

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
по дисциплине
«МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»

Тема: Моделирование тепловых процессов

Практическая часть

1. Для выполнения симуляции тепловых процессов и расчёта распределения температуры по поверхности необходимо предварительно создать 3D-модель сборки исследуемого изделия (печатной платы с установленными на неё электронными компонентами) в любой CAD-системе. Ansys позволяет работать с большинством популярных форматов различных САПР. Модель, представленная ниже построена с помощью программы SpaceClaim из состава пакета Ansys 2024.

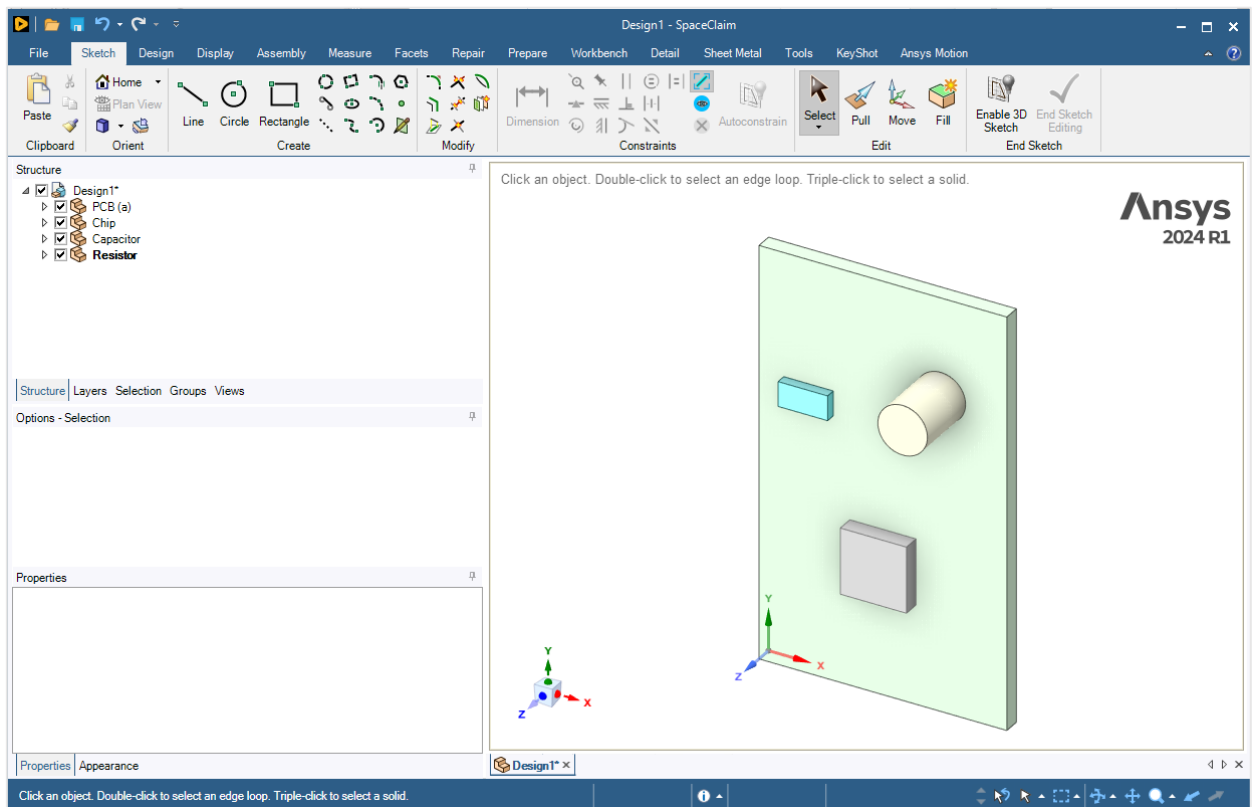


Рисунок 1 – Общий вид сборки предмета исследования в SpaceClaim

2. Прежде всего запускаем менеджер проектов Ansys под названием Workbench, в котором следует расположить в определённой последовательности и соединить между собой инструменты, необходимые для текущего типа задачи.

Расчёт тепловых процессов будет выполняться с помощью модуля «Iserak». Данный модуль требует импорта исследуемой геометрии. Поэтому, из панели инструментов в левой части окна перетаскиваем и добавляем модуль «Geometry». Затем выносим модуль Iserak и добавляем связь. Далее добавляем модуль для создания сетки «Mash». Соединять его с Iserak не нужно, поскольку через "setup", как через отдельный интерфейс, мы можем импортировать ранее сохранённую в мэшере сетку. Затем добавляем модуль «Results», который позволяет, если это необходимо, импортировать результаты расчётов из Iserak в другую среду для постобработки результатов.

В общем случае рабочий стол выглядит следующим образом:

Geometry: геометрия, необходимая для расчёта импортируется в модуль Geometry или создаётся в нём же и каким-либо образом обрабатывается (преобразуется, упрощается) и переносится в Iserak.

Mesh: затем генерируется необходимая сетка в модуле Mesh и переносится в Iserak, либо генерируется внутри модуля Iserak.

Iserak: непосредственно в модуле Iserak задаются необходимые условия и производится расчёт. Поскольку Iserak сам по себе, технически, является надстройкой над системой Fluent для решения узкого типа задач – "мозгом" модуля является именно Fluent: система обсчитывает проект и переносит результаты обратно в Iserack.

Results: результаты расчёта переносятся в отдельную программу с помощью модуля Results и в ней производится постобработка. Тем не менее, Iserak имеет необходимые инструменты для того, чтобы обработать полученные результаты и вывести их в удобном пользователю формате.

