда выбранное окно управления

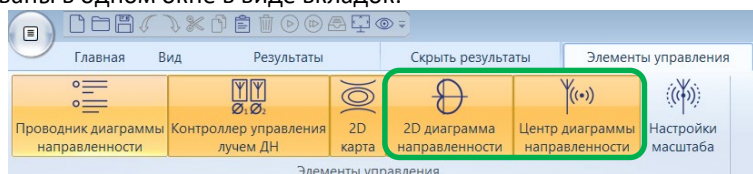


Изменить положение окна управления 2D диаграммой направленности

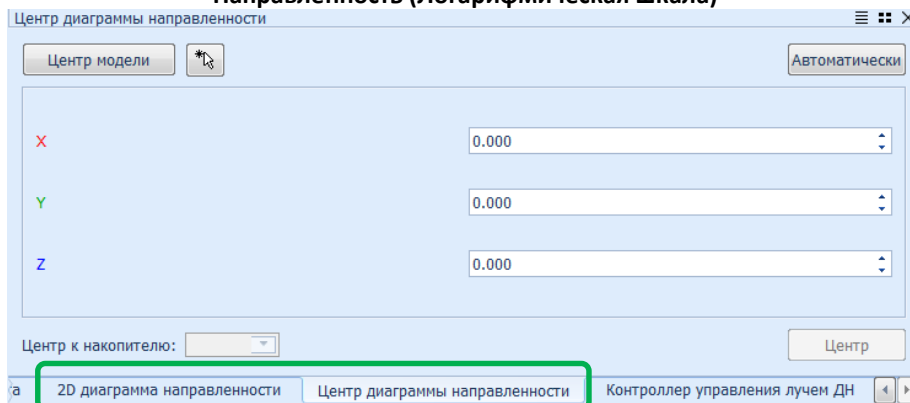
- Изменить размер окон управления
 - Потяните за край окна, чтобы изменить его размер



- Открыть окна управления, сгруппированные в одном окне
 - Рабочее пространство ограничено, поэтому некоторые из активированных окон управления сгруппированы в одном окне в виде вкладок:



Направленность (Логарифмическая шкала)

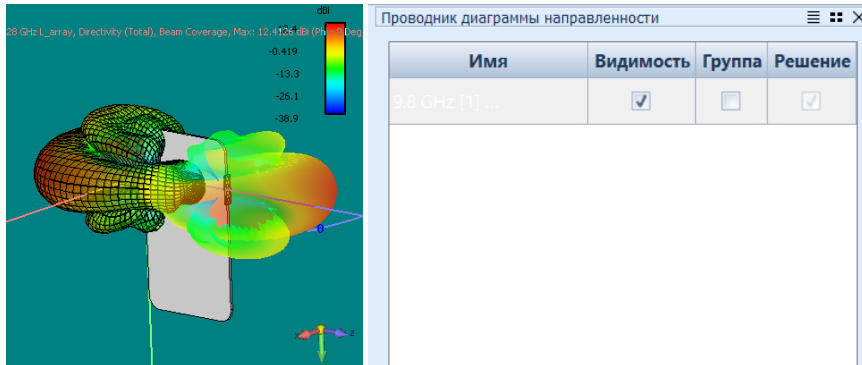


Нажмите на вкладку, чтобы открыть соответствующее окно управления

7.6.2.1 Обзоратель диаграммы направленности

Откройте окно управления **Radiation Pattern Explorer (Обзоратель диаграммы направленности)** на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)**.

! В других окнах управления отображается диаграмма направленности выбранная в **Radiation Pattern Explorer (Обзорателе диаграммы направленности)**



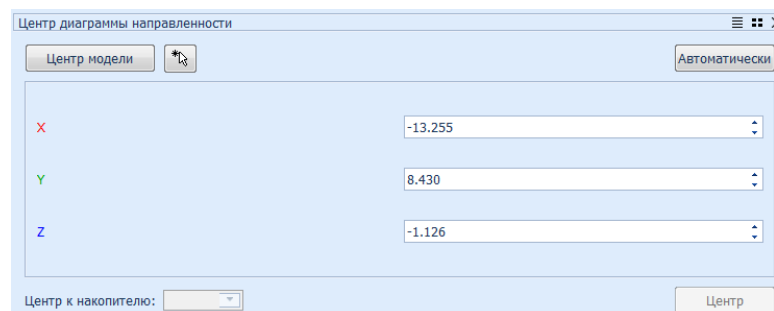
L_array (Левый массив), выбранный в Обзорателе диаграммы направленности
В 3D Viewer выбранная диаграмма выделена сеткой

- Элементы управления обзорателем диаграммы направленности:
 - Поле **Visible (Видимый)** – скрывает/показывает диаграмму направленности
 - Поле **Group (Группа)** – включает групповое покрытие
 - Поле **Simulation (Моделирование)** отображает статус графика (☒ смоделированный/ ☐ измеренный)
 - Целевая ЭИИМ (Эффективная Изотропная Излучаемая Мощность)
 - Целевая EIS (Эффективная изотропная чувствительность)
 - **Import (Импорт)** – загружает файл данных с измеренной диаграммой направленности в GAMMA.
 - **Text format (Текстовый формат)** – Импортируйте файл в текстовом формате (разделенный табуляцией). См. [Import measured data](#) (импортировать измеренные данные).
 - **Binary format (Бинарный формат)**
 - Экспорт
 - **Remove (удалить)** – удаляет импортированные данные
 - Соотношение

7.6.2.2 Центрирование диаграммы направленности

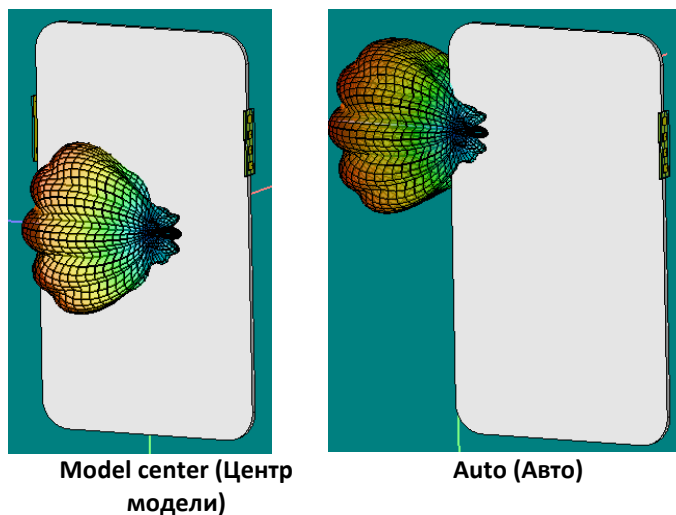
Откройте окно управления **Radiation Pattern Center (Центрирование диаграммы направленности)** на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)**:

! Центрирует диаграмму направленности, выбранную в **Radiation Pattern Explorer (Обзорателе диаграмм направленности)**



- Элементы управления **Radiation Pattern Center (Центрированием диаграммы направленности)**:
 - **Model center (Центр модели)** – помещает диаграмму направленности в центре модели
 - **Auto (Авто)** - GAMMA автоматически вычисляет центр в зависимости от условий намагничивания порта.

- **Center to storage (Центрировать по хранилищу)** – приводит к совпадению двух диаграмм направленности
 1. Выберите диаграмму направленности в **Radiation Pattern Explorer (Обозреватель диаграмм направленности)** (например, импортированную измеренную диаграмму направленности).
 2. В центре диаграммы направленности выберите из выпадающего списка хранилище (например, смоделированную диаграмму).
 3. Нажмите **Center (Центрировать)**.



7.6.2.3 Контроллер управления лучом

Это инструмент для регулирования и проектирования лучей. Откройте окно **Beam Steering Controller (Контроллер управления лучом)** на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)**.

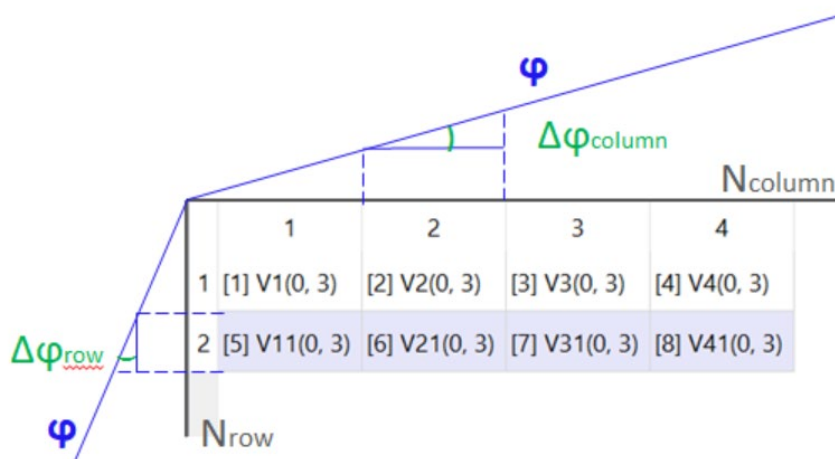
! Включает управление лучом для диаграммы направленности в **Radiation Pattern Explorer (Обозреватель диаграмм направленности)**

В контроллере управления лучом есть два режима синтеза диаграммы направленности:

1. Аналоговый режим. См. [Steering Mode](#) (Режим управления)
2. Режим формирования луча. См. [Beam Mode](#) (Режим луча)

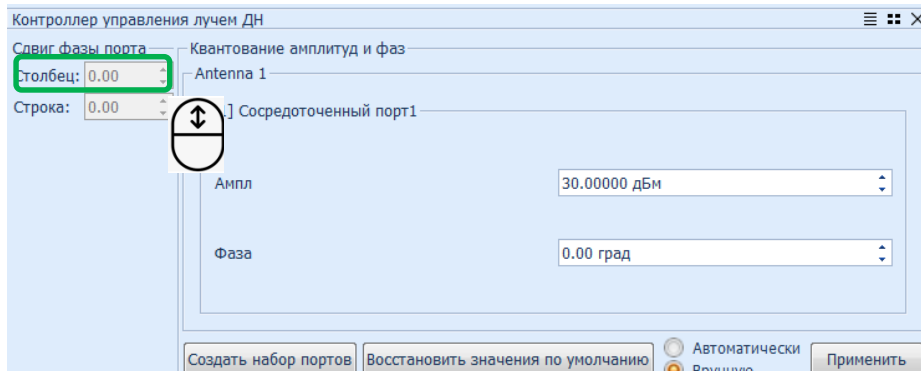
7.6.2.3.1 Режим управления

Аналоговый режим для синтеза диаграммы направленности. Режим ручного управления позволяет вручную установить сдвиг фазы (между соседними портами в колонках и рядах [Define Antenna Array](#) (Определить антенную решетку; см. рисунок ниже)

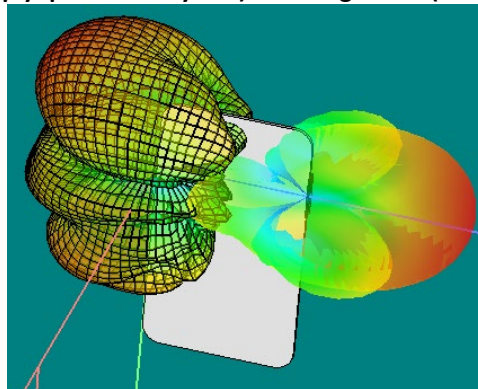


Различие между фазами соседних портов в таблице **Define Antenna Array** (Определить антенную решетку)

1. В **Beam Steering Controller (Контроллере управления лучом)** выберите **Steering (Управление)** из выпадающего меню **Mode (Режим)**.
2. В разделе **Port phase offset (Смещение фазы порта)** прокрутите значение **column (колонки)** вверх/вниз (от 360° до -360°) чтобы посмотреть изменения в режиме реального времени.
3. График диаграммы направленности и график CDF изменяются одновременно в режиме реального времени.



Beam Steering Controller (Контроллер управления лучом): Steering Mode (Режим управления)



Измененная 3D-диаграмма направленности и график CDF

7.6.2.4 2D-карта

Откройте окно управления **2D Map (2D-карта)** на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)**.

! 2D-карта – это развернутая версия диаграммы направленности, поэтому 2D-карта отображается для диаграммы направленности, выбранной в **Radiation Pattern Explorer (Обозревателе диаграммы направленности)**.

- Если функция **Show Local beam (Показать локальный луч)** доступна в режиме **Coverage (Покрывтие)** – 2D-карта соответствует выбранному локальному лучу.
- Если функция **Show Local beam (Показать локальный луч)** не доступна - 2D-карта соответствует диаграмме огибающей.

7.6.2.4.1 Форматирование 2D-карты

Чтобы настроить ось изображения и параметры визуализации, нажмите правой кнопкой мыши в любом месте изображения 2D-карты, чтобы открыть контекстное меню:

- > **Export map (Экспортировать карту)** – сохранить изображение в различных форматах (включая текстовый и графический)
- > **Copy to clipboard (Скопировать в буфер обмена)** – сохранить изображение в буфер обмена Windows
- > **Invert Y axis (Инвертировать ось Y)** – изменить направление оси Тета
- > **Switch Color scale axis side (Переместить ось цветовой шкалы)** – переместить колонку с диапазоном масштаба влево/вправо в окне 2D-карты
- > **Switch X axis side (Переместить ось X)** – переместить ось X вверх/вниз
- > **Switch Y axis side (Переместить ось Y)** – переместить ось Y влево/вправо

- > **Tracking (Отслеживание)**
- > **Clear Markers List (Очистить список маркеров)**

7.6.2.5 2D-диаграмма направленности

Откройте окно управления **2D Radiation Pattern (2D-диаграммой направленности)** на вкладке **Radiation Pattern Controls (Элементы управления диаграммой направленности)**.

! 2D-График строится по параметрам, указанным для 3D-диаграмм, выбранных в **Radiation Pattern Explorer (Обозревателе диаграммы направленности)**.

- ✓ Откройте [3D pattern's context menu](#) (контекстное меню 3D-диаграммы направленности) чтобы при необходимости изменить тип распределения (реализованное усиление, направленность, ЭИИМ и т. д.) 2D-диаграммы направленности.
- ✓ Если вы в режиме **Beam (Луча)** (См. [Beam Steering Controller \(Контроллер управления лучом\)](#))
 - **Local Beam (Локальный луч)**, галочка в поле **Show (Показать)** не поставлена – 2D-график отображает огибающую.
 - **Local Beam (Локальный луч)**, галочка в поле **Show (Показать)** поставлена и луч выбран из списка – 2D-график отображает локальный луч.
- Элементы управления **2D Radiation Pattern (2D-диаграммой направленности)**
 - **Plot Type (Тип графика):**
 - Полярная система координат
 - Декартова система координат
 - Переключатели **(Angle) угла наклона:**
 - Выберите переключатели φ или θ чтобы задать основной аргумент (переменная угловая координата)
 - Установите значения угла φ / θ для вторичного аргумента. Значение вторичного θ должно быть больше 0. Например, чтобы отобразить срез направления усиления в плоскости XOY, установите значение θ равным 90 градусам.
 - Галочка **Show maximum (Показывать максимальное значение)** – включает отображение максимального значения на графике
 - Откройте контекстное меню 2D-графика > **Trace (Трассировка)** чтобы отследить значение наклона угла. См. [Format plots](#) (Форматирование графиков), [Set marker points](#) (Установка маркерных точек).



2D-график диаграммы направленности, тип направленности, угол Фи

7.6.2.5.1 Построение 2D-диаграмм направленности для различных параметров на одних и тех же осях

См. [Plot 3D radiation patterns for different parameters on the same axes](#) (Построение 3D-диаграмм направленности для различных параметров на одних и тех же осях)

Откройте контрольное окно **2D Radiation Pattern (2D-диаграммы направленности)** чтобы отобразить 2D-кривые, построенные на одних и тех же осях.



2D-кривые для различных параметров, нанесенные на одни и те же оси

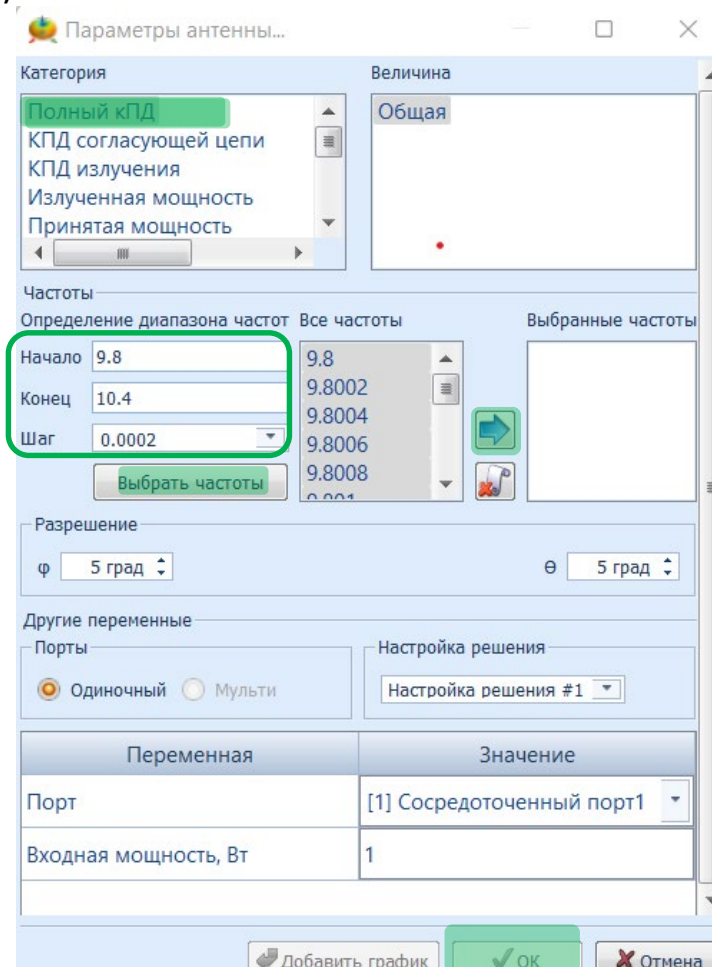
7.6.2.6 Настройки масштаба

Это окно управления позволяет лучше представить диаграммы направленности. См. [Scale Settings Dialog](#) (Диалоговое окно «Настройки масштаба»).

7.6.3 Создание графика параметров антенны

1. Дерево проекта > узел **Results (Результаты)** > нажмите правой кнопкой мыши **Radiation (Излучение)** > **Antenna Parameters Plot (График параметров антенны)**.
2. Отобразится диалоговое окно **Create Antenna Parameters Plot (Создание графика параметров антенны)**.
3. Выберите параметр антенны для построения из списка **Category (Категория)**. Параметры можно разделить на две группы:
 - I. Интегральные параметры, связанные с излучением:
 - **Total Efficiency (Общая эффективность)** – отношение общей излучаемой мощности ко входной мощности
 - **Feeding Network Efficiency (Эффективность питающей сети)**
 - **Radiation Efficiency (Эффективность излучения)** – отношение излучаемой мощности к принятой мощности
 - **Radiated Power (Излучаемая мощность)** – усредненная по времени мощность (в ваттах) выходящая из излучающей антенной структуры через границу излучения
 - **Accepted Power (Принятая мощность)** – усредненная по времени мощность (в ваттах) поступающая в излучающую антенную конструкцию через один или несколько портов. Для выбранного порта при определении переменной порта (См. шаг 8 для данной процедуры) $P_{acc} = P_{inp} (1 - |S_{ii}|^2)$ где S_{ii} диагональный компонент матрицы рассеивания.
 - II. Параметры, связанные с распространением:
 - **Peak Directivity (Пиковая направленность)** – максимальная направленность по всем заданным пользователем направлениям бесконечной сферы дальнего поля.
 - **Peak Gain (Пиковое усиление)** – максимальное усиление по всем заданным пользователем направлениям бесконечной сферы дальнего поля.
 - **Peak Realized Gain (Максимальное реализованное усиление)** – максимальное реализованное усиление по всем заданным пользователем направлениям бесконечной сферы дальнего поля.
 - **Max U** – интенсивность излучения, U представляет собой мощность, излучаемую антенной на единицу телесного угла. Интенсивность излучения рассчитывается в том направлении, в котором она имеет максимальное значение.
 - **rE** – выбранная составляющая излучаемого электрического поля, которая умножается на радиальное расстояние, r.
 - **Polarization Ratio (Коэффициент поляризации)** – точность ориентации вектора электрического поля.
4. Выберите компонент для описания состояния поляризации излучаемого поля из списка **Quantity (Количество)**.
5. Укажите распределение по частотному диапазону. Рекомендуется увеличить значение **Step (Шаг)**, чтобы ускорить вычисление. Например, от 0.001 до 0.01.

- Нажмите **Correct (Исправить)** чтобы применить выбранный **Step (Шаг)** к списку **All Frequencies (Все частоты)** по умолчанию.
 - В списке **All Frequencies (Все частоты)** выберите частоты для построения графика.
 - Переместите установленные частоты в поле **Selected Frequencies (Выбранные частоты)** нажав на кнопку со стрелкой.
 - Выбранные частоты – это точки, которые будут нанесены на график.
 - Нажмите , чтобы удалить выбранные частоты.
6. Укажите размер шага на бесконечной сфере с помощью углов Фи и Тета. Настройка **Resolution (Разрешения)** важна только для параметров, связанных с распределением.
- **Phi resolution (Разрешение Фи)** – задает количество углов, для которых будет рассчитан целевой параметр. Значения Фи равны от 0 до 360 градусов.
 - **Theta resolution (Разрешение Тета)** – установите количество углов, для которых будет рассчитан целевой параметр. Значения Тета равны от 0 до 180 градусов.
7. В полях **Other Variables (Другие переменные)** выберите порты и введите значение **Input Power (Входной мощности)**. Нажмите **ОК**.



Расчет общей эффективности настройки

8. График общей эффективности рассчитывается в течение приемлемого времени и показывает параметры антенны по всему частотному диапазону.
9. Отформатируйте окончательный график в контекстном меню. См. [Format plots](#) (Форматирование графиков). Нажмите правой кнопкой мыши на график > **Series Type (Тип серии)** > ... Для графиков излучаемой мощности рекомендуется выбрать единицы измерения **dBm (дБм)**, для графиков **Total/Radiation Efficiency (Общей эффективности/излучения)** – **dB (дБ)(10log)** or %.

7.6.4 Расчет параметров антенны

Эта опция результата позволяет рассчитать параметры антенны для одного набора переменных, включая заданную частоту. Рекомендуется сначала создать [control point](#) (контрольную точку).

