



Система анализа целостности сигнала

Руководство пользователя
Система анализа целостности сигналов SimPCB Lite

Май, 2025



Руководство пользователя

Внимание!

Права на данный документ в полном объёме принадлежат компании «ЭРЕМЕКС» и защищены законодательством Российской Федерации об авторском праве и международными договорами.

Использование данного документа (как полностью, так и частично) в какой-либо форме, такое как: воспроизведение, модификация (в том числе перевод на другой язык), распространение (в том числе в переводе), копирование (заимствование) в любой форме, передача форме третьим лицам, – возможны только с предварительного письменного разрешения компании «ЭРЕМЕКС».

За незаконное использование данного документа (как полностью, так и частично), включая его копирование и распространение, нарушитель несет гражданскую, административную или уголовную ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Компания «ЭРЕМЕКС» оставляет за собой право изменить содержание данного документа в любое время без предварительного уведомления.

Последнюю версию документа можно получить в сети Интернет по ссылке:

www.eremex.ru/knowledge-base/delta-design/docs

Компания «ЭРЕМЕКС» не несёт ответственности за содержание, качество, актуальность и достоверность материалов, права на которые принадлежат другим правообладателям.

Обозначения ЭРЕМЕКС, EREMEX, Delta Design, TopoR, SimOne, SimPCB, SimPCB Lite являются товарными знаками компании «ЭРЕМЕКС».

Остальные упомянутые в документе торговые марки являются собственностью их законных владельцев.

В случае возникновения вопросов по использованию программ Delta Design, TopoR, SimOne, SimPCB, SimPCB Lite, пожалуйста, обращайтесь:

Форум компании «ЭРЕМЕКС»: www.eremex.ru/society/forum

Техническая поддержка

E-mail: support@eremex.ru

Отдел продаж

Тел. +7 (495) 232-18-64

E-mail: info@eremex.ru

E-mail: sales@eremex.ru

Содержание

Система анализа целостности сигналов SimPCB Lite

1	Термины и определения	5
2	Назначение инструмента	7
3	Рабочее пространство	9
3.1	Главное окно	9
3.1.1	Главное меню	9
3.2	Настройки системы	12
3.3	Функциональная панель «Проекты»	16
3.3.1	Проект	18
3.3.2	Группа	22
3.3.3	Модель	25
3.3.4	Расчет	27
4	Расчет параметров линий передачи и переходных отверстий	36
4.1	Расчет параметров линий передачи	36
4.1.1	Интерфейс для расчета параметров ЛП	36
4.1.2	Настройки расчета	37
4.1.3	Модели ЛП	38
4.1.4	Область просмотра	41
4.1.5	Параметры ЛП и дополнительные параметры	43
4.1.6	Результаты расчета	49
4.1.7	Графики и настройки отображения	55
4.1.8	Сохранение расчета	64
4.2	Расчет параметров переходных отверстий	66
4.2.1	Интерфейс для расчета ПО	66
4.2.2	Настройки расчета	66
4.2.3	Модели ПО и область просмотра	67
4.2.4	Параметры ПО	68
4.2.5	Результаты расчета	69
4.2.6	Графики и настройки отображения	70

4.2.7	Сохранение расчета	71
5	Выгрузка результатов	72

1 Термины и определения

В настоящем документе используются термины и определения, представленные в таблице, см. [Табл. 1](#).

[Таблица 1](#) Термины и определения

№	Термин	Определение
1	Линия передачи	Система прямых и возвратных проводников, состоящая из сигнальной трассы и возвратного пути сигнала, который обычно проходит в потенциальном слое.
2	Дифференциальная пара	Два проводника, на которые подаются равные, но противоположные, переменные напряжения и токи.
3	Микрополосковая линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного на внешнем слое печатной платы, и ближайшего потенциального слоя, по которому пролегает возвратный путь сигнала. Сигнальный проводник и потенциальный слой разделены диэлектриком печатной платы.
4	Полосковая линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного во внутреннем слое печатной платы, и одного потенциального слоя, по которому пролегает возвратный путь сигнала. В данном случае возвратных путей сигнала два.
5	Копланарная линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника и возвратного пути сигнала (проводников или полигонов), расположенных на одном и том же слое печатной платы.
6	Заглубленная линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного во внутреннем слое печатной платы, и одного потенциального слоя, который является возвратным путем сигнала.
7	Антипад	Зазор между контактной площадкой и областью металлизации, в которой она расположена.
8	Опорный слой	Слой, используемый для размещения только областей металлизации, которые занимают все пространство слоя (как правило, используются для подключения компонентов к цепям земли и питания).
9	Четная мода	Состояние дифференциальной пары, когда напряжения на линиях одинаковы.

№	Термин	Определение
10	Нечетная мода	Состояние дифференциальной пары, когда напряжения на линиях оппозитны.

В настоящем документе используется перечень сокращений, представленный в таблице, см. [Табл. 2](#).

[Таблица 2](#) Перечень сокращений

№	Сокращение	Значение
1	ЛП	Линия передачи
2	Дифф. пара	Дифференциальная пара
3	ПП	Печатная плата
4	ПО	Переходное отверстие
5	САПР	Система автоматизированного проектирования

2 Назначение инструмента

Система анализа целостности сигналов SimPCB Lite – система автоматизированного проектирования, предназначенная для комплексного расчета параметров линий передачи с учетом параметров межслойных переходов и контактных площадок, направленная на обеспечение надежной работы высокоскоростных и высокочастотных электронных систем.

Функциональные возможности SimPCB Lite позволяют производить расчеты параметров с высокой точностью и скоростью, при этом выполнять подбор необходимой модели линии передачи из множества вариантов (104 модели с учетом возможности переворота проводника), формировать нужную модель ПП с переходным отверстием с учетом различных вариантов расположения слоев маски и опорных слоев, учитывать толщину маски и величину технологического подтрав проводника.

Система SimPCB Lite обеспечивает решение следующих задач:

1. Расчет первичных и вторичных параметров:

- одиночных линий передачи;
- дифференциальных пар;
- копланарных одиночных линий передачи;
- копланарных дифференциальных пар.

2. Проведение частотного анализа для:

- одиночных линий передачи;
- дифференциальных пар;
- копланарных одиночных линий передачи;
- копланарных дифференциальных пар.

3. Определение S-параметров:

- одиночных линий передачи (с возможностью изменения режима представления);
- дифференциальных пар (одиночный и смешанный режим);
- копланарных одиночных линий передачи (с возможностью изменения режима представления);
- копланарных дифференциальных пар (одиночный и смешанный режим).

4. Расчет перекрестных помех:

- одиночных линий передачи;

- дифференциальных пар.
5. Расчет первичных и вторичных параметров переходных отверстий с возможностью подбора необходимой модели:
 - для двухслойной печатной платы;
 - для четырехслойной печатной платы.
 6. Множественный расчет параметров ЛП в диапазоне значений выбранного параметра;
 7. Множественный расчет ПО в диапазоне значений выбранного параметра;
 8. Возможность выбора вычисляемого параметра (тип расчета «Без потерь»);
 9. Представление результатов расчета в табличном и графическом виде;
 10. Сохранение файлов проектов с созданной иерархией групп, моделей и расчетов с возможностью последующего использования;
 11. Сохранение отдельных файлов расчетов с заданными моделями и параметрами с возможностью последующего использования;
 12. Вывод результатов расчетов в файлы с расширением .XLSX.

3 Рабочее пространство

3.1 Главное окно

Работа с системой анализа целостности сигнала SimPCB Lite осуществляется в главном окне системы, см. [Рис. 1](#).

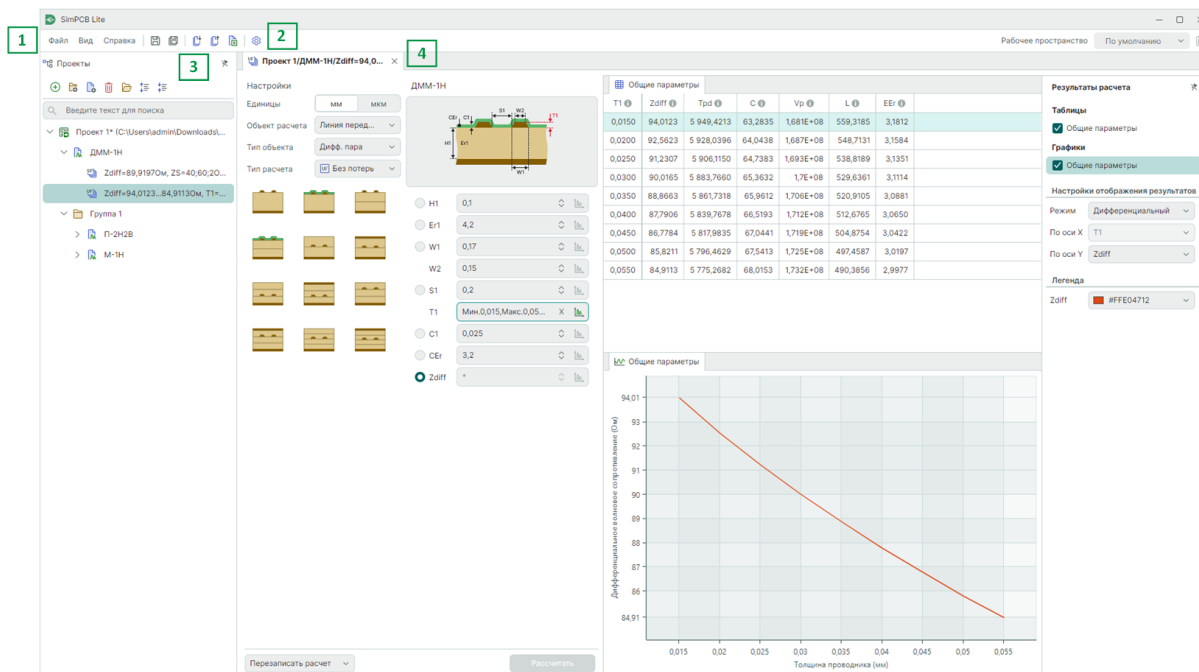


Рис. 1 Главное окно системы SimPCB Lite

Основные элементы графического интерфейса:

1. [Главное меню программы](#);
2. [Панель инструментов](#);
3. [Панель «Проекты»](#);
4. Вкладки открытых расчетов.

3.1.1 Главное меню

Главное меню системы включает разделы и [панель инструментов](#).

Разделы главного меню:

- «[Файл](#)» — обеспечивает доступ к основным командам и настройкам системы;

- «Вид» – обеспечивает вызов функциональной панели «Проекты», масштабирование рабочего окна;
- «Справка» – предоставляет доступ к справочной информации.

3.1.1.1 Раздел главного меню «Файл»

В данном разделе описываются пункты главного меню раздела «Файл», обеспечивающие вызов операций по управлению проектами, моделями и расчетами, см. [Рис. 2](#).

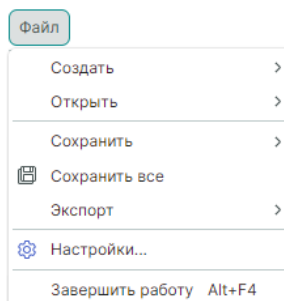


Рис. 2 Состав меню «Файл»

Состав пунктов меню раздела «Файл»:

- «Сохранить все» – сохраняет все изменения в проектных данных, пункт обозначен иконкой .
- «Настройки» – доступ к «Панели управления», пункт обозначен иконкой . Подробнее о выполнении настроек системы см. раздел [Настройки системы](#).
- «Экспорт» → «Расчет SimPCB (.XLS)» – экспорт сохраненной модели и результатов анализа целостности сигналов SimPCB Lite в формате *.XLS. Пункт обозначен иконкой .
- «Завершить работу» – завершение работы SimPCB Lite с закрытием всех панелей и окон («Alt+F4»).

Состав пунктов меню раздела «Файл» → «Создать»:

- «Проект SimPCB» – создание нового проекта, пункт обозначен иконкой .
- «Расчет SimPCB» – создание нового расчета, пункт обозначен иконкой .

Состав пунктов меню раздела «Файл» → «Открыть»:

- «Проект SimPCB» – открытие проекта, содержащего набор моделей и расчетов, в формате *.SIMP. Пункт обозначен иконкой .
- «Расчет SimPCB» – открытие сохраненных моделей и результатов анализа целостности сигналов, пункт обозначен иконкой .

Состав пунктов меню раздела «Файл» → «Сохранить»:

- «Проект SimPCB» – сохранение текущего проекта, пункт обозначен иконкой .
- «Расчет SimPCB» – сохранение модели и результатов анализа целостности сигналов, пункт обозначен иконкой .

3.1.1.2 Панель инструментов

Панель инструментов содержит набор инструментов для сохранения, импорта и экспорта проведенных расчетов, см. [Рис. 3](#).



Рис. 3 Панель инструментов

Подробнее инструменты описаны в [Табл. 3](#).

[Таблица 3](#) Состав инструментов

Символ	Наименование инструмента	Описание
	Сохранить проект	Сохранение изменений в активном проекте.
	Сохранить все	Сохранение изменений всех проектных данных.
	Открыть расчет SimPCB	Импорт расчетов. Доступные расширения: *.SIMUF, *.SIMFA, *.SIMSP, *.SIMCT.
	Сохранить расчет SimPCB	Сохранение расчетов. Расширение сохраняемого файла соответствует типу расчета.
	Экспортировать расчет SimPCB в .xlsx	Экспорт расчетов SimPCB в формате *.XLSX.
	Настройка параметров SimPCB	Переход к настройкам системы.



Примечание! Каждый тип расчета при сохранении имеет определенное расширение:

- «Без потерь» – расширение *.SIMUF;

- «Частотный анализ» – расширение *.SIMFA;
- «S-параметры» – расширение *.SIMSP;
- «Перекрестные помехи» – расширение *.SIMCT.

3.2 Настройки системы

Доступ к настройкам системы выполняется через главное меню «Файл» → «Настройки», см. [Рис. 4](#).

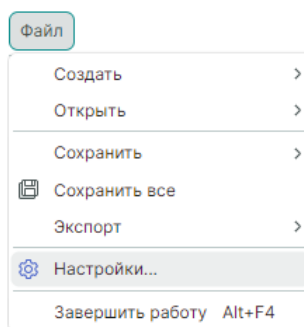


Рис. 4 Вызов настроек системы

Также переход к настройкам редактора возможен с помощью панели инструментов, для перехода нажмите кнопку «Настройка параметров SimPCB...», см. [Рис. 5](#).

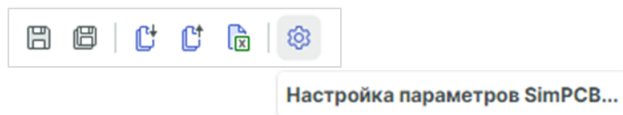


Рис. 5 Переход к настройкам редактора

Состав настроек отображается в отдельном окне «Панель управления». Настройки системы анализа целостности сигналов SimPCB Lite сгруппированы во вкладки: «Основные», «Линия передачи», «Отверстие», см. [Рис. 6](#).

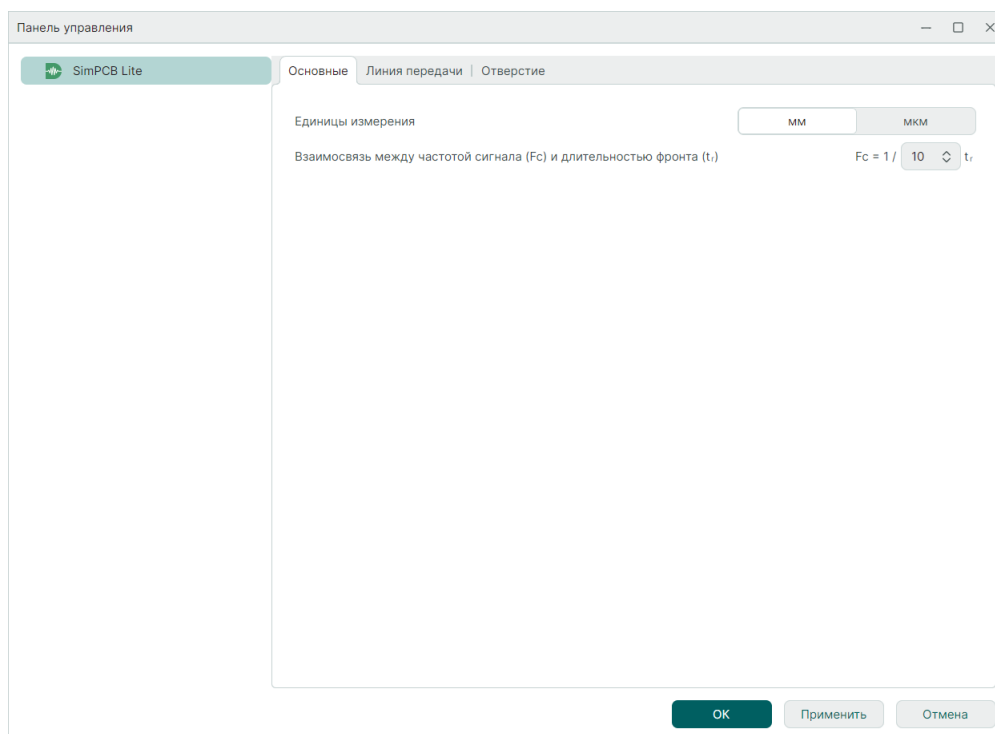


Рис. 6 Общий вид «Панели управления»

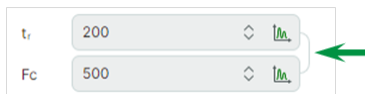
Вкладка «Основные»

Доступные настройки на вкладке «Основные», см. [Рис. 6](#):

- «Единицы измерения» – выбор единиц измерения с помощью переключателя (миллиметры или микрометры).
- «Взаимосвязь между частотой сигнала (F_c) и длительностью фронта (t_r)» – определение соотношения между частотой сигнала и длительностью фронта для расчетов с учетом частоты. Данное соотношение задействовано в расчетах типов: «Частотный анализ», «S-параметры», «Перекрестные помехи».



Примечание! В списке параметров частота сигнала и длительность фронта имеют графическое отображение взаимосвязи, при изменении любого из параметров второй пересчитывается автоматически, см. [Рис. 7](#).



Вкладка «Линия передачи»

На вкладке «Линия передачи» в табличном виде представлены, см. [Рис.](#)

[8](#):

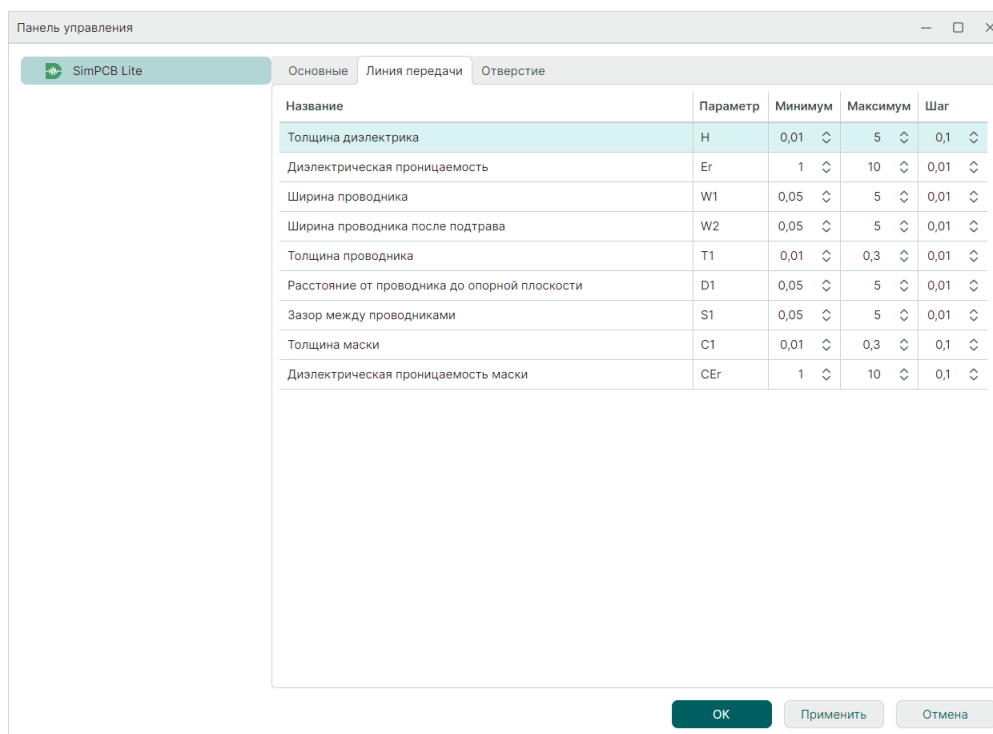


Рис. 8 Вкладка «Линия передачи»

- параметры линии передачи;
- условные обозначения параметров линии передачи;
- диапазон (минимум, максимум), в котором производится поиск решения при обратном расчете, может быть отредактирован;
- шаг изменения параметра при определении значения с помощью кнопок, см. [Рис. 9](#):

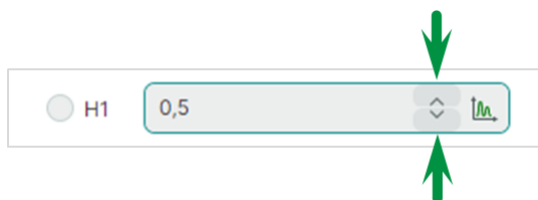


Рис. 9 Кнопки изменения значения параметра

Вкладка «Отверстие»

На вкладке «Отверстие» в табличном виде представлены, см. [Рис. 10](#):

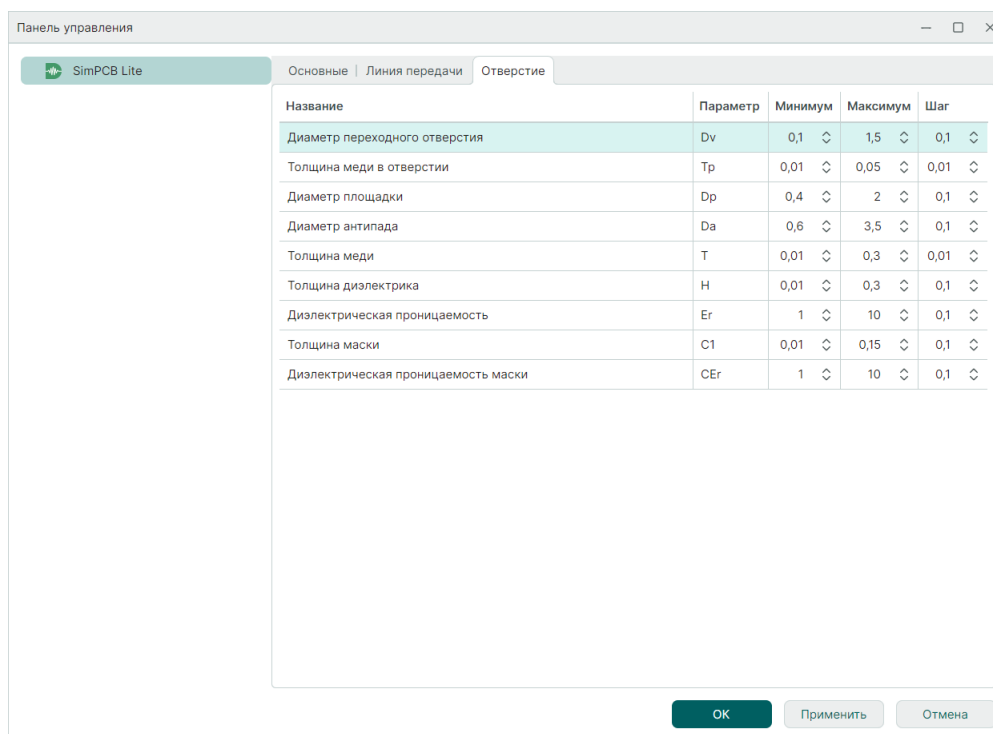


Рис. 10 Вкладка «Отверстие»

- параметры отверстия;
- условные обозначения параметров;
- диапазон (минимум, максимум), в котором производится поиск решения при обратном расчете, может быть отредактирован;
- шаг изменения параметра при определении значения с помощью кнопок.