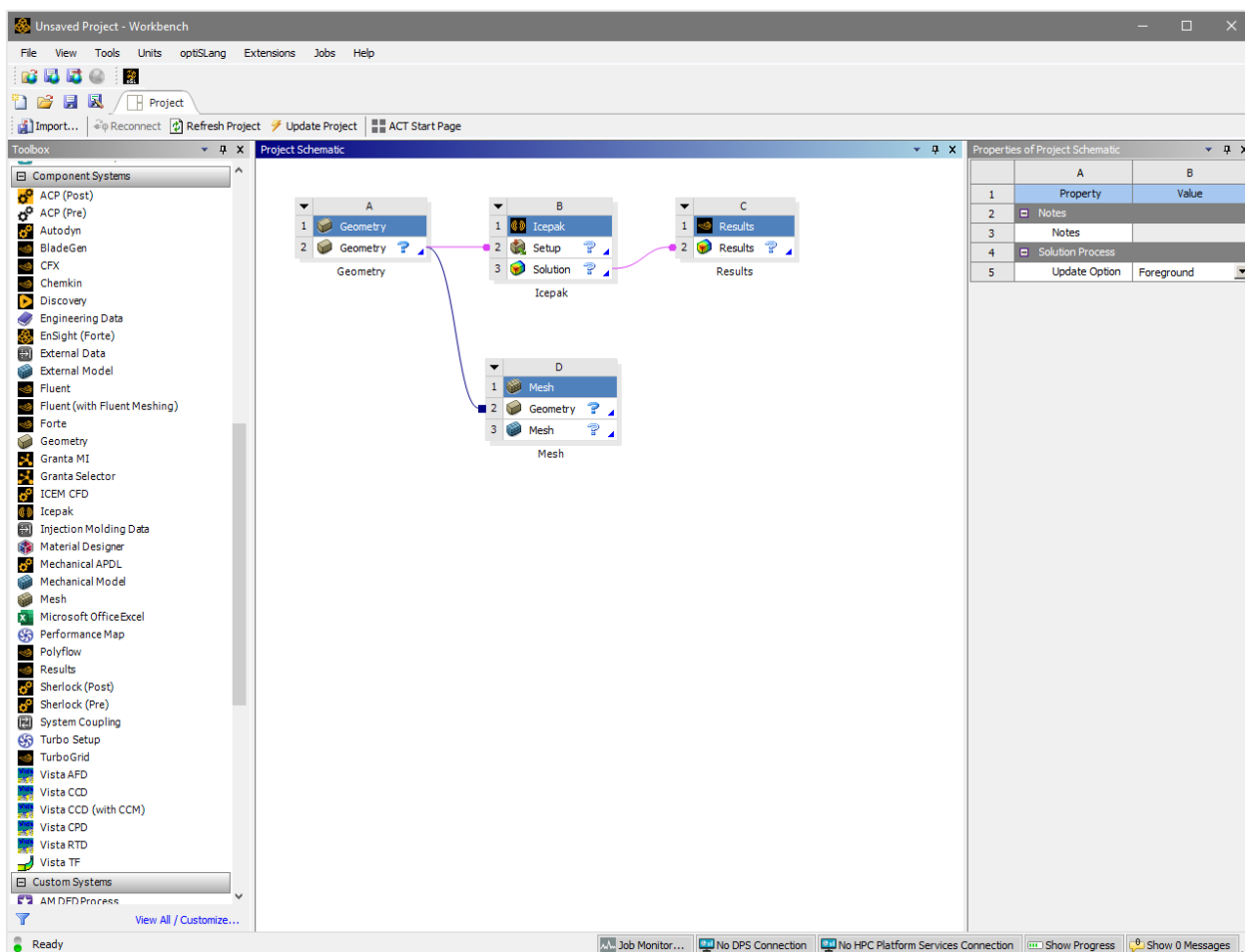


Рисунок 2 – Рабочий стол проекта в Workbench

3. Переходим в модуль Geometry и с помощью CAD-редактора SpaceClaim открываем ранее построенную модель печатной платы с установленными на ней компонентами.

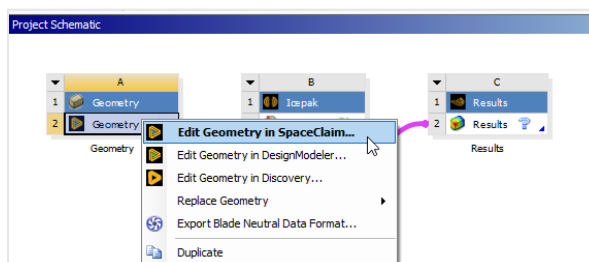


Рисунок 3 – Открытие редактора геометрии

4. Предварительно необходимо выполнить адаптацию модели под модуль Исерак. Для этого во вкладке Workbench открываем инструмент Ispack Simplify, выбираем «тип упрощения 1» и при помощи мыши выделяем всю геометрию. Сохраняем и закрываем редактор.

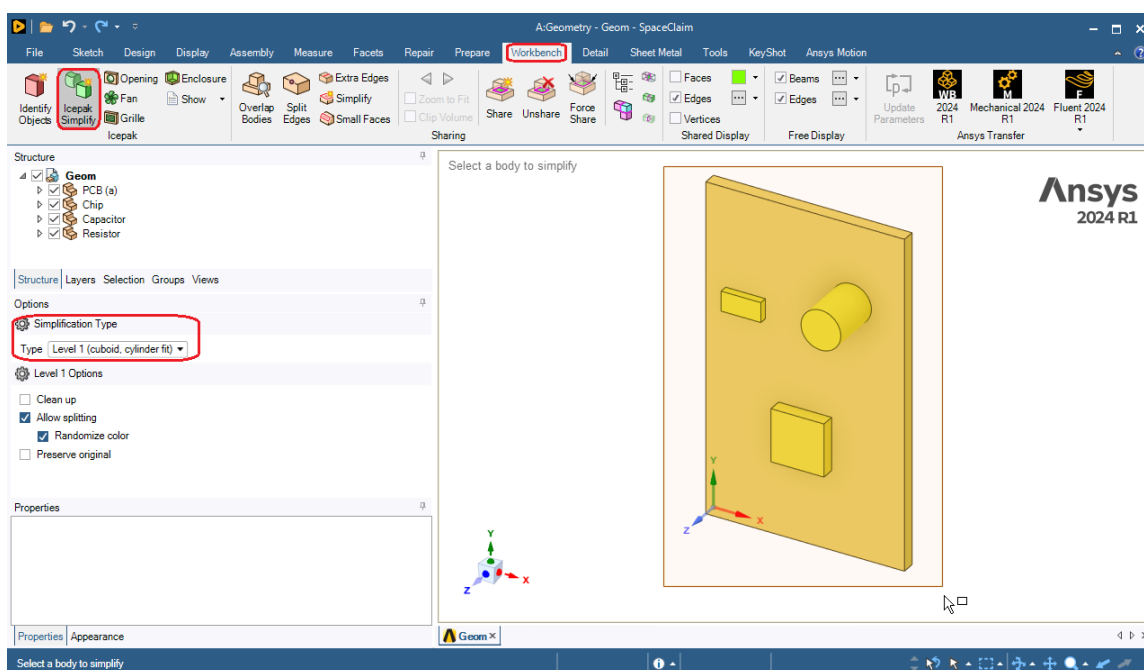


Рисунок 4 – Адаптация геометрии в SpaceClaim

После этого дерево проекта будет выглядеть следующим образом. Галочка указывает на то, что 3D-модель подгружена и не содержит ошибок.

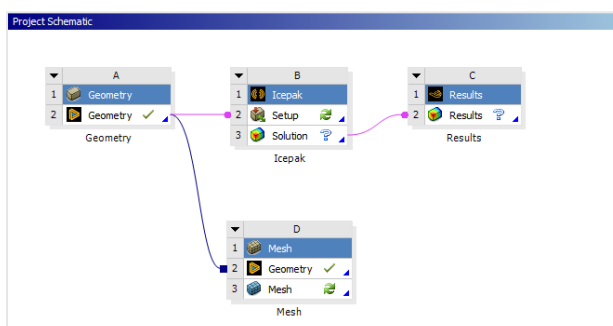


Рисунок 5 – Дерево проекта с импортированной геометрией в Workbench

5. Открываем модуль Icepak с помощью кнопки «Setup» блока Icepak на рабочем столе проекта в Workbench. Здесь и далее работаем в программе Icepak.

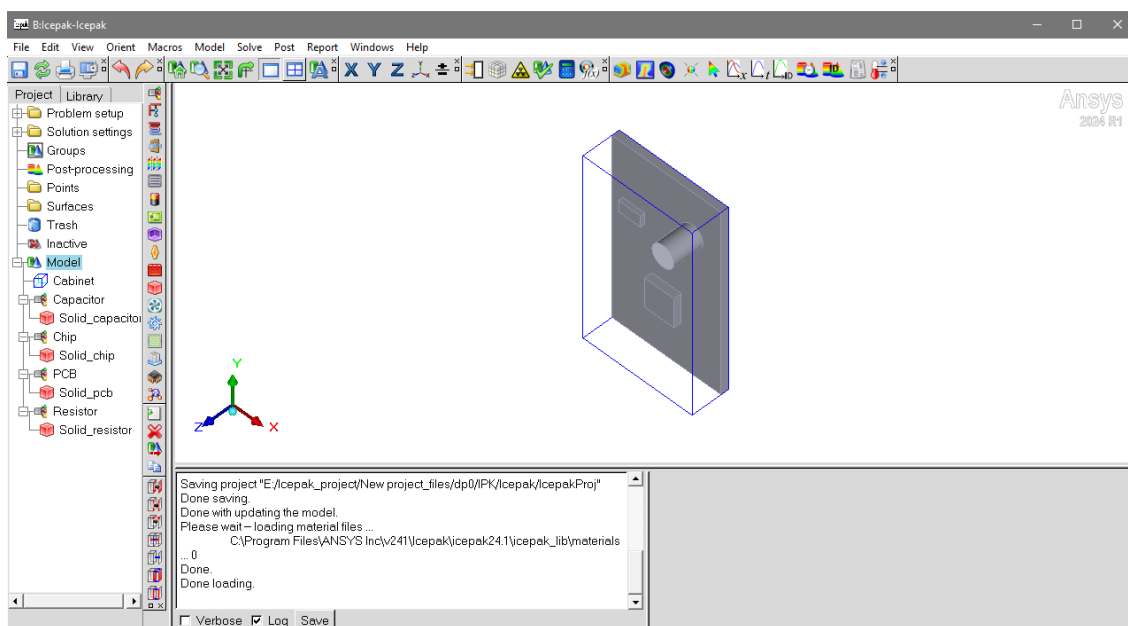


Рисунок 6 – Рабочее пространство модуля Icepak

6. Уточняем параметры пространства вокруг модели с помощью инструмента «Cabinet». Данный инструмент позволяет задать размеры границ расчётной области, в которой, непосредственно, находится анализируемая модель (по умолчанию размер кабинета устанавливается по максимальным габаритам модели), а также тип каждой из стенок данного кабинета (адиабатическая или открытая). К примеру, адиабатические стенки указываются в том случае, когда необходимо проанализировать степень перегрева внутри замкнутого пространства какого-либо модуля.