1. Дерево проекта > нажмите правой кнопкой мыши на отслеживаемую контрольную точку > **Calculate Antenna Parameters (Рассчитать параметры антенны)**.
2. Отобразится диалоговое окно **Antenna Parameters (Параметры антенны)**;
3. Выберите **Output Parameters (Выходные параметры)** для расчета (См. [Create antenna parameters plot](#) (Создание графика параметров антенны)). Нажмите на **All Parameters (Все параметры)** чтобы рассчитать все параметры в расчетной точке.
 - **TRP** - Total Radiated Power (Общая излучаемая мощность) равна излучаемой мощности по шкале dBm.
 - **TIS** - Total Isotropic Sensitivity (Общая изотопная чувствительность) – это отношение мощности чувствительности приемника к общей эффективности.
 - **Max U Direction (Направление максимальной U)** – интенсивность излучения, U, представляет собой мощность, излучаемую антенной на единицу телесного угла. Интенсивность излучения рассчитывается в том направлении, в котором она имеет максимальное значение.
4. Нажмите **Calculate (Рассчитать)** и просмотрите результаты.
5. Нажмите **Save (Сохранить)** чтобы сохранить результаты в дереве проекта.
6. Нажмите **Clipboard (Буфер обмена)** чтобы сохранить результаты в виде форматированного текста.

7.6.5 Создание графика производительности сектора антенны

1. Дерево проекта > узел **Results (Результаты)** > нажмите правой кнопкой мыши на **Radiation (Излучение)** > **Antenna Sector Performance Plot (График характеристик сектора антенны)**.
2. Отобразится диалоговое окно **Create Antenna Sector Performance Plot (Создать график характеристик сектора антенны)**.
3. Выберите параметры для отображения в поле **Category (Категория)**.
 - **Gain (Усиление)**
 - **Realized Gain (Реализованное усиление)**
 - **EIRP (ЭИИМ – Эффективная Изотропная Излучаемая Мощность)**
4. Установите частоты вычислений:
 - Установите приемлемый **Step (Шаг)** (очень маленький шаг увеличивает время вычисления).
 - Нажмите **Select Frequencies (Выбрать частоты)**, чтобы применить выбранный **Step (Шаг)** к списку **All Frequencies (Все частоты)** по умолчанию.
 - В списке **All Frequencies (Все частоты)** выберите частоты для построения графика.
 - Переместите установленные частоты в поле **Selected Frequencies (Выбранные частоты)** нажав кнопку со стрелкой.
 - Выбранные частоты – это точки, которые будут нанесены на график.
 - Нажмите , чтобы удалить выбранные частоты.
5. Установите разрешение **Sector (Сектора)** в градусах для углов **Phi** и **Theta**.
6. Выберите **Ports (Порты)**.
7. **Add Plot (Добавить график)** – нажмите, чтобы отобразить смоделированный результат.
8. **Add Measured Plot (Добавить измеренный график)** – нажмите, чтобы загрузить файл измеренных данных, если вам нужно сравнить смоделированный и измеренный результаты.
 - В диалоговом окне **Import Info (Импорт информации)** нажмите **Open (Открыть)** в поле **Measured data file (Файл измеренных данных)**.
 - Найдите и откройте файл данных .txt. См. [Import measured data](#) (Импорт измеренных данных)
 - В разделе **Import Info (Информация об импорте)**, при необходимости измените предварительно установленные значения сектора и нажмите **Import (Импорт)**.
9. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно **Create Antenna Sector Performance Plot (Создать график характеристик сектора антенны)**.

Создать график производительности сектора антенны

Показатели антенны в секторе...

Категория

Gain
Realized Gain
EIRP

Частоты

Определение диапазона частот

Начало 1

Конец 3.5

Шаг 0.001

Выбрать частоты

Все частоты

1.001
1.002
1.003
1.004
1.005

Выбранные частоты

1.001
1.002
1.003

Сектор

Δφ: 5 град

Δθ: 5 град

Phi: 0.00 deg - 360.00 deg

Theta: 0.00 deg - 180.00 deg

Настройка решения

Настройка решения #1

Порты

Все порты

[1] Коаксиальный волновой порт
НаборПортов1

Выбранные порты

Другие переменные

Переменная	Значение
Input Power, W	1

Добавить график измерения

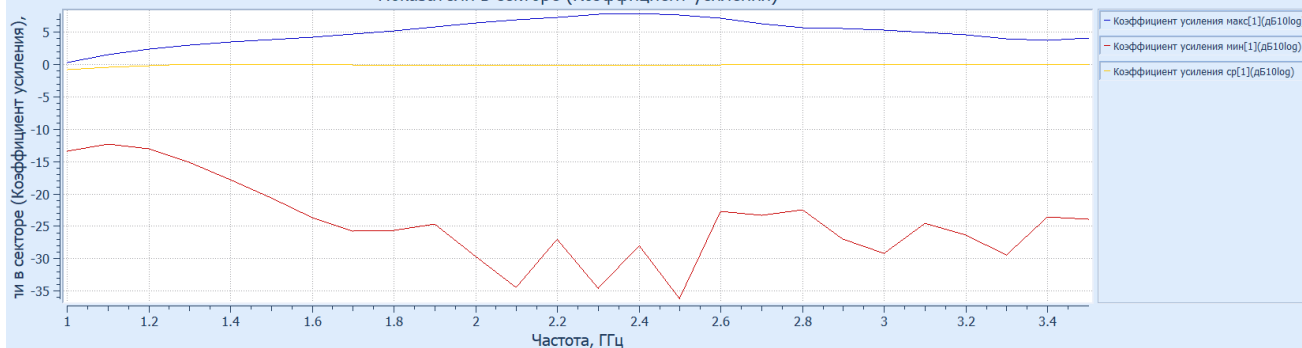
Добавить график

OK

Отмена

Производительность сектора (Реализованное усиление)

Показатели в секторе (Коэффициент усиления)



Добавить график: нанесен смоделированный результат

Показатели в секторе (Коэффициент усиления)



Добавить измеренный график: Измеренный результат нанесен на те же оси, что и смоделированный результат

7.6.6 Создание графика RSE

7.6.7 Вычисление ECC

GAMMA использует следующее выражение взаимной корреляции огибающей:

$$\rho_e = \frac{(\oint (XPR E_{\theta X}(\Omega) E_{\theta Y}^*(\Omega) P_{\theta}(\Omega) + E_{\phi X}(\Omega) E_{\phi Y}^*(\Omega) P_{\phi}(\Omega)) d\Omega)^2}{\oint (XPR G_{\theta X}(\Omega) P_{\theta}(\Omega) + G_{\phi X}(\Omega) P_{\phi}(\Omega)) d\Omega \cdot \oint (XPR G_{\theta Y}(\Omega) P_{\theta}(\Omega) + G_{\phi Y}(\Omega) P_{\phi}(\Omega)) d\Omega}$$

Где

$$\Omega = (\theta, \phi)$$

$$G_{\theta} = E_{\theta}(\Omega) E_{\theta}^*(\Omega)$$

$E_{\theta X}$ и $E_{\theta Y}$ - комплексные диаграммы направленности с Тета-поляризацией антенны X и антенны Y в системе разнесения

$$d\Omega = \sin\theta d\phi d\theta$$

$P_{\theta}(\Omega)$ и $P_{\phi}(\Omega)$ представляют спектр падающей мощности для обеих поляризаций

$$XPR = \frac{P_v}{P_H}$$

отношение перекрестной полярной дискриминации средней по времени мощности по вертикали

(θ) к средней по времени мощности по горизонтали (ϕ)

Для вычисления ECC:

1. **Results (Результаты)** в дереве проекта > правой кнопкой мыши нажмите на узел **Radiation (Излучение)** > **Calculate ECC (Вычислить ECC)**.
2. Отобразится диалоговое окно **ECC Parameters (Параметров ECC)**:

Расчет ECC...

Настройка решения

Настройка решения #1

Тип расчета

☐ Равномерный

☒ Гауссов

Дополнительный поворот

Ось X 0

Ось Y 0

Ось Z 0

Нажмите, чтобы просмотреть распределение гаусса

Параметры

	Имя	Значение
1	Частота, ГГц	1.000
2	Порт 1	[1] Коаксиальный волновой порт1
3	Порт 2	[1] Коаксиальный волновой порт1
4	φ разрешение	180
5	Θ разрешение	90
6	mφ, deg	0
7	mΘ, deg	0
8	σφ, град	60
9	σΘ, град	40
10	XPR	2

Рассчитать ECC:

Скопировать в буфер обмена Сохранить Заккрыть

Диалоговое окно параметров ECC

3. Если применимо, выберите настройки разрешений.
4. Выберите **Calculation type (Тип вычисления)**:
 - **Uniform (Равномерный)** – выберите опцию, при котором все точки выборки равновероятны.
 - **Gaussian (Гауссов)** – выберите опцию для вещественнозначных случайных величин, распределения которых неизвестны.
 - Установите **Additional rotation (Дополнительный поворот)** чтобы настроить оси модели для гауссова распределения.
5. Вы можете **Press to view Gaussian distribution (Нажать, чтоб просмотреть формулу гауссова распределения)**.
 - P_θ and $P_\phi = 1$ для **Uniform (Равномерного)** вычисления и рассчитываются по формуле для гауссова расчета)
6. Установите **Parameters (Параметры)** для равномерного/гауссова вычисления:
 - Вы можете сохранить значения по умолчанию для ϕ и разрешения θ
 - Укажите XPR и P в диалоговом окне
 - Остальные параметры рассчитываются автоматически по формуле
7. Нажмите **Calculate (Рассчитать)**. Рассчитанное значение отображается в текстовом поле **ECC**.
8. Нажмите **Save (Сохранить)** чтобы сохранить результаты в дереве проекта.
 - Нажмите **Clipboard (Буфер обмена)**, чтобы сохранить результаты в виде форматированного текста.

7.7 Антенная решетка

Инструмент анализа производительности массива для анализа комбинированной производительности с несколькими антеннами.

Метод моделирования антенной решетки:

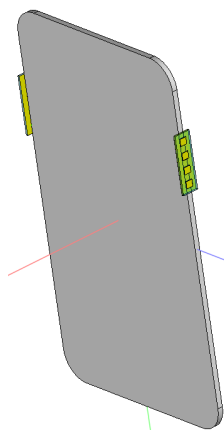
- Каждый порт массива включается один за другим в процессе моделирования, а все остальные порты действуют как нагрузки 50 Ом. Это позволяет вычислять любую величину поля в ближней или дальней зоне массива как суперпозицию полей, рассчитанных для всех портов независимо относительно мощности каждого порта и фазового сдвига.
- После завершения моделирования любое ближнее поле (электронное поле, мощность) или дальнее поле (диаграмма направленности) может быть рассчитано на основе заданных величин и фаз на портах (по 2 порта на каждый элемент антенны в решетке для анализа поляризации V и H).

В этой главе объясняется, как использовать результаты моделирования антенной решетки для установки значений амплитуды и фазы и моделирования измененной диаграммы направленности. Рабочий процесс выглядит следующим образом:

1. Смоделируйте антенную решетку.
2. [Create port array](#) (Создайте многопортовой набор).
3. [Set radiation pattern parameters](#) (Установите параметры диаграммы направленности).
4. Оптимизируйте многолучевую диаграмму направленности для повышения передачи сигналов 5G. См. [Radiation Pattern Control Windows](#) (Окна управления диаграммой направленности)
5. [Analyze combined multi-module performance](#) (Проанализируйте комбинированную многомодульную производительность)

7.7.1 Создание многопортового набора

После моделирования для анализа антенной решетки вам нужно выбрать порты, которые питают антенны, и расположить их в массиве портов. Вы можете управлять выбранными портами. Невыбранные порты выключены (0 Вт).

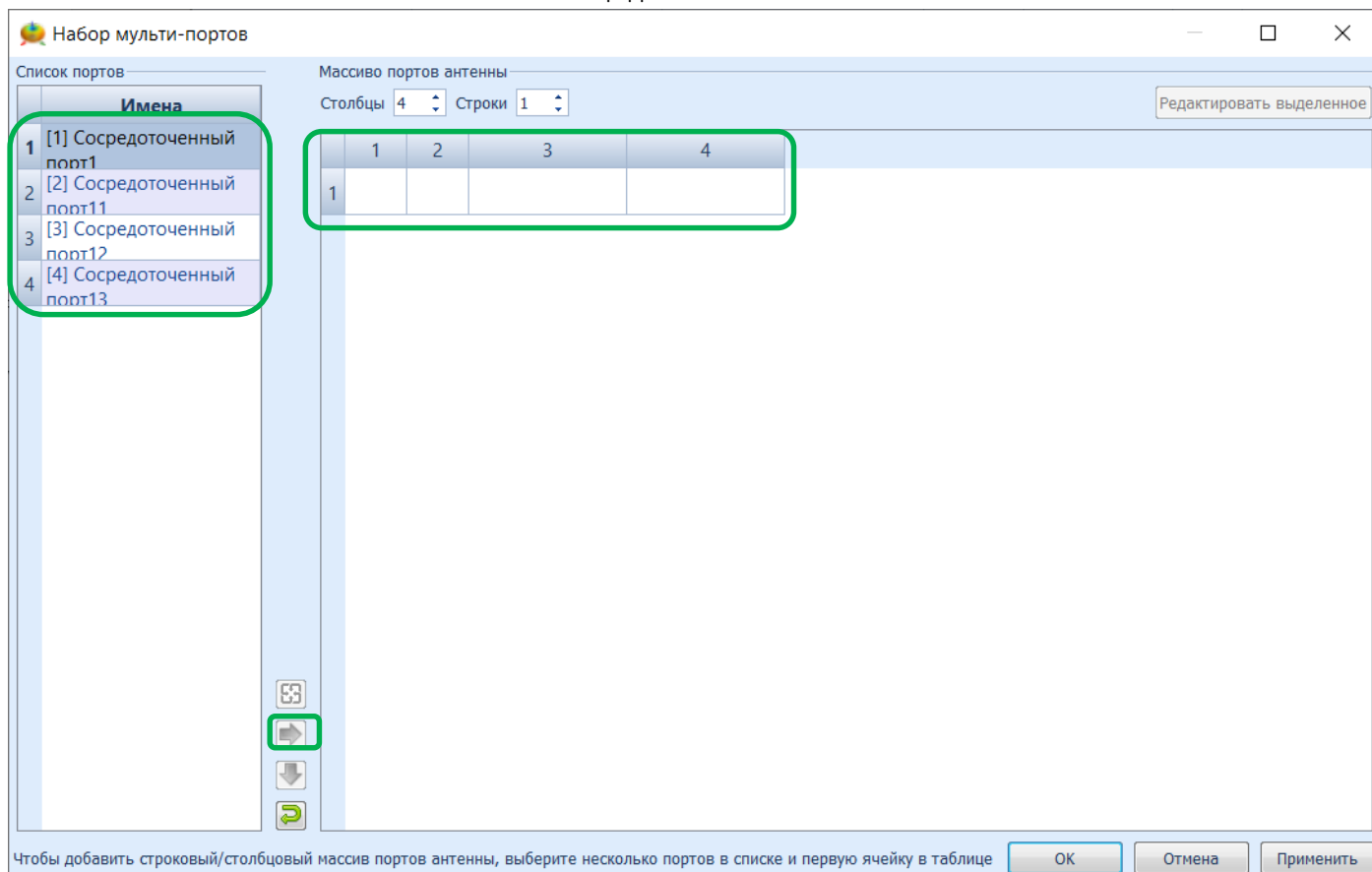


Левый и правый антенные модули включают в себя по 1x4 антенной решетки каждая

Определите порты (подмассив), необходимые вам для анализа:

1. Вкладка **Post Processing (Постобработка) > Create Multi-Port set (Создать многопортовой набор)**.
2. Появится диалоговое окно **Define Antenna Array (Определение антенной решетки)** со списком рассчитанных портов.
3. Укажите подмассив в таблице **Antenna port array (Массив антенных портов)**:
 - 1) Элементы управления **Antenna port array (Массивом антенных портов)**: установите количество **Columns/Rows (Колонок/Строк)** в соответствии с количеством портов NxM матрицы массива.
 - 2) Нажмите на ячейку # 1, где начинается массив.
 - 3) **Port list (Список портов)**: выберите N из рассчитанных портов. Множественный выбор доступен с помощью клавиш **Ctrl** или **Shift**.
 - 4) Нажмите на кнопку со стрелкой, чтобы добавить выбранные порты в таблицу.
 - 5) В диалоговом окне **Setting up phase shift (Настройка сдвига по фазе)** установите амплитуду /фазу для всех портов и нажмите **set (установить)**, затем нажмите **ОК**.
 - 6) Повторите шаги 2)-5) для следующих M строк.

- Все ячейки в таблице должны быть заполнены.



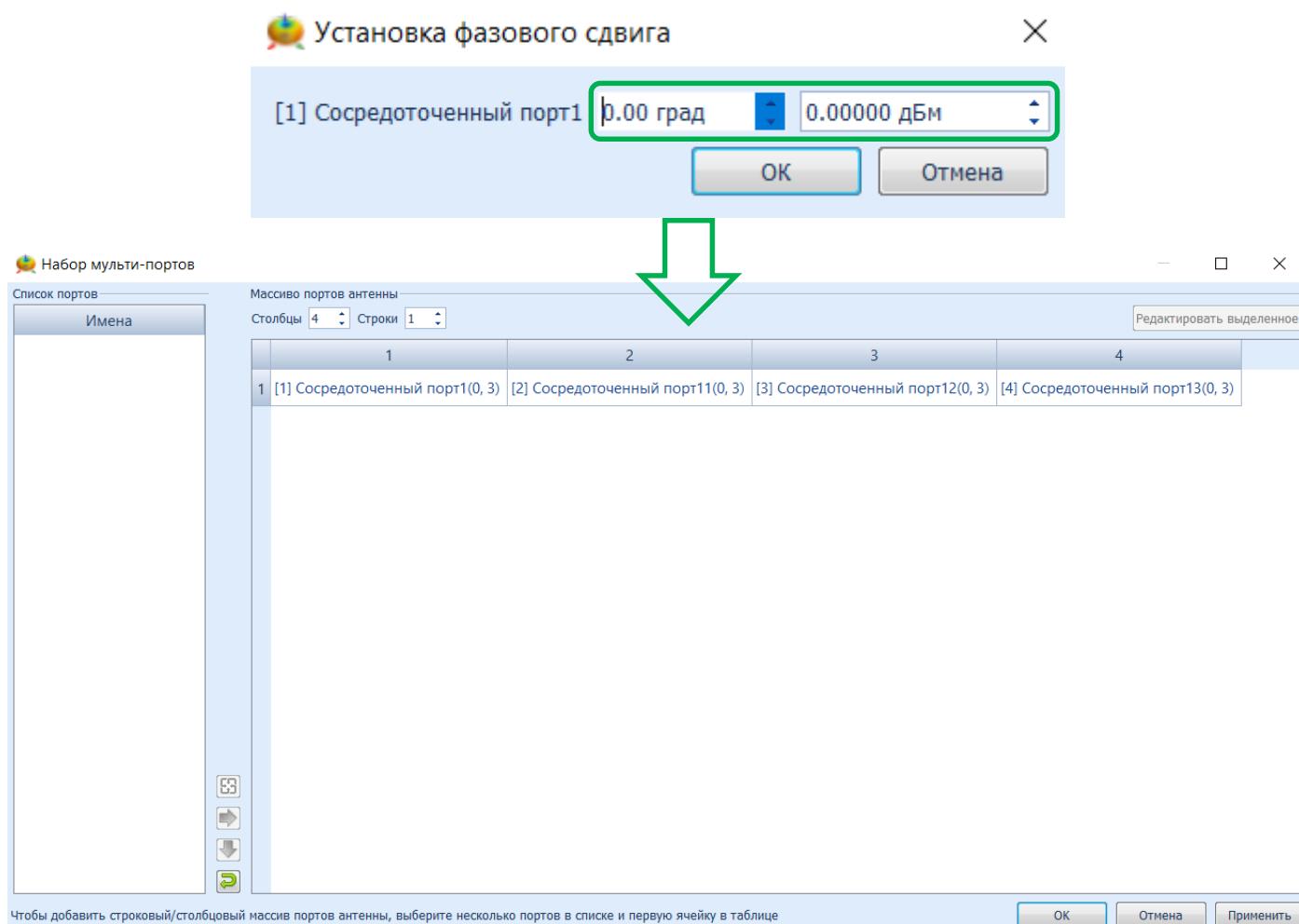
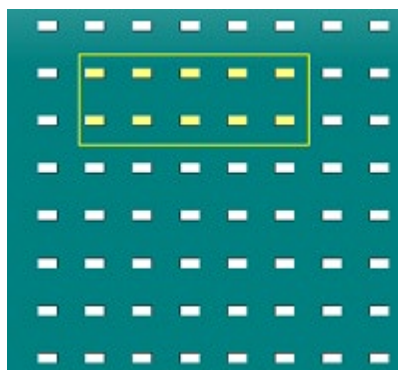


Таблица матриц антенных портов: антенная матрица 1x4

- Нажмите **OK** в диалоговом окне **Define Antenna Array (Определение антенной решетки)**.
- Созданный набор портов указан в дереве проекта: **Conditions (Условия) > Excitations (Намагничивания) > Multi-Port Sets (Многопортовые наборы)**.