Важно! Определение диапазона значений изменения параметров линии передачи и переходного отверстия необходимо для проведения обратных расчетов и обеспечения высокой скорости математических операций.

3.3 Функциональная панель «Проекты»

Функциональная панель «Проекты» содержит все созданные и импортированные пользователем проекты, группы, модели и расчеты, а также осуществляет навигацию по составным частям каждого проекта, см. [Рис. 11](#).

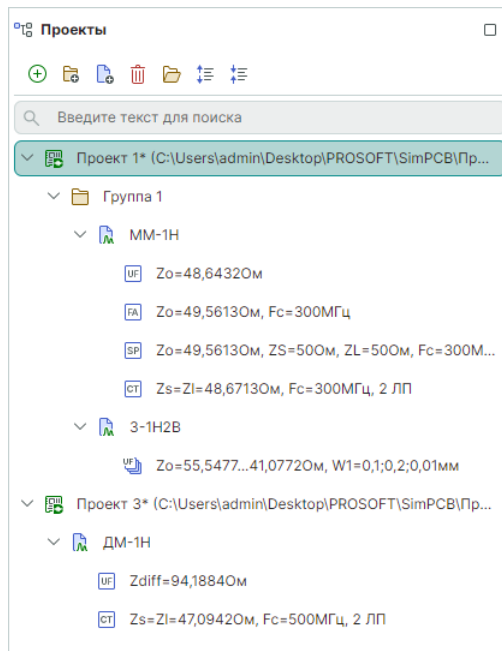


Рис. 11 Панель «Проекты»

Структура файлов в панели «Проекты», см. [Рис. 12](#):

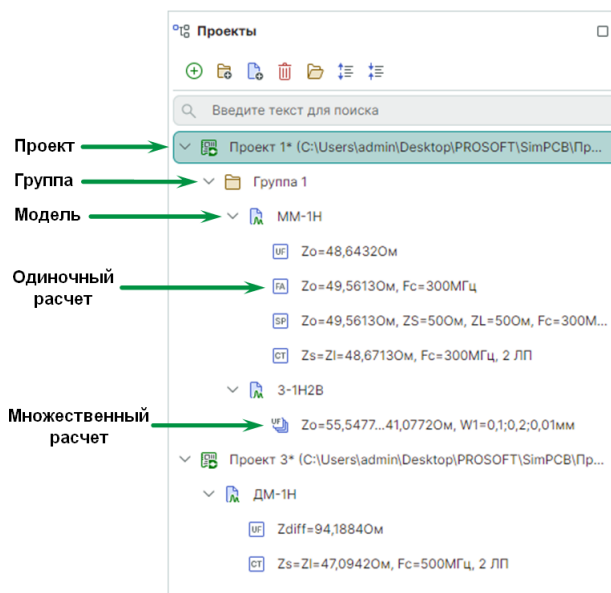


Рис. 12 Структура файлов в панели «Проекты»

- «[Проект](#)» – это общий файл, который может содержать группы, набор моделей и расчетов, обозначен иконкой .

- «[Группа](#)» – файл, который используется для группировки моделей, обозначен иконкой .
- «[Модель](#)» – это конкретная модель линии передачи или отверстия, которая формируется из выбранных параметров расчета: объекта расчета, типа объекта, названия модели ЛП или ПО, типа расчета. Обозначена иконкой .
- «[Расчет](#)» – это набор входных параметров и выходных данных в виде набора таблиц, графиков и их настроек. Каждый тип расчета имеет индивидуальную иконку.

В панели «Проекты» существует строка поиска для быстрой навигации. Для поиска нужного элемента введите символы из имени проекта, группы, модели или расчета. Элементы, содержащие введенные символы, будут подсвечены, при этом другие элементы списка не будут отображены, см. [Рис. 13](#).

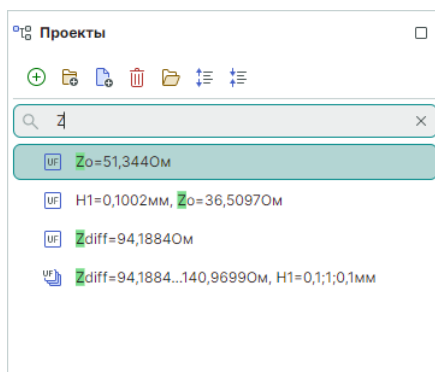


Рис. 13 Навигация в панели «Проекты»

14. Функциональная панель «Проекты» содержит ряд инструментов, см. [Рис.](#)

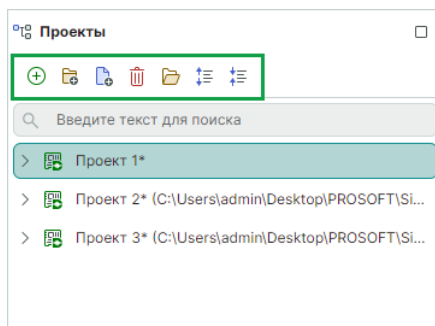


Рис. 14 Панель инструментов

Подробнее инструменты описаны в [Табл. 4](#).

[Таблица 4](#) Состав инструментов

Символ	Наименование инструмента	Описание
	Создать проект SimPCB	Создание нового проекта.
	Создать группу	Создание новой группы.
	Создать расчет	Создание нового расчета.
	Удалить выбранный элемент	Удаление проекта, группы, модели или расчета.
	Открыть проект	Переход в проводник для выбора проекта, обозначен иконкой.
	Развернуть все элементы	Структура всех элементов будет развернута.
	Свернуть все элементы	Структура всех элементов будет свернута.

3.3.1 Проект

Проект может быть создан, см. [Рис. 15](#):

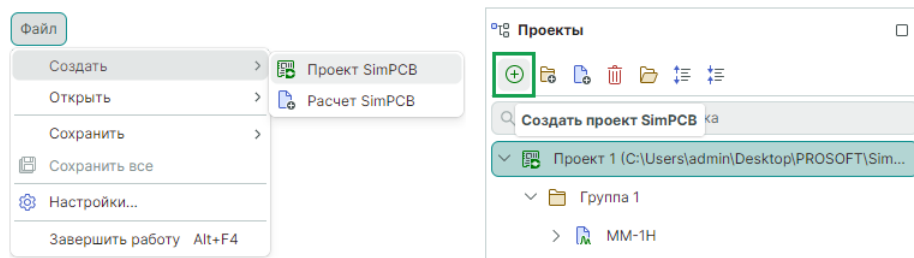


Рис. 15 Создание проекта

1. С помощью команды раздела главного меню «Файл» → «Создать» → «Проект SimPCB»;
2. С помощью команды «Создать проект» панели «Проекты».

Ранее созданный проект может быть импортирован, см. [Рис. 16](#):

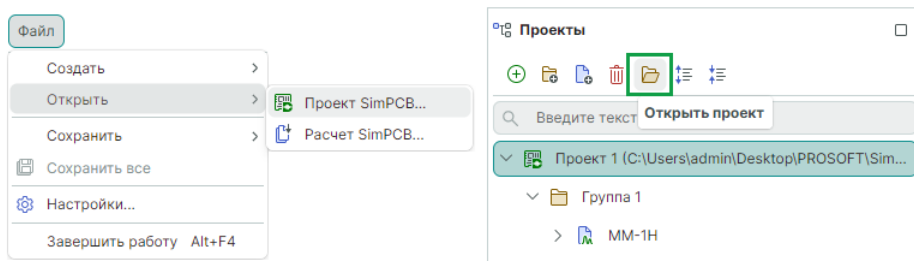


Рис. 16 Импорт проекта

1. С помощью команды раздела главного меню «Файл» → «Открыть» → «Проект SimPCB»;
2. С помощью команды «Открыть проект» панели «Проекты».

При создании нового проекта автоматически создаются одна новая модель и один новый расчет. По умолчанию проекту будет присвоено имя в формате: «Проект N», где N – порядковый номер. Наименование модели и расчета будет сформировано после выбора модели ЛП или ПО и запуска расчета, см. [Рис. 17](#).

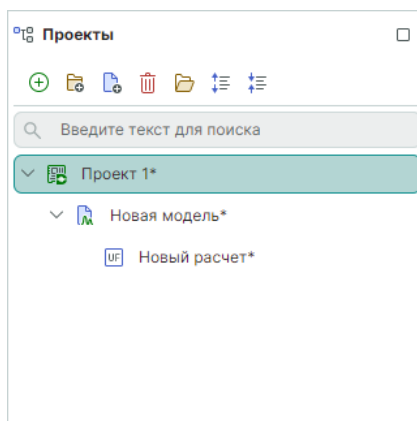


Рис. 17 Новый проект

Если панель «Проекты» не содержит ни одного проекта, то при создании расчета проект будет создан автоматически после запуска расчета и ввода наименования проекта, см. [Рис. 18](#).

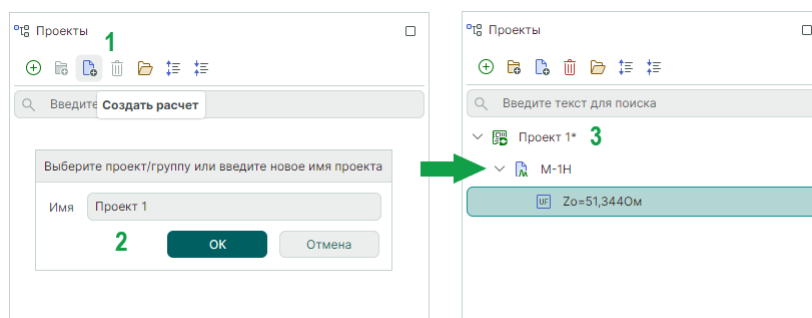


Рис. 18 Автоматическое создание проекта

Действия с проектом, доступные из контекстного меню, см. [Рис. 19](#):

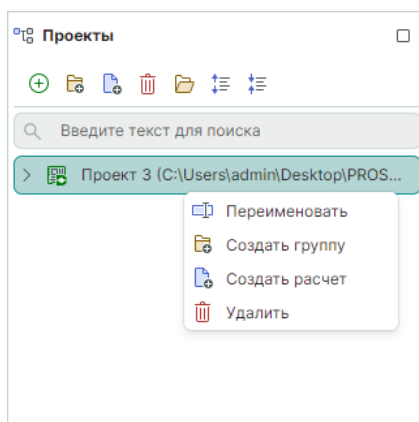


Рис. 19 Контекстное меню проекта

- «Переименовать» – для наименования проекта могут быть использованы любые буквы, цифры и символы. При создании и сохранении проектов в панели имя каждого должно быть уникальным (возможно открытие нескольких проектов с одинаковыми именами, если они сохранены в разных директориях);



Пример! В качестве наименования проекта для обеспечения удобства работы может быть использовано наименование платы, для которой необходимо провести расчеты, например, FPGA_IGLOO2.

- «Создать группу» – создание группы внутри выбранного проекта, подробнее см. раздел [Группа](#);
- «Создать расчет» – создание расчета внутри выбранного проекта, подробнее см. раздел [Расчет](#);
- «Удаление» – удаление проекта («Delete»).

Сохранение проекта возможно после выбора модели ЛП или ПО и проведения расчета, сохранение производится:

1. С помощью команд раздела главного меню «Файл» → «Сохранить» → «Проект SimPCB» и «Файл» → «Сохранить все»;
2. С помощью команд «Проект» и «Сохранить все» панели инструментов.

После сохранения проекта путь локального расположения будет отображен рядом с наименованием в панели «Проекты».

В процессе работы проект может иметь несколько состояний, см. [Рис. 20](#):

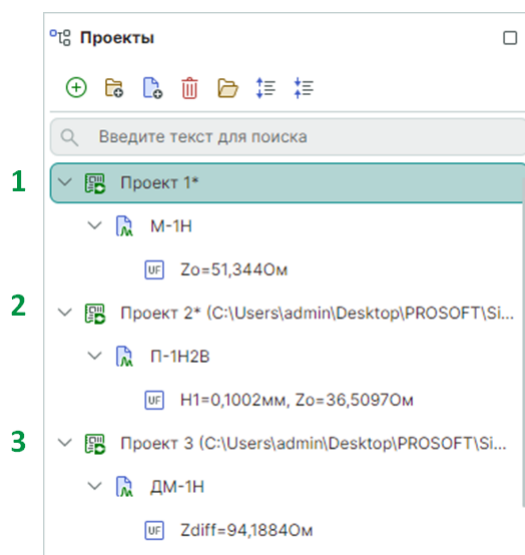


Рис. 20 Отображение проектов

1. Проект не сохранен локально – отсутствует отображение пути расположения, рядом с именем проекта символ «*»;
2. Проект сохранен локально, но имеет несохраненные изменения – отображается путь расположения, рядом с именем проекта символ «*»;
3. Проект сохранен локально, несохраненных изменений нет – отображается путь локального расположения.

Между проектами возможно перемещение групп, моделей и расчетов с помощью механизма «drag-and-drop», см. [Рис. 21](#).

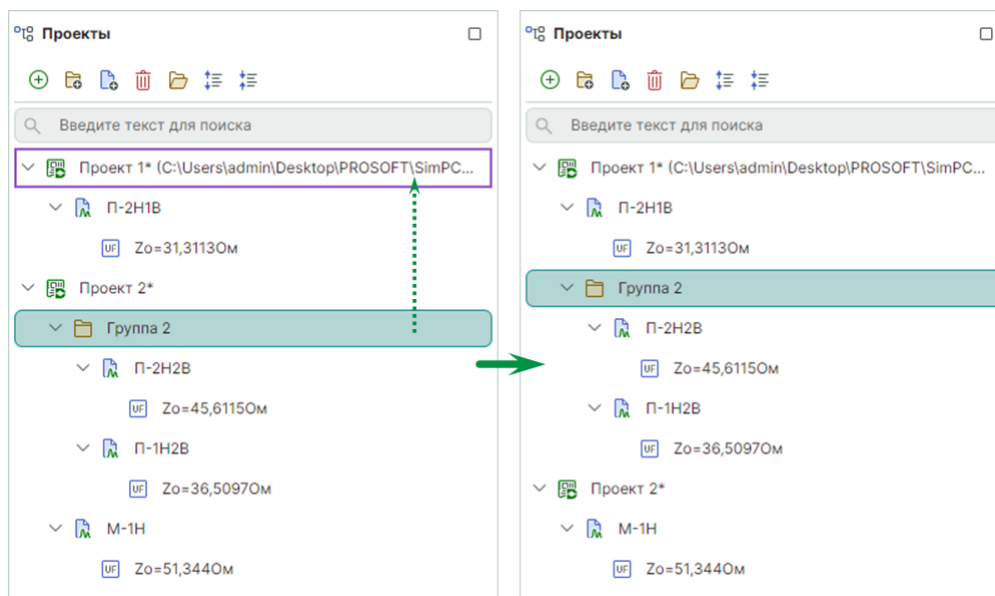


Рис. 21 Перемещение между проектами

3.3.2 Группа

Группа является необязательной составляющей и может быть создана только в составе проекта.

Группа создается, см. [Рис. 22](#):

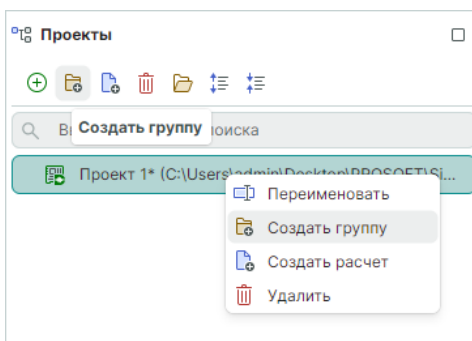


Рис. 22 Создание группы

1. С помощью команды контекстного меню проекта «Создать группу»;
2. С помощью инструмента «Создать группу» панели «Проекты».

При создании новой группы автоматически создаются одна новая модель и один новый расчет. По умолчанию группе будет присвоено имя в формате: «Группа N», где N – порядковый номер. Наименование модели и расчета будет сформировано после выбора модели ЛП или ПО и запуска расчета, см. [Рис. 23](#).

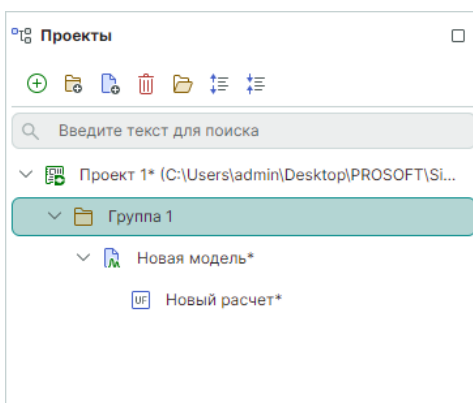


Рис. 23 Новая группа

Действия с группой, доступные из контекстного меню, см. [Рис. 24](#):

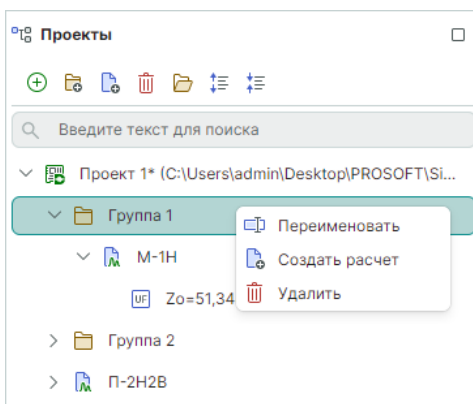


Рис. 24 Контекстное меню группы

- «Переименовать» – для наименования группы могут быть использованы любые буквы, цифры и символы, имя группы должно быть уникальным внутри одного проекта;



Пример! В качестве наименования группы для удобства работы может быть использовано наименование интерфейсов платы, для которой необходимо провести расчеты, например: USB top, UART123 и т.д.

- «Создать расчет» – создание расчета внутри выбранной группы, подробнее см. раздел [Расчет](#);
- «Удалить» – удаление группы («Delete»).

Между группами возможно перемещение моделей и расчетов (перемещаются совместно) с помощью механизма «drag-and-drop», см. [Рис. 25](#).