В нашем случае плата исследуется в условиях свободной конвекции в открытом пространстве.

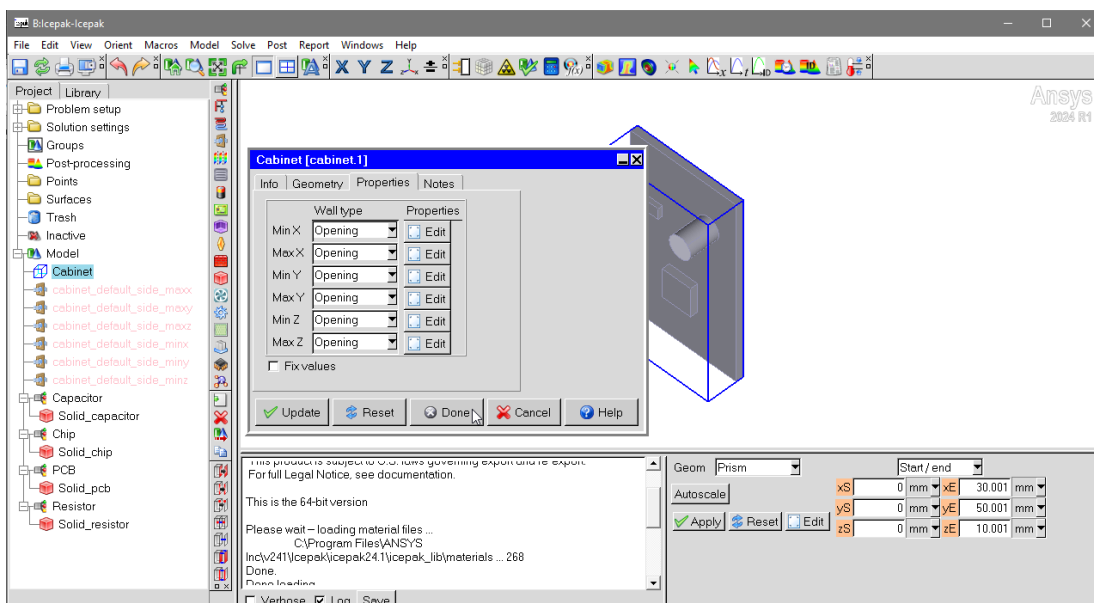


Рисунок 7 – Настройка «кабинета»

7. Переходим к инициализации проекта.

Зададим основные параметры расчёта с помощью диалогового окна Basic parameters во вкладке General setup:

- рассчитываем поток и температуру;
- излучение учитываем;
- указываем модель дискретных ординат;
- течение – по умолчанию турбулентное;
- сила тяжести направлена вдоль оси Z.

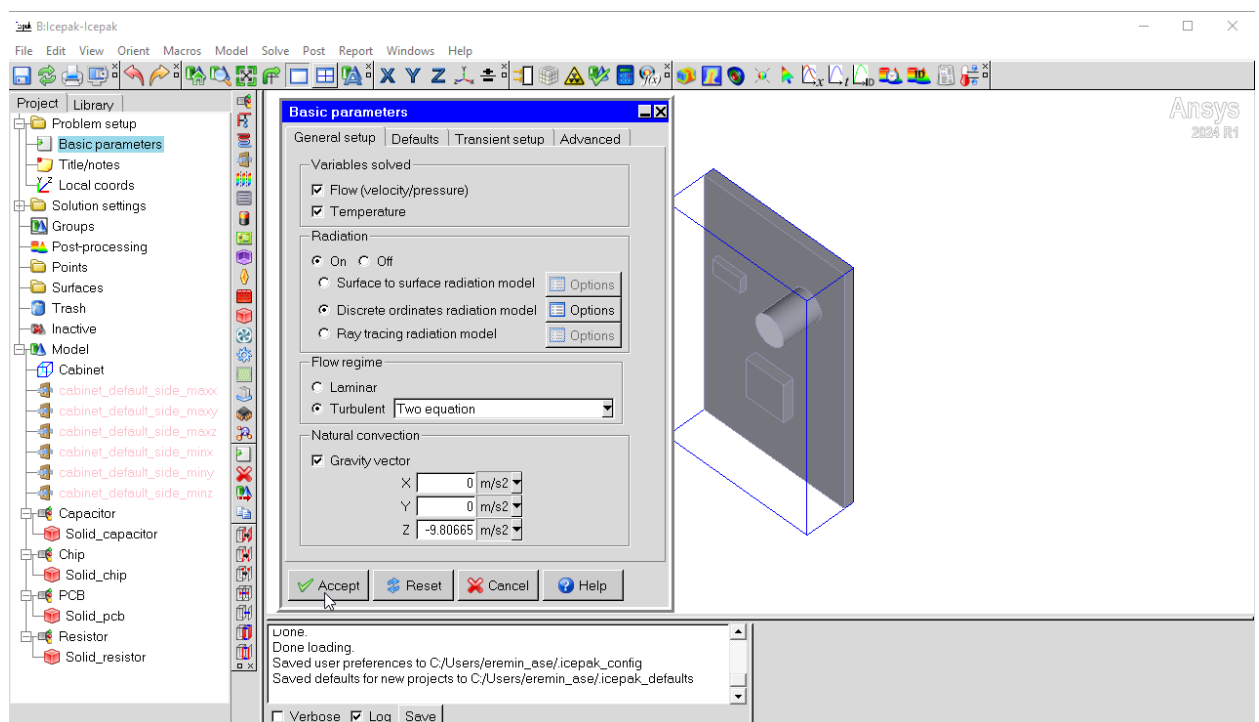


Рисунок 8 – Параметры расчёта

Затем переходим во вкладку Defaults – параметры материалов по умолчанию:

- температуру окружающей среды примем как нормальные климатические условия – 20 °C;
- давление – атмосферное (размер отклонения от атмосферного равен 0);
- окружающая среда – воздух;
- материал твёрдых тел по умолчанию зададим FR-4 (далее этот материал будет использоваться как материал печатной платы);
- материал покрытия оставляем по умолчанию – на данном этапе он нам не понадобится.

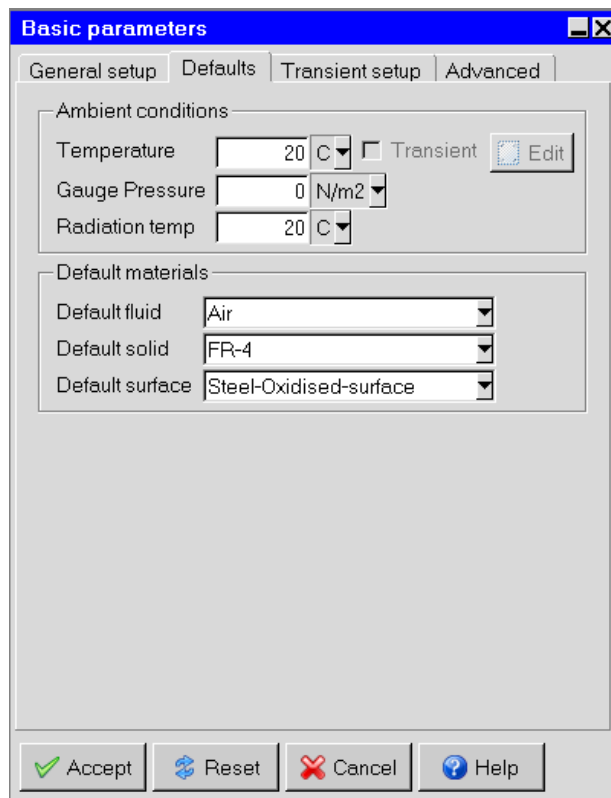


Рисунок 9 – Параметры материалов по умолчанию

Открываем соседнюю вкладку Transient setup (переходные настройки) – убеждаемся, что режим задачи установлен «стационарная».