Подмассив выбранных портов: 5 колонок и 2 строки

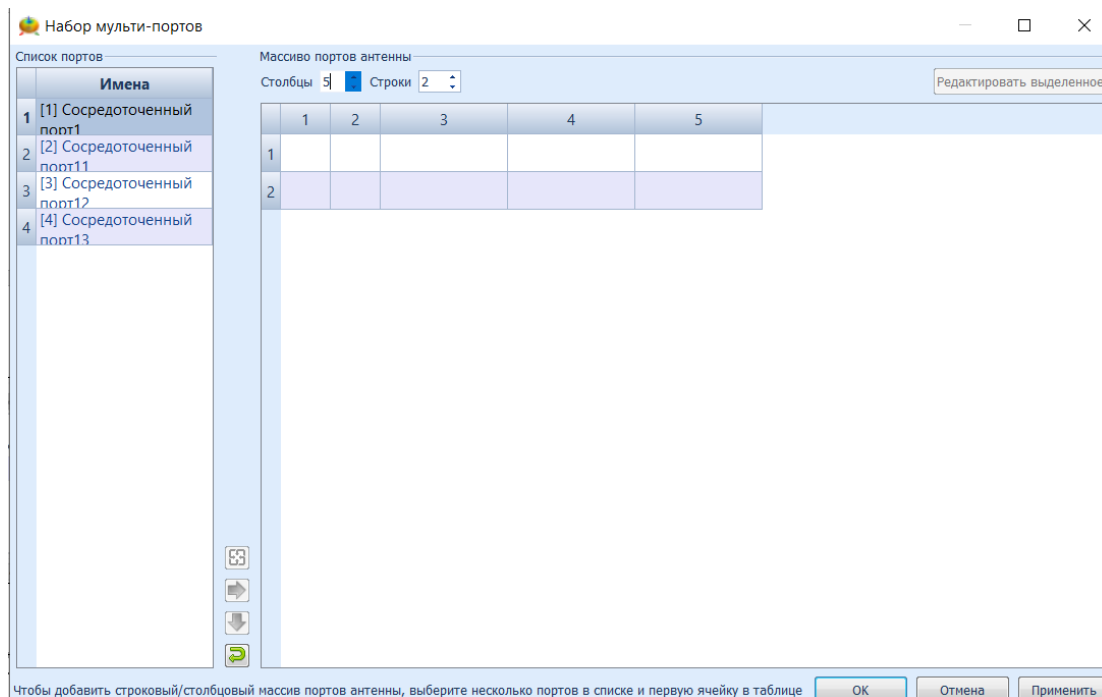
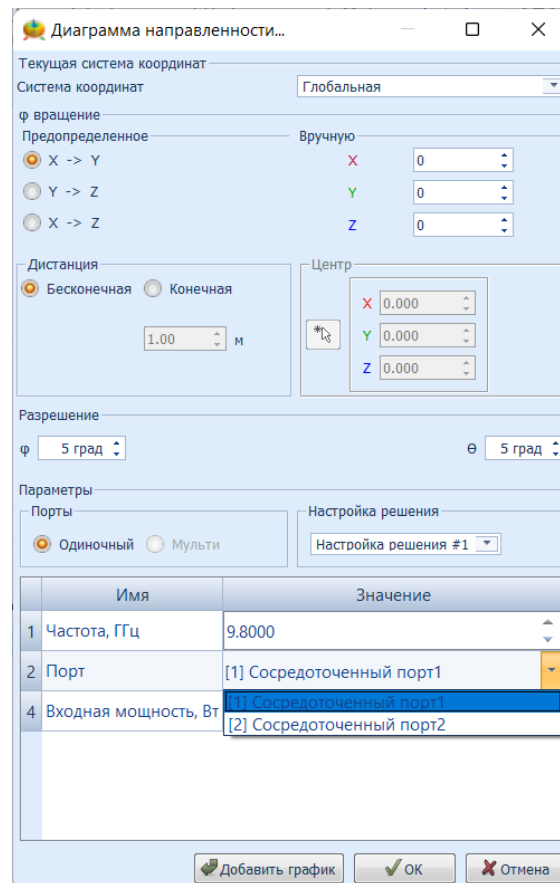


Таблица массива антенных портов: антенная матрица 2x5

7.7.2 Установка параметров диаграммы направленности

После [Создание многопортового набора](#) можно установить параметры диаграммы направленности:

1. Дерево проекта > **Results** > кликните правой кнопкой мыши по **Radiation (Излучение)** > **Radiation Pattern (Диаграмма направленности)**.
2. В диалоговом окне **Create Radiation Pattern (Создание диаграммы направленности)** задайте направление для углов поворота ϕ и θ . См. [Излучение](#).
 - Рекомендуется установить Разрешения для ϕ и θ в 1° или 2° для антенных решеток.
3. Установить **Ports (Порты)** на **Multi (Многопортовый)**. Выпадающий список **Port Set (Набор портов)** покажет созданные многопортовые наборы (антенные решетки).
4. В полях **Variables (Переменные)** укажите частоту и набор портов, а затем введите значение **Input Power (Входная мощность)**.



Create Radiation Pattern for a multi-port antenna array

5. Нажмите **Apply (Применить)**, [чтобы построить 3D-диаграммы направленности для разных параметров на одних и тех же осях](#).
 - Отображаются 3D-диаграмма направленности и [элементы управления](#) для анализа
 - Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно **Create Radiation Pattern (Создание диаграммы направленности)**.
6. Форматируйте созданную диаграмму направленности с помощью контекстного меню. См. [Форматирование 3D-диаграмм направленности](#).

7.7.3 Оптимизация многолучевой диаграммы направленности передачи 5G сигнала

Для получения информации о постобработке диаграммы направленности см. [Окна управления диаграммой направленности](#).

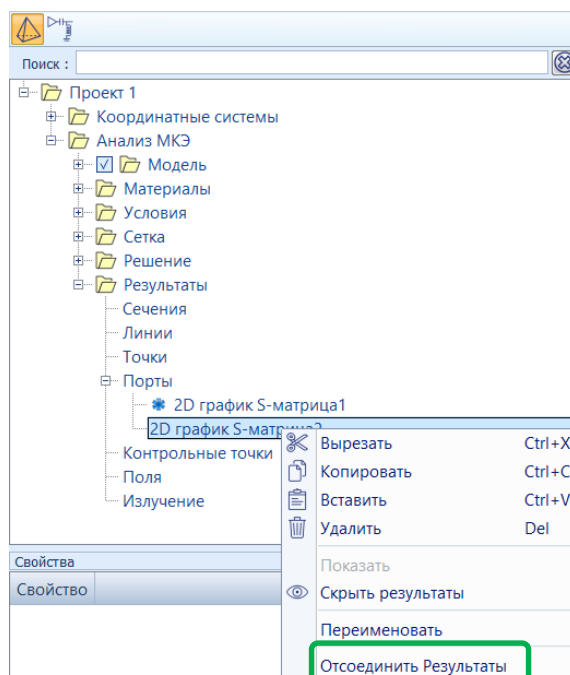
7.8 Сохранение текущего проекта

Важно: если изменить геометрию или настройки решения после моделирования – результаты текущего проекта не будут обновлены.

- ! Если вы пересчитаете проект, текущие результаты моделирования будут удалены.
- ! Вы можете сохранить 2D-графики и таблицы данных с текущими результатами моделирования, чтобы сравнить их с другими версиями.

7.8.1 Сохранение текущих результатов до расчета проекта

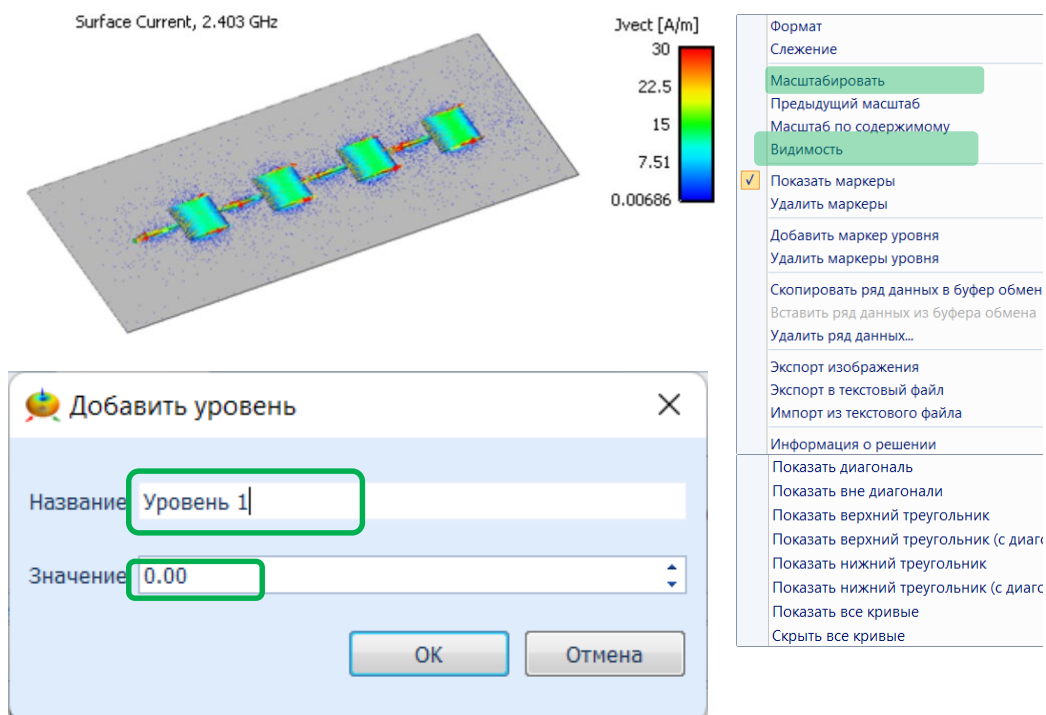
1. Отделите результаты, которые могут понадобиться для дальнейшего анализа: Рекомендуется.
 - Кликните правой кнопкой мыши на результат в панели управления проектом > **Detach Results (Отделить результаты)**.
 - Отделенный результат будет помечен символом . Его можно переименовать, нажав на F2.
 - После расчета проекта помеченные результаты будут указаны в разделе **Results (Результаты)**.



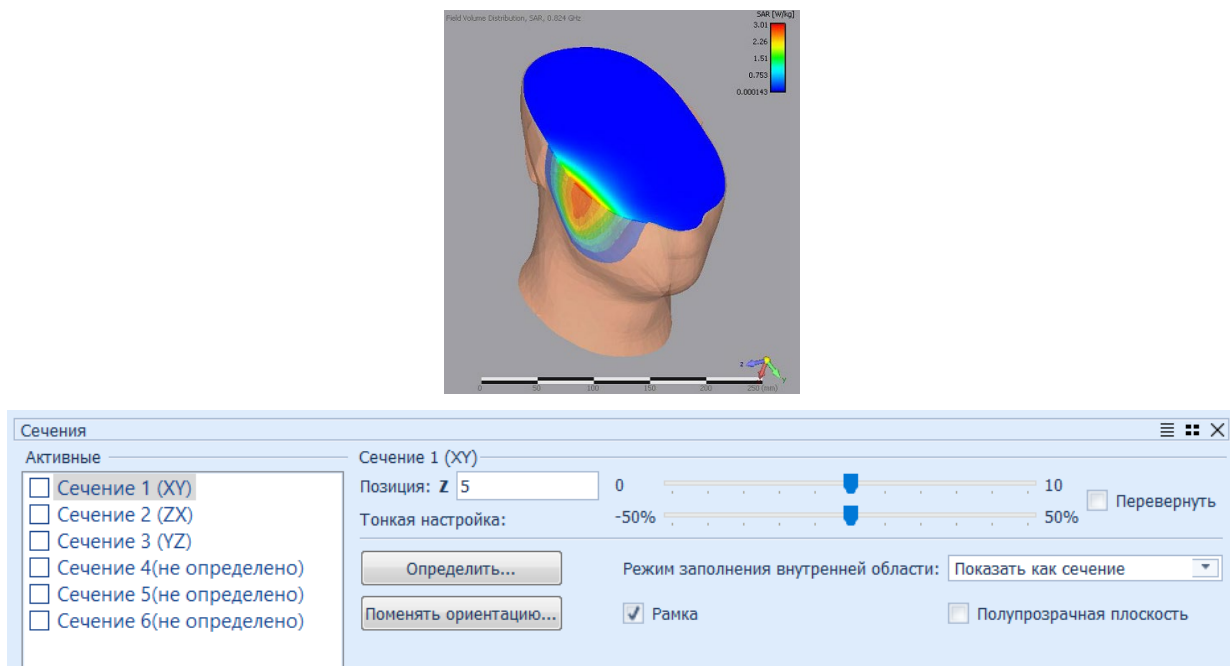
2. Сохраните копию с добавлением префикса. (Рекомендуется отделить результаты вручную перед расчетом, как показано выше).
 - Если вы измените геометрию или настройки, программа предложит сохранить все графики и таблицы данных с добавлением префикса.
 - После расчета проекта переименованные результаты будут указаны в разделе **Results**.

7.9 Форматирование результатов

Чтобы настроить и изменить параметры и графическое изображение определенного результата моделирования, используйте контекстные меню. Кликните правой кнопкой мыши на созданном графике, распределении поля или диаграмме направленности, чтобы получить доступ к функциям на основании их содержания.



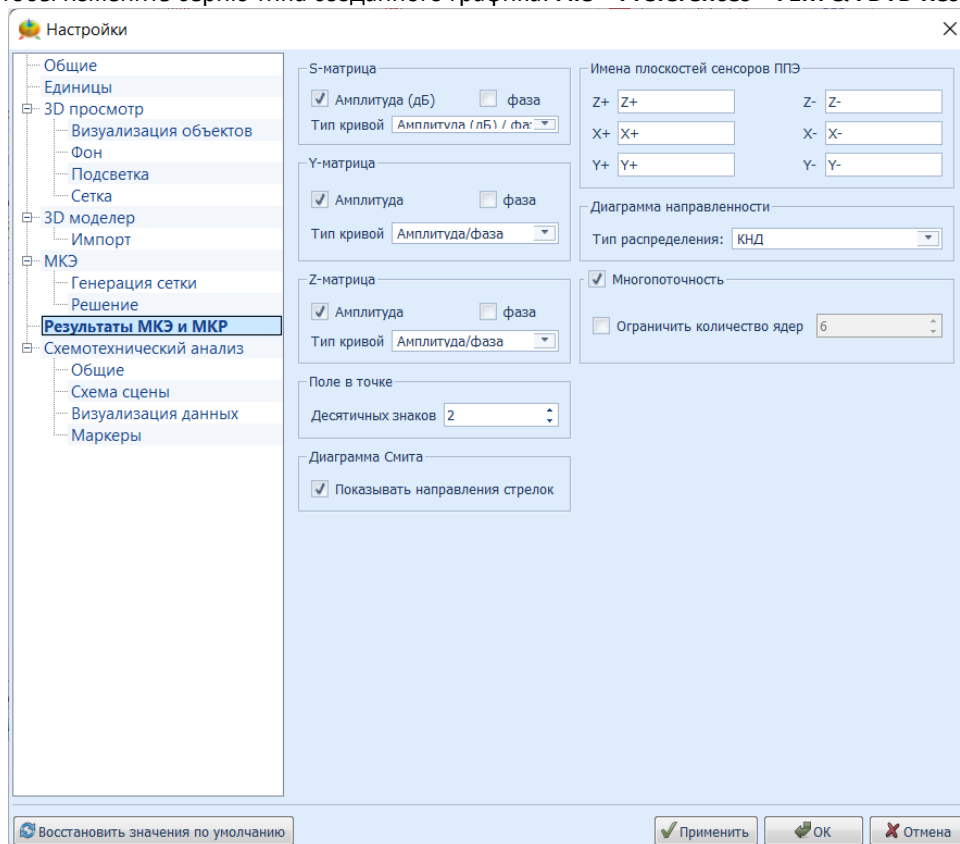
Поверхностное течение: Функция Jvect, Пользовательский диапазон шкалы



Функция [Поперечные сечения](#) используется для улучшения визуализации

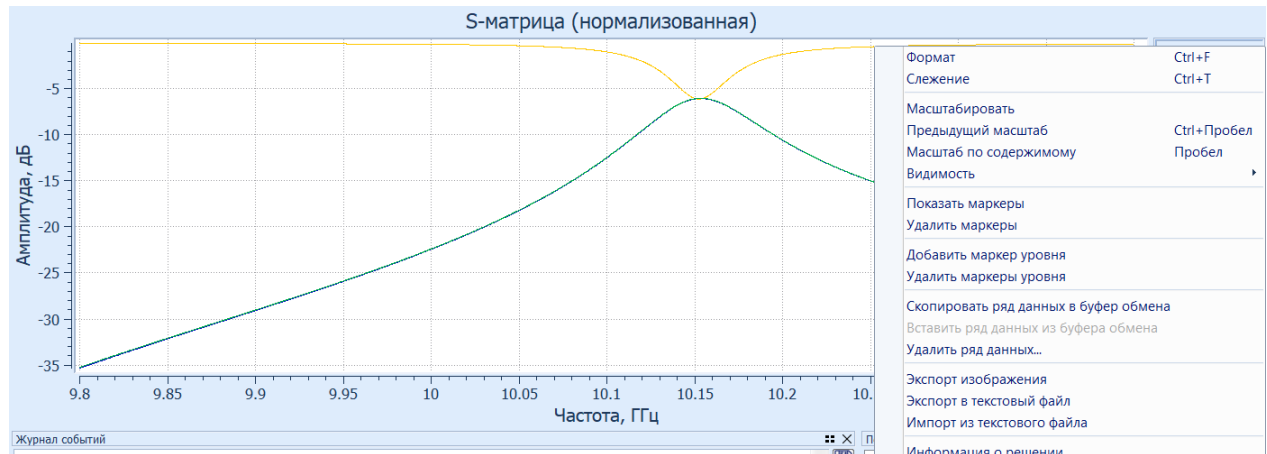
7.9.1 Форматирование 2D-графиков

- Чтобы изменить серию типа созданного графика: **File > Preferences > FEM & FDTD Results**



Серии типа по умолчанию: Real / Imaginary (Реальное/мнимое); Amplitude / Phase (Амплитуда/Фаза); Amplitude (dB)/ Phase (Амплитуда (дБ)/фаза)

- После извлечения графика кликните на него правой кнопкой мыши, чтобы получить доступ к его функциям форматирования:



- **Format (Формат)** - открывает диалоговое окно для масштабирования осей и настройки стиля и цвета линий на графиках. См. [Форматирование диапазона осей, линий и меток](#)
- **Trace (Трассировка)** - открывает диалоговое окно для добавления контрольных точек и маркеров. См. [Добавление контрольной точки](#) и [Установка маркерных точек](#).
- **Zoom (Увеличение)** - увеличивает выбранную область графика. Нажмите пробел, чтобы вернуть график в стандартный вид.
- **Previous Zoom (Предыдущее увеличение)** - просмотреть предыдущее увеличение фрагмента.
- **Zoom Fit (Стандартный вид)** – возвращает график в стандартный вид.
- **Visibility (Видимость)** – показывает/скрывает кривые в соответствии с их положением.
- **Show Markers (Показать маркерные точки)** - показывает/скрывает [маркерные точки](#) на графике.
- **Clear Markers (Стереть маркерные точки)** – удаляет маркерные точки с графика.
- **Set Level Marker (Установить маркер уровня)** – добавляет на график обозначенную опорную линию уровня.
- **Clear Level Marker (Удалить маркер уровня)** – удаляет с графика обозначенную линию уровня.
- **Copy Picture to Clipboard (Скопировать изображение в буфер обмена)** – сохраняет 3D-изображение для средств просмотра.
- **Copy Table to Clipboard (Скопировать таблицу в буфер обмена)** -
- **Copy Plot to Clipboard (Скопировать график в буфер обмена)** - сохраняет график для отчетов.
- **Paste Plot from Clipboard (Вставить график из буфера обмена)** – см. [Сравнение графиков](#)
- **Import From File (Импортировать файл)** - позволяет добавить еще один график для сравнения. Примечание: после добавления импортированный файл удалить нельзя.
 - Формат файла для графиков с комплексными числами (S-, Y-, Z-параметры) - Touchstone SnP.
- **Export to File (Экспортировать в файл)** – открывает диалоговое окно **Save As (Сохранить как)** для выбора имени файла и формата, в котором он будет сохранен. См. [Сохранение данных графика](#)
- **Solution Info (Информация о решении)** - отображает параметры построения графика.

7.9.1.1 Форматирование диапазона осей, линий и меток

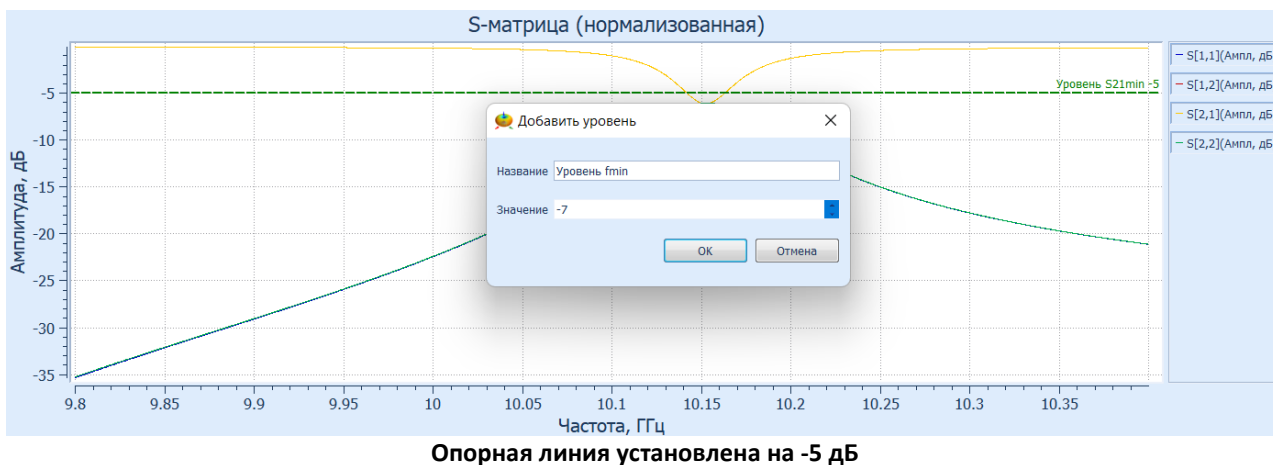
Чтобы изменить диапазон осей графика, внешний вид линий и шрифт меток:

1. Контекстное меню графика > Диалоговое окно **Format. Format 2D plot (Формат. 2D-формат графика)**.
2. Снимите галочку **Auto scale (Автомасштабирование)** для требуемой оси, чтобы установить **Min** и **Max** пределы осей, **Step (Шаг)/Number of ticks (Количество делений)**.
3. Чтобы настроить линии графика, перейдите во вкладку **Series (Серии)** диалогового окна **Format 2D plot** и установите там толщину и цвет линии.
4. Чтобы настроить метки графика, перейдите во вкладку **Fonts (Шрифты)** диалогового окна **Format 2D plot** и измените там шрифты по умолчанию.
5. Нажмите **ОК**.

7.9.1.2 Установка маркера уровня

Чтобы добавить опорную линию к выбранному графику:

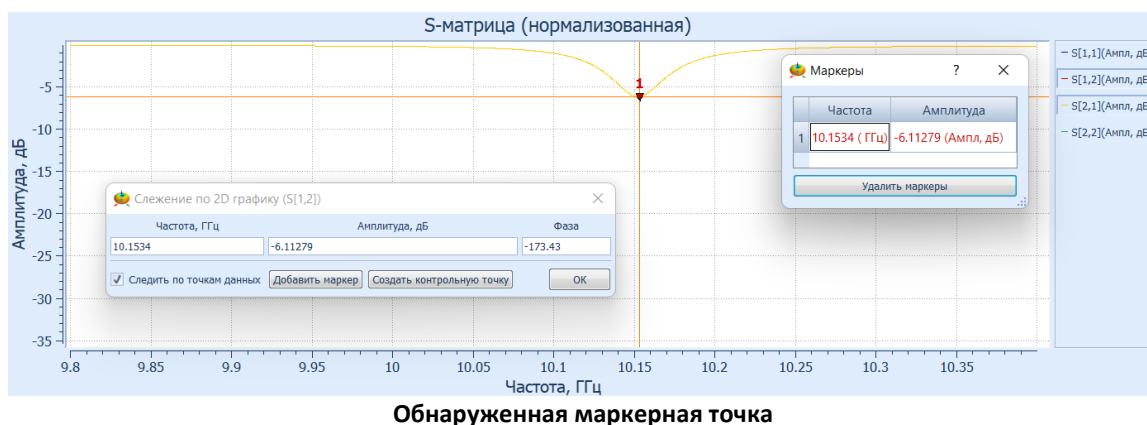
1. Контекстное меню графика > **Add Level Marker (Добавить маркер уровня)**.
2. В диалоговом окне **Add Level** введите обозначение и положение опорной линии.
3. Чтобы удалить опорную линию: контекстное меню графика > **Clear Level Marker (Удалить маркер уровня)**.