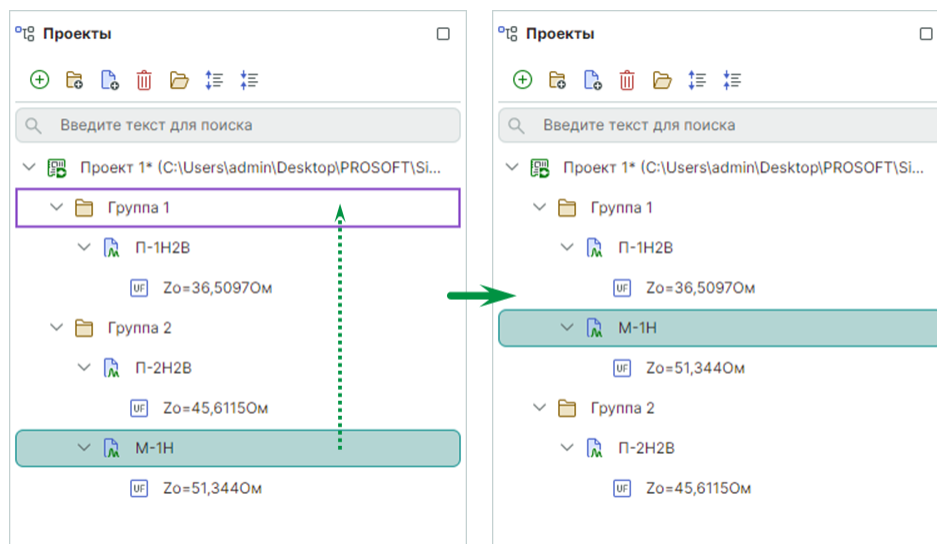


Рис. 25 Перемещение моделей и расчетов

При перемещении группы целиком модели и расчеты в ее составе будут перенесены, а сама группа – ликвидирована, см. [Рис. 26](#).

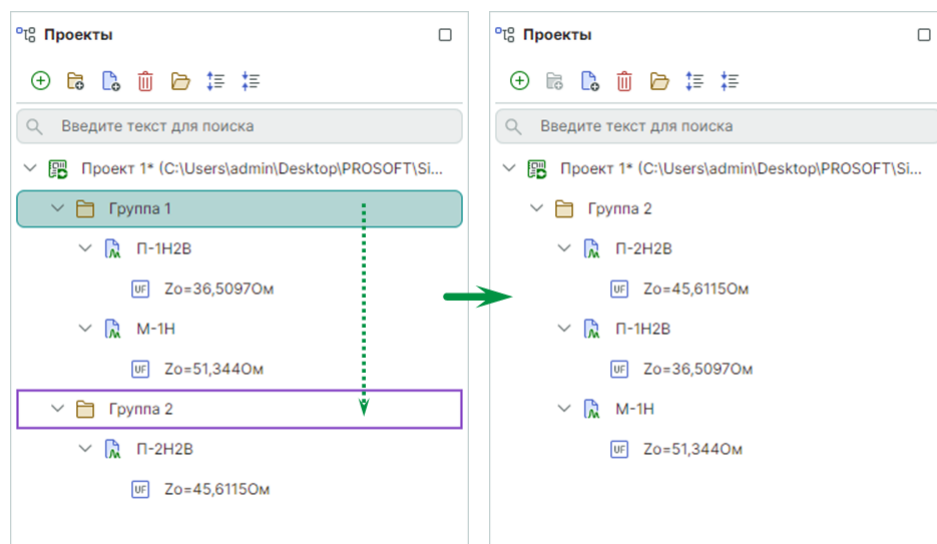


Рис. 26 Перемещение группы

Также модель и расчет можно вывести из состава группы, но оставить в текущем проекте, см. [Рис. 27](#).

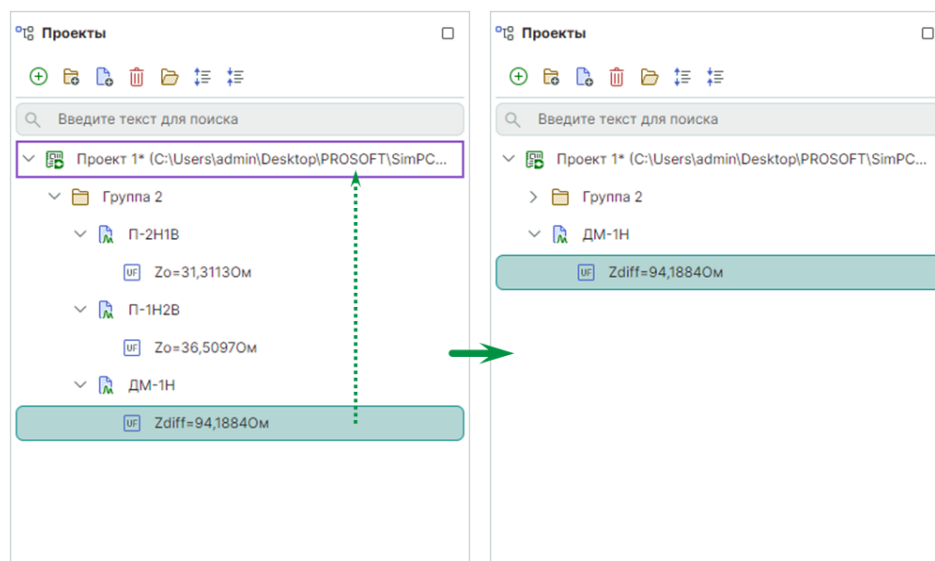


Рис. 27 Вывод из состава группы

3.3.3 Модель

Модель – это конкретная конструкция линии передачи или переходного отверстия, выбранная для проведения расчета.

Создание модели происходит автоматически при создании расчета.

По умолчанию модели в качестве имени присваивается кодовое обозначение выбранной модели линии передачи или переходного отверстия.

Кодовое обозначение модели ЛП состоит из аббревиатуры наименования линии передачи и количества диэлектриков сверху и снизу относительно проводника в выбранной модели. Например, кодовое обозначение КЗОС-2Н1В принято для копланарной заглубленной ЛП с опорным слоем, в модели которой два слоя диэлектрика расположены снизу от проводника и один слой диэлектрика – сверху, см. [Рис. 28](#).

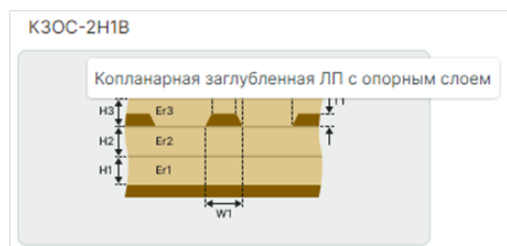


Рис. 28 Модель КЗОС-2Н1В

Кодовое обозначение модели ПО складывается из аббревиатуры отверстия, обозначения количества слоев в структуре платы и расположения выбранных слоев маски и опорных слоев. Например, кодовое обозначение О4В(13) принято для модели четырехслойной печатной платы с маской на верхнем слое и опорными слоями на 1 и 3 слоях ПП, см. [Рис. 29](#).

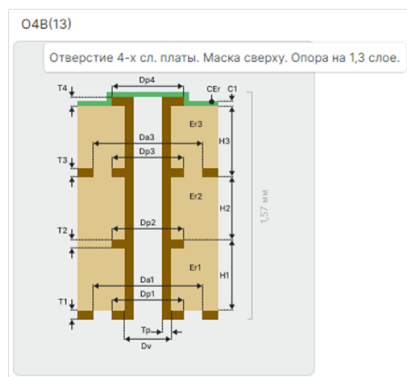


Рис. 29 Модель O4B(13)

Действия с моделью, доступные из контекстного меню, см. [Рис. 30](#):

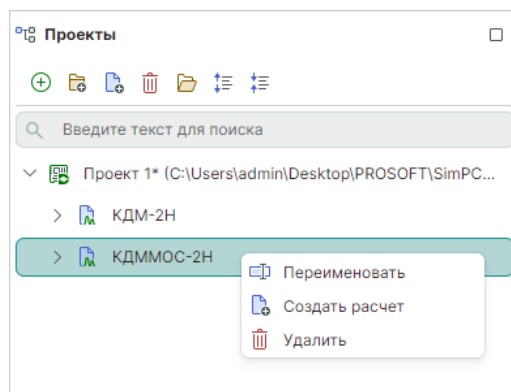


Рис. 30 Контекстное меню модели

- «Переименовать» – для наименования модели могут быть использованы любые буквы, цифры и символы, имя каждой модели должно быть уникальным. Возможно сохранение нескольких одинаковых моделей, но под разными именами.
- «Создать расчет» – создание нового расчета для выбранной модели, подробнее см. раздел [Расчет](#);
- «Удаление» – удаление модели и расчета («Delete»).

Если после переименования модели необходимо вернуться к имени по умолчанию, используйте команду контекстного меню «Сбросить имя», см. [Рис. 31](#).

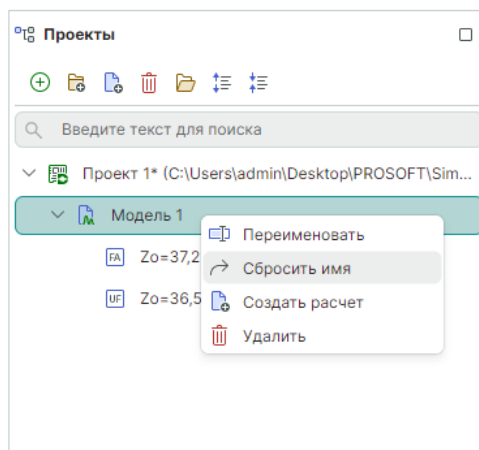


Рис. 31 Возврат имени по умолчанию

3.3.4 Расчет

Расчет включает в себя выбранные входные данные (модель ЛП или ПО и их параметры, тип расчета, возможные дополнительные параметры) и результаты расчета в виде таблиц, графиков и настроек отображения результатов.

Расчет обязательно относится к какой-либо модели.

Система анализа целостности сигнала SimPCB Lite позволяет производить следующие расчеты:

1. Тип расчета «Без потерь»:

- Одиночный расчет – расчет волнового сопротивления (ЛП, ПО) или дифференциального волнового сопротивления (ЛП) и вторичных параметров ЛП и ПО;
- Обратный расчет – расчет одного из параметров ЛП и вторичных параметров ЛП при заданном волновом сопротивлении или дифференциальном волновом сопротивлении;
- Множественный расчет – расчет параметров ЛП и ПО, когда для одного из параметров задан диапазон значений и шаг изменения.

2. Тип расчета «Частотный анализ»:

- Одиночный расчет – расчет волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления и вторичных параметров ЛП с учетом частоты;
- Множественный расчет – расчет параметров ЛП, когда для одного из параметров задан диапазон значений и шаг изменения.

3. Тип расчета «S-параметры»:

- Одиночный расчет – расчет S-параметров ЛП;
- Множественный расчет – расчет S-параметров ЛП, когда для одного из параметров задан диапазон значений и шаг изменения.

4. Тип расчета «Перекрестные помехи»:

- Одиночный расчет – расчет волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления линии, запитанной нечетной модой, и перекрестных помех ЛП;
- Множественный расчет – расчет волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления линии, запитанной нечетной модой, и перекрестных помех ЛП, когда для одного из параметров задан диапазон значений и шаг изменения.

Наименование расчетов формируется по следующим шаблонам:

1. Тип расчета «Без потерь», см. [Рис. 32](#):

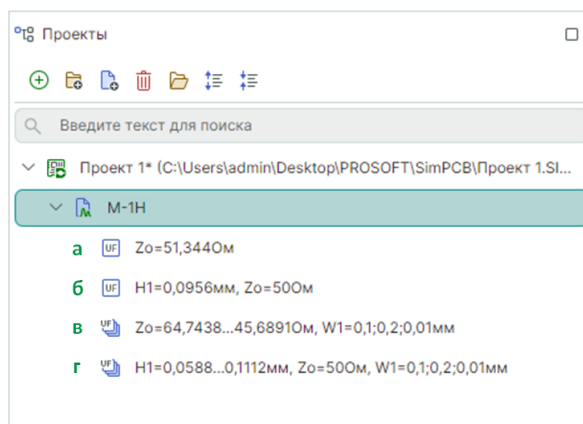


Рис. 32 Наименования расчетов для типа «Без потерь»

а) Одиночный расчет: рассчитанное значение волнового сопротивления (Z_o) или дифференциального волнового сопротивления (Z_{diff}). Пример: $Z_o=51,344\text{Ом}$.

б) Обратный расчет: рассчитанное значение искомого параметра, заданное значение волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления. Пример: $H1=0,0956\text{мм}$, $Z_o=50\text{Ом}$.

в) Множественный расчет: диапазон рассчитанных значений волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон заданных значений и шаг изменяемого параметра. Пример: $Z_o=64,7438...45,6891\text{Ом}$, $W1=0,1;0,2;0,01\text{мм}$.

г) Обратный множественный расчет: диапазон рассчитанных значений искомого параметра, заданное значение волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон значений и шаг

изменяемого параметра. Пример: $H1=0,0588...0,1112\text{мм}$, $Z_0=50\text{Ом}$, $W1=0,1;0,2;0,01\text{мм}$.

2. Тип расчета «Частотный анализ», см. [Рис. 33](#):

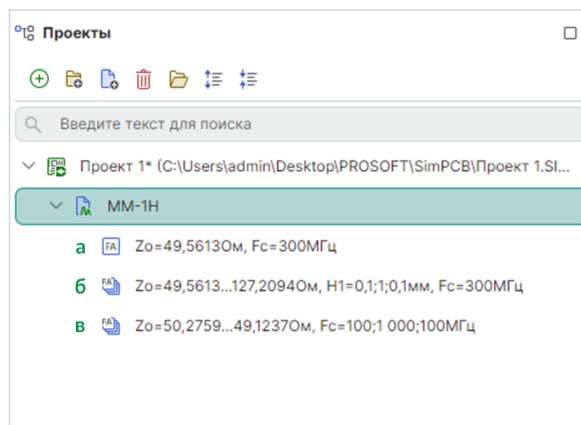


Рис. 33 Наименования расчетов для типа «Частотный анализ»

а) Одиночный расчет: рассчитанное значение волнового сопротивления (Z_0) или дифференциального волнового сопротивления (Z_{diff}), значение частоты, используемое в расчете (F_c). Пример: $Z_0=49,5613\text{Ом}$, $F_c=300\text{МГц}$.

б) Множественный расчет: диапазон рассчитанных значений волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон значений и шаг изменяемого параметра, значение частоты, используемое в расчете. Пример: $Z_0=49,5613...127,2094\text{Ом}$, $H1=0,1;1;0,1\text{мм}$, $F_c=300\text{МГц}$.



Примечание! Если изменяемым параметром является длина проводника (L_{TL}), то рассчитанное значение волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления одно для всего диапазона L_{TL} . Пример: $Z_{\text{diff}}=95,8612\text{Ом}$, $L_{TL}=10;100;10\text{мм}$, $F_c=300\text{МГц}$.

в) Множественный расчет, когда изменяемым параметром является частота: диапазон рассчитанных значений волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон значений частоты. Пример: $Z_0=50,2759...49,1237\text{Ом}$, $F_c=100;1\,000;100\text{МГц}$.

3. Тип расчета «S-параметры», см. [Рис. 34](#):

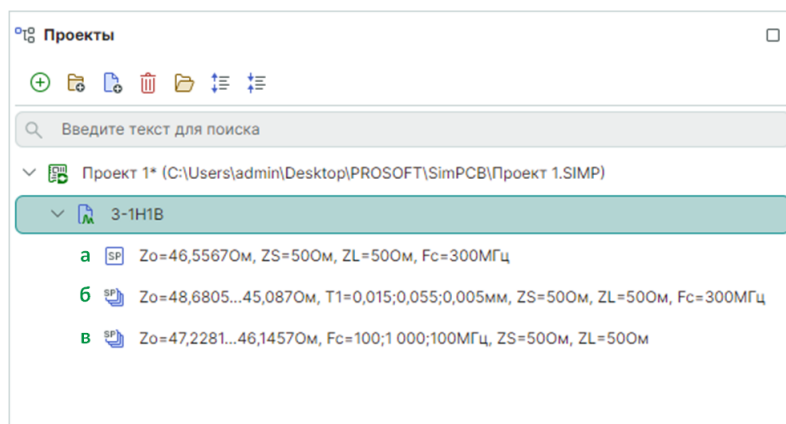


Рис. 34 Наименования расчетов для типа «S-параметры»

а) Одиночный расчет: рассчитанное значение волнового сопротивления (Z_o) или дифференциального волнового сопротивления (Z_{diff}), S-параметры: импеданс источника (Z_s), импеданс приемника (Z_L), значение частоты, используемое в расчете (F_c). Пример: $Z_o=46,5567\text{Ом}$, $Z_s=50\text{Ом}$, $Z_L=50\text{Ом}$, $F_c=300\text{МГц}$.

б) Множественный расчет: диапазон рассчитанных значений волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон значений и шаг изменяемого параметра, S-параметры: импеданс источника, импеданс приемника, значение частоты, используемое в расчете. Пример: $Z_o=48,6805...45,087\text{Ом}$, $T1=0,015;0,055;0,005\text{мм}$, $Z_s=50\text{Ом}$, $Z_L=50\text{Ом}$, $F_c=300\text{МГц}$.



Примечание! Если изменяемым параметром является длина проводника (L_{TL}), импеданс источника (Z_s) или импеданс приемника (Z_L), то рассчитанное значение волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления одно для всего диапазона параметров L_{TL} , Z_s , Z_L . Пример: $Z_o=46,5567\text{Ом}$, $Z_s=40;60;2\text{Ом}$, $Z_L=50\text{Ом}$, $F_c=300\text{МГц}$.

в) Множественный расчет, когда изменяемым параметром является частота: диапазон рассчитанных значений волнового сопротивления или дифференциального волнового сопротивления, диапазон значений частоты, S-параметры: импеданс источника, импеданс приемника. Пример: $Z_o=47,2281...46,1457\text{Ом}$, $F_c=100;1\,000;100\text{МГц}$, $Z_s=50\text{Ом}$, $Z_L=50\text{Ом}$.

4. Тип расчета «Перекрестные помехи», см. [Рис. 35](#):

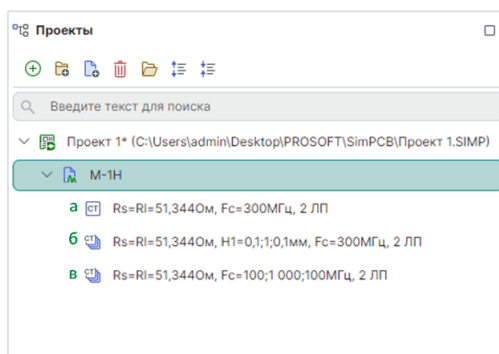


Рис. 35 Наименования расчетов для типа «Перекрестные помехи»

а) Одиночный расчет: рассчитанное значение волнового сопротивления ($RS=RL=Z_o$) или волнового сопротивления линии, запитанной нечетной модой ($RS=RL=Z_{odd}$), значение частоты, используемое в расчете (F_c), количество ЛП. Пример: $Rs=RI=51,344\text{Ом}$, $F_c=300\text{МГц}$, 2 ЛП.

б) Множественный расчет: рассчитанное значение волнового сопротивления или волнового сопротивления линии, запитанной нечетной модой, диапазон значений и шаг изменяемого параметра, значение частоты, используемое в расчете, количество ЛП. Пример: $Rs=RI=51,344\text{Ом}$, $H1=0,1;1;0,1\text{мм}$, $F_c=300\text{МГц}$, 2 ЛП.

в) Множественный расчет, когда изменяемым параметром является частота: рассчитанное значение волнового сопротивления или волнового сопротивления линии, запитанной нечетной модой, диапазон значений частоты, количество ЛП. Пример: $Rs=RI=51,344\text{Ом}$, $F_c=100;1\ 000;100\text{МГц}$, 2 ЛП.

Каждый тип расчета в панели «Проекты» и при открытии во вкладке обозначен индивидуальной иконкой, см. [Рис. 36](#):

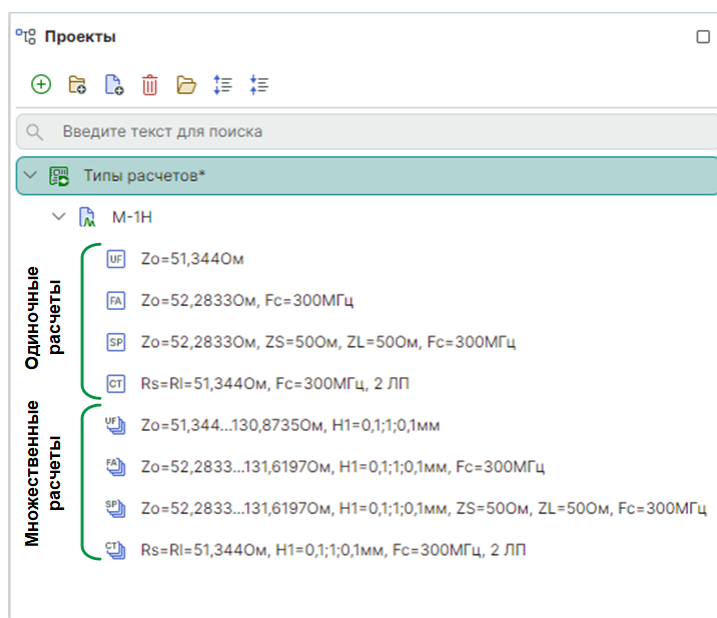


Рис. 36 Типы расчетов в панели проекты

- Тип расчета «Без потерь»:  – одиночный расчет,  – множественный расчет;
- Тип расчета «Частотный анализ»:  – одиночный расчет,  – множественный расчет;
- Тип расчета «S-параметры»:  – одиночный расчет,  – множественный расчет;
- Тип расчета «Перекрестные помехи»:  – одиночный расчет,  – множественный расчет;

Расчет может быть создан, см. [Рис. 37](#):

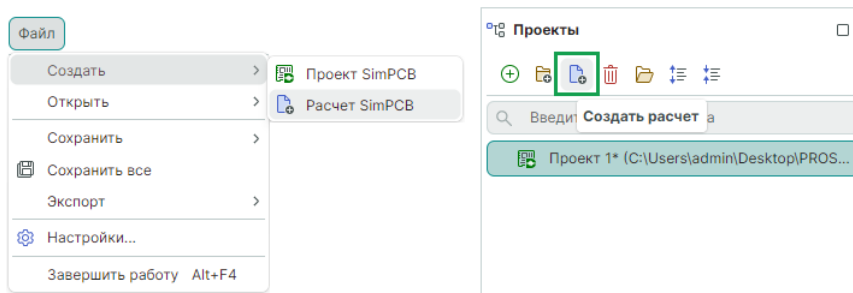


Рис. 37 Создание расчета

1. С помощью команды раздела главного меню «Файл» → «Создать» → «Расчет SimPCB»;
2. С помощью команды «Создать расчет» панели «Проекты».