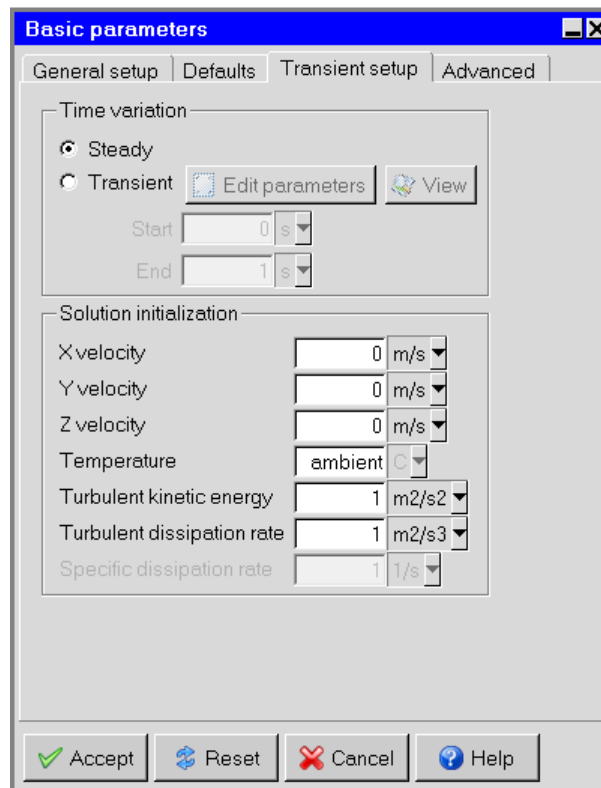


Рисунок 10 – Тип задачи

Закрываем параметры и сохраняем проект.

8. Теперь, когда материалы по умолчанию заданы, необходимо установить материалы для электронных компонентов, находящихся на печатной плате. Примем условный материал – керамика. Для создания нового материала воспользуемся ярлыком на боковой панели. Новый материал появится в дереве проекта, после чего нажимаем Edit, чтобы приступить к его редактированию.

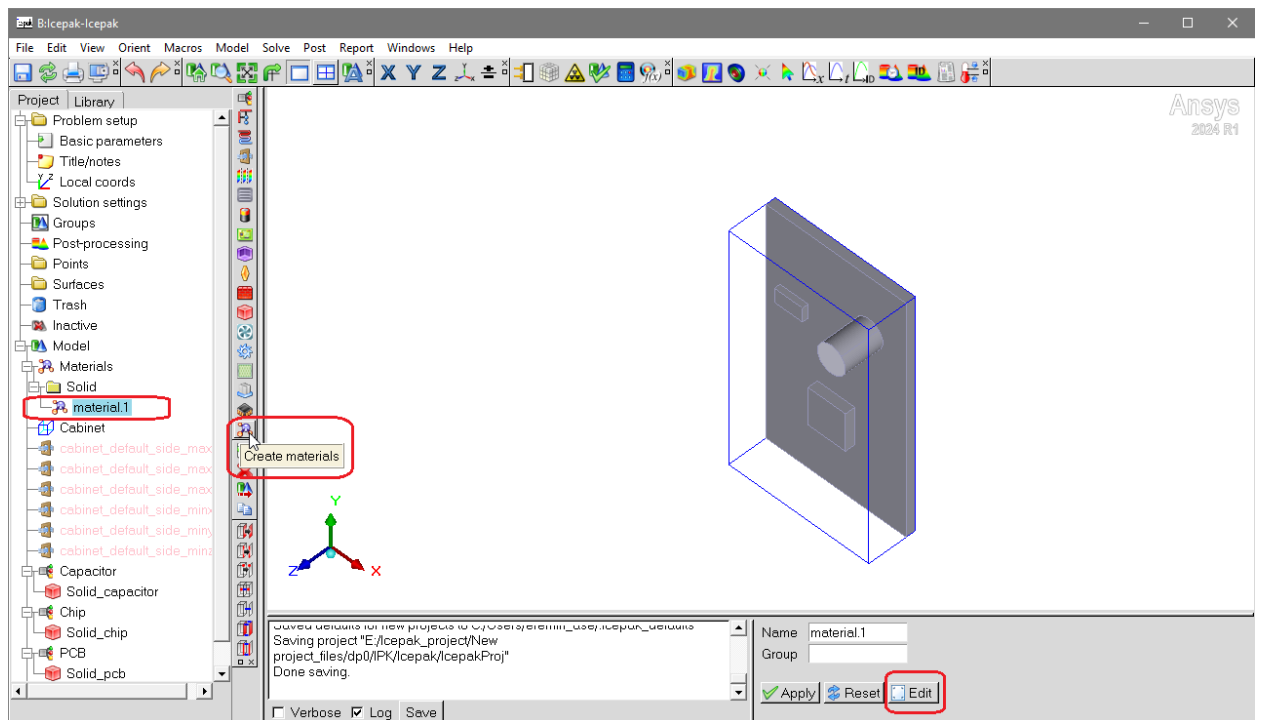


Рисунок 11 – Создание нового материала

На вкладке Info указываем имя материала. Вкладка Properties позволяет установить тип материала (твёрдое тело, покрытие или жидкость/газ), плотность материала – 3970 kg/m^3 , теплопроводность – 15 W/m-C .

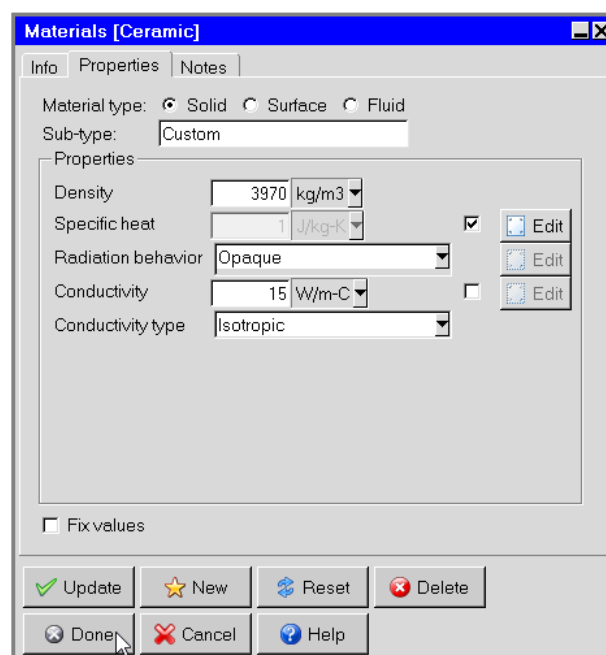


Рисунок 12 – Параметры нового материала

9. Для того, чтобы присвоить деталям необходимый материал выбираем их мышью в дереве проекта через клавишу Ctrl и нажимаем Edit. В появившемся диалоговом окне во вкладке Properties в графе Solid material (материал тела) из выпадающего списка выбираем ранее созданный материал Ceramic.