7.9.1.3 Установка маркерных точек

GAMMA позволяет размещать на графике маркерные точки. Вы можете создавать маркерные точки на 2D-графике (S-параметров, КСВН, параметров антенны и т.д.)

1. Кликните правой кнопкой мыши по созданному 2D-графику > **Trace (Трассировка)**.
2. Найдите точку сопоставления на графике с помощью курсора в виде перекрестия.
 - Используйте клавиши со стрелками влево и вправо для более точного позиционирования.
3. В окнах **Trace 2D Plot (Трассировка 2D-графиков)** отображаются параметры точки (частота, выход и т.д.).
4. Установите обнаруженную точку соответствия в качестве маркерной точки, нажав кнопку **Add Marker**.
5. При необходимости повторите для других маркерных точек.



6. Если вы не видите маркерные точки, кликните правой кнопкой мыши по графику > **Show Markers**.

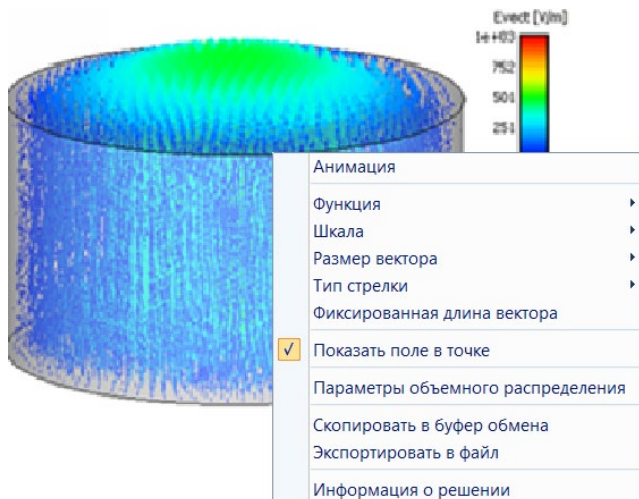
7.9.2 Сохранение данных 2D-графика

Результаты, полученные на графике, можно использовать для дальнейшего анализа в GAMMA или для [оптимизации параметров цепи](#) в режиме СА.

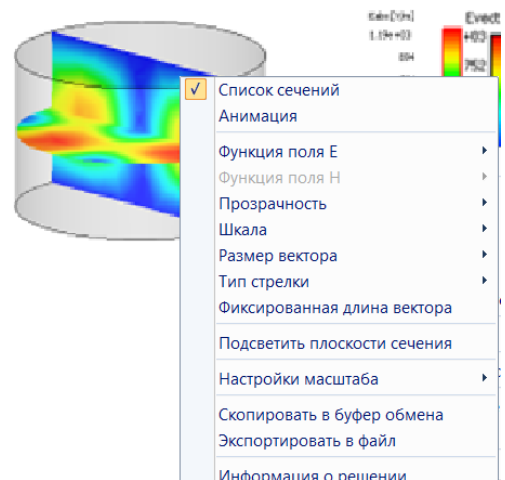
1. Кликните правой кнопкой мыши по 2D-графику > **Export to File**.
2. В диалоговом окне **Save As** выберите имя файла и формат, в котором график будет сохранен. Графики могут быть сохранены:
 - В текстовом формате (.csv). Затем эти данные можно импортировать в сторонние инструменты (например, Excel) для дальнейшей обработки.
 - В формате Touchstone SnP для графиков с комплексными числами (S-, Y-, Z-параметры).

7.9.3 Форматирование распределений полей

После создания распределений полей кликните правой кнопкой мыши в любой области средства 3D-просмотра, чтобы получить доступ к следующим функциям. Список доступных параметров форматирования для разных результатов распределений полей отличается:



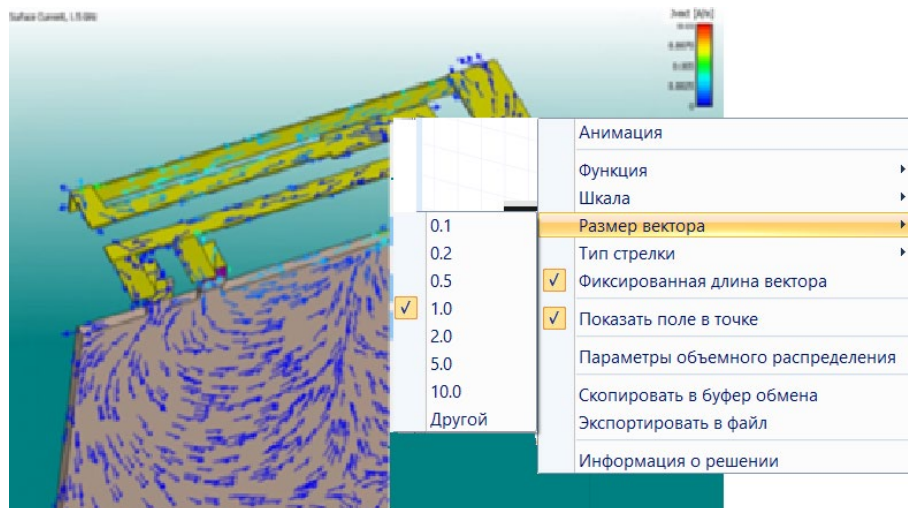
Параметры форматирования распределения поля по объему



Параметры форматирования распределения поля по сечению

- **Section Explorer (Поиск сечений)** – показывает/скрывает сечения
- **Animation (Анимация)** – См. [Анимирование результатов](#).
- **E Field Function (Функция электрического поля)** - расчетное электрическое поле может быть представлено значениями (в В/мм) следующих типов:
 - **Eabs** - Абсолютное значение электрического поля $|E|(x,y,z)$. Не может быть анимировано.
 - **Emag** – Величина электрического поля $|E|(x,y,z,t)$
 - **Ex** – x-компонента векторов электрического поля $|Ex|(x,y,z,t)$
 - **Ey** - y-компонента векторов электрического поля $|Ey|(x,y,z,t)$
 - **Ez** - z-компонента векторов электрического поля $|Ez|(x,y,z,t)$
 - **Evect** - Вектор электрического поля $E(x,y,z,t)$
- **H Field Function** - расчетное магнитное поле может быть представлено значениями (в А/мм) следующих типов:
 - **Habs** – Абсолютное значение магнитного поля $|H|(x,y,z)$. Не может быть анимировано.
 - **Hmag** – величина магнитного поля $|H|(x,y,z,t)$
 - **Hx** - x-компонента векторов магнитного поля $|Hx|(x,y,z,t)$
 - **Hy** - y-компонента векторов магнитного поля $|Hy|(x,y,z,t)$
 - **Hz** - z-компонента векторов магнитного поля $|Hz|(x,y,z,t)$
 - **Hvect** – Вектор магнитного поля $H(x,y,z,t)$
- **Function in Surface Currents results (Функция результатов поверхностных течений)** – расчетные поверхностные течения могут быть представлены значениями (в А/мм) следующих типов:
 - **Jabs** - Абсолютное значение плотности тока на поверхности $|J|(x,y,z)$. Не может быть анимировано.
 - **Jmag** – Величина поверхностного тока $|J|(x,y,z,t)$
 - **Jx** – x-компонента векторов поверхностного тока $|Jx|(x,y,z,t)$
 - **Jy** – y-компонента векторов поверхностного тока $|Jy|(x,y,z,t)$
 - **Jz** – z-компонента векторов поверхностного тока $|Jz|(x,y,z,t)$
 - **Jvect** – Вектор поверхностного тока $|J|(x,y,z,t)$
 - **Jmag+Jvect** - Показывает наложение результатов
- **Transparency (Прозрачность)** – настроить прозрачность созданной схемы
- **Scale Type (Тип шкалы)** – выбрать способ отображения значений поля:
 - **Linear (Линейный)** - значения поля нанесены на равном расстоянии
 - **Logarithmic (default) (Логарифмический (по умолчанию))** - показывает 10 логарифмических значений заданного значения.
- **Arrow Type (Тип стрелки)** – позволяет настроить стрелку
- **Vector Scale (Масштаб вектора)** масштабирует векторы относительно размера схемы (только для полей, отображаемых в виде векторов).
- **Fixed Vector Length (Фиксированная длина вектора)** - приводит все векторы к длине, указанной в **Vector Scale**. См. изображение ниже.
- **Highlight Section Planes (Обводка сечений)** – плоскости сечений могут быть обведены

- [Настройки шкалы](#) – позволяют выбирать палитру (Rainbow, Gray scale, and Fire (Радужная, Серая или Оранжевая шкала)) и параметры диапазона шкалы (Global, Local, and User-Defined (Глобальные, Локальные или Пользовательские)).
- [Параметры распределения по объему](#) – позволяют выбрать палитру, диапазон шкалы и метод представления (iso-surfaces or clouds (изоповерхности или облака) для распределений по объему.
- **Copy to Clipboard (Скопировать в буфер обмена)** – сохраняет график в буфер обмена.
- **Export to File (Экспортировать в файл)** – открывает диалоговое окно **Save As** для выбора имени файла и графического формата для сохранения графика.
- **Plot Area (Площадь графика)** - вычисляет касательную составляющую поля (напряжение).
- **Solution Info (Информация о решении)** – отображает параметры построения графика.



Форматирование поверхностного течения: Function > Jvect, Fixed vector length, Vector Scale >0.5

Пример результата форматирования электрического поля по объему

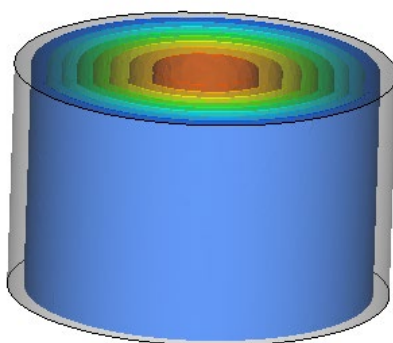
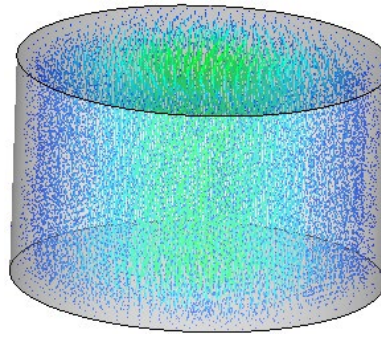
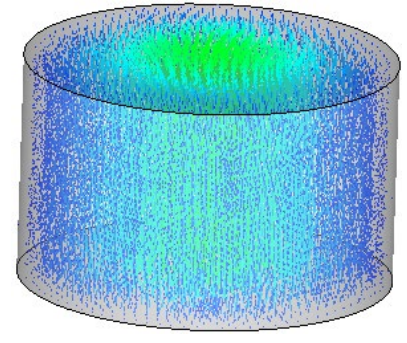


График сразу после извлечения
Default Function > Eabs



Function > Evect



Vector Scale > 2.0

7.9.4 Анимирование результатов

GAMMA позволяет анимировать изображения полей и поверхностных токов. Результат анимации представляет собой серию кадров, отображающих параметры поля или поверхностного тока с различными значениями.

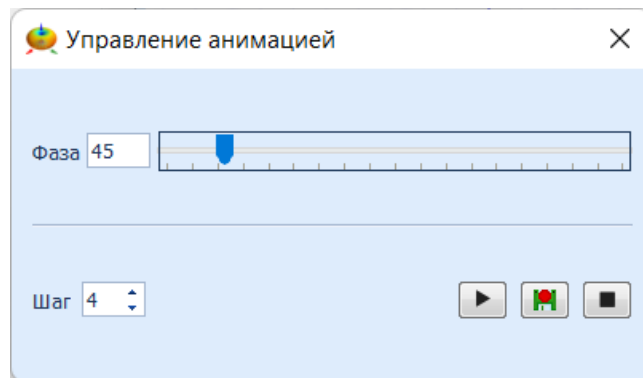
Анимацию можно записать и экспортировать в формате AVI или GIF.

- Абсолютные значения полей или функций поверхностных течений анимировать нельзя.

7.9.4.1 Анимирование графика относительно фазы отображаемого поля

1. Убедитесь, что в средстве 3D-просмотра отображается либо график распределения поля, либо график поверхностного тока.
2. Кликните правой кнопкой мыши в любой области средства 3D-просмотра и выберите **Animation (Анимация)** в контекстном меню.
3. Укажите количество кадров, из которого будет состоять анимация, с помощью следующих элементов управления:

- **Phase (Фаза)** - каждый кадр в анимации представляет собой график, соответствующий фиксированному значению фазы отображаемого параметра.
 - **Step (Шаг)** - задает разницу между двумя соседними фазами.
4. Нажмите **Play (Проигрывать)** в **Animation Control (Управлении анимацией)**.

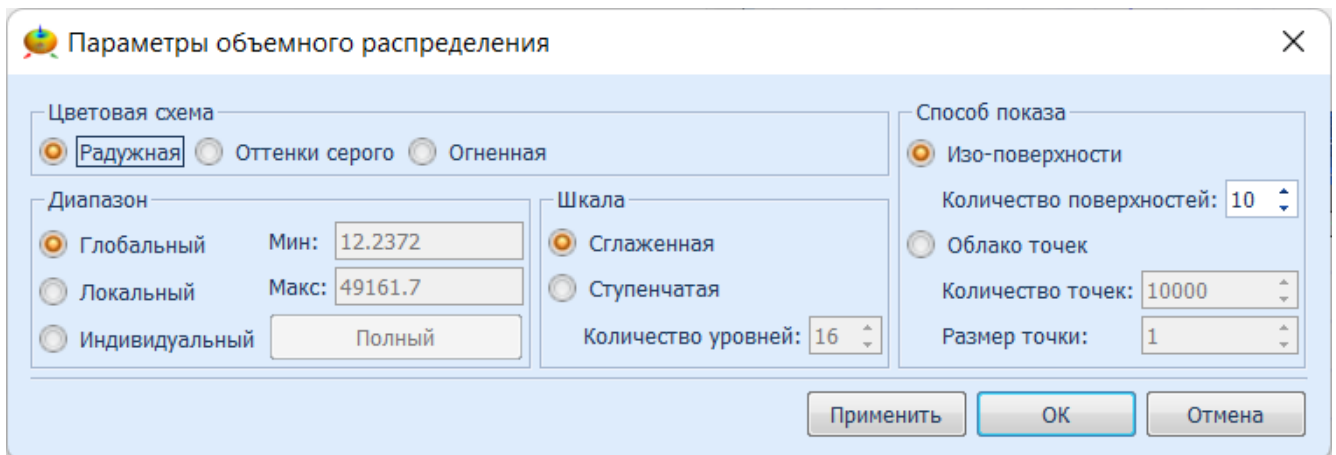


7.9.5 Задание настроек шкалы

Для лучшего представления полей распределения, поверхностных токов и диаграмм направленности откройте **Scale Settings** или **Volume Distribution Options** в контекстном меню графика. Настройки шкалы для диаграмм направленности доступны во вкладке [Radiation Pattern Controls](#).

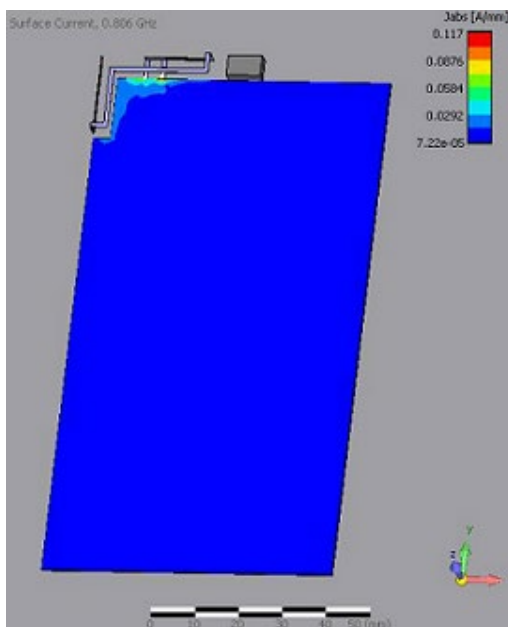
7.9.5.1 Диалоговое окно настроек шкалы

Пользовательская шкала позволяет визуализировать слабые поля и течения.

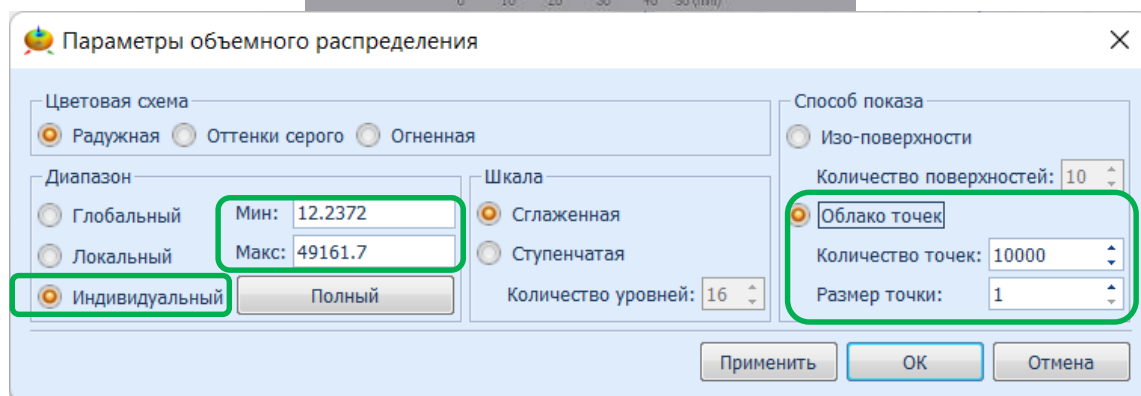
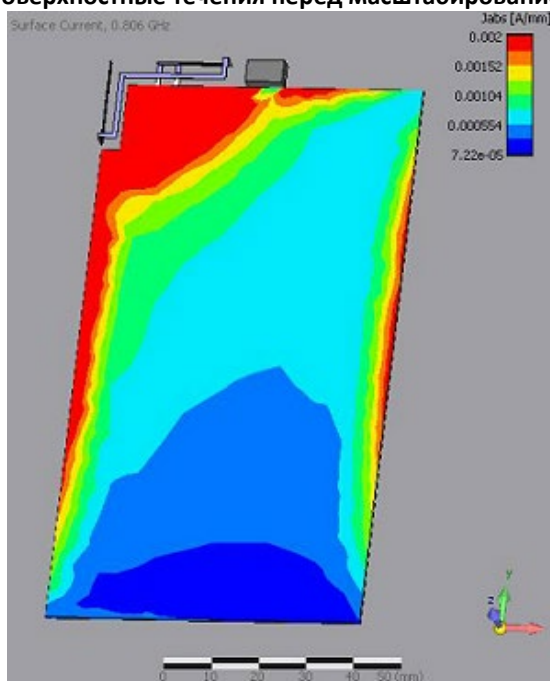


Окно настройки масштаба

- Варианты **Scale Range (Диапазона шкалы)**:
- **Global (Глобальный)** - автоматически выбирает диапазон цветов/длин визуализации.
 - **Local (Локальный)** - масштабирует значения, изменяющиеся во времени. Не рекомендуется для анимации.
 - **User-defined (Пользовательский)** – предлагает установить **Min** и **Max** значения интенсивности или выбрать **Full Range (Полный Диапазон)**.