Действия с расчетом, доступные из контекстного меню, см. [Рис. 38](#):

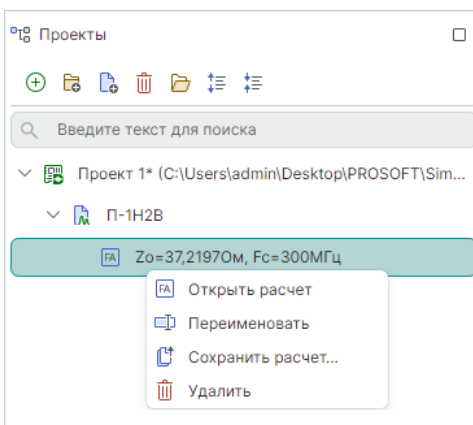


Рис. 38 Контекстное меню расчета

- «Открыть расчет» – команда открывает расчет или делает вкладку расчета активной;
- «Переименовать» – для наименования модели могут быть использованы любые буквы, цифры и символы, имя каждой модели должно быть уникальным. Возможно сохранение нескольких одинаковых расчетов под разными именами.
- «Создать расчет» – создание нового расчета для выбранной модели;
- «Удаление» – удаление модели и расчета («Delete»).

Если после переименования расчета необходимо вернуться к имени по умолчанию, используйте команду контекстного меню «Сбросить имя», см. [Рис. 39](#).

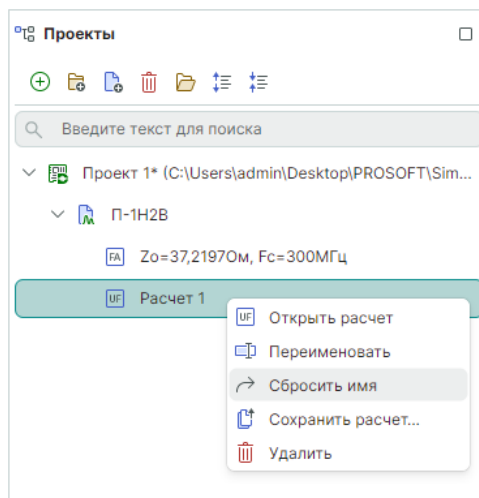


Рис. 39 Сброс имени расчета

Ранее созданный расчет может быть открыт в системе SimPCB Lite, см. [Рис. 40](#):

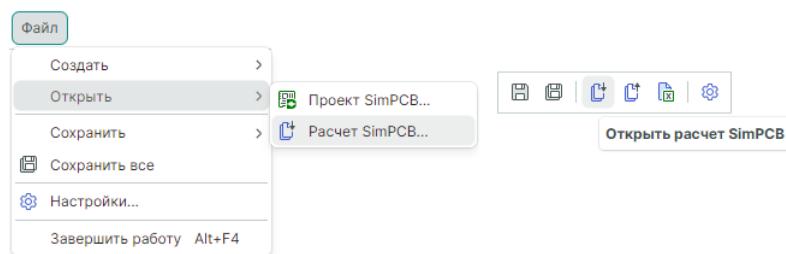


Рис. 40 Открытие расчета

1. С помощью команды раздела главного меню «Файл» → «Открыть» → «Расчет SimPCB»;
2. С помощью команды «Открыть расчет SimPCB» панели инструментов.

Расчет будет открыт в отдельной вкладке с сохранением выбранных моделей, типа расчета и полученных результатов. Вкладка открытого расчета обозначена символом , см. [Рис. 41](#).

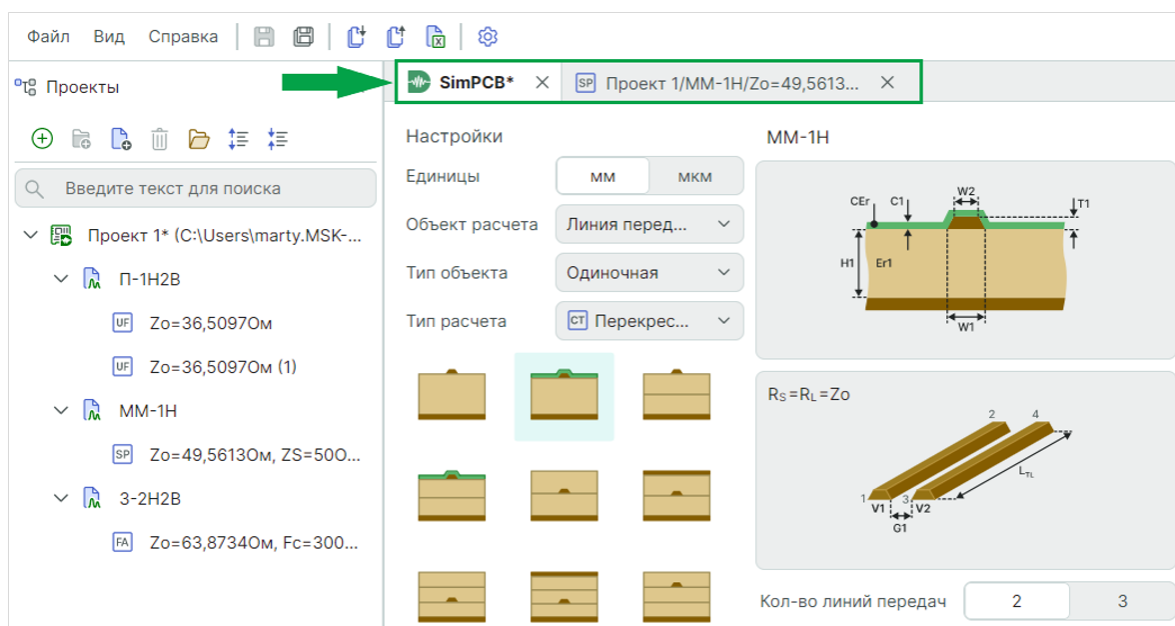


Рис. 41 Вкладка открытого расчета

При изменении параметров открытого расчета и/или повторном запуске необходимо определить, к какому проекту будет привязан новый расчет: проект можно выбрать из выпадающего списка или ввести имя нового проекта. В выпадающем списке доступны для выбора все проекты, открытые в панели «Проекты». При вводе имени нового проекта, он будет создан и открыт в панели «Проекты», см. [Рис. 42](#).

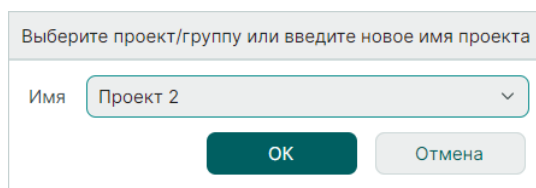


Рис. 42 Ввод имени нового проекта при изменении открытого расчета

После изменения параметров и запуска новый расчет будет отображен в панели «Проекты», а расчет, сохраненный локально, останется без изменений.

4 Расчет параметров линий передачи и переходных отверстий

4.1 Расчет параметров линий передачи

4.1.1 Интерфейс для расчета параметров ЛП

Рабочая область SimPCB Lite для расчета параметров ЛП разделена на несколько областей, каждая из которых отвечает за определенные функции, см. [Рис. 43](#).

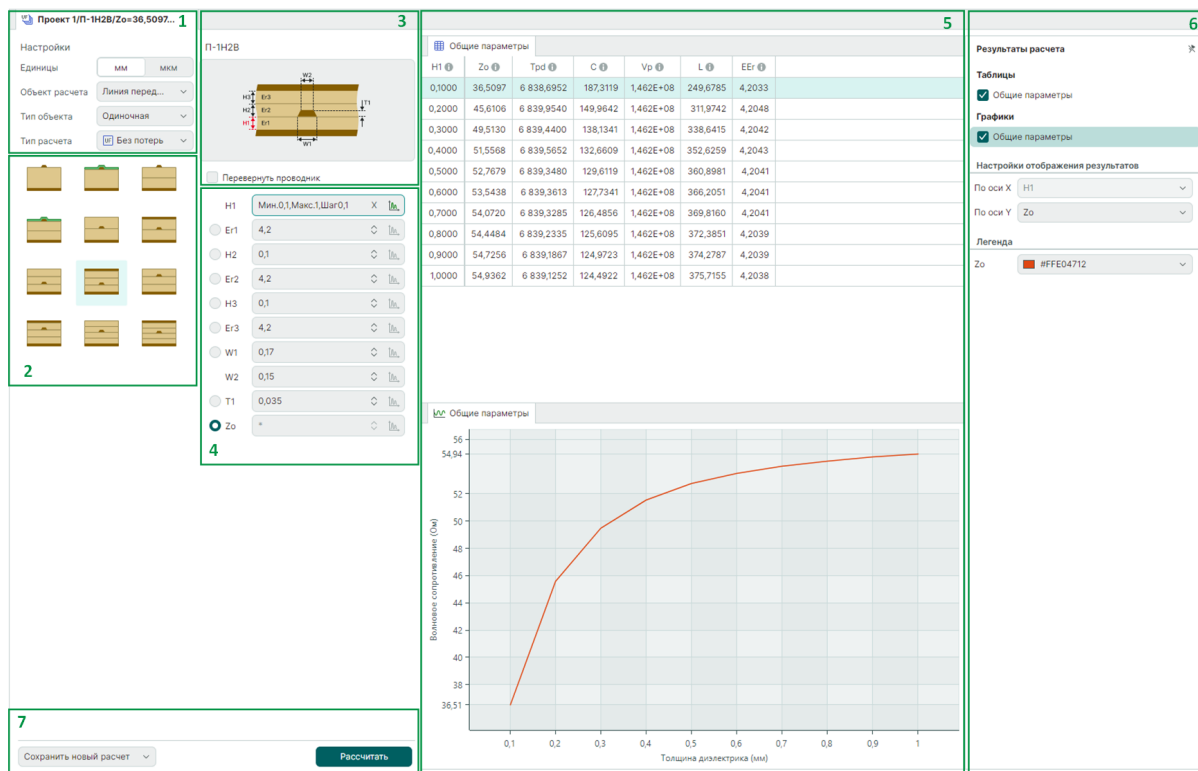


Рис. 43 Интерфейс для расчета параметров ЛП

Ниже представлен перечень функциональных областей интерфейса SimPCB:

1. [Область настроек расчета;](#)
2. [Выбор модели линии передачи;](#)
3. [Область просмотра выбранной модели линии передачи;](#)
4. [Определение входных параметров ЛП;](#)
5. [Область отображения результатов расчета;](#)
6. [Область настроек отображения результатов расчета;](#)
7. [Область запуска и сохранения расчета.](#)

4.1.2 Настройки расчета

Доступные настройки расчета, см. [Рис. 44](#):

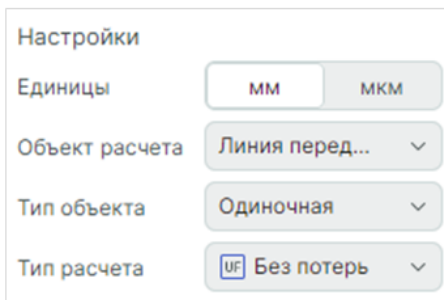


Рис. 44 Настройки расчета

1. Выбор единиц измерения с помощью переключателя: мм или мкм;
2. Выбор объекта расчета – линия передачи, см. [Рис. 45](#):

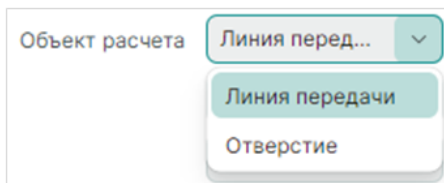


Рис. 45 Выбор объекта расчета

3. Выбор типа линии передачи (полный список моделей представлен в разделе [Модели ЛП](#)), см. [Рис. 46](#):

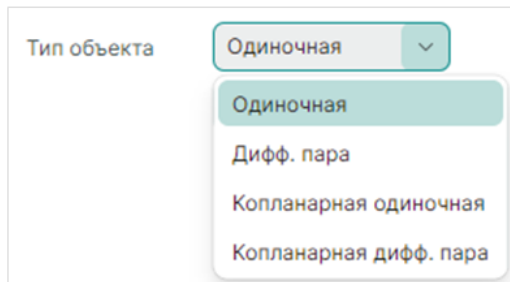


Рис. 46 Выбор типа объекта

- [Одиночная линия передачи](#);
- [Дифференциальная пара](#);
- [Копланарная одиночная линия передачи](#);
- [Копланарная дифференциальная пара](#).

4. Выбор типа расчета, см. [Рис. 47](#):

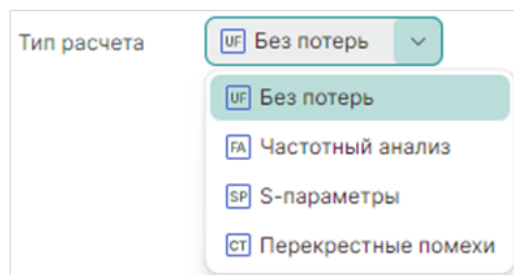


Рис. 47 Выбор типа расчета

- «Без потерь»;
- «Частотный анализ»;
- «S-параметры»;
- «Перекрестные помехи».

4.1.3 Модели ЛП

После выбора типа линии передачи следует выбрать одну из готовых моделей ЛП.

Полный список моделей линий передачи:

а) Одиночные линии передачи:

- Микрополосковая ЛП (М-1Н);
- Микрополосковая ЛП с маской (ММ-1Н);
- Микрополосковая ЛП (М-2Н);
- Микрополосковая ЛП с маской (ММ-2Н);
- Заглубленная ЛП (З-1Н1В);
- Полосковая ЛП (П-1Н1В);
- Заглубленная ЛП (З-2Н1В);
- Полосковая ЛП (П-2Н1В);
- Заглубленная ЛП (З-2Н2В);
- Заглубленная ЛП (З-1Н2В);
- Полосковая ЛП (П-1Н2В);
- Полосковая ЛП (П-2Н2В).

б) Дифференциальные пары:

- Дифференциальная микрополосковая ЛП (ДМ-1Н);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-1Н1В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-1Н1В);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (ДММ-1Н);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-2Н2В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-1Н2В);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-1Н2В);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-2Н2В);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП (ДМ-2Н);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (ДММ-2Н);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-2Н1В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-2Н1В).

в) Копланарные одиночные линии передачи:

- Копланарная микрополосковая ЛП (КМ-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КМОС-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской (КММ-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КММОС-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КМОС-2Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП (КМ-2Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КММОС-2Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской (КММ-2Н);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-1Н1В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-2Н1В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-1Н2В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-2Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-1Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-2Н1В);

- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-1Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-2Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-1Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-2Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-1Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-2Н2В).

г) Копланарные дифференциальные пары:

- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП (КДМ-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КДМОС-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (КДММ-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем и маской (КДММОС-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП (КДМ-2Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (КДММ-2Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КДМОС-2Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КДММОС-2Н);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КДЗ-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КДЗ-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-2Н2В);

- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КЗ-2Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КЗ-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-2Н2В).

При наведении курсора мыши на одну из моделей доступны всплывающие подсказки с наименованием и кодовым обозначением модели, см. [Рис. 48](#).



Рис. 48 Всплывающие подсказки для моделей ЛП

4.1.4 Область просмотра

Область просмотра предоставляет подробное описание выбранной модели линии передачи: наименование модели, кодовое обозначение, изображение модели с условными обозначениями ключевых при моделировании параметров и пояснения к ним. Наименование модели и параметров появляются во всплывающих подсказках при наведении курсора. При редактировании параметра или выборе его в качестве изменяемой величины во множественном расчете условное обозначение параметра на модели будет выделено красным цветом, см. [Рис. 49](#).

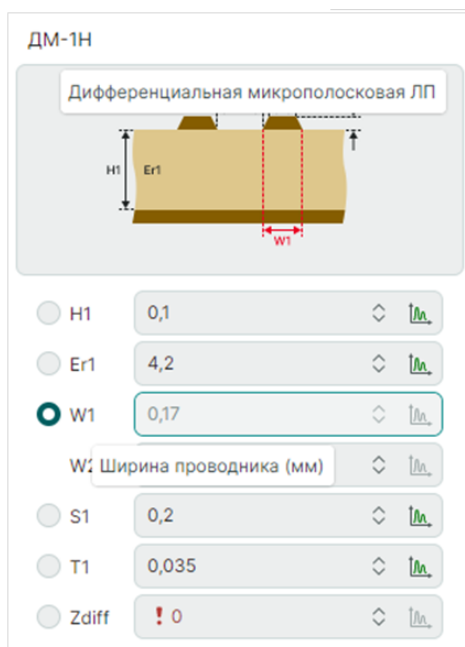


Рис. 49 Область просмотра и параметры ЛП

Для некоторых моделей линий передачи доступна опция «Перевернуть проводник». Применение данной опции производится при установке флага в чек-боксе и позволяет определить положение ядра (основания диэлектрика) в модели печатной платы, см. [Рис. 50](#).

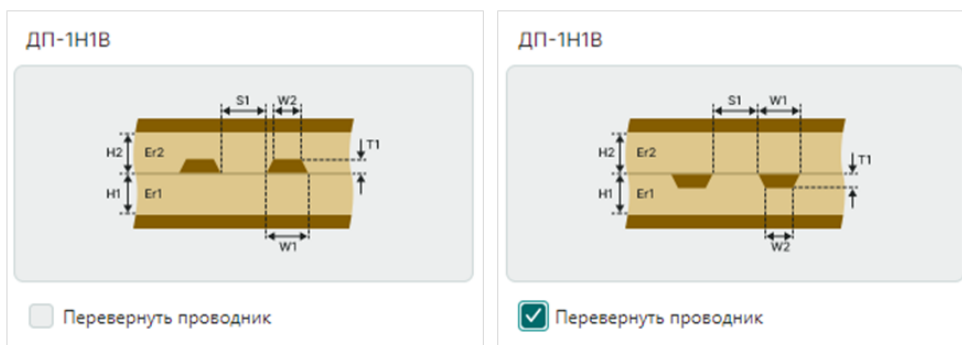


Рис. 50 Пример модели с опцией «Перевернуть проводник»

Для типа расчета «Перекрестные помехи» область просмотра включает отображение модели платы и линий передачи, см. [Рис. 51](#).

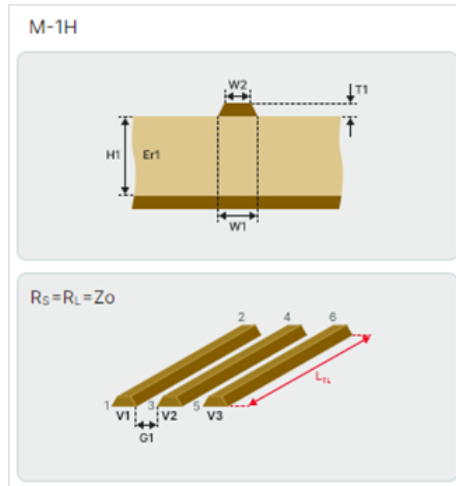


Рис. 51 Область просмотра
«Перекрестные помехи»

4.1.5 Параметры ЛП и дополнительные параметры

Параметры линии передачи определяются для всех типов расчетов. Набор параметров может изменяться в зависимости от выбранной модели ЛП.

Полный список параметров ЛП:

- Н – толщина диэлектрика. Количество параметров Н (Н1, Н2, Н3 и т.д.) зависит от количества диэлектриков в выбранной модели.
- Er – диэлектрическая проницаемость. Количество параметров Er (Er1, Er2, Er3 и т.д.) зависит от количества диэлектриков в выбранной модели.
- W1 – ширина проводника.
- W2 – ширина проводника после подтравы.
- T1 – толщина проводника.
- D1 – расстояние от проводника до опорной плоскости.
- T1 – зазор между проводниками.
- C1 – толщина маски.
- CEr – диэлектрическая проницаемость маски.

Дополнительные параметры определяются для частотного анализа, при расчете S-параметров и расчете перекрестных помех:

- TC – электропроводность материала проводника (См/м);
- $\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь;

- L_{TL} – длина проводника;
- t_r – фронт сигнала (пс);
- F_c – частота (МГц).