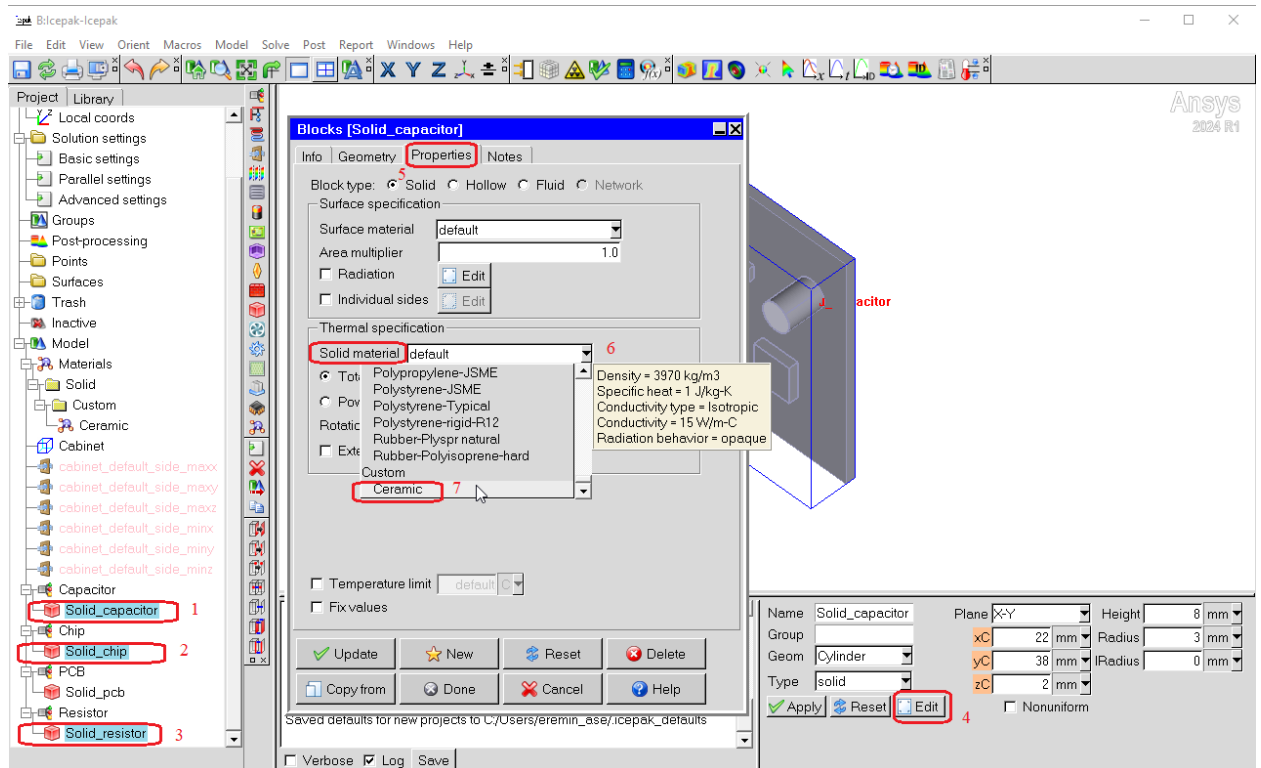


Рисунок 13 – Указание материала компонентов

10. Итак, материалы заданы: печатная плата – FR4 (по умолчанию); конденсатор, микросхема и резистор – керамика. Здесь же, в настройках модели мы можем указать мощность тепловыделения. Укажем для каждого 0,3 Вт и установим галочку «излучение».

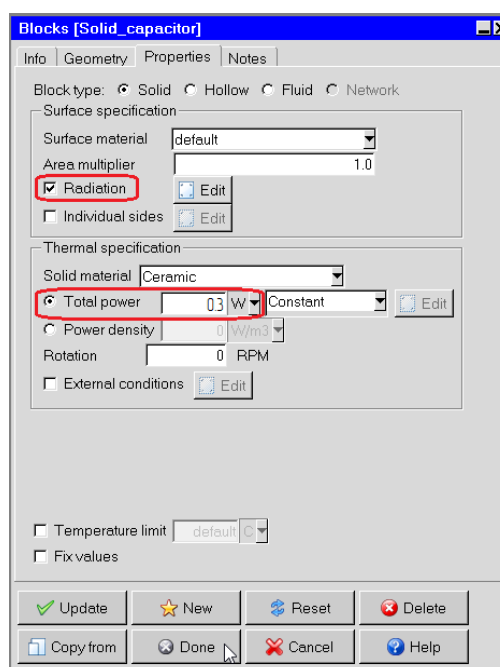


Рисунок 14 – Установка тепловой нагрузки компонентов

11. Переходим к созданию сетки. Воспользуемся кнопкой «Generate mesh» на горизонтальной панели инструментов. В появившемся диалоговом окне настраиваем единицы измерения по умолчанию – миллиметры. Указываем максимальные и минимальные значения величины ячеек сетки - 1 и 0,1 мм соответственно. На вкладке Global ставим галочку, указывающую на использование функции однородности сетки.

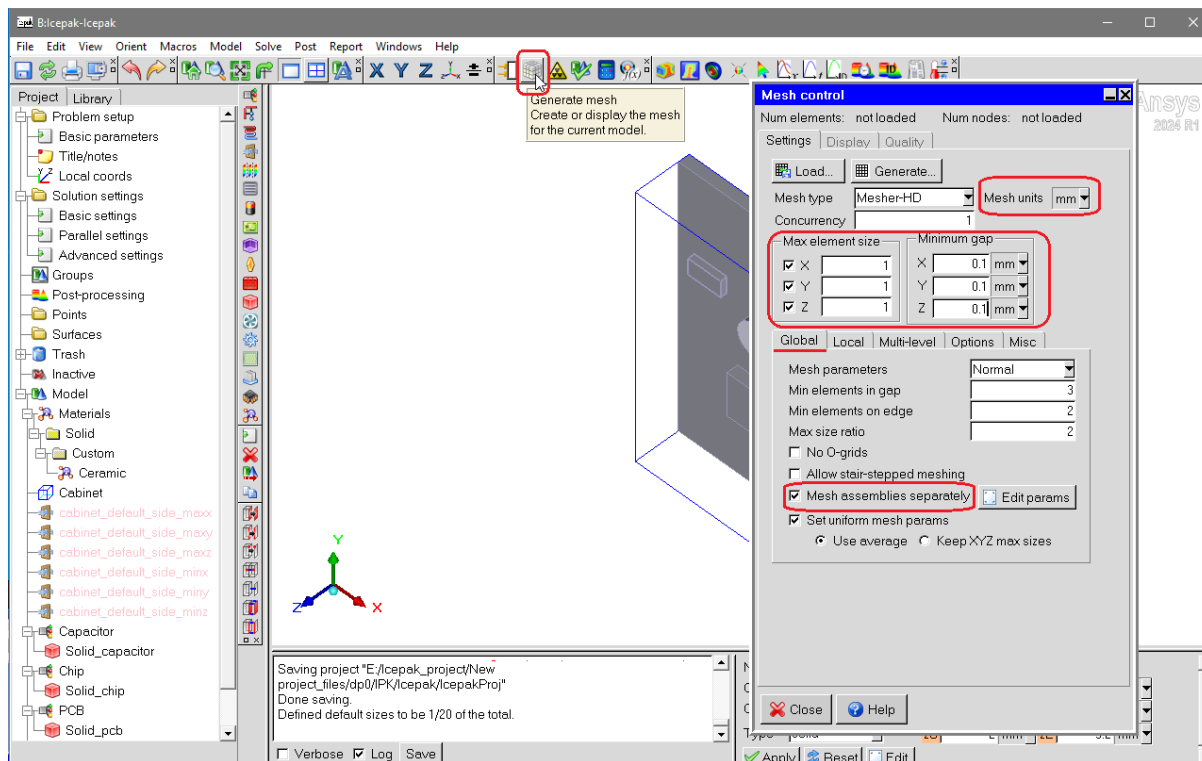


Рисунок 15 - Базовые настройки сетки. Вкладка Global

На вкладке Multi-level воспользуемся функцией многоуровневой сетки. Данная технология позволяет уточнять сетку до 2 уровня, то есть для того чтобы учесть все особенности кривизны геометрии – ячейки будут дробиться два раза максимум.

На вкладке Misc включаем опцию «принудительное 3D-разбиение ячеек». Остальные значения во всех вкладках оставляем по умолчанию. После чего нажимаем «Generate...»