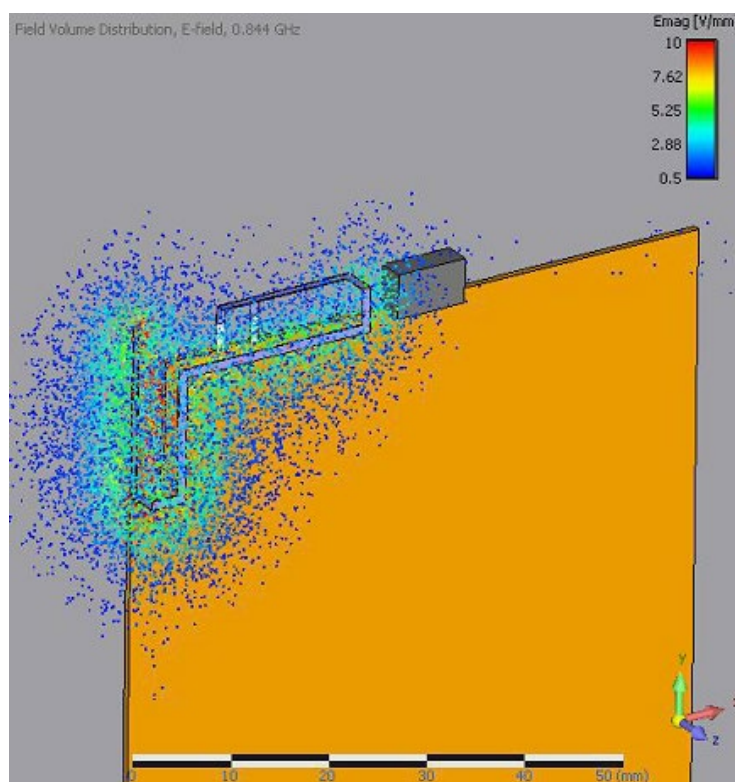
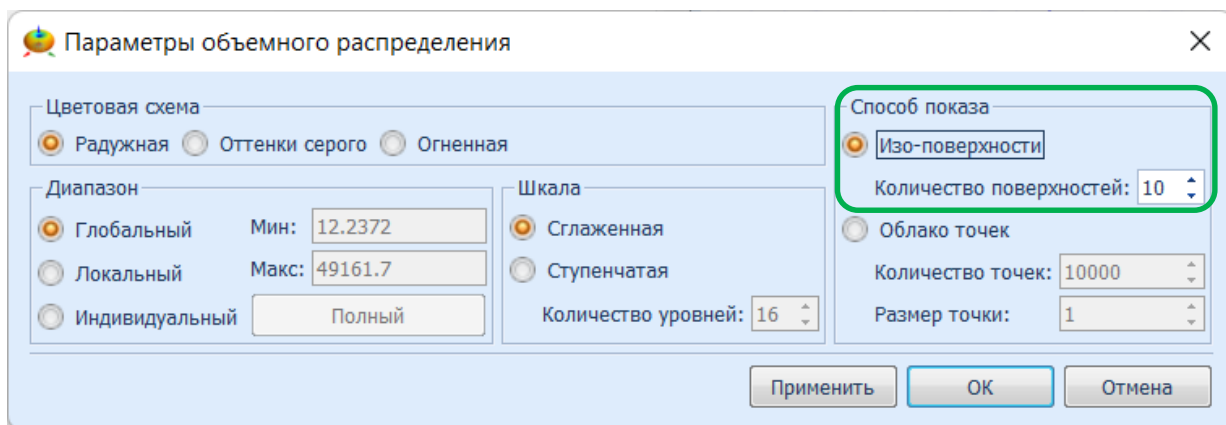
Поверхностные течения перед масштабированием



Поверхностные течения после масштабирования

7.9.5.2 Диалоговое окно параметров распределения по объему

Диалоговое окно **Volume Distribution Options** дополнено параметрами **Representation Method (Метод представления)**:



E-Field Distribution
Representation Method: Clouds

7.9.6 Форматирование 3D-диаграмм направленности

После создания 3D-диаграммы направленности кликните правой кнопкой мыши в любой области средства 3D-просмотра, чтобы получить доступ к параметрам контекстного меню:

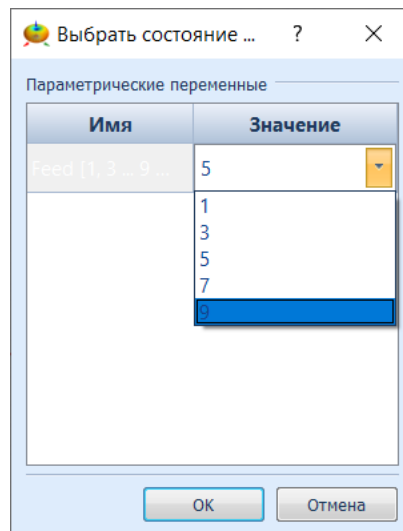
- **Scale factor (Масштабный коэффициент)** - масштабирует созданный шаблон.
- **Transparency (Прозрачность)** - регулирует прозрачность созданной схемы.
- **Distribution type (Тип распределения)** - позволяет выбрать параметр антенны для построения графика:
 - **Gain (Коэффициент усиления)** - умноженное на четыре пи отношение интенсивности излучения антенны в заданном направлении к общей мощности, принимаемой антенной.
 - **Realized Gain (Реализованное усиление)** - отношение интенсивности излучения антенны в заданном направлении к общей мощности, падающей на порт(ы) антенны, умноженное на четыре пи.
 - **Directivity (Направленность)** - отношение интенсивности излучения антенны в заданном направлении к усредненной по всем направлениям интенсивности излучения.
 - **U** - интенсивность излучения, определяемая как мощность, излучаемая антенной на единицу телесного угла.
 - **rE** - выбранная составляющая излучаемого электрического поля, умноженная на радиальное расстояние, r.
 - **EIRP (ЭИИМ)** - Эффективная Изотропная Излучаемая Мощность

- **Quantity type (Тип количества)** - позволяет выбрать составляющую для описания состояния поляризации излучаемого поля. GAMMA поддерживает следующие типы описаний:
 - **Total (Общее)** – максимальное общее гЕ-поле
 - **Phi (Фи)** - максимальное гЕ-поле в φ -направлении
 - **Theta (Тета)** - максимальное гЕ-поле в θ -направлении
- **Scale Type (Тип шкалы)**
 - **Logarithmic Scale (default) (Логарифмическая шкала (по умолчанию))** - показывает 10 логарифмических значений заданного значения.
 - **Linear Scale (Линейная шкала)** - значения полей нанесены на равном расстоянии.

7.10 Результаты параметрического анализа

GAMMA предлагает следующие возможности для обработки результатов параметрического анализа:

- Отображение вариантов геометрии, если были определены переменные для параметров геометрии модели:
 1. В панели управления проектом кликните правой кнопкой мыши на **Results > Select Parametric Analysis State (Выбрать режим параметрического анализа)**.
 2. Дважды Кликните по элементу **Value (Значение)** в диалоговом окне **Select Parametric Analysis State**, чтобы выбрать вариант для отображения..
 3. Нажмите **OK** в диалоговом окне **Select Parametric Analysis State**.



- Создайте любой [параметр результата](#) (Порт, Поле, Излучение) на основе predetermined переменной:
 1. Выберите любой параметр результата во вкладке **Post Processing (Постобработка)** или в **Results** в панели управления проектом.
 - Каждое диалоговое окно **Plot/Create... (График/Создать...)** содержит раздел **Variables (Переменные)**.
 2. Выберите значение переменной, чтобы посчитать результаты на его основе:

Диаграмма направленности...

Текущая система координат
Система координат: Глобальная

φ вращение
Предопределенное: X → Y, Y → Z, X → Z
Вручную: X: 0, Y: 0, Z: 0

Дистанция: Бесконечная, Конечная (1.00 м)
Центр: X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000

Разрешение
φ: 5 град, θ: 5 град

Параметры
Порты: Одиночный, Мульти
Настройка решения: Настройка решения #1

Имя	Значение
1 Частота, ГГц	1.000
2 Порт	[1] Коаксиальный волновой порт1
4 Входная мощность, Вт	1
5 Feed [1, 3 ... 9 мм]	1
	3
	5
	7
	9

- Наложить графики **Port Parameters (Параметров порта)** или **Antenna Parameters (Параметров антенны)** для сравнения полученных результатов:
1. В диалоговом окне результатов **Plot/Create ...** выберите значение переменной для построения графика на его основе.
 2. Нажмите **Apply /Add Plot (Применить/Добавить График)**.
 3. График этого варианта решения создан.
 4. Находясь в диалоговом окне выберите другое значение переменной, чтобы построить на его основе график, и нажмите **Apply**.
 5. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно и просмотреть оба графика.
- После сравнения результатов второй график удалить нельзя

Параметры антенны...

Категория

Полный КПД
КПД согласующей цепи
КПД излучения
Излученная мощность
Принятая мощность
Пиковый КНД

Величина

Общая

Частоты

Определение диапазона частот

Начало 1
Конец 3.5
Шаг 0.001
Выбрать частоты

Все частоты
1
1.001
1.002
1.003
1.004
1.005
1.006
1.007
1.008
1.009

Выбранные частоты

Разрешение

φ 5 град
Θ 5 град

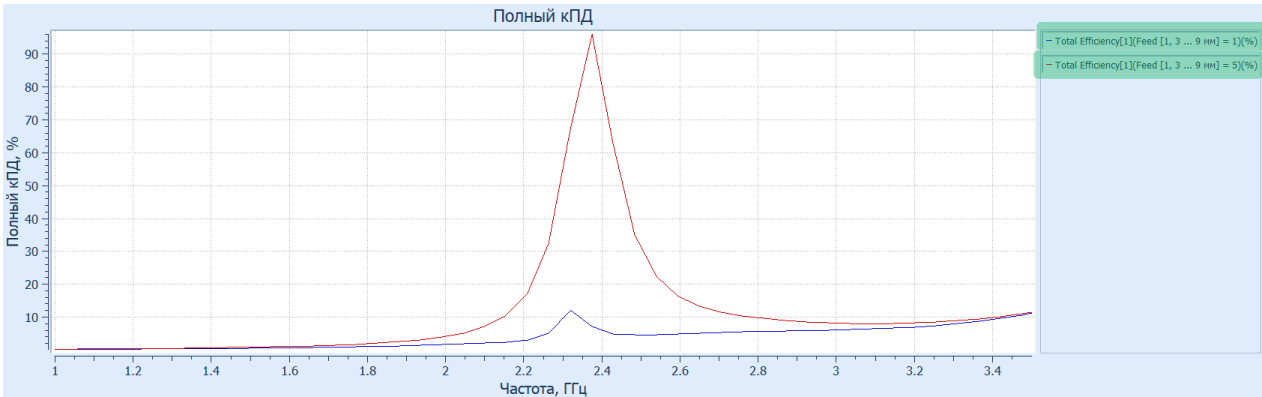
Другие переменные

Порты
Одиночный
Мульти

Настройка решения
Настройка решения #1

Переменная	Значение
Порт	[1] Коаксиальный волновой порт
Входная мощность, Вт	1
Feed [1, 3 ... 9 мм]	1

Доб



Результат S-Матрицы: 2nH график vs 4nH график

8 Режим СА

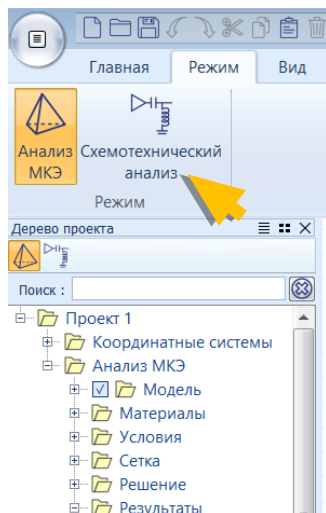
В режиме радиочастотного анализа цепей (СА) можно проектировать, моделировать и анализировать высокочастотные цепи с несколькими элементами, чтобы обеспечить их оптимальную работу.

Режим СА предлагает следующие возможности:

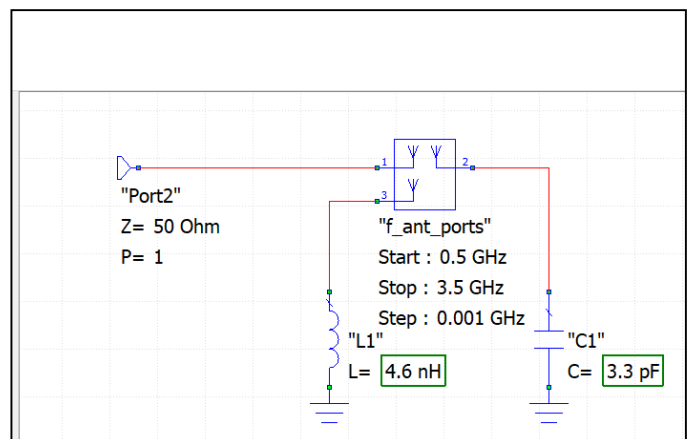
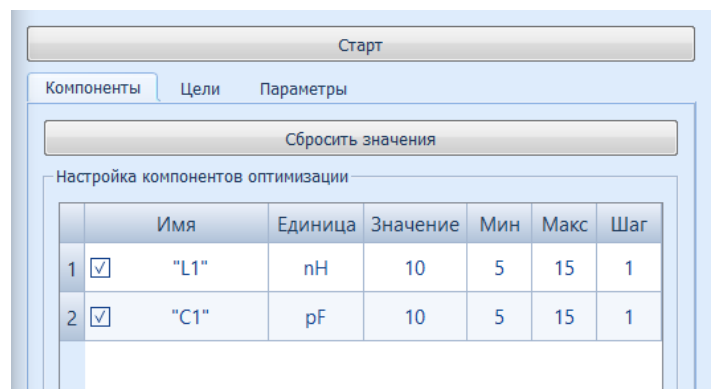
- Импорт измеренных/моделированных данных в формате Touchstone.
- Функция перетаскивания для управления элементами цепи
- Моделирование выполняется за считанные секунды
- Отладка и оптимизация результатов моделирования
- Извлечение визуализации S-параметра
- S-, Y-, Z-матрицы
- KSVN
- Диаграмма Смита
- Цепи и выходные параметры просматриваются одновременно

8.1 Включение/Выключение режима СА

- Выберите СА режим в панели управления проектом:

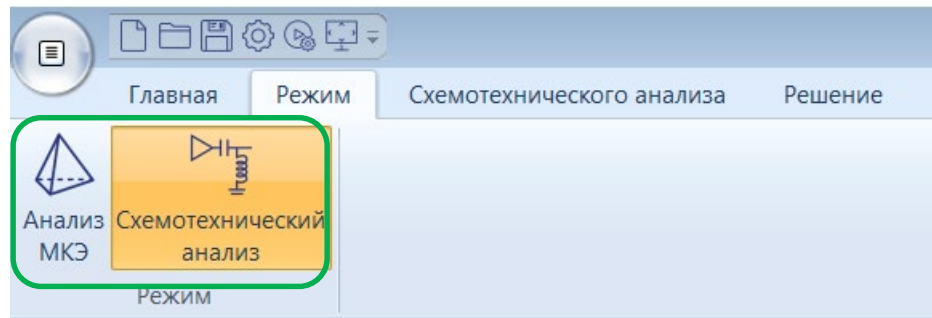


СА значок в дереве проекта



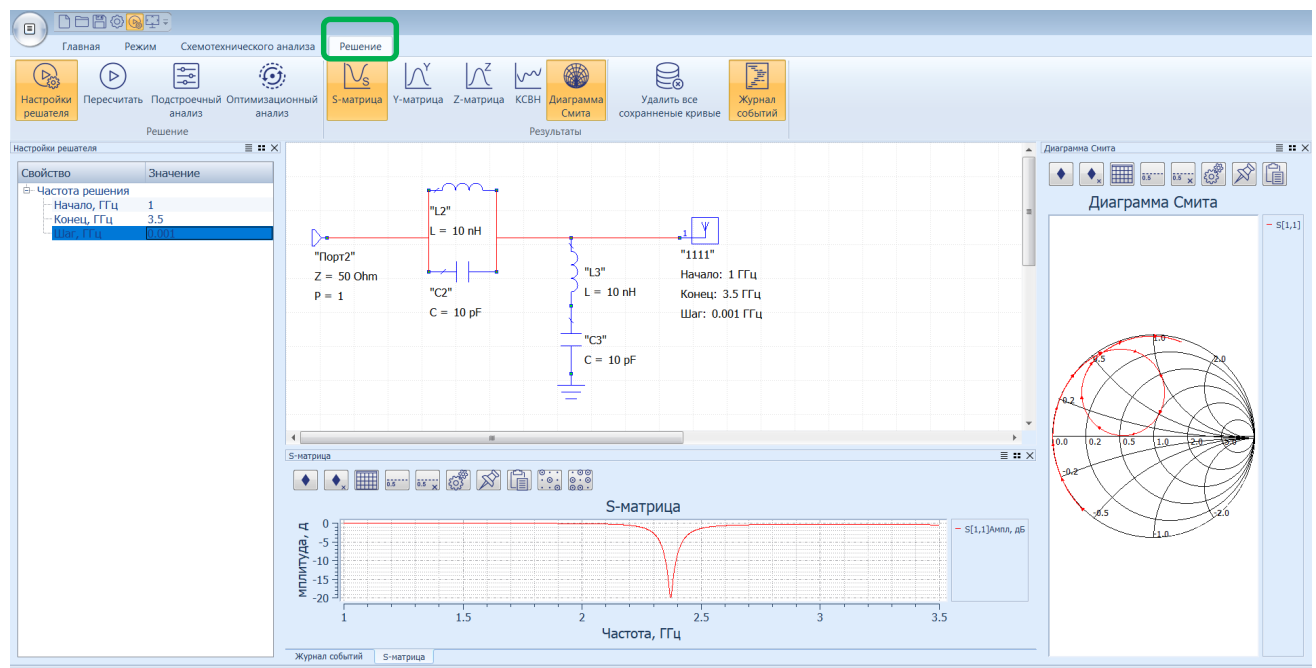
СА режим

- Чтобы выйти из режима СА, кликните на вкладку **Mode** (Режим) > выберите **FEM analysis (МКЭ анализ)** или любой другой из [режимов GAMMA](#).



8.2 Пользовательский интерфейс в режиме СА

В режиме СА предоставлен интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который работает с помощью стандартных элементов управления Windows:



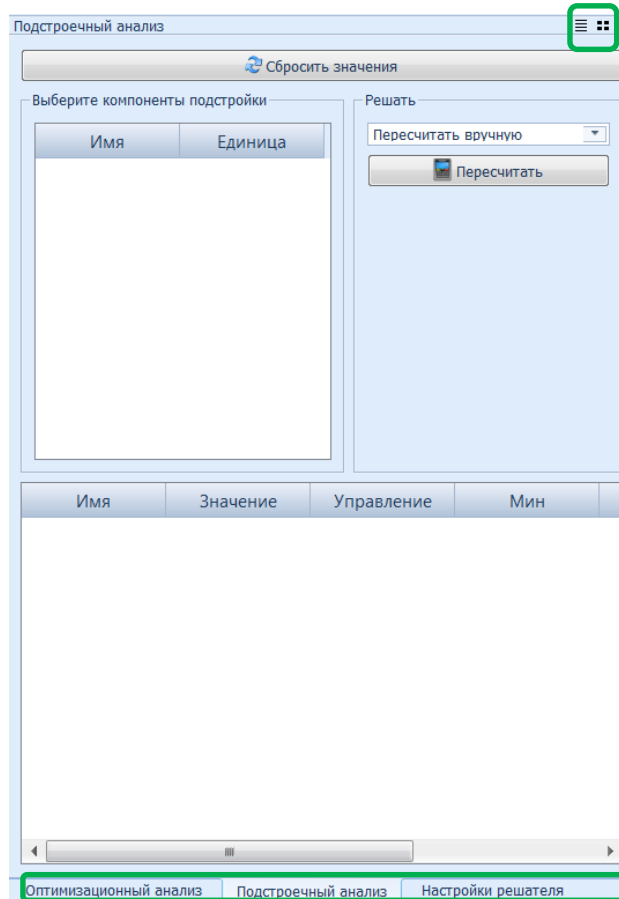
Главное Окно

- **Вкладки СА** - обеспечивают доступ к функциям, операциям и инструментам СА.
- **Toolbar (Панель инструментов)** - обеспечивает быстрый доступ к командам СА.
- **Circuit Editor (Редактор цепей)** - позволяет строить цепи и просматривать полученные результаты.
- **Settings/Analysis Window (Окно настроек/анализа)** - позволяет задать настройки решателя для моделирования текущей цепи и настроить параметры и оптимизацию.
- **Result Windows (Окна результатов)** - отображение результатов моделирования.
- **Options (Параметры)** – позволяют настроить стиль рабочего стола по умолчанию, шрифт, видимые элементы и т. д.

➤ Вы можете настроить рабочее пространство, управляя окнами Settings/Analysis и Result:

- Изменить положение окна:
 - 1) Нажмите  на заголовке окна, положение которого необходимо изменить.
 - 2) В **диалоговом окне Area Selection (Выбор области)** нажмите на необходимую область, чтобы переместить туда выбранный элемент управления.
- Изменить размер окна
 - Перетащите границу окна, чтобы изменить размер.
- Открыть сгруппированные окна
 - Задействованные окна группируются в одном окне в виде вкладок.

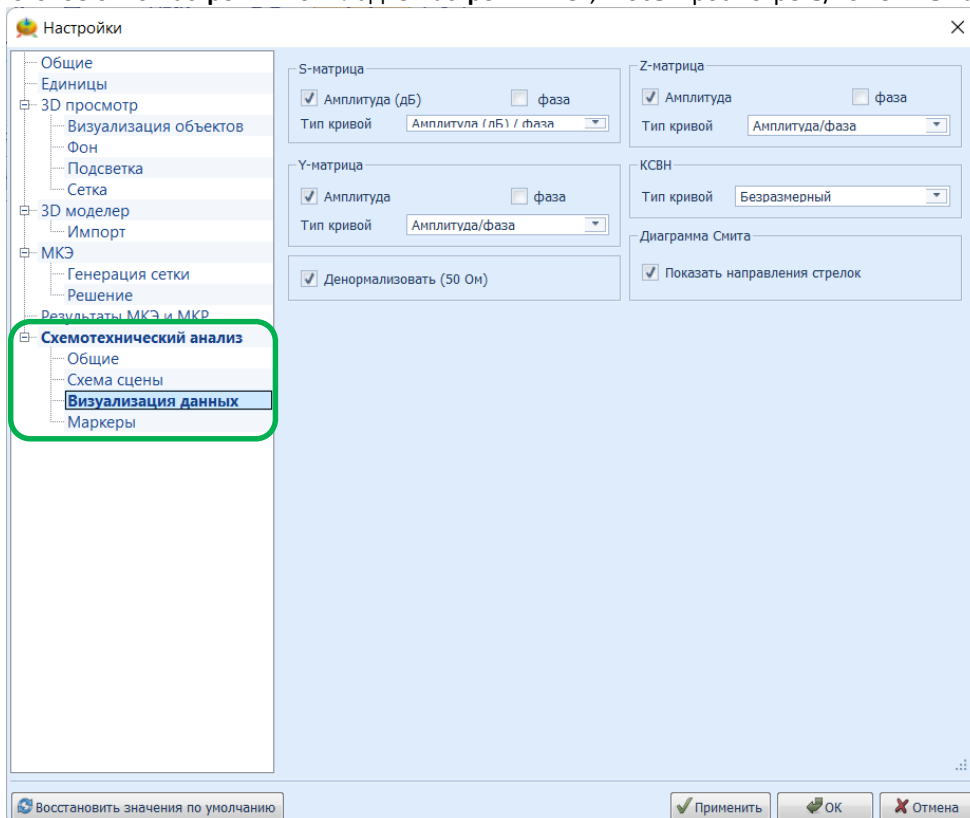
- Нажмите  на заголовке, чтобы открыть параметры вкладки **Simulation (Моделирование)**.



Параметры управления окном

8.2.1 Предпочтения

Откройте диалоговое окно **Настройки** во вкладке **Настройки > CF**, чтобы просмотреть/изменить параметры СА:



General (Общие):

- **Directories (Директории)** – содержит путь к папке CF.

Scene Layout (Дизайн сцены):

- **Scene Size (Размер сцены)** - устанавливает размер рабочей области в пикселях.
- **Grid Settings (Настройки сетки)** – настраивает привязку к сетке. **Style (Стиль)** задает образец линии. **Step (Шаг)** определяет размер видимой ячейки сетки. **Division (Разделение)** определяет количество невидимых подразделений между линиями сетки. Элементы цепи будут точно расположены в этих подразделениях.
- **Text Style (Стиль текста)** и **Wire Color (Цвет проводов)** - настраивает внешний вид текстовых обозначений и проводов в вашей цепи.

Data Visualization (Визуализация данных):

- Управляет тем, что отображается на осях результирующих графиков (Real/Imaginary, Amplitude/Phase, для S-Матрицы также Amplitude(dB)/Phase). Например, если необходимо отобразить график S-Матрицы в зависимости от Амплитуды (дБ), в разделе **S-Matrix (S-Матрица)** снимите галочку **Phase (Фаза)** и выберите **Amplitude (dB)/Phase (Амплитуда (дБ)/Фаза)** в выпадающем списке **Curve Type (Тип кривой)**.
- По умолчанию в режиме СА значения Y- и X-матриц удерживаются на 50 Ом. Снимите галочку у элемента управления **Denormalize (Денормализовать)**, чтобы нормализовать результаты графика.