S-параметры должны быть определены при расчете S-параметров:

- Z_s – импеданс источника (Ом);
- Z_L – импеданс приемника (Ом);

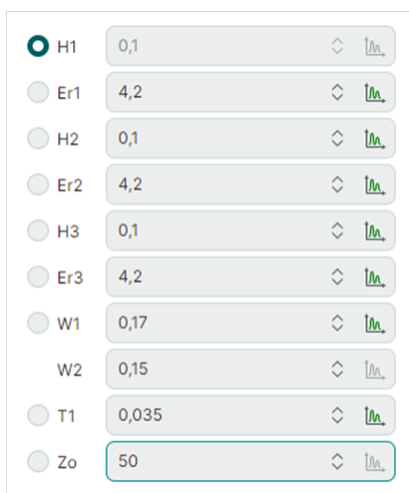
Напряжения проводников и зазор между ними должны быть определены при расчете перекрестных помех:

- V – напряжение проводника. Количество параметров V (V_1 , V_2 , V_3 и т.д.) зависит от количества проводников в выбранной модели.
- G – зазор между проводниками (мм).

Тип расчета «Без потерь»

Для типа расчета «Без потерь» для определения доступны параметры выбранной линии передачи.

По умолчанию рассчитываются волновое сопротивление: Z_0 для одиночных ЛП или Z_{diff} для дифференциальных пар в зависимости от выбранной модели ЛП. Кроме этого может быть осуществлен выбор вычисляемого параметра (обратный расчет). Выбор параметра осуществляется установкой флага в чек-бокс напротив условного обозначения параметра, который необходимо рассчитать, см. [Рис. 52](#).

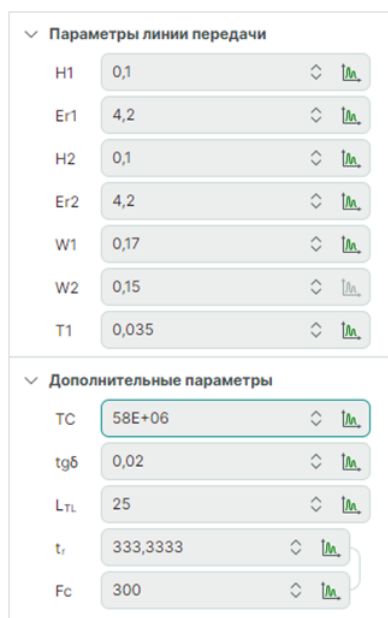


☒ H1	0,1	☐	
☐ Er1	4,2	☐	
☐ H2	0,1	☐	
☐ Er2	4,2	☐	
☐ H3	0,1	☐	
☐ Er3	4,2	☐	
☐ W1	0,17	☐	
☐ W2	0,15	☐	
☐ T1	0,035	☐	
☐ Zo	50	☐	

Рис. 52 Выбор параметра для расчета

Тип расчета «Частотный анализ»

Для типа расчета «Частотный анализ» для определения доступны параметры выбранной линии передачи и дополнительные параметры, см. [Рис. 53](#).



Параметры линии передачи	
H1	0,1
Er1	4,2
H2	0,1
Er2	4,2
W1	0,17
W2	0,15
T1	0,035

Дополнительные параметры	
TC	58E+06
tgδ	0,02
L _{TL}	25
t _r	333,3333
Fc	300

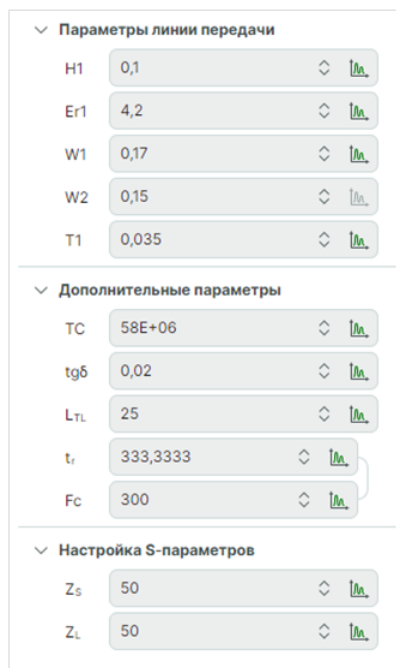
Рис. 53 Параметры типа расчета «Частотный



Примечание! Взаимосвязь между частотой сигнала (Fc) и длительностью фронта (tr) устанавливается в Настройках системы.

Тип расчета «S-параметры»

При выборе типа расчета «S-параметры» для определения доступны параметры выбранной линии передачи, дополнительные параметры и значения S-параметров, см. [Рис. 54](#).



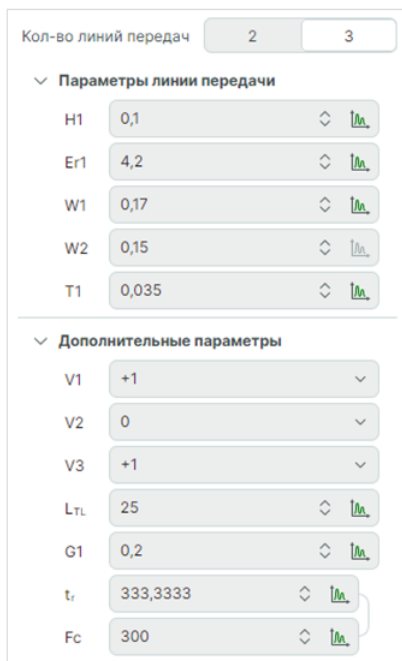
Скриншот интерфейса SimPCB Lite, отображающий параметры для расчета S-параметров. Интерфейс разделен на три секции:

- Параметры линии передачи:**
 - H1: 0,1
 - Er1: 4,2
 - W1: 0,17
 - W2: 0,15
 - T1: 0,035
- Дополнительные параметры:**
 - TC: 58E+06
 - tgδ: 0,02
 - L_{TL}: 25
 - t_r: 333,3333
 - Fc: 300
- Настройка S-параметров:**
 - Z_S: 50
 - Z_L: 50

Рис. 54 Параметры типа расчета «S-параметры»

Тип расчета «Перекрестные помехи»

При выборе типа расчета «Перекрестные помехи» для определения доступны параметры выбранной линии передачи, количество линий передачи и дополнительные параметры, см. [Рис. 55](#).



Кол-во линий передач: 2 3

▼ Параметры линии передачи

H1: 0,1

Er1: 4,2

W1: 0,17

W2: 0,15

T1: 0,035

▼ Дополнительные параметры

V1: +1

V2: 0

V3: +1

L_{TL}: 25

G1: 0,2

t_r: 333,3333

Fc: 300

Рис. 55 Параметры типа расчета «Перекрестные помехи»

Значения напряжений проводников (V1, V2 и т.д.) могут быть выбраны только из выпадающих меню.

Множественный расчет

Множественный расчет подразумевает расчет первичных и вторичных параметров линии передачи с изменением одного из параметров модели в заданном диапазоне. Для параметров, значение которых можно задать в диапазоне, в поле значения отображена кнопка , а для параметров, значение которых нельзя задать в диапазоне, кнопка  неактивна и отображается серым цветом, см. [Рис. 56](#).



☐ H1: 0,1

☐ Er1: 4,2

☐ H2: 0,1

☒ Er2: 4,2

☐ W1: 0,17

☐ W2: 0,15

☐ T1: 0,035

☐ Zo: 50

Рис. 56 Возможность задания параметра в диапазоне

Для определения диапазона значения параметра нажмите на кнопку , в окне «Диапазон значения» установите минимальное и максимальное значения диапазона, а также шаг изменения значения параметра, и нажмите «Применить», см. [Рис. 57](#).

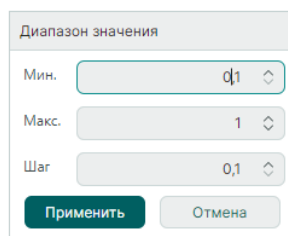


Рис. 57 Диапазон значения

Установленный диапазон будет отображен в поле значения параметра, остальные кнопки диапазонов станут недоступными, также данный параметр станет недоступным для выбора при обратном расчете, см. [Рис. 58](#).

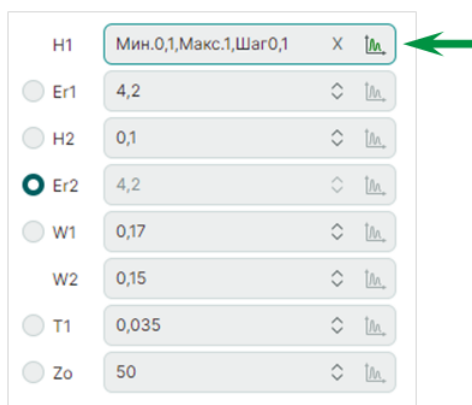


Рис. 58 Отображение диапазона значения

Сброс диапазона производится с помощью кнопки , см. [Рис. 59](#).

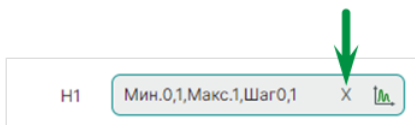


Рис. 59 Диапазон значения



Примечание! В случае если введенное значение параметра не попадает в диапазон значений, установленный в Настройках системы, будет получено предупреждение о необходимости изменить значение, см. [Рис. 60](#).

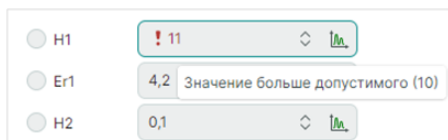


Рис. 60 Предупреждение о несоответствии значения параметра диапазону

4.1.6 Результаты расчета

Результаты расчета отображаются в виде таблиц и графиков (для множественных расчетов). Подробное описание работы с графиками см. [Графики и настройки отображения](#).

При наведении курсора мыши на условные обозначения рассчитанных параметров доступны всплывающие подсказки с описанием, см. [Рис. 61](#).

Общие параметры						
Zeven	Tpd	C	Vp	L	EEr	
55,2850	5 976,5041	108,1035	1,673E+08	330,4111	3,210	Эффективная диэлектрическая проницаемость

Рис. 61 Всплывающие подсказки для параметров

Тип расчета «Без потерь»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП рассчитываются, см. [Рис. 62](#):

Общие параметры						
Zo	Tpd	C	Vp	L	EEr	
36,5097	6 838,6952	187,3119	1,462E+08	249,6785	4,2033	

Рис. 62 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «Без

- Zo – волновое сопротивление (Ом);
- Tpd – задержка в проводнике (пс/м);
- C – погонная емкость (пФ/м);
- Vp – скорость распространения сигнала (м/с);
- L – погонная индуктивность (нГн/м);
- EEr – эффективная диэлектрическая проницаемость.

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП рассчитываются аналогичные параметры.

Волновое сопротивление рассчитывается в нескольких режимах, см. [Рис. 63](#):

Общие параметры						
Zdiff	Tpd	C	Vp	L	EEr	
53,7766	6 836,6074	127,1298	1,463E+08	367,6495	4,2007	

Рис. 63 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП при расчете «Без потерь»

- Zdiff – дифференциальное волновое сопротивление (Ом);
- Zcomm – волновое сопротивление дифференциальной пары в режиме сигнала общего вида (Ом);
- Zodd – волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой (Ом);
- Zeven – волновое сопротивление линии, запитанной четной модой (Ом).

При проведении обратного расчета в таблице с результатами первый столбец будет отображать параметр, выбранный для расчета, см. [Рис. 64](#):

Настройки

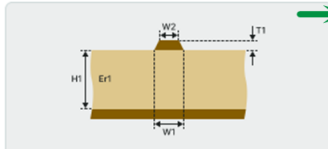
Единицы: мм мкм

Объект расчета: Линия перед...

Тип объекта: Одиночная

Тип расчета: Без потерь

M-1H



☒ H1: 0,0956
☐ Er1: 4,2
☐ W1: 0,17
☐ W2: 0,15
☐ T1: 0,035
☐ Zo: 50

Сохранить новый расчет

Рассчитать

Общие параметры

H1	Zo	Tpd	C	Vp	L	EEr
0,0956	50,0218	5 786,2459	115,6746	1,728E+08	289,4382	3,0091

Рис. 64 Результаты обратного расчета

Тип расчета «Частотный анализ»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП рассчитываются, см. [Рис. 65](#):

Общие параметры													
Zo	R	L	C	G	$\alpha_{db,R}$	$\alpha_{db,D}$	α_{db}	Tpd	Vp	EEr	ϕ	V _φ	
46,2705	0,4792	8,0239	3,7490	0,0001413	-0,0450	-0,0284	-0,0734	173,4398	1,441E+08	4,2046	0,3269	1,441E+08	

Рис. 65 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «Частотный анализ»

- Zo – волновое сопротивление (Ом);
- R – сопротивление (Ом);
- L – индуктивность (нГн);
- C – емкость (пФ);
- G – проводимость диэлектрика (См);
- $\alpha_{db,R}$ – ослабление в проводнике (Дб);
- $\alpha_{db,D}$ – ослабление в диэлектрике (Дб);
- α_{db} – общее ослабление (Дб);
- Tpd – задержка (пс);
- Vp – скорость распространения сигнала (м/с);
- EEr – эффективная диэлектрическая проницаемость;
- ϕ – фаза (рад);
- V_φ – скорость фазы (м/с).

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП рассчитываются аналогичные параметры, а волновое сопротивление рассчитывается в нескольких режимах, см. [Рис. 66](#):

Общие параметры													
Zdiff	R	L	C	G	$\alpha_{db,R}$	$\alpha_{db,D}$	α_{db}	Tpd	Vp	EEr	ϕ	V _φ	
95,8612	1,0107	13,4806	1,4679	4,571E-05	-0,0458	-0,0190	-0,0648	140,6727	1,777E+08	2,7490	0,2652	1,777E+08	

Рис. 66 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП при расчете «Частотный анализ»

- Zdiff – дифференциальное волновое сопротивление (Ом);
- Zcomm – волновое сопротивление дифференциальной пары в режиме сигнала общего вида (Ом);
- Zodd – волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой (Ом);
- Zeven – волновое сопротивление линии, запитанной четной модой (Ом).

Тип расчета «S-параметры»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП рассчитываются, см. [Рис. 67](#):

S-параметры			
S11 S21		S12 S22	
Mag=0,0125	Deg=59,3910	Mag=0,9922	Deg=-15,8882
Mag=0,9922	Deg=-15,8882	Mag=0,0125	Deg=59,3910

Рис. 67 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «S-параметры»

- S11 – коэффициент отражения от входа;
- S21 – коэффициент передачи;
- S12 – коэффициент обратной передачи;
- S22 – коэффициент отражения от выхода.

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП рассчитываются в одиночном и смешанном режимах.

Параметры ЛП при расчете в одиночном режиме, см. [Рис. 68](#):

S-параметры							
S11 S21 S31 S41		S12 S22 S32 S42		S13 S23 S33 S43		S14 S24 S34 S44	
Mag=0,0114	Deg=56,6513	Mag=0,9919	Deg=-15,8575	Mag=0,0220	Deg=72,6116	Mag=0,0113	Deg=-109,3222
Mag=0,9919	Deg=-15,8575	Mag=0,0114	Deg=56,6513	Mag=0,0113	Deg=-109,3222	Mag=0,0220	Deg=72,6116
Mag=0,0220	Deg=72,6116	Mag=0,0113	Deg=-109,3222	Mag=0,0114	Deg=56,6513	Mag=0,9919	Deg=-15,8575
Mag=0,0113	Deg=-109,3222	Mag=0,0220	Deg=72,6116	Mag=0,9919	Deg=-15,8575	Mag=0,0114	Deg=56,6513

Рис. 68 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП в одиночном режиме

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| • S11 | • S12 | • S13 | • S14 |
| • S21 | • S22 | • S23 | • S24 |
| • S31 | • S32 | • S33 | • S34 |
| • S41 | • S42 | • S43 | • S44 |

Параметры ЛП при расчете в смешанном режиме, см. [Рис. 69](#):

S-параметры (смешанный режим)							
SDD11 SDD21 SCD11 SCD21		SDD12 SDD22 SCD12 SCD22		SDC11 SDC21 SCC11 SCC21		SDC12 SDC22 SCC12 SCC22	
Mag=0,0114	Deg=-91,4043	Mag=0,9926	Deg=-15,2076	Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,0000	Deg=0,0000
Mag=0,9926	Deg=-15,2076	Mag=0,0114	Deg=-91,4043	Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,0000	Deg=0,0000
Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,0331	Deg=67,1631	Mag=0,9913	Deg=-16,5084
Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,0000	Deg=0,0000	Mag=0,9913	Deg=-16,5084	Mag=0,0331	Deg=67,1631

Рис. 69 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП в смешанном режиме

- SDD11
- SDD21
- SCD11
- SCD21
- SDD12
- SDD22
- SCD12
- SCD22
- SDC11
- SDC21
- SCC11
- SCC21
- SDC12
- SDC22
- SCC12
- SCC22

Для результатов расчета S-параметров в табличном виде доступен выбор режима представления, см. [Рис. 70](#):

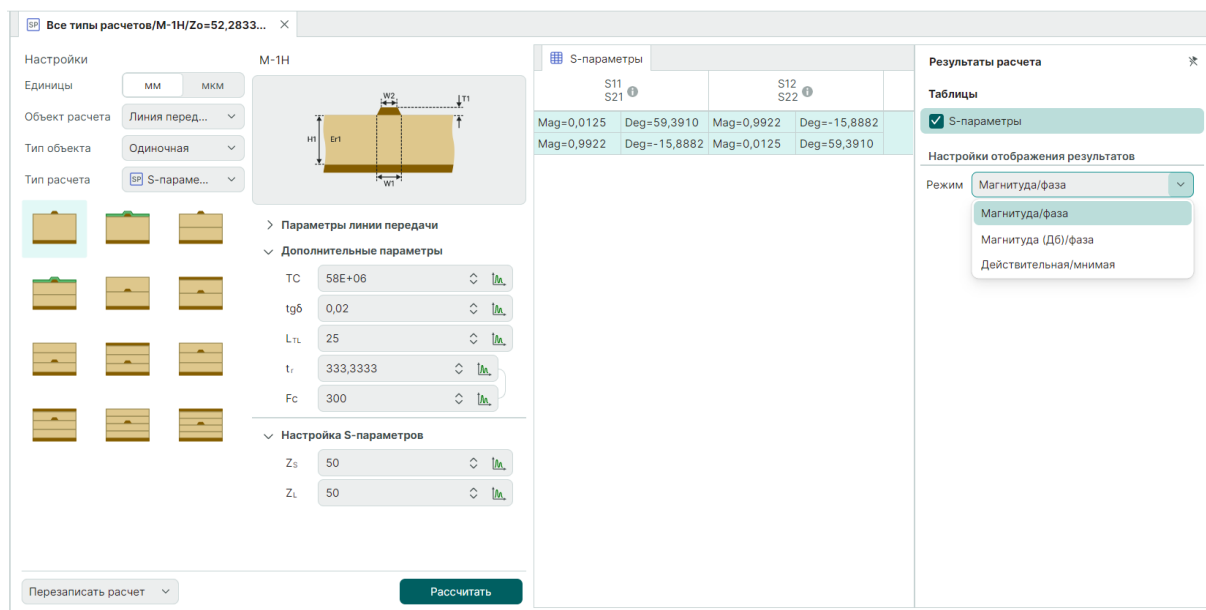


Рис. 70 Режимы представления S-параметров

- «Магнитуда/фаза»;
- «Магнитуда (дБ)/фаза»;
- «Действительная/мнимая».

Тип расчета «Перекрестные помехи»

Для одиночных ЛП рассчитываются, см. [Рис. 71](#):

Общие параметры													
Zo	U _{NEXT} 1	φ _{NEXT} 1	U _{FEXT} 2	φ _{FEXT} 2	U _{NEXT} 3	φ _{NEXT} 3	U _{FEXT} 4	φ _{FEXT} 4	U _{NEXT} 5	φ _{NEXT} 5	U _{FEXT} 6	φ _{FEXT} 6	
51,3440	0,0041	68,0429	0,9994	-15,7864	0,0426	74,2628	0,0206	-105,6511	0,0041	68,0458	0,9994	-15,7864	

Рис. 71 Параметры одиночной ЛП при расчете «Перекрестные помехи»

- Zo – волновое сопротивление (Ом);
- U_{NEXT} – напряжение в начале проводника (мВ);
- φ_{NEXT} – фаза в начале проводника (°);
- U_{FEXT} – напряжение в конце линии (мВ);
- φ_{FEXT} – фаза в конце линии (°).

Для дифференциальных ЛП рассчитываются аналогичные параметры, отличным является, см. [Рис. 72](#):

Общие параметры																
Zodd	U _{NEXT} 1	φ _{NEXT} 1	U _{FEXT} 2	φ _{FEXT} 2	U _{NEXT} 3	φ _{NEXT} 3	U _{FEXT} 4	φ _{FEXT} 4	U _{NEXT} 5	φ _{NEXT} 5	U _{FEXT} 6	φ _{FEXT} 6	U _{NEXT} 7	φ _{NEXT} 7	U _{FEXT} 8	φ _{FEXT} 8
47,0942	0,0002	-92,6564	1,0001	165,0643	0,0009	-92,8575	0,9997	-14,9197	0,0168	74,3282	0,0080	-106,8870	0,0029	70,6106	0,0023	-112,2405

Рис. 72 Параметры дифференциальной ЛП при расчете «Перекрестные помехи»

- Zodd – волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой (Ом);



Примечание! Количество рассчитываемых параметров U_{NEXT}, φ_{NEXT}, U_{FEXT}, φ_{FEXT} зависит от выбранной модели и количества линий передачи.