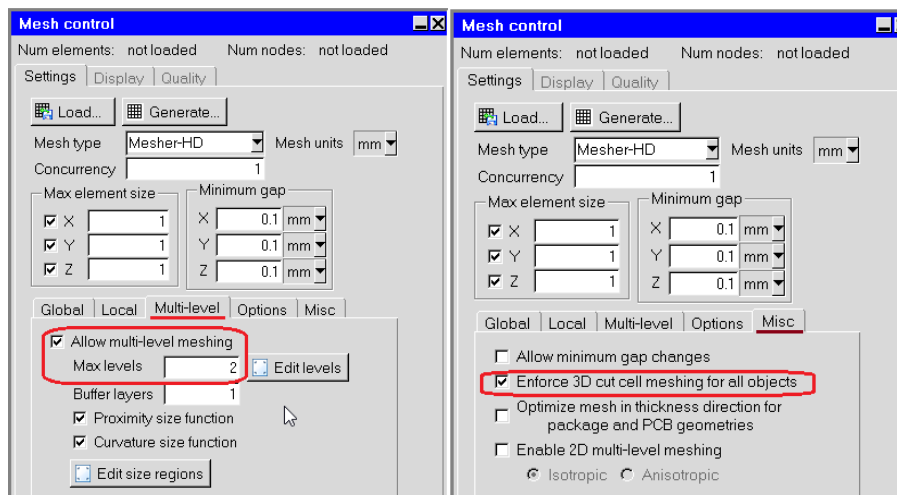


Рисунок 16 – Вкладки Multi-level и Misc

The screenshot displays the Ansys Icepak software interface. The 'View' menu is open, showing options like 'Location', 'Distance', 'Angle', 'Unit vector', 'Unit normal', 'Bounding box', 'Traces', 'Markers', 'Rubber bands', 'Edit tools', 'Default shading', 'Display', 'Visible', 'Hidden line', and 'Selected solid'. The 'Edit tools' menu is also open, showing 'Default shading' selected. The 'Mesh control' panel on the right shows 'Mesh type' set to 'Mesher-HD' and 'Mesh units' set to 'mm'. The 'Edit tools' menu is also visible, showing 'Default shading' selected. The 'Edit tools' menu is also visible, showing 'Default shading' selected.

Далее переходим во вкладку Display включаем функцию «показать сетку» и «на плоскости разреза» и двигая плоскость разреза наблюдаем картину построения сетки.

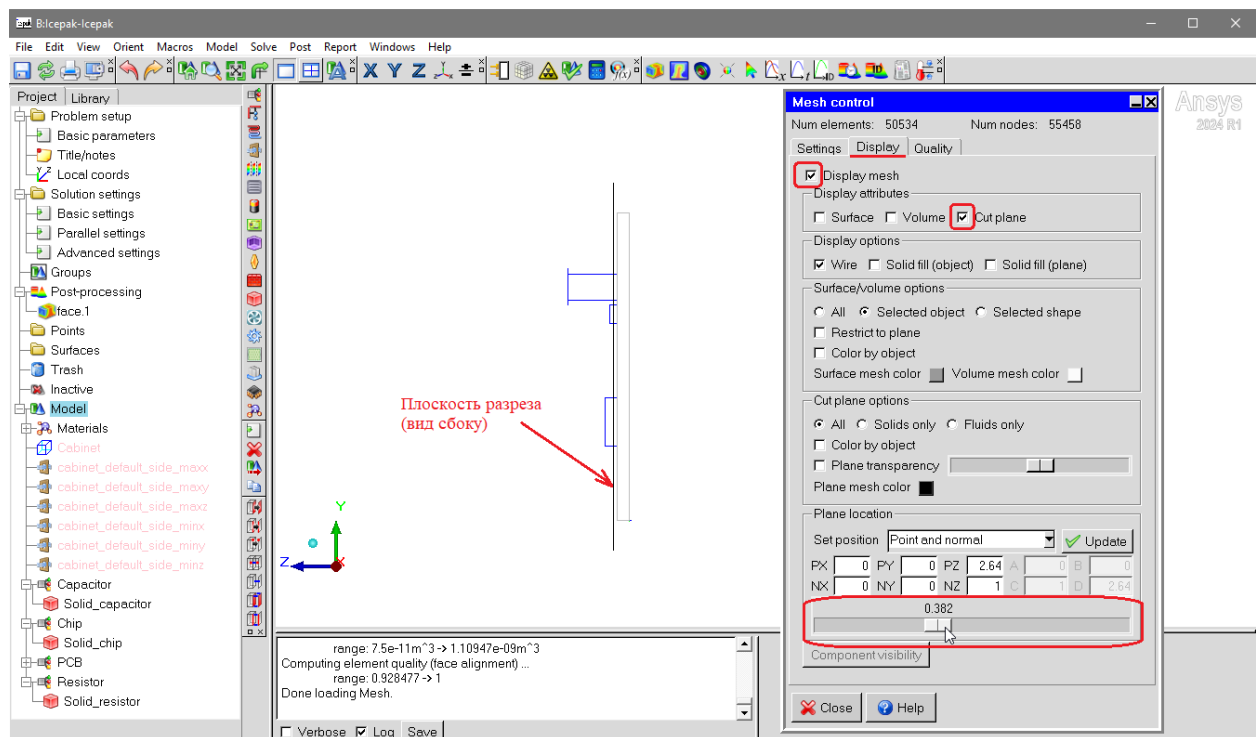


Рисунок 18 – Инструмент предпросмотра результатов построения сетки

Построенная сетка является недостаточной для получения адекватной картины распределения температуры по поверхности.

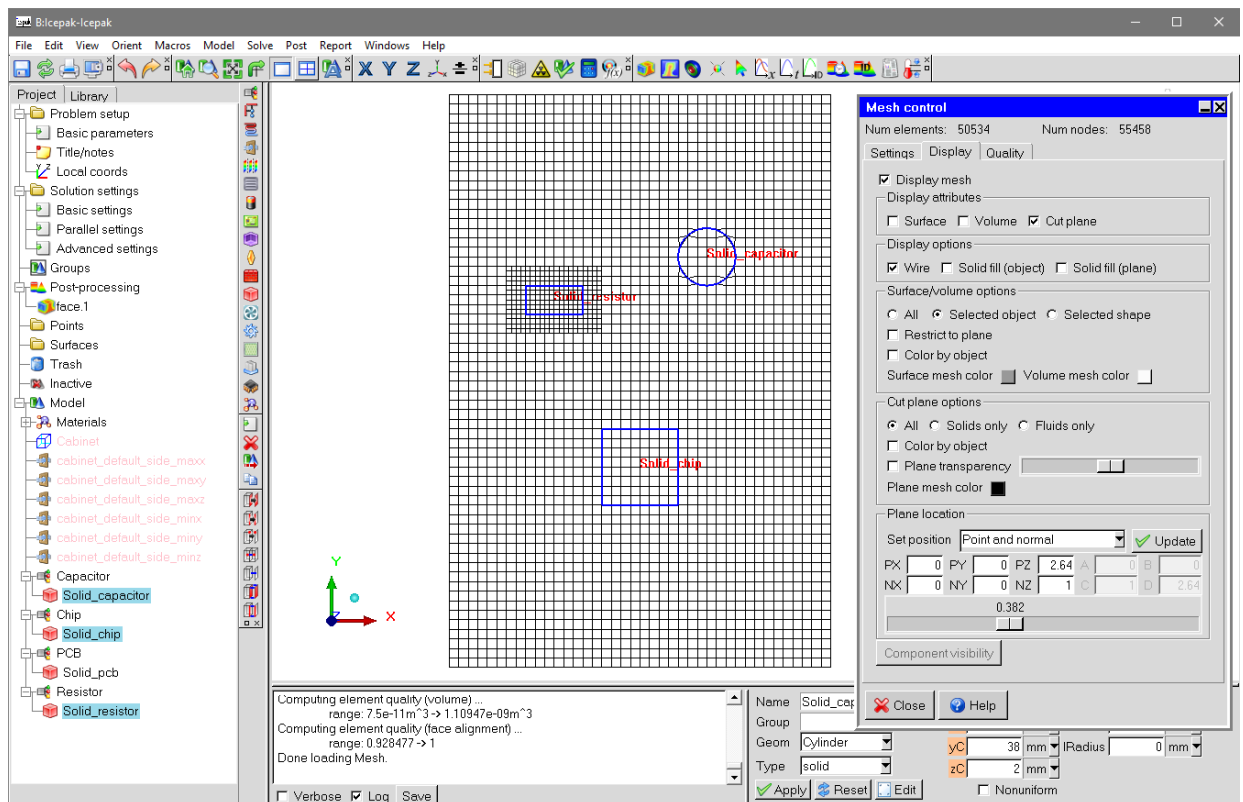


Рисунок 19 - Предпросмотр сетки

Необходимо уменьшить размер ячеек. Для этого немного уменьшим максимальный размер элементов сетки до 0,7 мм. Итоговое число элементов – 139000.