Markers (Маркеры):

- **Line, Level and Goal Markers (Маркеры линии, уровня и цели)** – настраивает внешний вид маркеров графика.

8.2.2 Сочетания клавиш

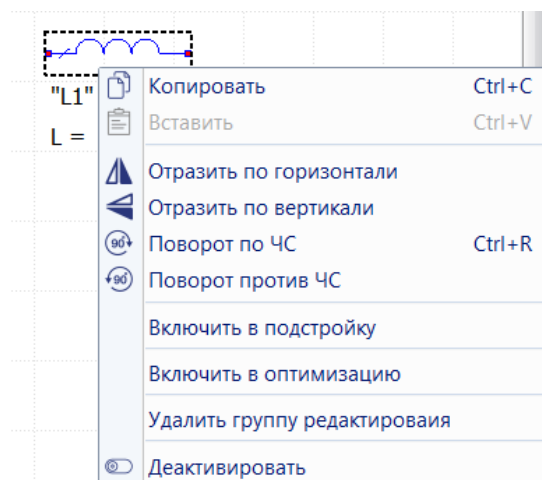
Режим СА предлагает ряд полезных сочетаний клавиш для вызова общих команд.

Меню **File (Файл)** > **Customize Shortcuts (Настроить сочетания клавиш)**, чтобы просмотреть или изменить сочетания клавиш для упрощения и ускорения работы.

8.2.3 Контекстное меню

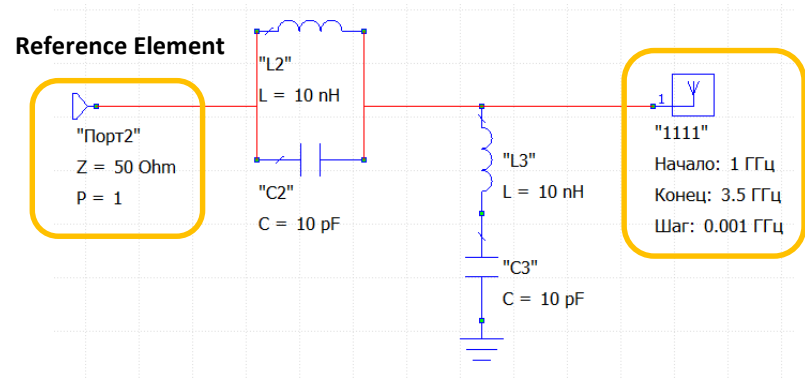
Контекстное меню предлагает дополнительные возможности для выбранного в данный момент элемента цепи:

- изменить ориентацию элемента цепи,
- включить [отладку](#) или [оптимизацию](#),
- создать/удалить [группу редактирования](#)
- отключить/включить



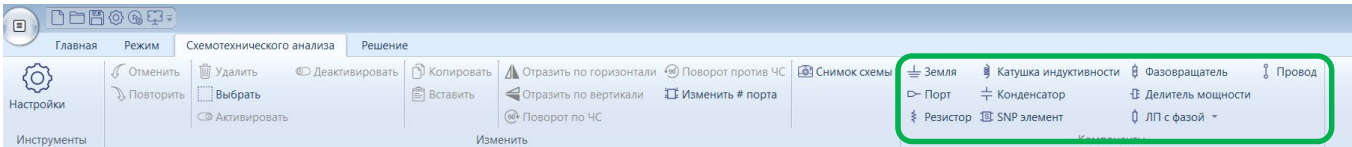
8.3 Моделирование цепей

С помощью СА можно моделировать цепи, добавляя опорные элементы, изменяя их параметры по умолчанию и импортируя измеренные/моделированные данные в формате «.snp».



8.3.1 Добавить элементы

Откройте элементы цепи во вкладке **CA > группа Components (Компоненты)** нажав соответствующие кнопки в панели инструментов:

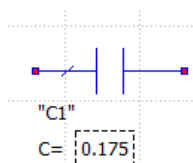


Компонент	Значение	Важные примечания
Ground (Заземление)	Нет	
Port (Порт)	По умолчанию: $Z=50 \text{ Ом}$ Не может быть изменено	Порт заземлен по умолчанию. Все порты в цепи должны иметь разные идентификаторы, поскольку порядок портов важен для расчета S-параметров.
Resistor (Резистор)	По умолчанию: $R=10 \text{ Ом}$	
Inductor (Индуктор)	По умолчанию: $L=10 \text{ нН}$	
Capacitor (Конденсатор)	По умолчанию: $C=10 \text{ пФ}$	
SNP Element (SNP Элемент)	Предварительно смоделированные (начальная частота, конечная частота, шаг)	Копия блока измеренных/моделированных данных в формате Touchstone. Не рекомендуется добавлять в цепь более одного элемента SNP. CA поддерживает до четырех портов в элементе SNP.
Wire (Провод)	Нет	Каждый сегмент провода соединяет два узла в цепи. См. Подключение элементов .
Phase Shifter (Фазовращатель)	По умолчанию: $Ph=0 \text{ Deg}$	
Power Divider (Делитель мощности)	Пользователь вводит количество выходных портов	
TL Phase (TL-Фаза)	По умолчанию: $Z0=50 \text{ Ом}$ $Ph=90 \text{ Deg}$ $F0=1 \text{ Гц}$	

 TL Length (TL- Линия)	По умолчанию: $Z_0=50 \text{ Ом}$ $L=10 \text{ мм}$ $\text{Eff}=1$ $\text{Loss}=0.9 \text{ dB/m}$ $F_0=1 \text{ Гц}$	
--	--	--

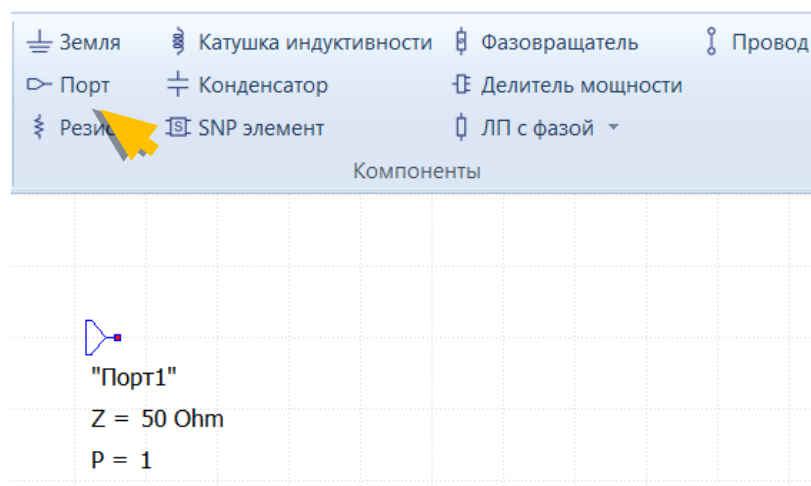
8.3.1.1 Добавление опорного элемента цепи

1. Во вкладке **CA** нажмите кнопку панели инструментов элемента, чтобы выбрать его.
2. Курсором в виде крестика отображается силуэт элемента, что позволяет выполнить точную привязку.
3. Нажмите в любую область на сетке, чтобы добавить элемент в цепь.
4. Элемент отображается с названием и значением (если оно доступно) по умолчанию. Конечная точка(и) элемента выделена красным, так как она еще не подключена.
 - Чтобы изменить название или значение по умолчанию, нажмите на название элемента или текстовое поле, чтобы выбрать его и изменить:



Значение конденсатора по умолчанию изменено

- 5A. Нажмите **Esc**, чтобы выйти из режима добавления элементов.
- 5B. Нажмите кнопку панели инструментов другого элемента, чтобы добавить выбранный элемент в цепь. См. [Подключение элементов](#).

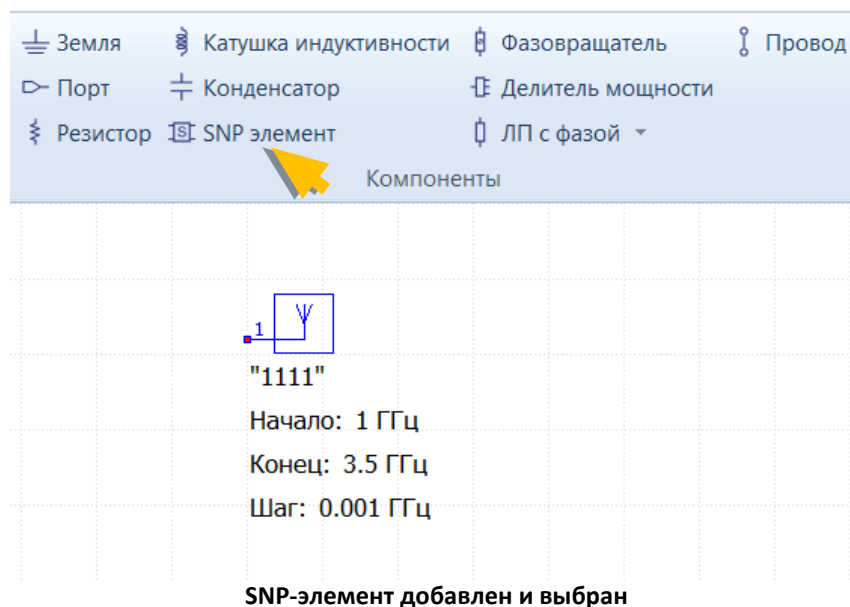


Порт добавлен.

Нажмите Esc, чтобы выйти из режима добавления элементов

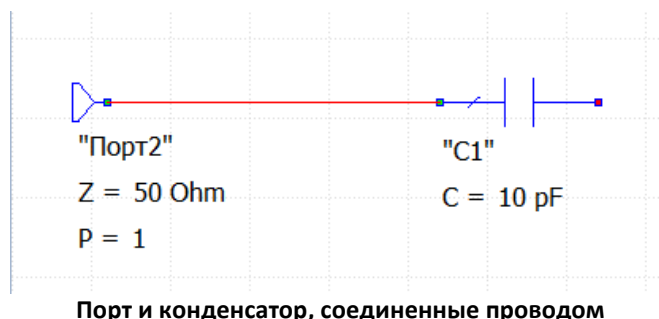
8.3.1.2 Добавление SNP-элемента в цепь

1. Нажмите на  во вкладке **CA** > группа **Components**.
2. Отображается курсор в виде крестика, что позволяет выполнить точную привязку.
3. Нажмите в любую область на сетке, чтобы добавить элемент в цепь.
4. Выберите файл формата Touchstone в диалоговом окне **Import SNP File (Импорт SNP-файла)** чтобы скопировать данные файла в вашу цепь. См. [Сохранение данных 2D-графика](#).
 - Вы можете экспортировать данные S-параметров из МКЭ-проекта в режим CA. См. [Отчет S-параметров](#).
5. Элемент SNP отображается с его смоделированными/измеренными данными. Так как конечные точки элемента еще не подключены, они отмечены красным цветом.
6. Нажмите **Esc**, чтобы выйти из режима добавления элемента, или выберите другой элемент для добавления.



8.3.1.3 Добавление провода

1. Нажмите на  во вкладке **CA** > группа **Components**.
2. Отображается курсор в виде перекрестия, что позволяет выполнить точную привязку.
3. Наведите курсор на одну конечную точку и кликните.
4. Наведите курсор на вторую конечную точку и кликните. Между двумя указанными точками будет проложен провод.
 - Когда элемент подключен, его конечные точки меняют цвет с красного на зеленый.
5. Нажмите **Esc**, чтобы выйти из режима добавления элемента, или выберите другой элемент для добавления.

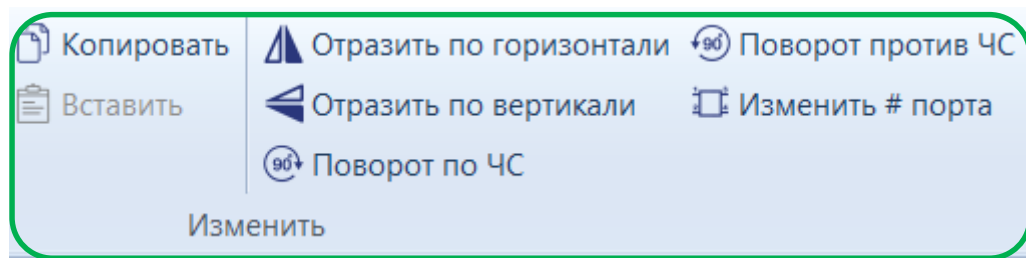


8.3.2 Редактирование элементов

Элементы цепи можно редактировать следующими способами:

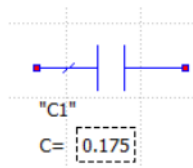
- Включить/выключить элемент
- Чтобы удалить элемент, выберите его и нажмите клавишу **Delete**/кликните на значок удаления в панели инструментов.
- Чтобы переместить элемент в другое место, выберите его и перетащите.
 - При перемещении элементы привязываются к сетке, а прикрепленные к ним провода автоматически прокладываются наиболее оптимальным образом.
- Чтобы переместить всю цепь, с помощью курсора возьмите цепь в рамку и перетащите ее за любой элемент.
- Чтобы изменить ориентацию элемента, выберите его и используйте команду **Edit (Редактировать)** в панели инструментов: Horizontal Flip, Vertical Flip, Rotate 90 Degree CW (clockwise), Rotate 90 Degree CW (counterclockwise) (Отразить по горизонтали, Отразить по вертикали, Повернуть на 90 градусов (по часовой стрелке), Повернуть на 90 градусов (против часовой стрелки)).
 - С помощью клавиши **Ctrl** можно выбрать несколько элементов, чтобы переместить или повернуть их.
 - Если после поворота соединенных элементов провод проложен неправильно, необходимо настроить цепь вручную.

- Вы не можете взаимодействовать с проводом. Для него доступна только команда Удалить.



Команды редактирования

- Чтобы изменить название или значение элемента по умолчанию, нажмите на его название или текстовое поле, чтобы выбрать его и изменить:



Изменено значение конденсатора по умолчанию

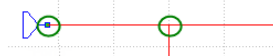
8.3.3 Подключение элементов

Цепь моделируется путем соединения конечных точек ряда ее элементов.

Когда элемент подключен, его красная конечная точка становится зеленой:



Место подключения двух или более элементов цепи называется узлом:



Можно подключить:

- конечную точку элемента цепи к проводу:



- конечные точки элементов напрямую:



- провод к проводу:



- или оставить конечную точку неподключенной (по умолчанию элемент со свободным (красным) узлом разомкнут)

8.3.3.1 Подключение элементов цепи напрямую

1. При необходимости поверните компоненты с помощью команды Edit.
2. Совместите конечные точки двух элементов и кликните.

8.3.3.2 Подключение элементов цепи с проводом

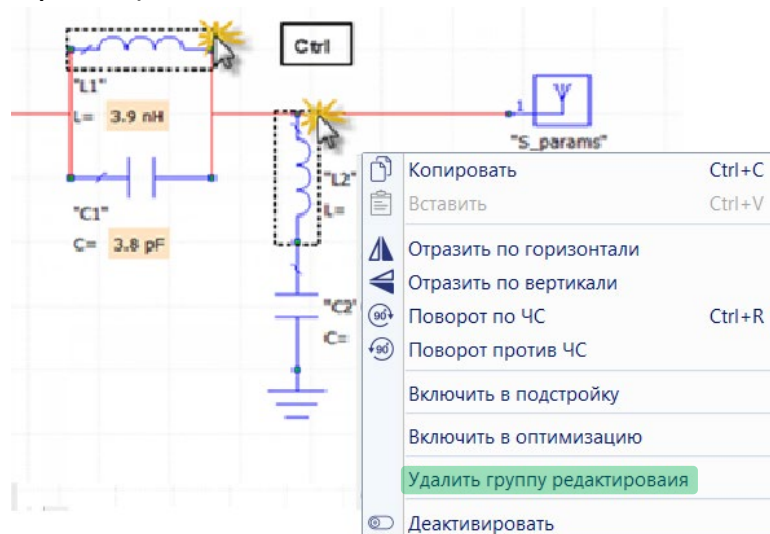
См. [Добавление провода](#).

8.3.4 Объединение элементов в группу

Вы можете объединить два и более элемента в группу для синхронного изменения их значений:

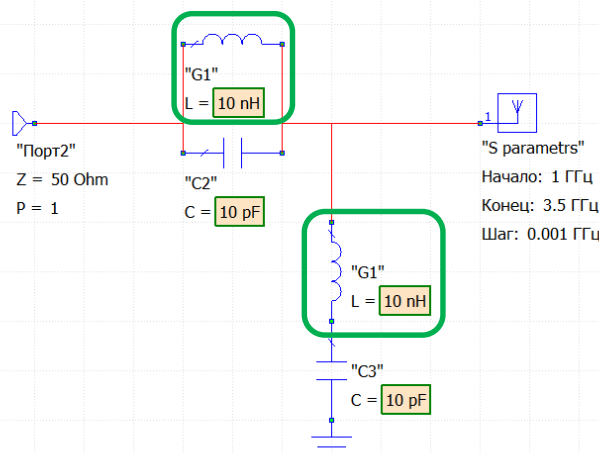
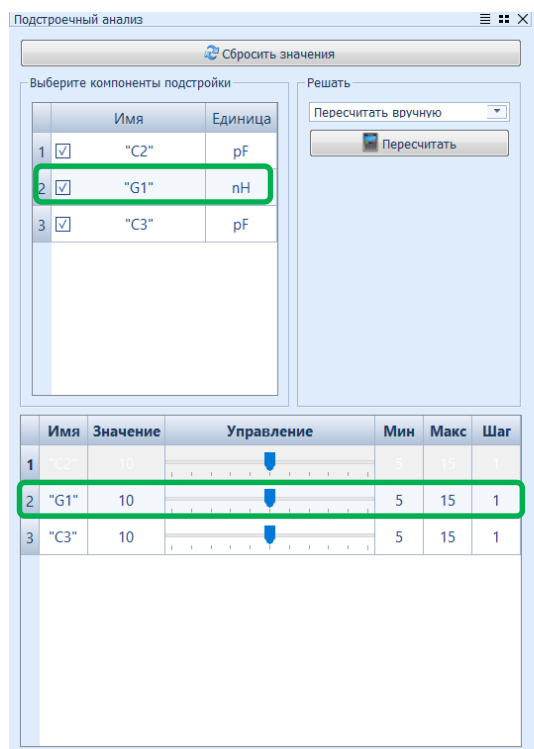
1. Выделите несколько элементов с помощью клавиши **Ctrl**.

2. Кликните правой кнопкой мыши на любом из выделенных элементов > **Create Edit Group (Создать группу редактирования)**.
 - Чтобы разделить элементы в группе, в контекстном меню > **Remove Edit Group (Удалить группу редактирования)**.



Элементы индуктивности выбираются несколькими способами для создания группы редактирования

3. Названия элементов изменяются на название группы.
4. Теперь во время отладки или оптимизации их значения будут изменяться синхронно:

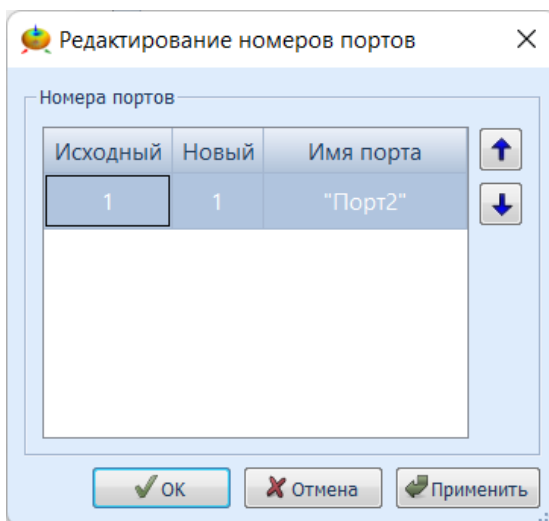


Настройка сгруппированных элементов

8.3.5 Требования для создания рабочей цепи

Ниже приведены необходимые условия для корректной работы цепи:

1. Номера портов должны быть последовательными и не могут совпадать.
 - Установите правильный номер порта с помощью параметра **Edit Port ID (Редактировать ID порта)** в группе **Edit** вкладки **CA**



Диалоговое окно редактирования идентификатора порта

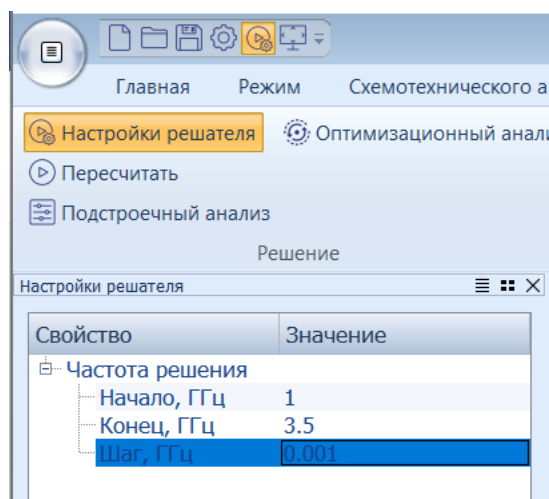
2. Количество портов в цепи должно быть таким же, как и количество подключенных к ней компонентов порта. Порт 1 SNP-элемента должен быть подключен к порту 1 текущей цепи и т. д.
3. Цепь должна быть смоделирована в диапазоне частот и с шагом, аналогичным ее SNP-элементу.
4. При наличии в цепи нескольких SNP-элементов их диапазоны частот должны пересекаться. Диапазоны частот при моделировании должны быть общими для всех SNP-элементов.