Множественный расчет

При проведении множественного расчета любого типа первый столбец в таблице с результатами будет отображать диапазон значений выбранного параметра, каждому значению из диапазона соответствует рассчитанное значение параметров, см. [Рис. 73](#):

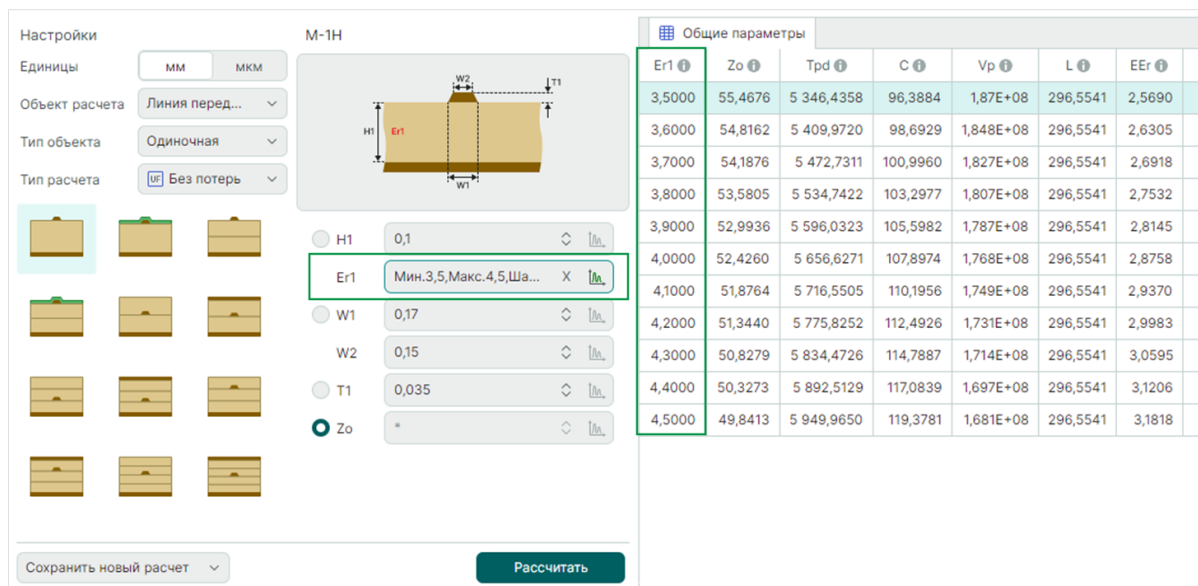


Рис. 73 Результаты множественного расчета

Если изменяемым параметром множественного расчета является частота (F_c), то таблица с результатами будет включать и зависимый параметр – фронт сигнала (t_r), см. [Рис. 74](#).

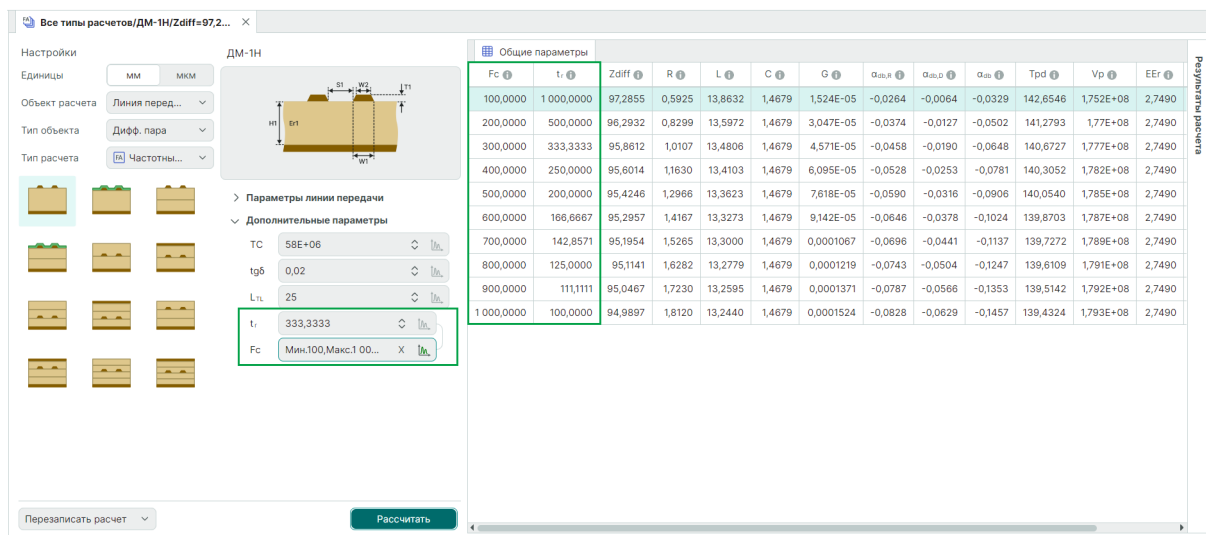


Рис. 74 Множественный расчет, где изменяемый параметр – частота

4.1.7 Графики и настройки отображения

Настройки отображения результатов доступны в отдельной панели «Результаты расчета».

По умолчанию после проведения расчета результаты отображаются в виде таблиц с параметрами, для отображения графиков установите флаг в соответствующий чек-бокс, см. [Рис. 75](#).

Общие параметры							Результаты расчета
H1	Zo	Tpd	C	Vp	L	EEr	
0,1000	48,6713	6 092,9953	125,1865	1,641E+08	296,5542	3,3366	
0,2000	69,9182	5 933,4034	84,8620	1,685E+08	414,8530	3,1641	
0,3000	83,5596	5 857,9797	70,1054	1,707E+08	489,4903	3,0842	
0,4000	93,5717	5 812,8214	62,1216	1,72E+08	543,9155	3,0368	
0,5000	101,4718	5 782,1309	56,9826	1,729E+08	586,7235	3,0048	
0,6000	107,9945	5 759,5184	53,3316	1,736E+08	621,9960	2,9814	
0,7000	113,5441	5 742,1352	50,5719	1,742E+08	651,9853	2,9634	
0,8000	118,3771	5 728,0274	48,3880	1,746E+08	678,0672	2,9488	
0,9000	122,6543	5 716,4067	46,6058	1,749E+08	701,1420	2,9369	
1,0000	126,4897	5 706,6386	45,1154	1,752E+08	721,8312	2,9269	

Результаты расчета

Таблицы

☒ Общие параметры

Графики

☐ Общие параметры

Рис. 75 Результаты расчета по умолчанию



Примечание! Построение графиков производится для множественных расчетов.

Графики открываются в отдельной вкладке, расположение которой можно изменять при помощи навигационных кнопок, см. [Рис. 76](#).

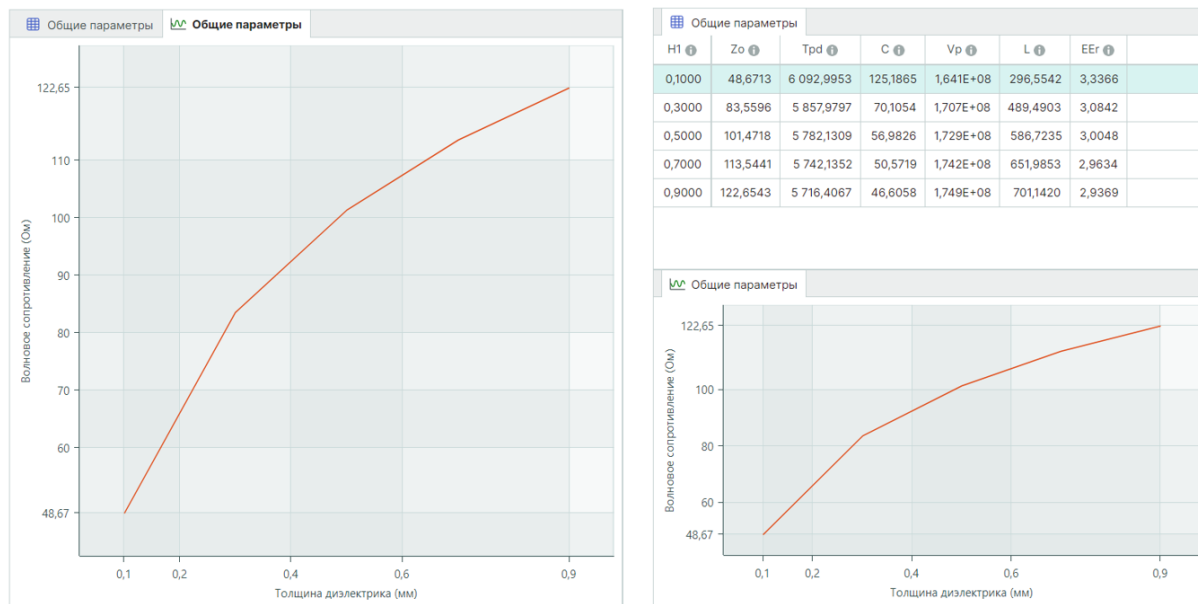


Рис. 76 Пример расположения вкладки

По оси X графика отображается параметр, значение которого задано в диапазоне для множественного расчета. Параметр по оси Y может быть изменен.

При перемещении по графику курсор «привязывается» к одному из значений параметра по оси X, отображается виджет с информацией о значении параметров по оси X и Y. Значения параметра при этом изменяются от минимального до максимального в пределах заданного диапазона с установленным шагом. Направляющие линии позволяют отследить более точные значения параметров, см. [Рис. 77](#).

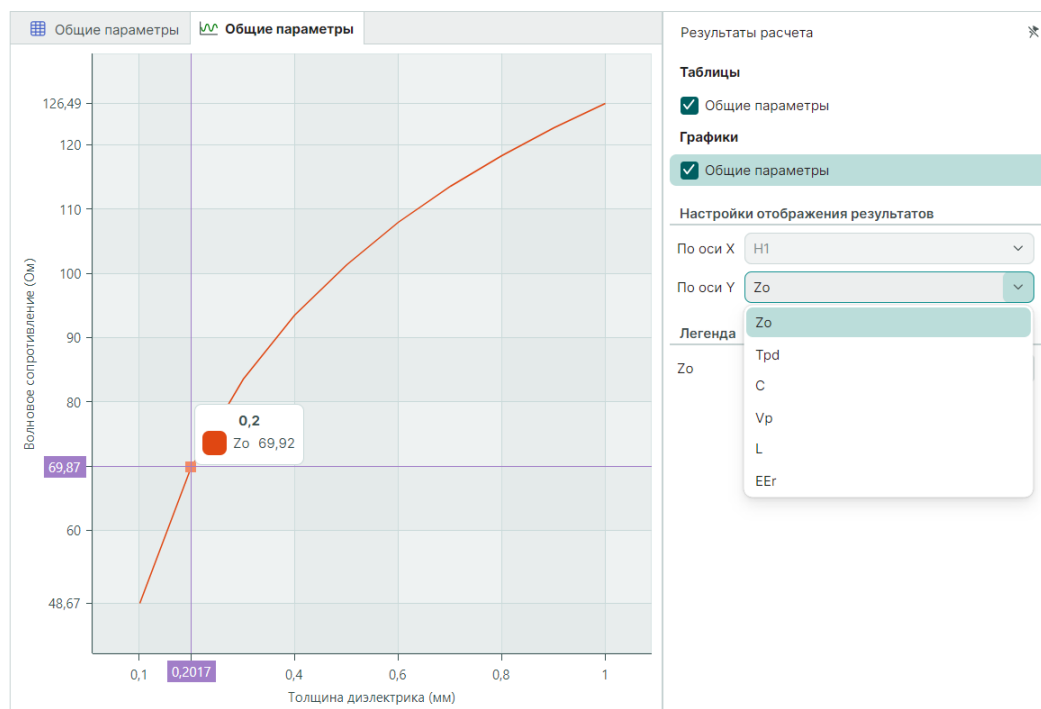


Рис. 77 Пример графика и настроек отображения

Тип расчета «Без потерь»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП для отображения по оси Y доступны все рассчитанные параметры, отображаемые в табличном виде (Z_0 , Trpd, C, Vp, L, EEr), подробнее см. раздел [Результаты расчета](#) тип расчета «Без потерь», см. [Рис. 78](#).

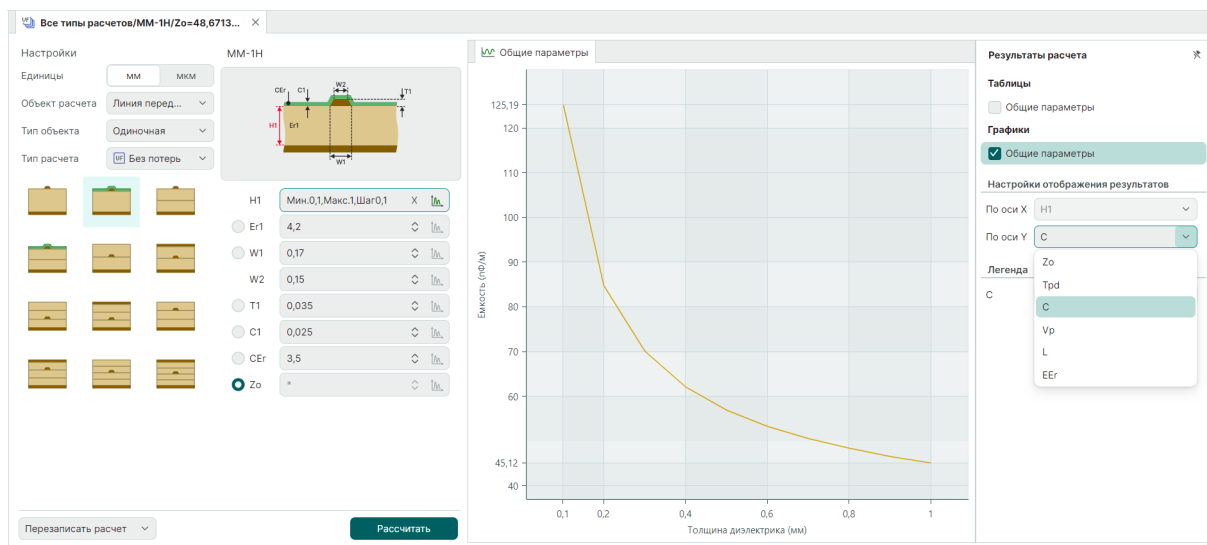


Рис. 78 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «Без потерь»

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП параметры, доступные для отображения по оси Y, аналогичны.

Отображаемое волновое сопротивление будет соответствовать выбранному режиму, см. [Рис. 79](#):

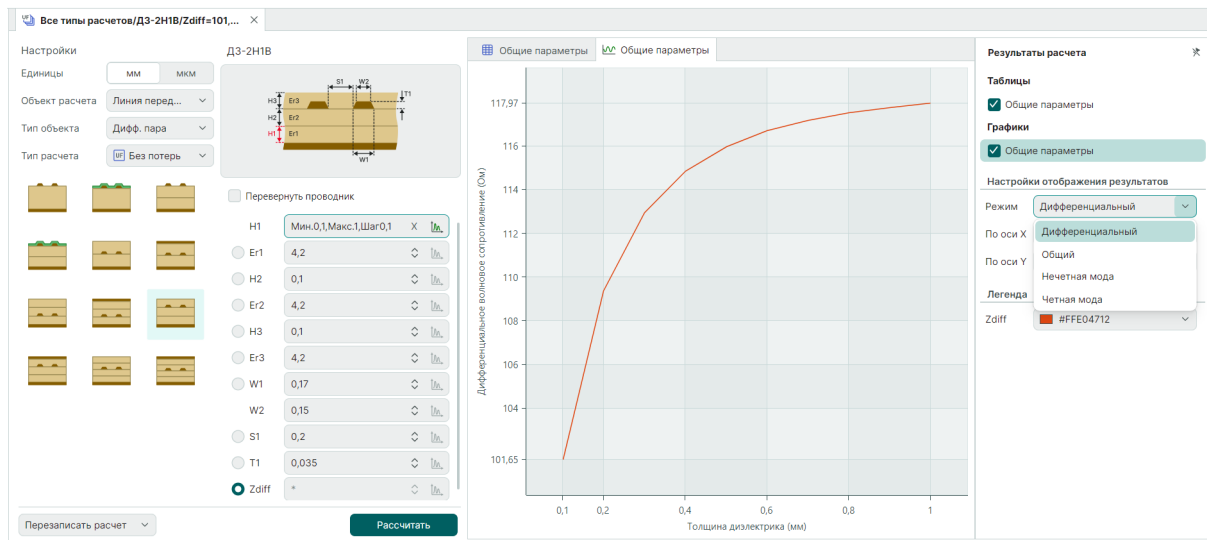


Рис. 79 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП при расчете «Без потерь»

- «Дифференциальный» – дифференциальное волновое сопротивление (Z_{diff});
- «Общий» – волновое сопротивление дифференциальной пары в режиме сигнала общего вида (Z_{comm});

- «Нечетная мода» – волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой (Zodd);
- «Четная мода» – волновое сопротивление линии, запитанной четной модой (Zeven).



Примечание! При проведении обратного расчета по оси X будет отображен параметр, выбранный для расчета.

Тип расчета «Частотный анализ»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП для отображения по оси Y доступны все рассчитанные параметры, отображаемые в табличном виде (Z_o , R , L , C , G , $\alpha_{db,R}$, $\alpha_{db,D}$, α_{db} , Tpd , V_p , E_{Er} , ϕ , V_ϕ), подробнее см. раздел [Результаты расчета](#) тип расчета «Частотный анализ», см. [Рис. 80](#):

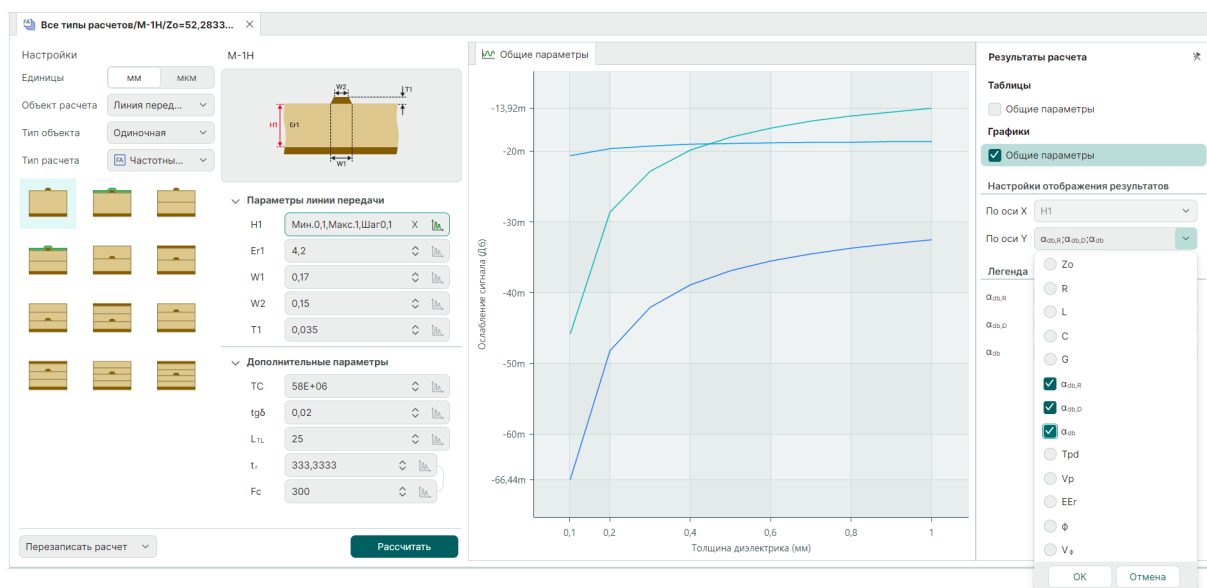


Рис. 80 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «Частотный анализ»

Параметры ослабления ($\alpha_{db,R}$, $\alpha_{db,D}$, α_{db}) доступны для совместного отображения на графике.

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП параметры, доступные для отображения по оси Y аналогичны.