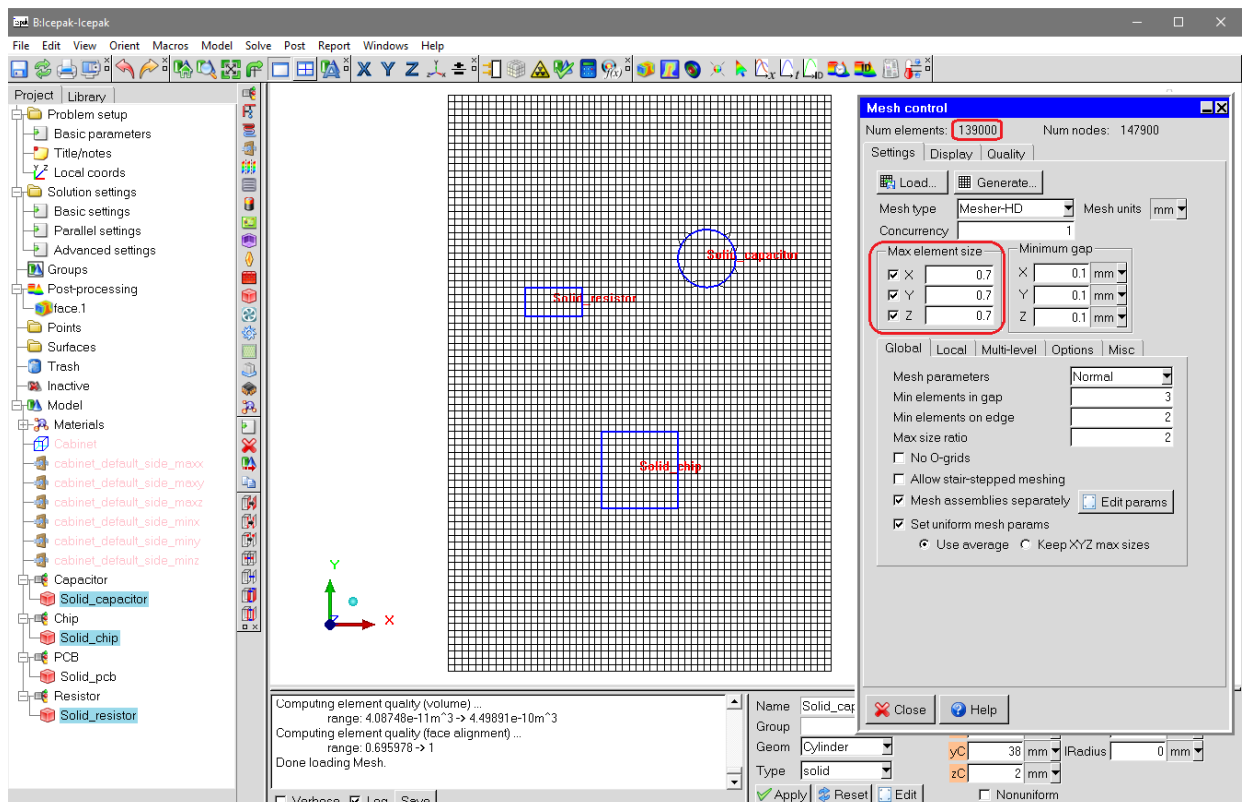


Рисунок 20 - Предпросмотр сетки (уменьшена)

12. Приступаем к настройкам расчёта. В целом, 100 итераций расчёта достаточно для выполнения относительно точной симуляции. Поэтому оставляем все настройки по умолчанию.

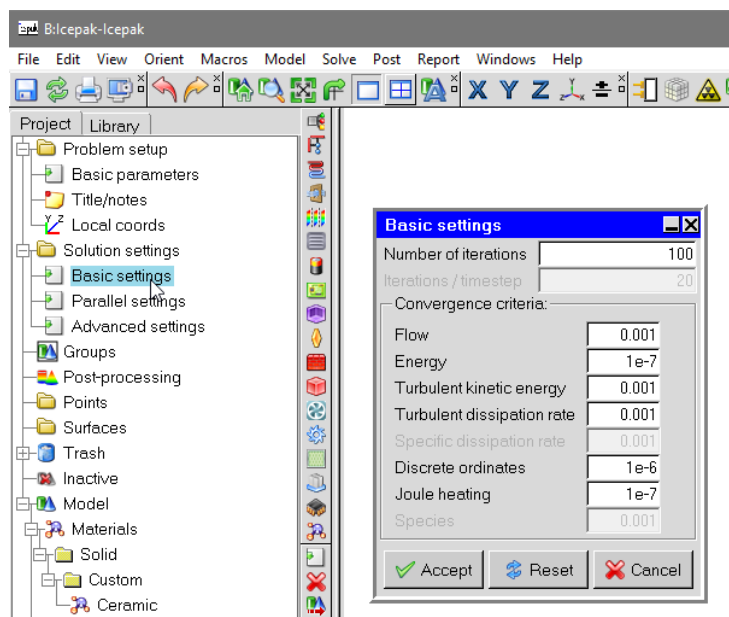


Рисунок 21 - Базовые настройки расчёта

13. Запуск расчёта выполняется с помощью кнопки соответствующей кнопки на горизонтальной панели инструментов. В появившемся диалоговом окне предоставляется возможность задать имя расчёта. Опции осталяем по умолчанию и запускаем расчёт нажав на кнопку Start solution.

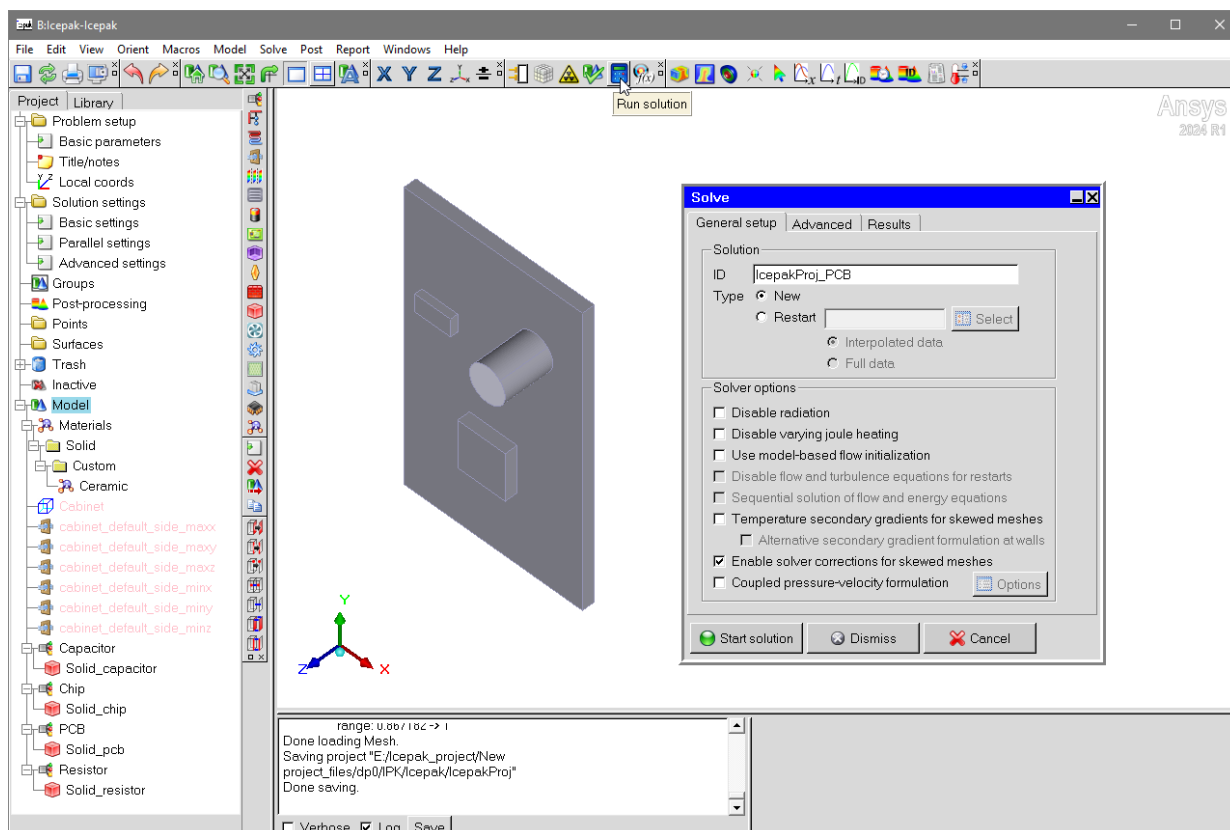


Рисунок 22 – Запуск расчёта

В процессе выполнения расчёта появляется окно учёта невязок в котором отображается аграфик зависимости итераций от результатов сходимости некоторых параметров. Если какой-либо параметр резко пойдёт вверх, то нам нужно будет повысить схему дискретизации или увеличить коэффициент недорелаксации. В нашем случае сходимость удовлетворительная.