8.4 Моделирование

После того как цепь была создана, а значения ее параметров были определены, все готово к тому, чтобы настроить частоту решения и запустить моделирование:

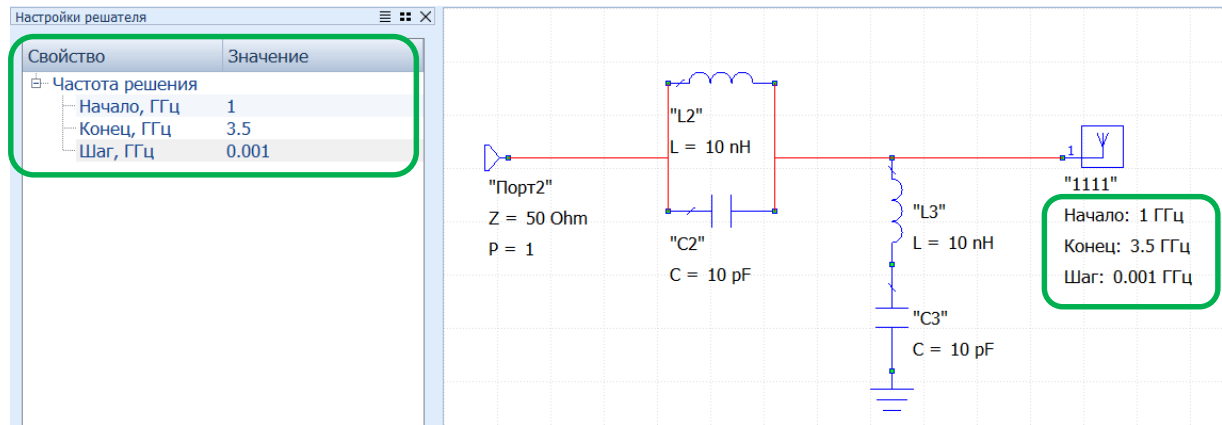
I. Solution Frequency Setup (Настройка частоты решения)

1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Solver Settings (Настройки решателя)**.
2. В окне **Solver Settings** сделайте двойной клик по элементу управления **Value (Значение)**, чтобы ввести **Start (Начальную)** и **Stop (Конечную)** частоты, а также **Step (Шаг)**.



Настройка частоты решения, вручную

- 2A. Если цепь содержит SNP-элемент, значения частоты решения будут скорректированы автоматически. При необходимости можно изменить значения вручную.

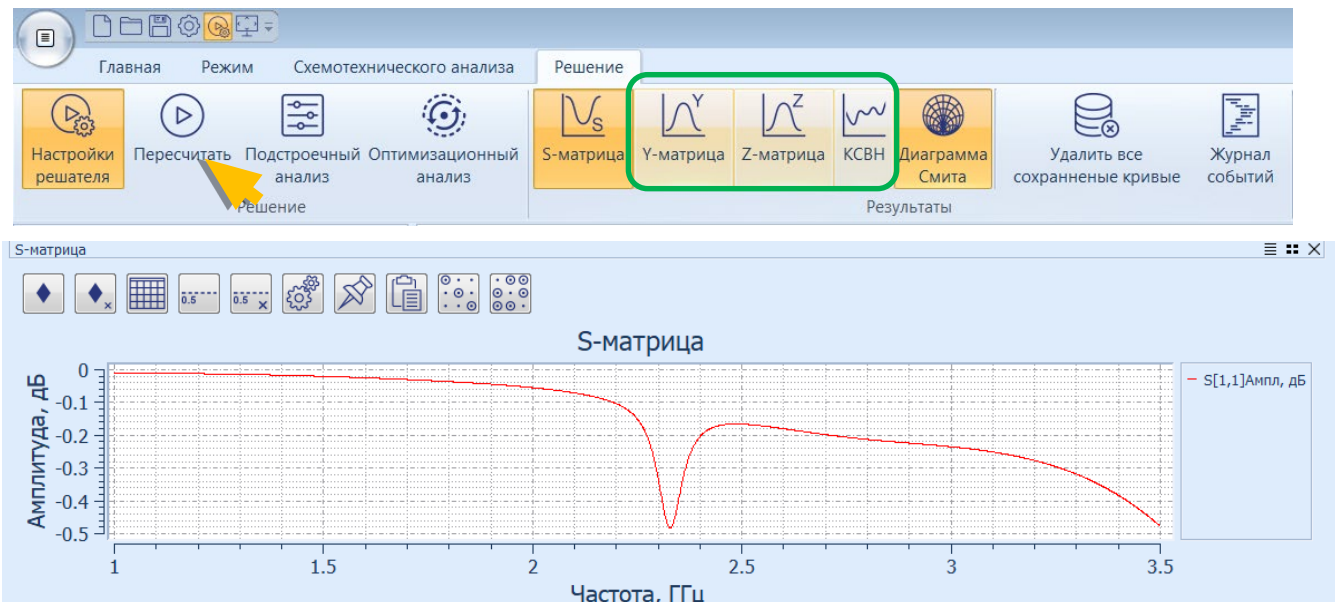


Настройка частоты решения, автоматически

II. Run Simulation (Запустить Моделирование)

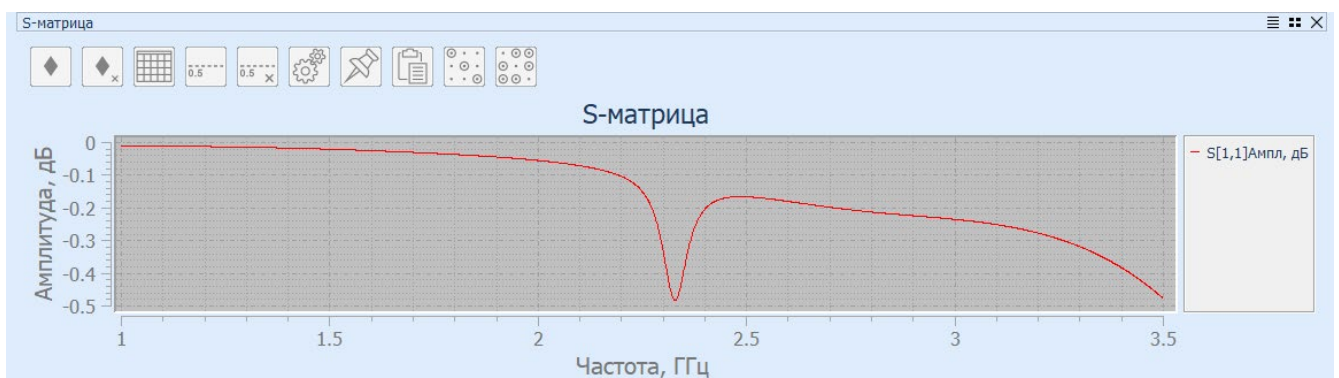
СА моделирует вашу схему за считанные секунды и сразу отображает результаты.

1. Вкладка **Simulation (Моделирование)** > **Recalculate (Пересчитать)**, чтобы запустить моделирование.
2. Используйте кнопки на панели инструментов, чтобы открыть окна результатов и просмотреть результаты моделирования.



Результат S-матрицы, отображаемый после моделирования

- Если вы измените топологию цепи или входные параметры после моделирования, окно результатов станет серым и отключится. Пересчитайте обновленную цепь во вкладке **Simulation** > **Recalculate**, чтобы активировать окно результатов.



Результат S-матрицы выделен серым цветом

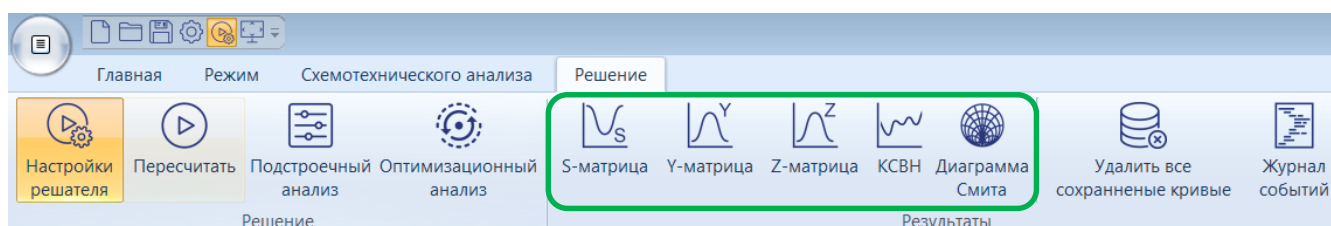
! При закрытии окна результаты моделирования сохраняются.

8.5 Постобработка

Режим СА предоставляет следующие возможности для анализа результатов:

- пять типов графиков для просмотра результатов в графическом формате (графики S-, Y-, Z-матриц, график КСВН, Диаграмма Смита);
- одновременное отображение нескольких графиков для изучения взаимосвязи между результатами;
- отладка для изменения значений проектных параметров и просмотра результата без повторного моделирования всей цепи;
- оптимизация для изменения значений параметров на те, которые позволят достигнуть заданных целей по производительности.

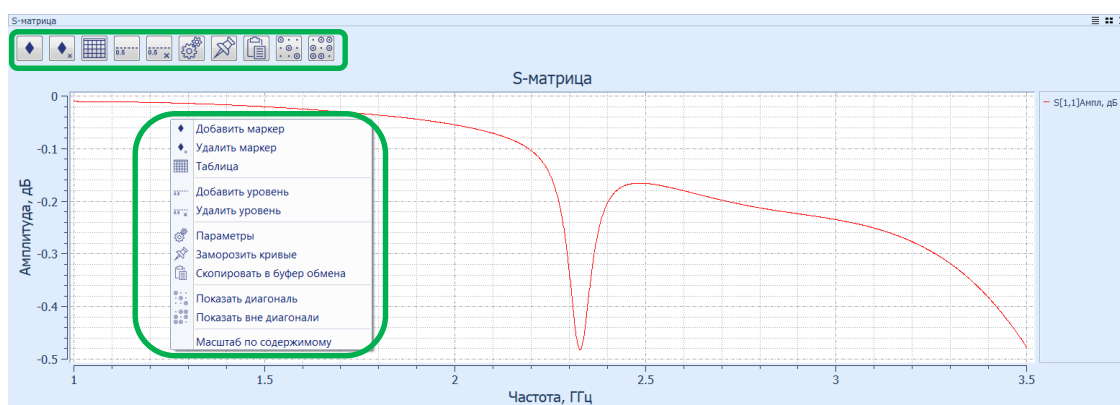
После того, как вы запустили моделирование, откройте полученные результаты графиков во вкладке **Simulation** > группа **Results**, нажав соответствующие кнопки на панели инструментов:



! Если вы измените входные параметры после моделирования, окно результатов станет серым. Пересчитайте обновленную цепь с помощью кнопки Recalculate на панели инструментов, чтобы просмотреть результаты.

8.5.1 Окна результатов

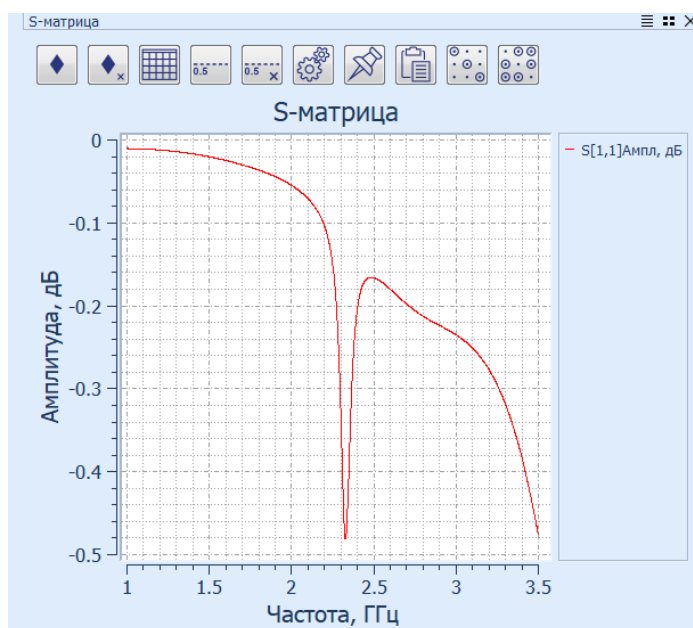
Управляйте данными результатов, типом отображения и параметрами графика с помощью кнопок на панели инструментов или контекстного меню в окнах результатов:



Параметры анализа результатов (панель инструментов или контекстное меню)

8.5.1.1 Визуализация графика

Установите любой из допустимых вариантов (Real/Imaginary, Amplitude/Phase, Amplitude dB/Phase) на любой из осей графиков S-параметров. Вариантом по умолчанию является построение графика в зависимости амплитуды/фазы от частоты. См. [Предпочтения](#).



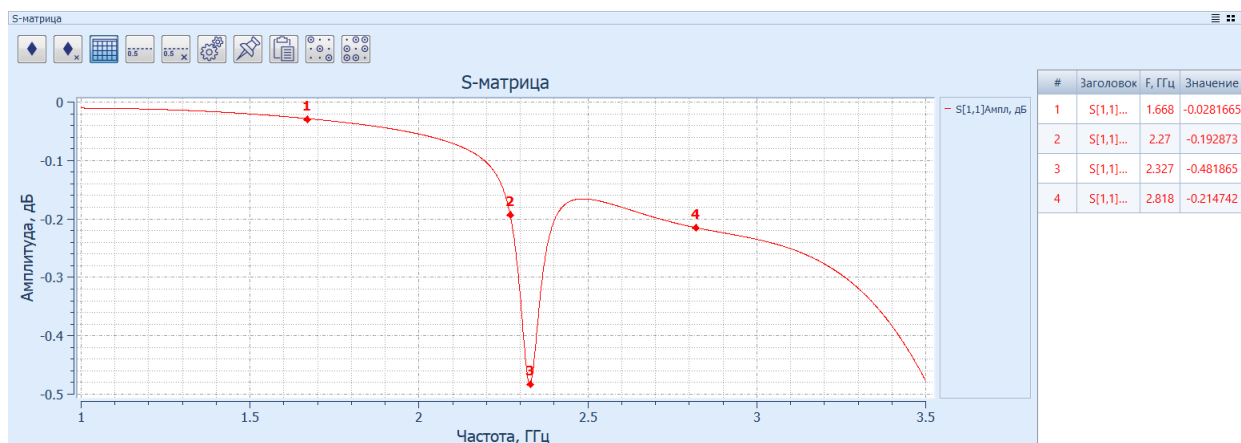
Амплитуда/Частота, установленный тип кривой

- Вы можете увеличивать и уменьшать график с помощью колесика мыши и выбора области, которую необходимо увеличить.

8.5.1.2 Маркеры

Режим СА позволяет размещать маркеры на графике. Для настройки маркеров см. [Предпочтения](#).

1. Нажмите на кнопку Добавить Маркер  в окне результатов, чтобы добавить маркеры.
2. Найдите точку сопоставления на графике с помощью курсора в виде перекрестия, и кликните, чтобы установить маркер.
3. Нажмите на , чтобы просмотреть данные о маркерах. Сделайте двойной клик по ячейке **Freq. HGz**, чтобы получить доступ к элементам управления вверх/вниз для более точного позиционирования.
4. Повторите шаг 2, чтобы добавить больше маркеров.
 -  удаляет все маркеры с графика.



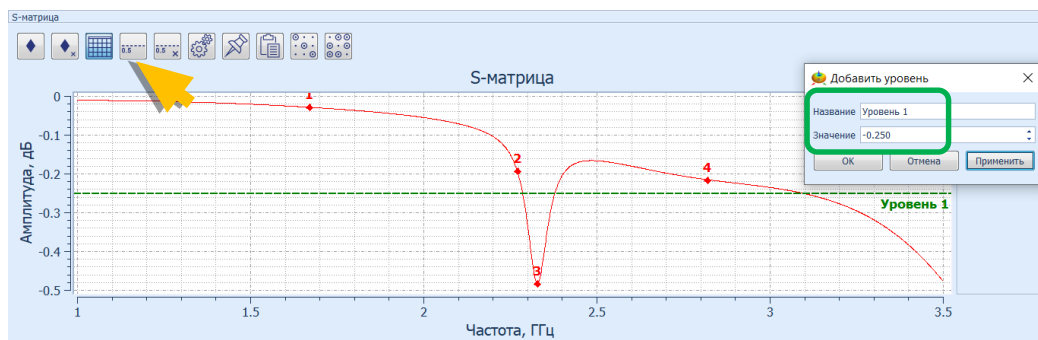
Вид таблицы маркеров

5. Отпустите кнопку маркера, чтобы выйти из режима добавления маркеров.

8.5.1.3 Опорные уровни

Для лучшей визуализации на графике можно установить опорные уровни:

1. Нажмите на **Добавить Уровень**  в окне результатов, чтобы добавить уровни.
2. В диалоговом окне **Add Level (Добавить уровень)** введите **Label (Обозначение)** и **Value (Значение)** и нажмите **Apply (Применить)**.
 -  удаляет уровень с графика.

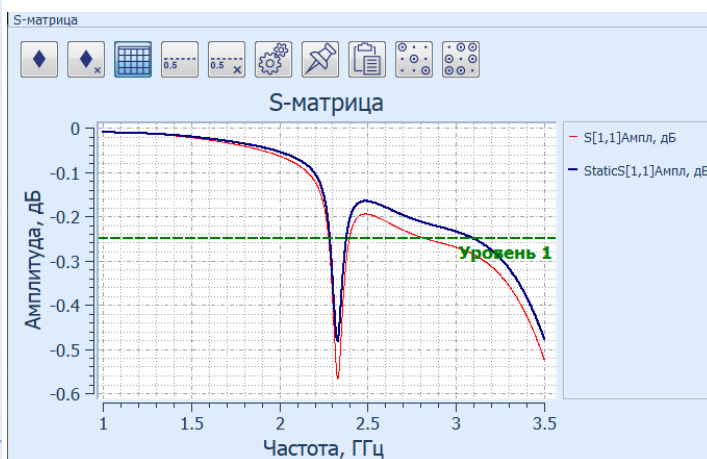
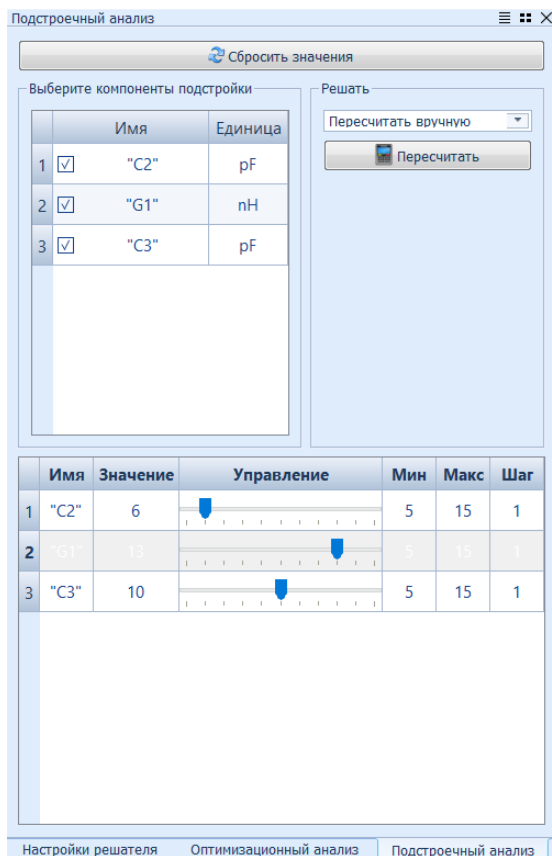


Добавлен опорный уровень -6 дБ

8.5.1.4 Закрепление кривой

Вы можете создавать статичные копии всех кривых S-параметров. Эта функция полезна для возможности [Отладки](#) и [Оптимизации](#), когда статичная копия отображается в качестве образца для расчета цепи.

1. Нажмите на  в окне результатов, чтобы сохранить график как статичную опорную.
2. Введите префикс заголовка копии в диалоговое окно **Storing data (Хранение данных)**.
3. Копия отображается поверх исходного графика.
 - Просмотрите список созданных копий кривых и настройте их в [Plot Options \(Настройках Графика\)](#).



Эталонный (синий) график против пересчитанного (красного) графика в анализе настройки

- Чтобы удалить созданные копии кривых, нажмите кнопку **Очистить хранилище данных**  на панели инструментов во вкладке Simulation. Все копии кривых со всех окон результатов удалятся.

8.5.1.5 Настройки графика

Вы можете просмотреть список созданных графиков, настроить цвет, стиль и ширину кривой, а также масштабировать оси графика.

1. Нажмите на  в окне результатов, чтобы получить доступ к вкладкам **Curves (Кривые)**, **Page (Страница)** и **Axes (Оси)** в диалоговом окне **Plot Options (Настройки графика)**.
2. Во вкладке **Curves** можно:
 - Показать/скрыть график элементом управления **On/Off (Включить/Выключить)**.
 - Указать **Color (Цвет)** кривой в выпадающем меню.
 - Установить **Style (Стиль)** и **Width (Ширину)** кривой двойным кликом по соответствующей ячейке.
3. Во вкладке **Page (Страница)** можно установить шрифты для заголовка графика, легенды и осей.
4. Во вкладке **Axes (Оси)** масштабировать оси текущего графика. По умолчанию пределы осей и расстояние между делениями выбираются автоматически, чтобы охватить весь диапазон отображаемых данных. Вы можете установить эти параметры осей вручную:
 - Снимите галочку с элемента управления **Auto Scale (Автомасштабирование)**, чтобы активировать элементы **Min**, **Max**, **Step (Шаг)** и **#Ticks (Количество делений)**.
 - Установите галочку на элемент **Auto Scale**, чтобы восстановить параметры по умолчанию.

8.5.1.6 Копирование графика

Нажмите на  в окне результата, чтобы скопировать отображаемый график в буфер обмена и затем вставить его вне режима СА.

8.5.2 Отладка

Возможность настройки позволяет изменять проектные параметры R, L, и C и просматривать результаты в реальном времени без повторного расчета всей цепи. Это помогает достигнуть наилучших результатов и найти наиболее уязвимые параметры или компоненты.

- Используйте функция [Закрепление кривой](#), чтобы создать образец для сравнения результатов.
- Выберите элементы цепи для настройки одним из двух способов:
 1. Кликните правой кнопкой мыши по компоненту в цепи > **Enable Tuning (Включить настройку)**.
 - С помощью клавиши **Ctrl** можно выбрать несколько компонентов
 2. Включите компоненты в [Tuning Analysis \(Поиск решений для отладки\)](#).

8.5.2.1 Поиск решений для отладки

Откройте **Tuning Analysis (Поиск решений для отладки)** во вкладке **Simulation**.