Отображаемое волновое сопротивление будет соответствовать выбранному режиму, см. [Рис. 81](#):

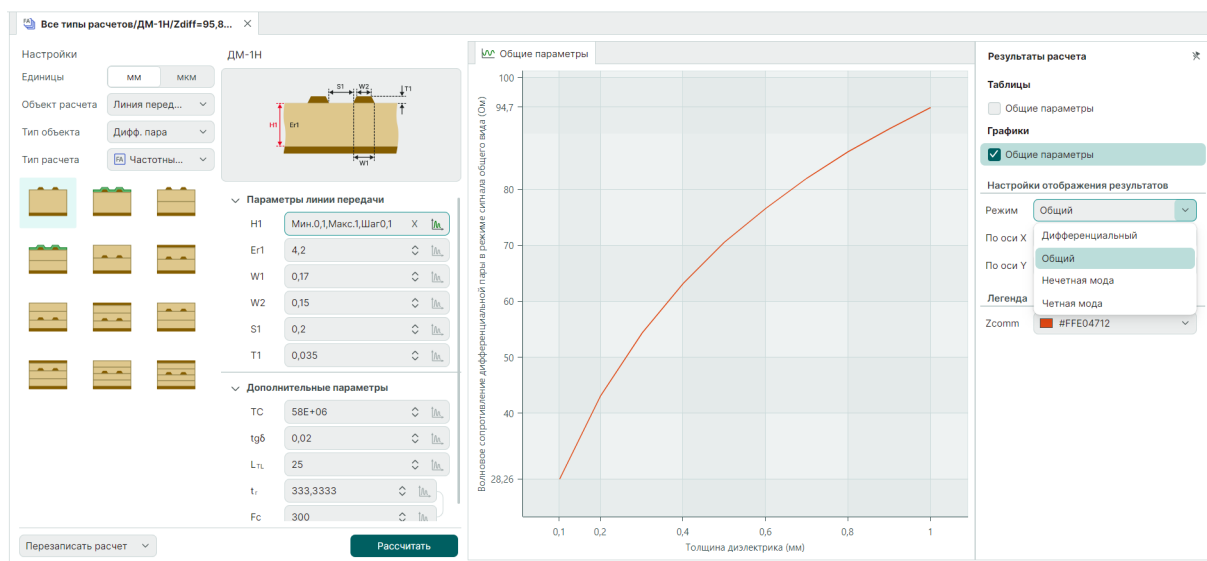


Рис. 81 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП при расчете «Частотный анализ»

- «Дифференциальный» – дифференциальное волновое сопротивление (Zdiff);
- «Общий» – волновое сопротивление дифференциальной пары в режиме сигнала общего вида (Zcomm);
- «Нечетная мода» – волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой (Zodd);
- «Четная мода» – волновое сопротивление линии, запитанной четной модой (Zeven).

Тип расчета «S-параметры»

Для одиночных и копланарных одиночных ЛП для отображения по оси Y доступны все рассчитанные параметры, отображаемые в табличном виде (S11, S12, S21, S22), подробнее см. раздел [Результаты расчета](#) тип расчета «S-параметры», см. [Рис. 82](#). Рассчитанные S-параметры доступны для одновременного отображения на графике, установите флаги в чек-боксы нужных параметров и нажмите «ОК».

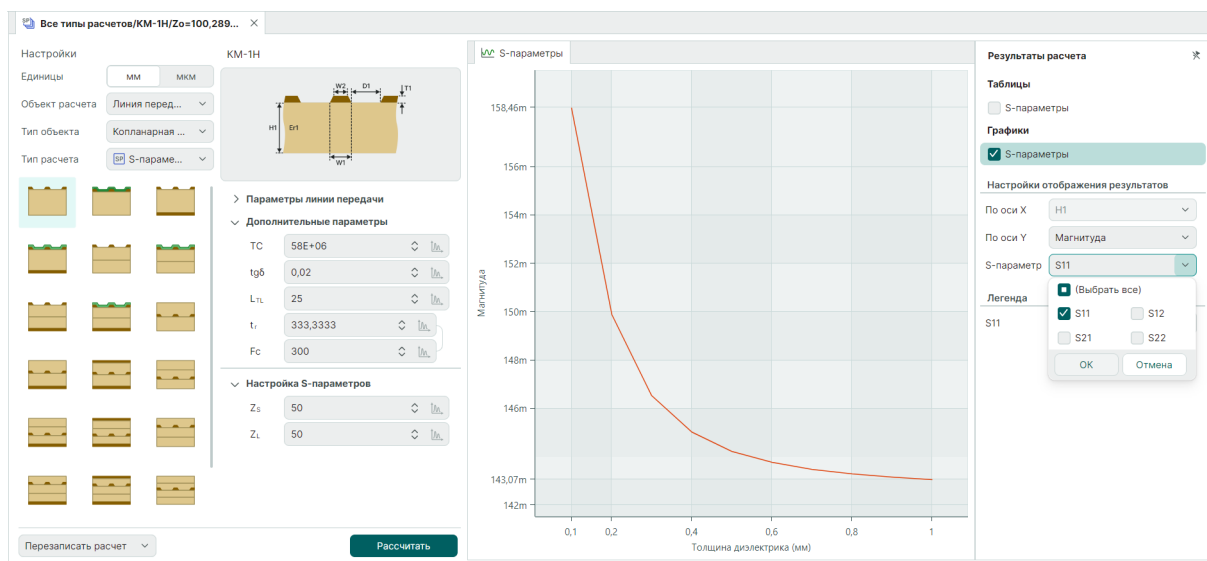


Рис. 82 Параметры одиночной и копланарной одиночной ЛП при расчете «S-параметр»

Доступные режимы для отображения S-параметров на графиках, см. [Рис. 83](#):

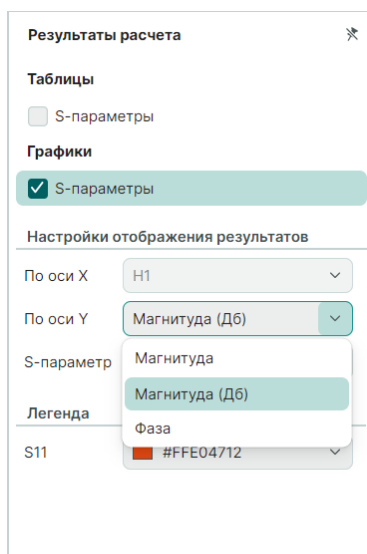


Рис. 83 Выбор режима

- «Магнитуда»;
- «Магнитуда (дБ)»;
- «Фаза».

Для дифференциальных и копланарных дифференциальных ЛП рассчитываются в одиночном режиме и смешанном режиме. Для каждого режима формируется отдельная вкладка с графиками. Рассчитанные S-

параметры доступны для одновременного отображения на графике, установите флаги в чек-боксы нужных параметров и нажмите «ОК», см. [Рис. 84](#):

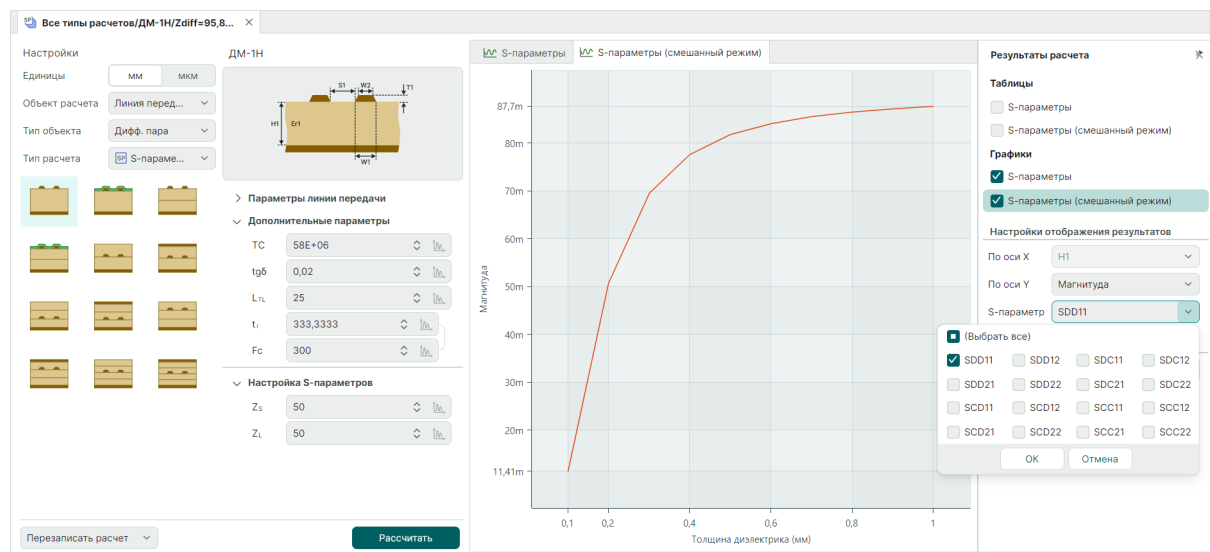


Рис. 84 Параметры дифференциальной и копланарной дифференциальной ЛП в смешанном режиме

Режимы отображения S-параметров на графиках аналогичны («Магнитуда», «Магнитуда (дБ)», «Фаза»).

Тип расчета «Перекрестные помехи»

Для одиночных ЛП для отображения по оси Y доступны параметры для каждого порта проводников ЛП, см. [Рис. 85](#):

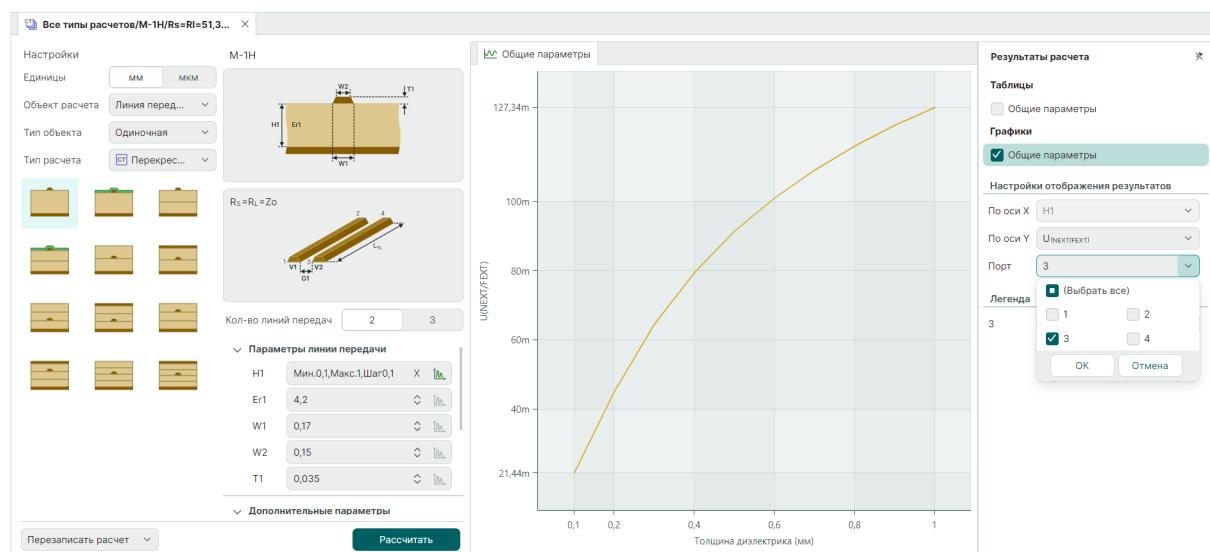


Рис. 85 Параметры одиночной ЛП при расчете «Перекрестные помехи»

- $U_{NEXT}/FEXT$ — напряжение помехи на ближнем и дальнем конце выбранного порта;

- F_{NEXT}/F_{EXT} – фаза на ближнем и дальнем конце выбранного порта.

Рассчитанные параметры доступны для одновременного отображения на графике, в выпадающем меню «Порт» установите флаги в чек-боксы нужных портов и нажмите «ОК».

Для дифференциальных ЛП настройки отображения и выбор портов аналогичны, см. [Рис. 86](#).

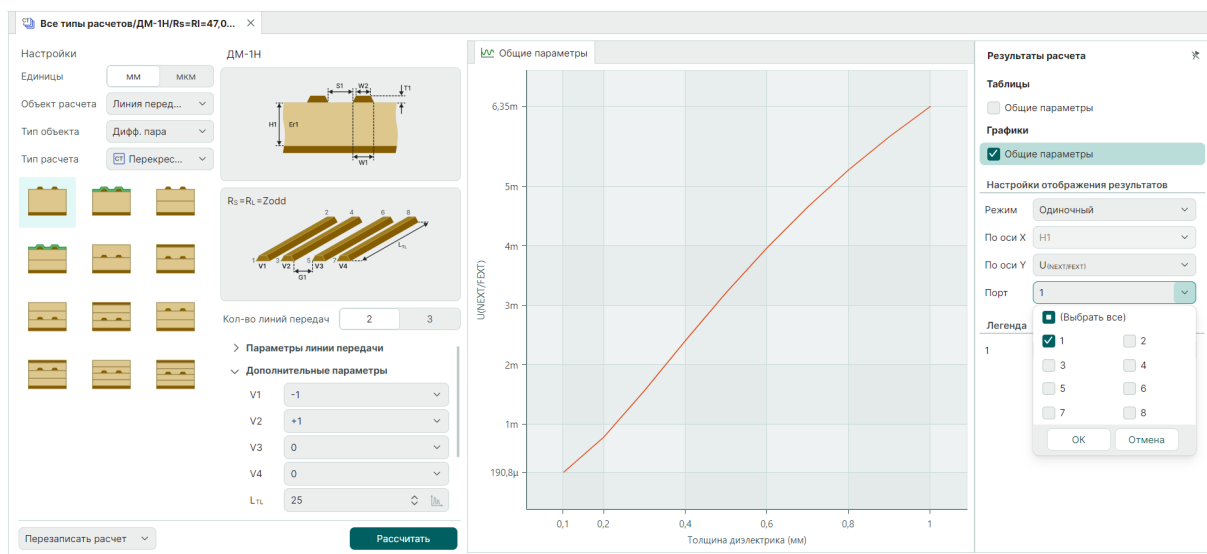


Рис. 86 Параметры дифференциальной ЛП при расчете «Перекрестные помехи»

Если изменяемым параметром множественного расчета является частота (F_c), то для отображения на графике по оси X можно выбрать зависимый параметр – фронт сигнала (t_r), см. [Рис. 87](#).

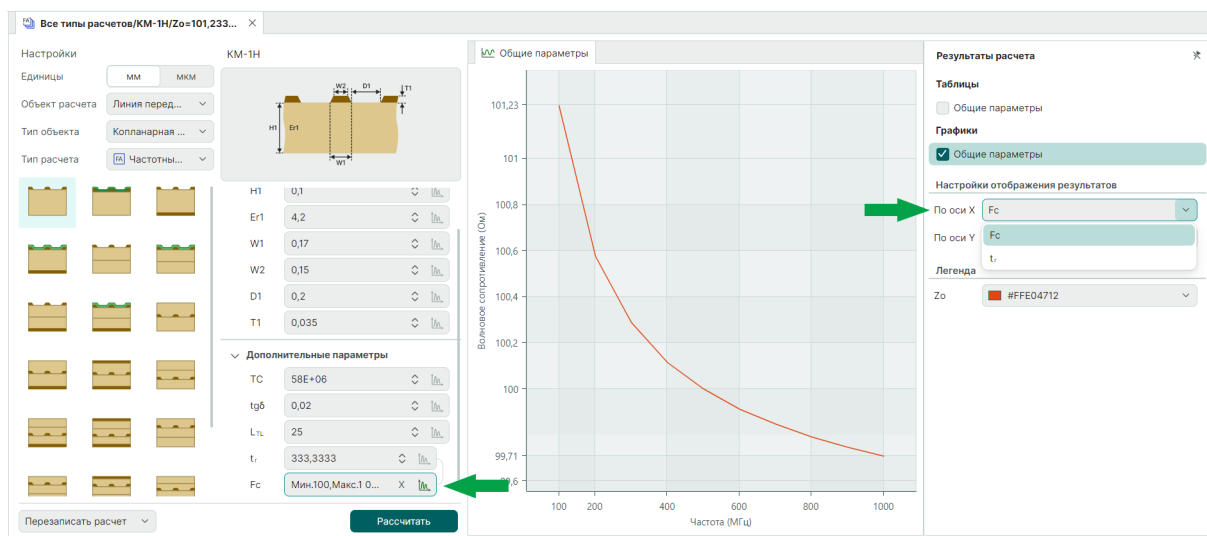


Рис. 87 Множественный расчет, где изменяемый параметр - частота

Цвет любого графика может быть изменен с помощью выпадающего меню в разделе «Легенда», см. [Рис. 88](#).

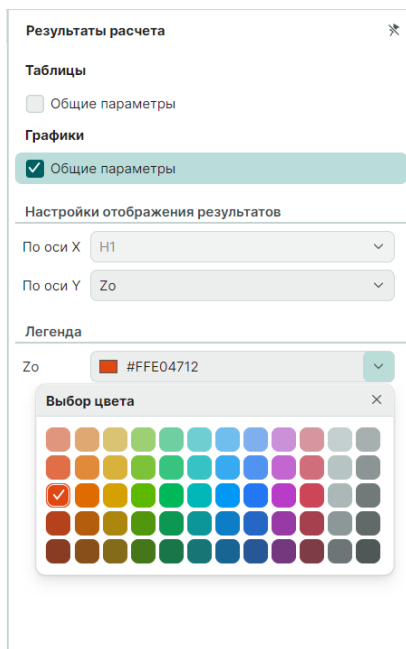


Рис. 88 Выбор цвета

4.1.8 Сохранение расчета

При проведении расчета определите каким образом он будет сохранен и отображен в панели «Проекты», см. [Рис. 89](#):

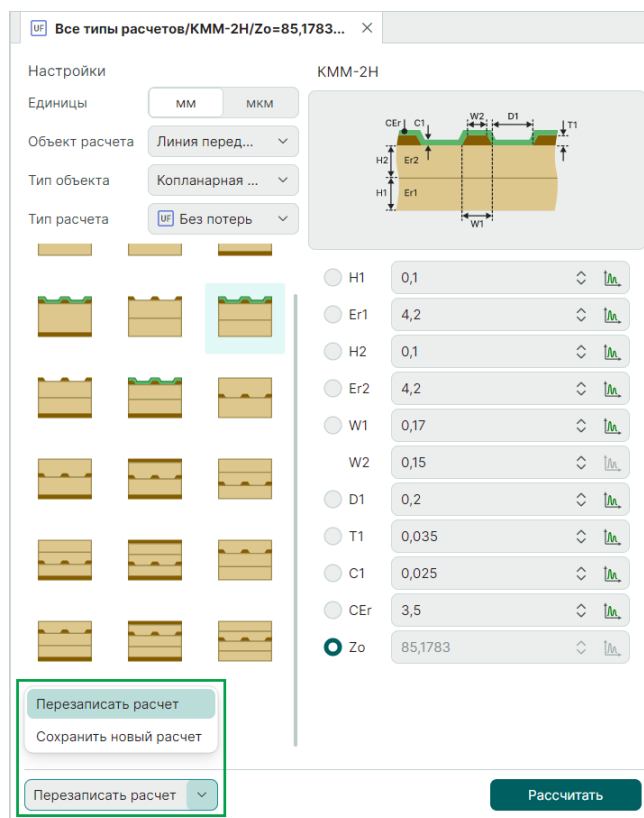


Рис. 89 Результаты расчета по умолчанию

- «Переписать расчет» – существующий расчет при изменении модели или параметров ЛП будет перезаписан;
- «Сохранить новый расчет» – существующий расчет не будет изменен, новый расчет с измененной моделью или параметрами ЛП будет отображен в панели «Проекты».

4.2 Расчет параметров переходных отверстий

4.2.1 Интерфейс для расчета ПО

Рабочая область SimPCB Lite для расчета параметров переходных отверстий разделена на области, каждая из которых отвечает за определенные функции, см. [Рис. 90](#).

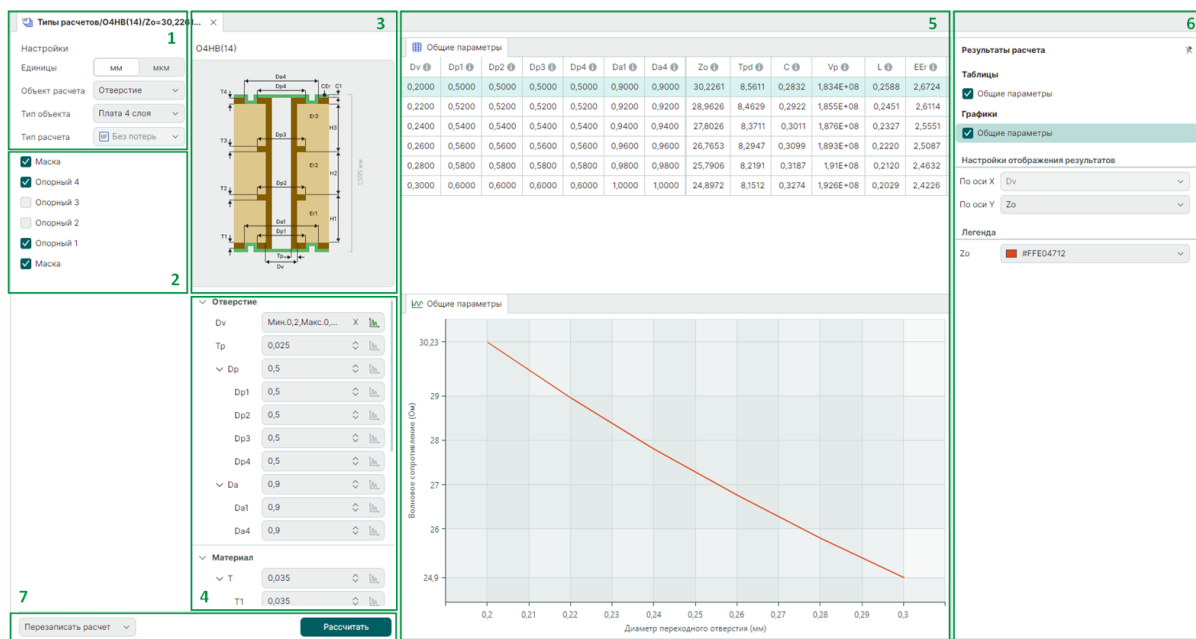


Рис. 90 Интерфейс для расчета параметров ПО

Ниже представлен перечень функциональных областей интерфейса SimPCB:

1. [Область настроек расчета;](#)
2. [Определение модели ПО;](#)
3. [Область просмотра модели ПО;](#)
4. [Определение входных параметров ПО;](#)
5. [Область отображения результатов расчета;](#)
6. [Область настроек отображения результатов расчета;](#)
7. [Область запуска и сохранения расчета.](#)

4.2.2 Настройки расчета

Доступные настройки расчета, см. [Рис. 91](#):

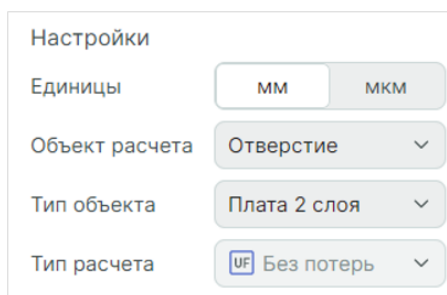


Рис. 91 Настройки расчета

1. Выбор единиц измерения с помощью переключателя: мм или мкм;
2. Выбор объекта расчета – отверстие, см. [Рис. 92](#):

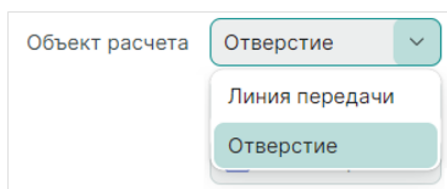


Рис. 92 Выбор объекта расчета

3. Выбор типа объекта, см. [Рис. 93](#):

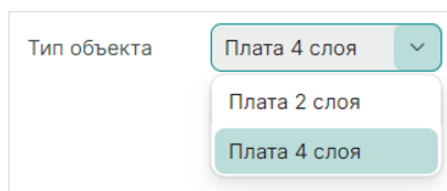


Рис. 93 Выбор типа объекта

- Плата 2 слоя;
- Плата 4 слоя.