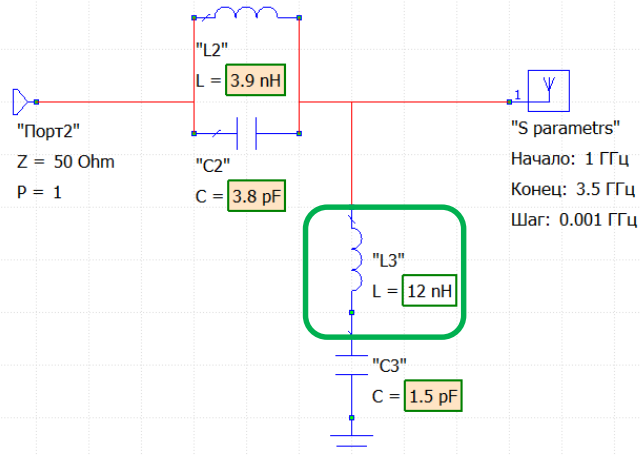
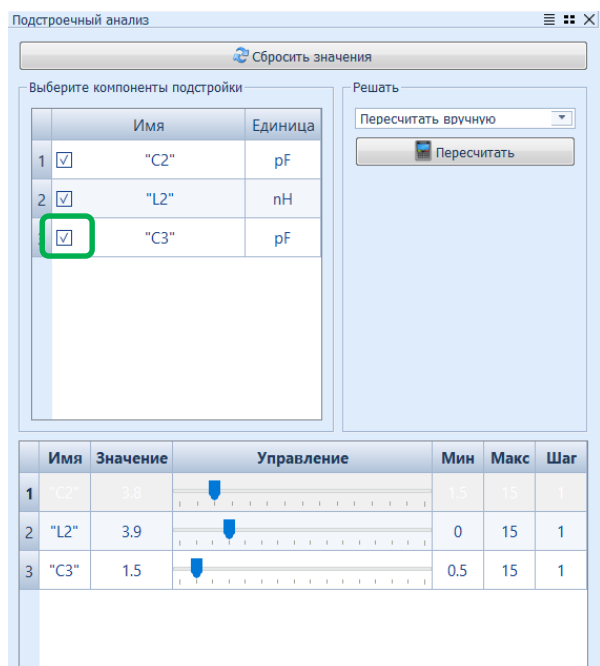
В режиме поиска решений для отладки нельзя изменить топологию схемы или значения параметров в Редакторе Цепей.

Для редактирования цепи:

- Измените параметры с помощью элементов управления поиска решений для отладки или
- Выйдите из режима, закрыв поиск решений для отладки.

Для запуска отладки:

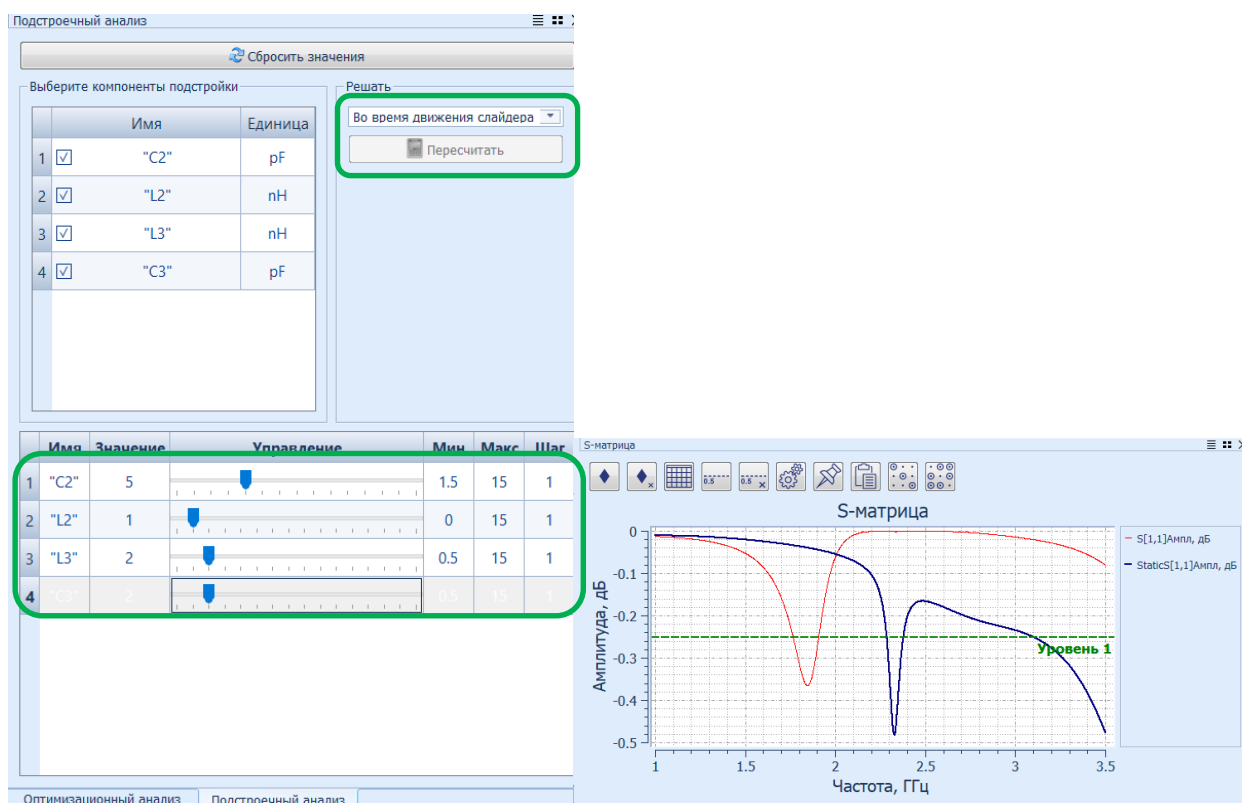
1. Выберите результирующий график (S-Матрица, КСВН, и т.д.) для отладки во вкладке **Simulation**.
2. Обратите внимание, что в окне **Tuning Analysis** отображается список компонентов цепи, доступных для настройки.
3. Чтобы исключить компоненты из настройки, снимите галочки с пунктов в списке.
4. Значения параметров выбранных компонентов выделяются на схеме цепи.



Элемент емкости исключен из настройки
(не отмечен в таблице анализа настройки, и его значение не выделено в макете)

5. Измените параметры с помощью функции по умолчанию **Recalculate Manually (Рассчитать вручную)** (рекомендуется):

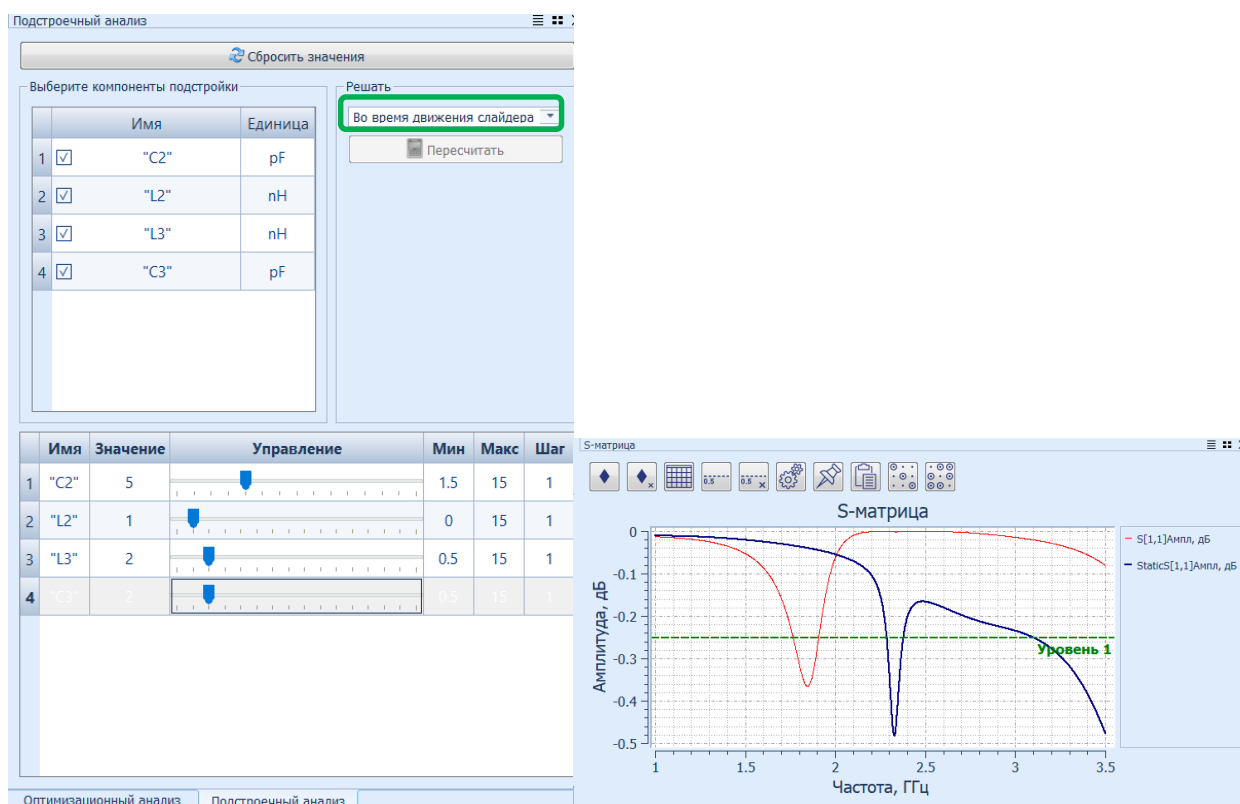
- Перетащите ползунок **Control (Управление)**, чтобы изменить значение параметра.
- Измените **Min.**, **Max.**, и **Step** значения, чтобы настроить визуализацию результатов.
- Нажмите **Recalculate (Рассчитать)**, чтобы обновить результаты.



Параметры S-матрицы, пересчитанные и отображенные (красная кривая) по сравнению со статическим эталонным графиком (синяя кривая)

5A. Просмотрите обновление результатов в режиме реального времени с помощью функции **While Slider Moves** (Циклический ползунок):

- Перетащите ползунок **Control**, чтобы изменить значение параметра.
- Измените **Min.**, **Max.**, и **Step** значения, чтобы настроить визуализацию результатов



Отладка в режиме реального времени

6. Нажмите **Reset Values (Восстановить значения)**, чтобы восстановить исходные данные моделирования.
7. Отлаженные значения сохраняются после выхода из режима Поиска решений для отладки.

8.5.3 Оптимизация

С помощью оптимизации вы можете настроить значения проектных параметров для достижения целевого показателя.

- ! **Не забудьте открыть соответствующее окно результатов, чтобы облегчить процесс оптимизации.**
- Выберите элементы цепи для оптимизации одним из двух способов:
 1. Кликните правой кнопкой мыши на компонент в цепи > **Enable Optimizing (Включить оптимизацию)**.
 - С помощью клавиши **Ctrl** можно выбрать несколько компонентов
 - Компоненты, доступные для оптимизации, отмечены зеленой рамкой на схеме цепи.
 2. Включите компоненты в поиске решений для оптимизации.

8.5.3.1 Поиск решений для оптимизации

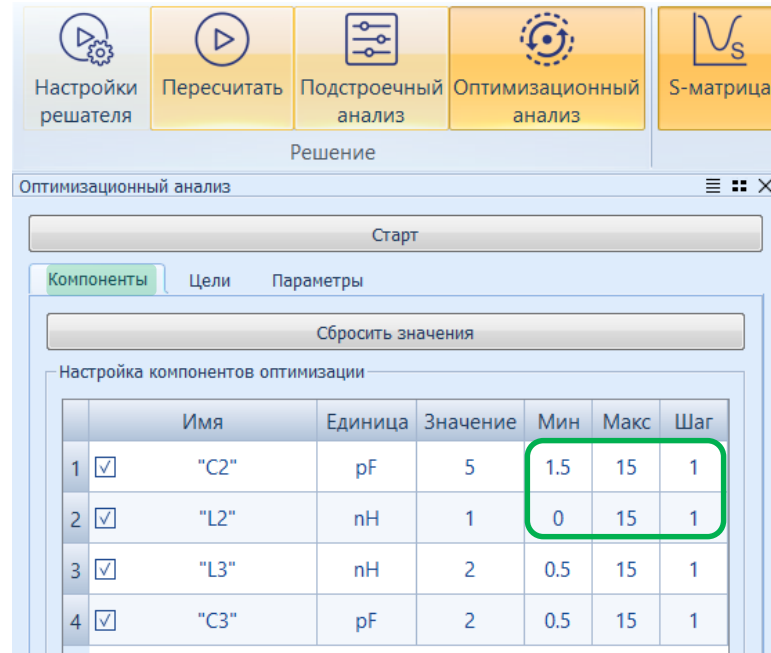
Откройте **Optimization Analysis (Поиск решений для оптимизации)** во вкладке **Simulation**.

В режиме Поиска решений для оптимизации нельзя изменить топологию схемы или значения параметров в Редакторе Цепей:

- Параметры будут изменяться автоматически до тех пор, пока отклик не достигнет целевого значения.
- Для изменения параметров вручную выйдите из режима, закрыв окно поиска решений для оптимизации.

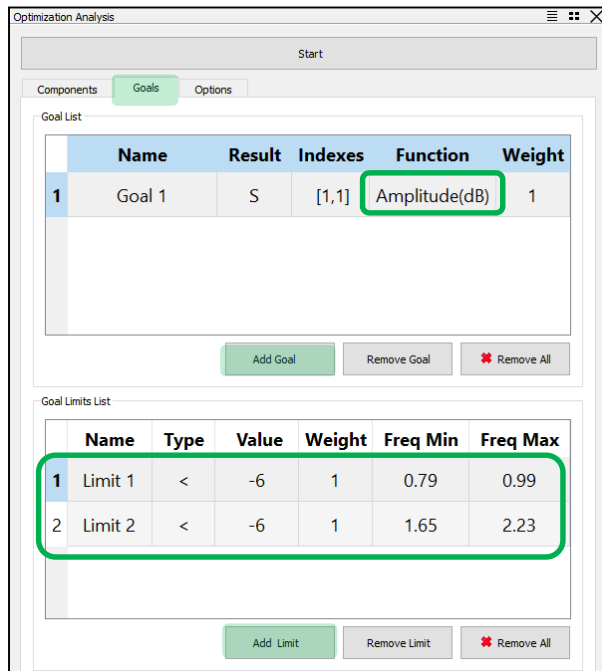
Для запуска оптимизации:

1. Во вкладке **Components** укажите, какие компоненты цепи будут меняться, и задайте диапазоны значений, в которых параметры будут изменяться для оптимизации:
 - 1) Установите галочку рядом с компонентом, чтобы добавить его для оптимизации.
 - 2) В полях **Unit (Единица измерения)** и **Value (Значение)** указано номинальное значение компонента, рассчитанное в редакторе цепей. Нельзя изменить.
 - 3) Установите минимальное и максимальное значение для компонента в полях **Min** и **Max**.
 - 4) Укажите **Step (Шаг)** для процесса оптимизации.
 - 5) Используйте кнопку **Reset Values (Сбросить значения)**, чтобы восстановить, если это необходимо, первоначальные проектные значения.

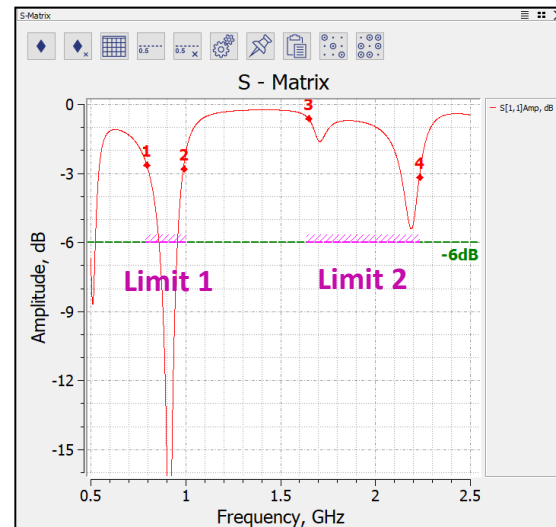


Настройка компонентов, подлежащих оптимизации

2. Во вкладке **Goals (Цели)** установите цели оптимизации, чтобы определить наилучшую комбинацию значений параметров, обеспечивающую соответствие частотных характеристик.
 - 1) Нажмите на кнопку **Add Goal**, чтобы добавить цель оптимизации.
 - 2) Сделайте двойной клик на соответствующих полях, чтобы установить значения:
 - **Name (Название)** отображает название по умолчанию; название по умолчанию можно изменить.
 - **Result (Результат)** позволяет выбрать элемент S-матрицы для оптимизации из выпадающего списка (S, Y, and Z-параметры).
 - **Indexes (Индексы)** отображает S-, Y- or Z- индексы параметров.
 - **Function (Функция)** определяет формат ответа (Amplitude (dB), Amplitude, Real, Imaginary).
 - **Weight (Значимость)** определяет приоритетность (0-1) каждой цели, если целей оптимизации несколько. Чем больше значение, тем выше приоритетность цели.
 - 3) В разделе **Goal Limits List (Список пределов целей)** сделайте двойной клик на соответствующих полях, чтобы указать значения, которые будут определять пределы оптимизации:
 - **Type (Тип)** задает операцию между расчетным откликом цепи и целевым откликом. (Меньше, чем (<); больше, чем (>)).
 - **Value (Значение)** указывает целевое значение отклика.
 - **Weight (Значимость)** определяет приоритетность каждой цели (0-1). Чем больше значение, тем выше приоритетность цели.
 - **Freq Min/Freq Max** определяют полосу частот, в которой оценивается цель.
 - Используйте кнопки **Add Limit/Remove Limit (Добавить предел/Удалить предел)**, чтобы добавить/удалить пределы оптимизации.



Постановка цели и пределов цели для оптимизации



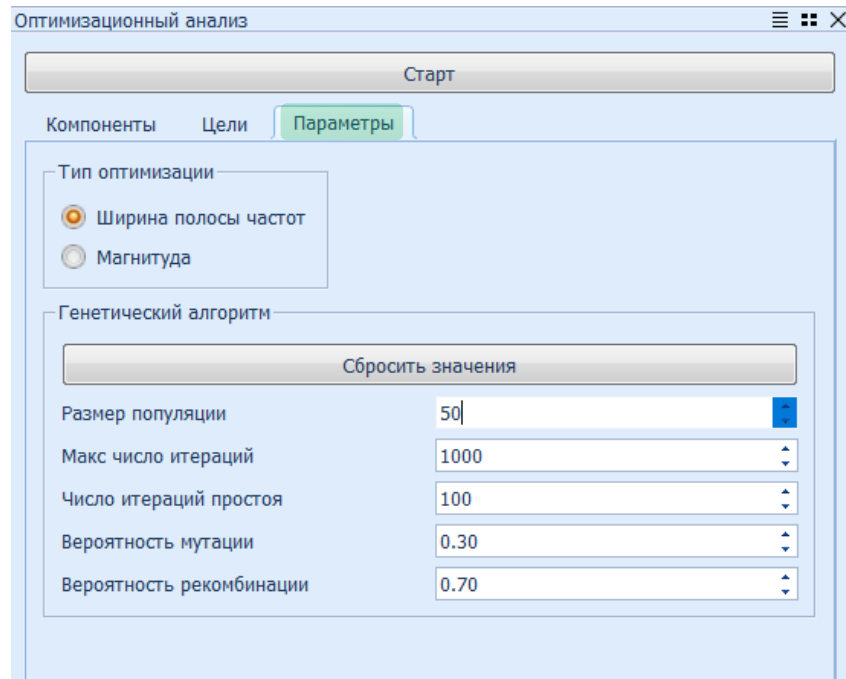
Пределы целей, отображаемые на графике
 Вы можете сохранить график в качестве эталона с помощью кнопки Закрепить кривую

3. Вкладка **Options (Настройки)** предлагает два метода расчета целевой функции:

- **Frequency Bandwidth (recommended) (Ширина полосы частот (рекомендуется))** - анализируются только полосы частот, в которых есть отклонения от целевого значения отклика (указанного в **Goal Limits List**).
- **Magnitude (Величина)** - анализируется только величина отклонения от целевого значения отклика (указанного в списке **Goal Limits List**).

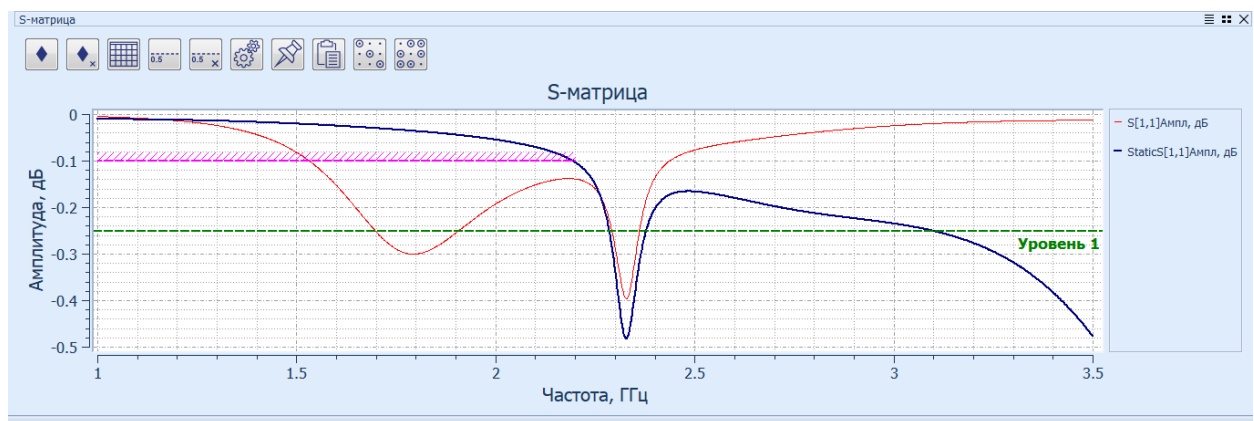
В группе Genetic Algorithm (Генетический алгоритм) можно установить:

- **Population size (Размер популяции)** – количество особей в каждом поколении. С большими популяциями генетический алгоритм работает медленнее, но более тщательно, снижая вероятность того, что он вернет локальный минимум.
- **Max. Iterations (Максимум повторений)** - максимальное количество повторений для выполнения генетического алгоритма.
- **Wait Iterations (Остановка повторений)** - алгоритм останавливается, когда значение приспособленности перестает увеличиваться.
- **Mutation Probability (Вероятность мутации)** – вероятность небольших случайных изменений особей в генотипах особей в популяции, которые приведут к возникновению мутаций у потомства.
- **Crossover Probability (Вероятность Кроссинговера)** – вероятность формирования нового генетического материала после скрещивания двух особей у потомка в следующем поколении.



Вкладка - Параметры анализа оптимизации

4. Теперь все готово, чтобы запустить процесс оптимизации цепи. Нажмите **Start** в окне **Optimization Analysis**.
5. График и значения параметров обновляются только тогда, когда оптимизатор находит лучшее решение для поставленных целей.
6. Процесс оптимизации останавливается, когда:
 - оптимизатор выполнил все возможные повторения (1000 по умолчанию) или
 - за 100 повторений не было найдено лучших решений или
 - процесс был намеренно остановлен нажатием кнопки **Cancel (Заккрыть)** в окне статуса **Optimizing (Процесса оптимизации)**. Будет отображена лучшая комбинация, достигнутая к тому моменту.



Оптимизация схемы

7. Оптимизированные значения отображаются на схеме цепи и во вкладке **Components**.
8. Нажмите **Reset Values (Сбросить значения)** во вкладке **Components** чтобы восстановить исходные данные моделирования, или выйдите из режима поиска решений для оптимизации и сохраните оптимизированные значения, если вас устраивают результаты.
9. Теперь вы можете использовать оптимизированные значения при анализе в GAMMA.