4.2.3 Модели ПО и область просмотра

Модель переходного отверстия настраивается с помощью установки и снятия флагов в чек-боксах «Маска» и «Опорный 1...4».

Область просмотра предоставляет подробное описание выбранной модели ПО: наименование модели, кодовое обозначение, изображение модели с условными обозначениями ключевых при моделировании параметров и пояснения к ним. Наименование модели и параметров появляются во всплывающих подсказках при наведении курсора. При редактировании параметра или выборе его в качестве изменяемой величины во множественном расчете условное обозначение параметра на модели будет выделено красным цветом, см. [Рис. 94](#).

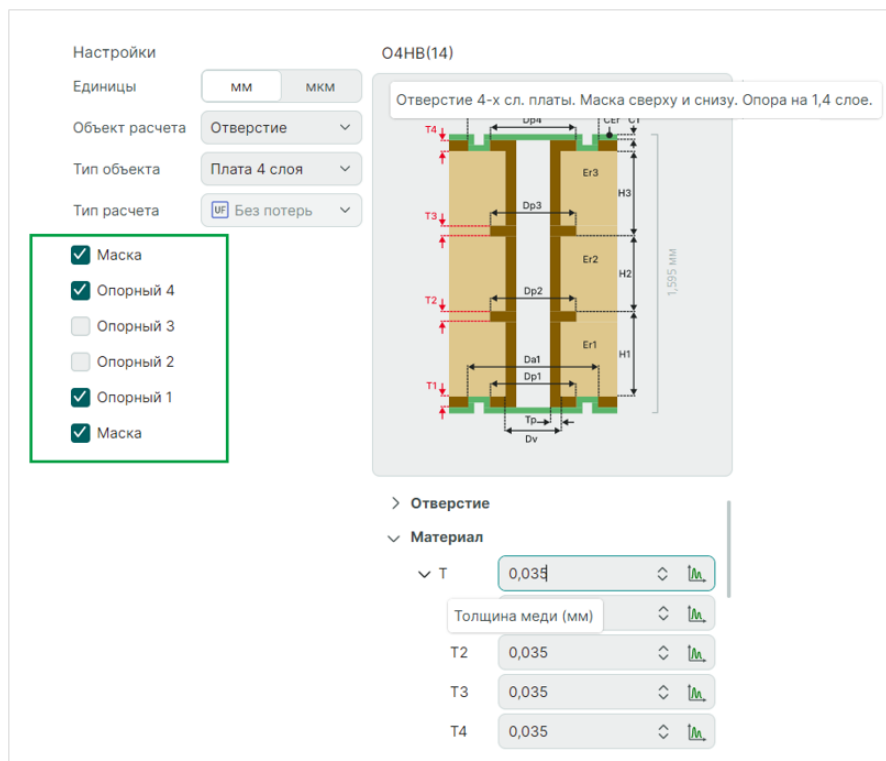


Рис. 94 Настройки модели и область просмотра

4.2.4 Параметры ПО

Для проведения расчета необходимо определить параметры отверстия и параметры материала ПП.

Полный список параметров ПО:

- D_v – диаметр переходного отверстия.
- T_r – толщина меди в отверстии.
- D_p – диаметр площадки. Количество параметров D_p (D_{p1} , D_{p2} и т.д.) зависит от количества проводящих слоев в выбранной модели.
- D_a – диаметр антипада. Количество параметров D_a (D_{a1} , D_{a2} и т.д.) зависит от количества проводящих слоев в выбранной модели.
- T – толщина меди. Количество параметров T (T_1 , T_2 и т.д.) зависит от количества проводящих слоев в выбранной модели.
- H – толщина диэлектрика. Количество параметров H (H_1 , H_2 и т.д.) зависит от количества диэлектриков в выбранной модели.
- E_r – диэлектрическая проницаемость. Количество параметров E_r (E_{r1} , E_{r2} и т.д.) зависит от количества диэлектриков в выбранной модели.
- C_1 – толщина маски.

- CEr – диэлектрическая проницаемость маски.

Проведение множественного расчета и выбор параметра, заданного в диапазоне значений, производится аналогично множественному расчету параметров ЛП, подробнее см. [Параметры ЛП и дополнительные параметры](#), см. [Рис. 95](#).

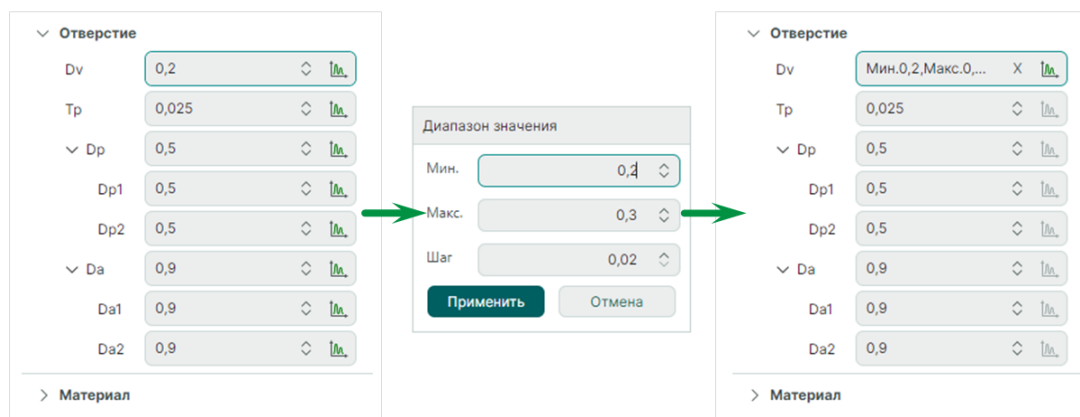


Рис. 95 Настройка множественного расчета

4.2.5 Результаты расчета

Результаты расчета отображаются в виде таблиц и графиков (для множественных расчетов), см. [Рис. 96](#). Подробное описание работы с графиками см. [Графики и настройки отображения](#).

Общие параметры					
Zo	Tpd	C	Vp	L	EEr
37,8696	9,3159	0,2460	1,685E+08	0,3528	3,1644

Рис. 96 Параметры переходного отверстия

- Zo – волновое сопротивление (Ом);
- Tpd – задержка в переходном отверстии (пс);
- C – емкость переходного отверстия (пФ);
- Vp – скорость распространения сигнала (м/с);
- L – индуктивность переходного отверстия (нГн);
- EEr – эффективная диэлектрическая проницаемость.

При проведении множественного расчета первый столбец в таблице с результатами будет отображать диапазон значений выбранного параметра, каждому значению из диапазона соответствует рассчитанное значение параметров, см. [Рис. 97](#):

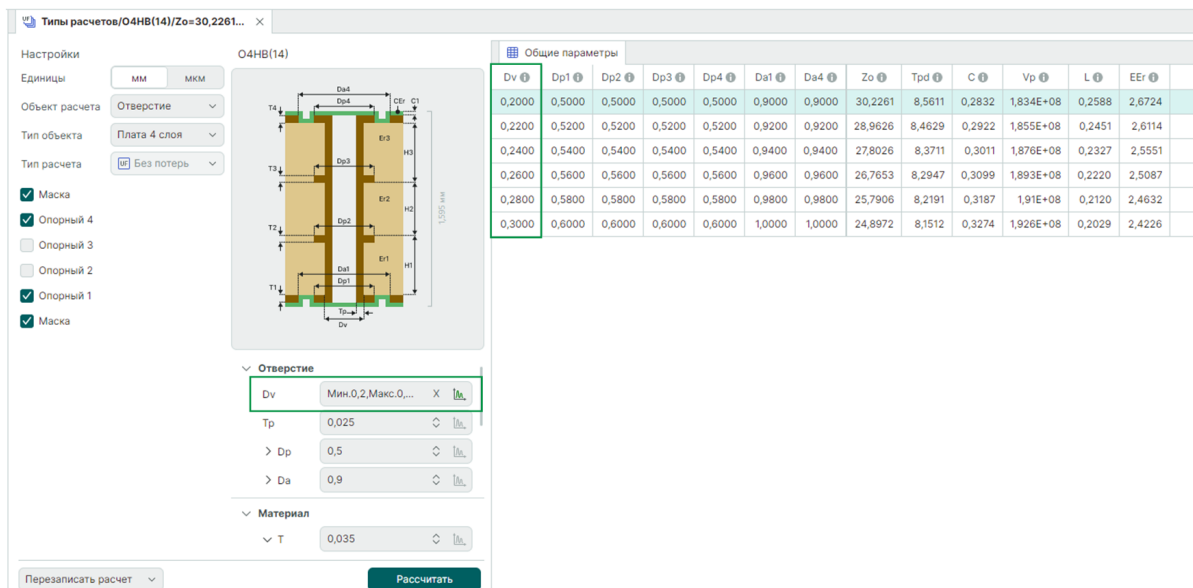


Рис. 97 Результаты множественного расчета

4.2.6 Графики и настройки отображения

Настройки отображения результатов доступны в отдельной панели «Результаты расчета».

По умолчанию после проведения расчета результаты отображаются в виде таблицы с параметрами, для отображения графиков установите флаг в соответствующий чек-бокс, см. [Рис. 98](#).

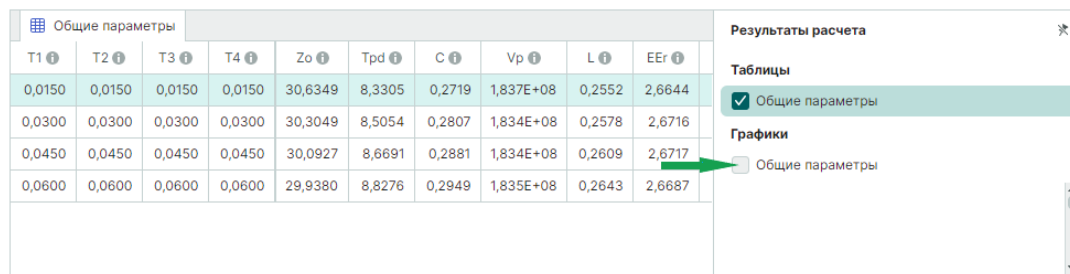
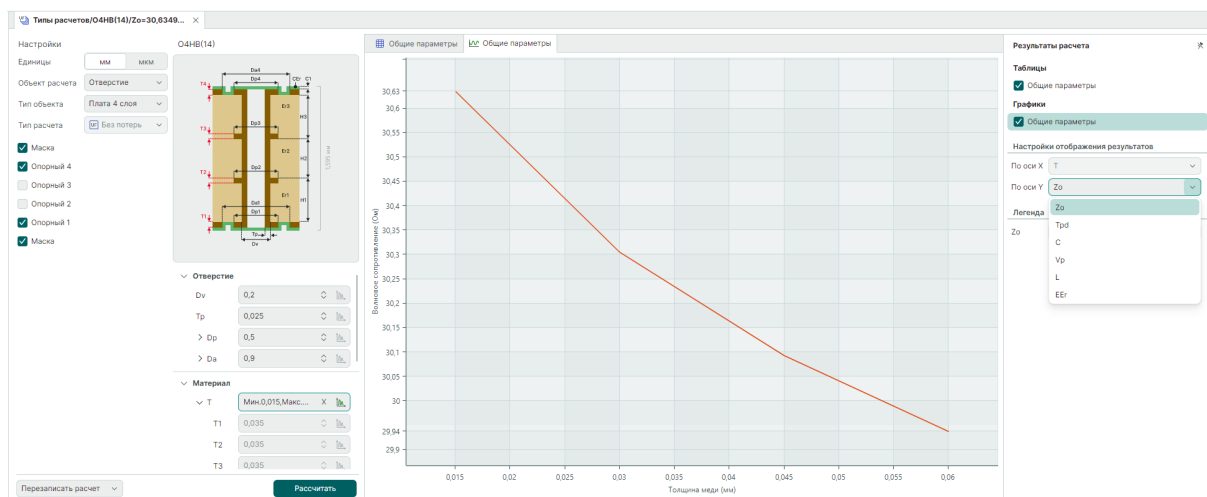


Рис. 98 Результаты расчета по умолчанию

По оси X графика отображается параметр, значение которого задано в диапазоне для множественного расчета. Параметр по оси Y может быть изменен.

Для отображения по оси Y доступны все рассчитанные параметры, отображаемые в табличном виде (Zo, Trd, C, Vp, L, EEr), подробнее см. раздел [Результаты расчета](#), см. [Рис. 99](#).



4.2.7 Сохранение расчета

Настройки сохранения расчета параметров ПО аналогичны настройкам при расчете параметров ЛП, подробнее см. [Сохранение расчета](#).

5 Выгрузка результатов

В системе SimPCB Lite существует возможность сохранения и использования выбранных моделей и полученных результатов, а также вывод результатов в файлы формата .XLSX.

Группа команд для сохранения и вывода результатов расчета линий передачи и переходных отверстий расположена в панели инструментов, см. [Рис. 100](#).



Рис. 100 Панель инструментов

Для сохранения результатов используйте иконку . В окне проводника укажите место для сохранения файла.

Имя файла по умолчанию состоит из кодового обозначения модели, условного обозначения выбранного для расчета параметра и его рассчитанного значения, расширение сохраняемого файла соответствует типу расчета, см. [Рис. 101](#).

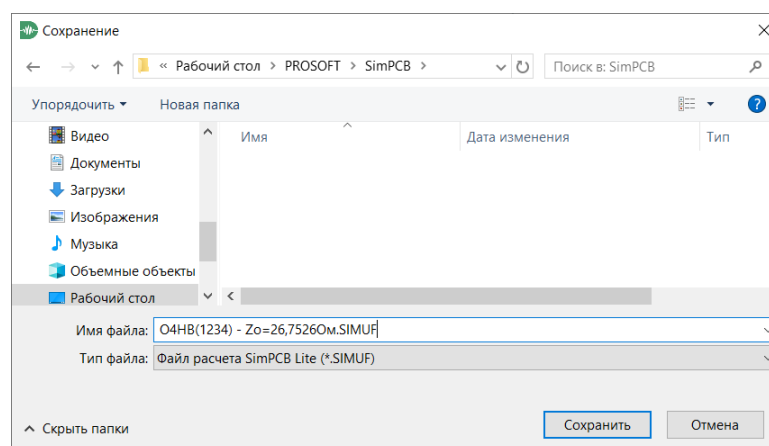


Рис. 101 Сохранение расчета

Для множественного расчета в наименовании файла будет указан диапазон значений рассчитанного и варьируемого параметров, см. [Рис. 102](#).

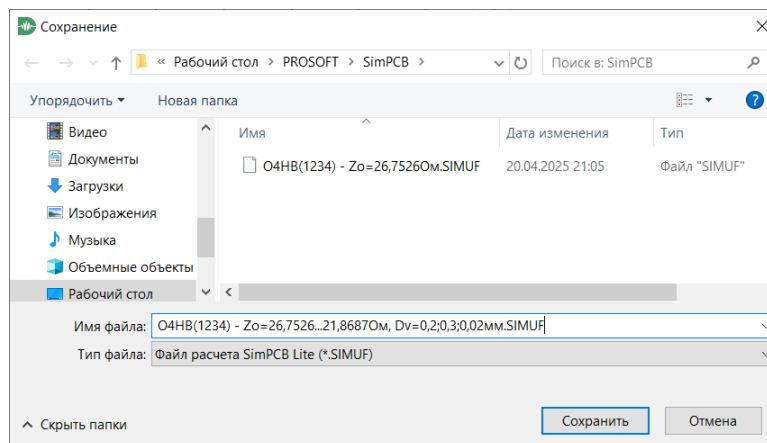


Рис. 102 Сохранение результатов множественного

Загрузка файлов расчетов для просмотра и дальнейшей работы производится с помощью иконки . В окне проводника выберите нужный файл и примените команду «Открыть», см. [Рис. 103](#).

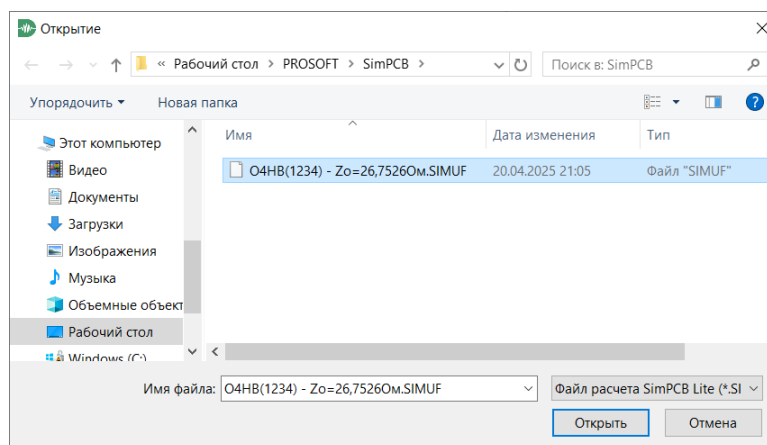


Рис. 103 Загрузка файлов расчетов

Вывод результатов расчета в файлы формата .XLSX производится аналогично действиям описанным выше с помощью иконки . Пример файла с рассчитанными первичными и вторичными параметрами ПО представлен на [Рис. 104](#).

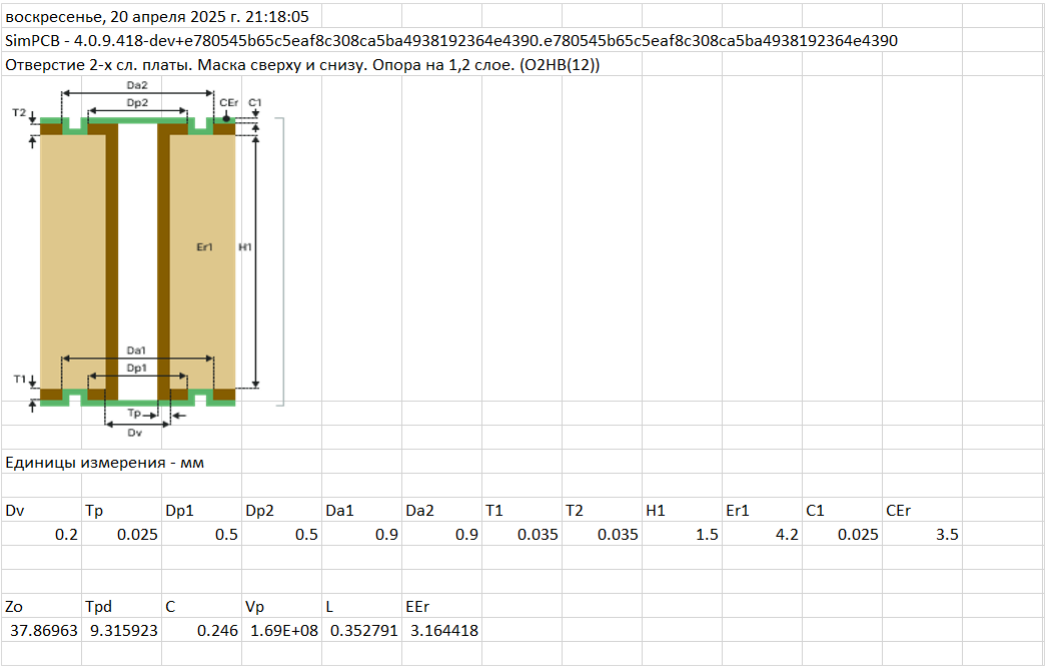


Рис. 104 Пример файла с результатами расчета