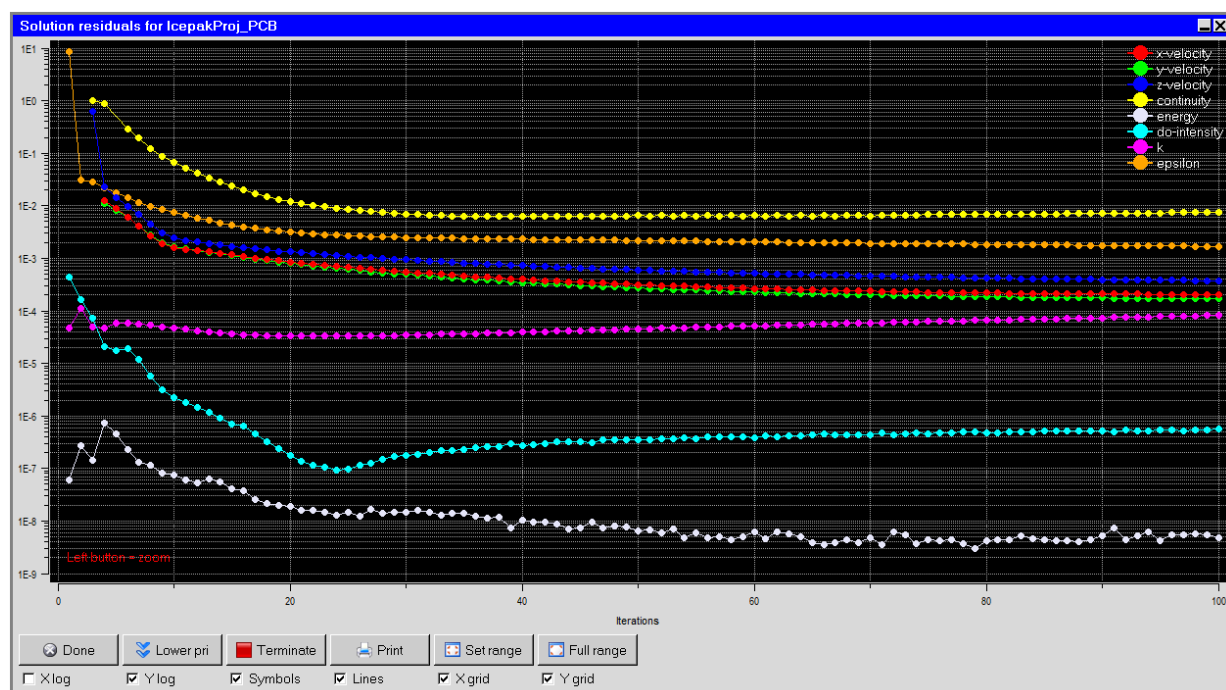


Рисунок 23 – График сходимости

14. Переходим к постобработке результатов расчёта. Распределение температуры на поверхности сборки можно построить с помощью соответствующей кнопки на горизонтальной панели инструментов «Object face». В появившемся диалоговом окне в строке «Объекты» следует в выпадающем списке выбрать через Ctrl необходимые модели, на поверхности которых будет построена картина распределения температуры.

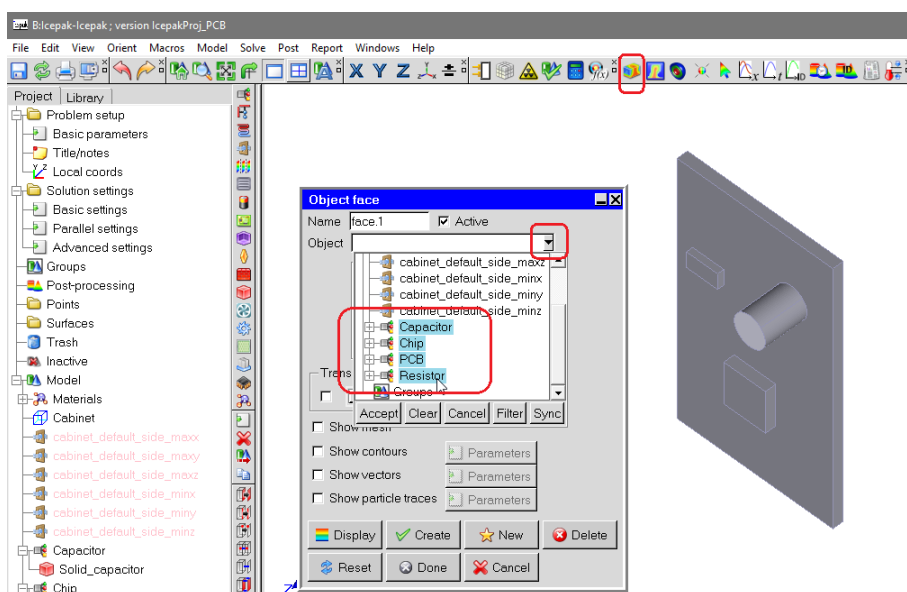


Рисунок 24 – Окно параметров картины распределения температуры

Далее необходимо в этом же окне выставить настройки отображения. Указываем отображение контуров и переходим в параметры. В появившемся окне выбираем: контуры – температуры, заполнение твёрдых тел, полосы без сглаживания, количество цветов – 255, построение цветов в зависимости от глобального расчёта температуры.

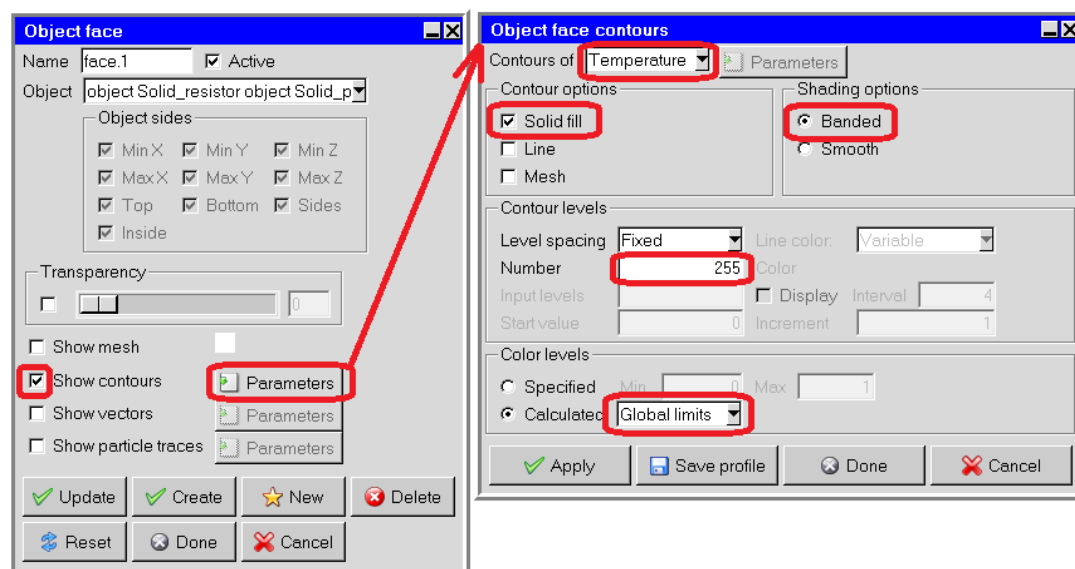


Рисунок 25 – Установка параметров отображения

Сохранив все данные и закрыв окна настроек, на экране отображается картина распределения температур на поверхности сборки.

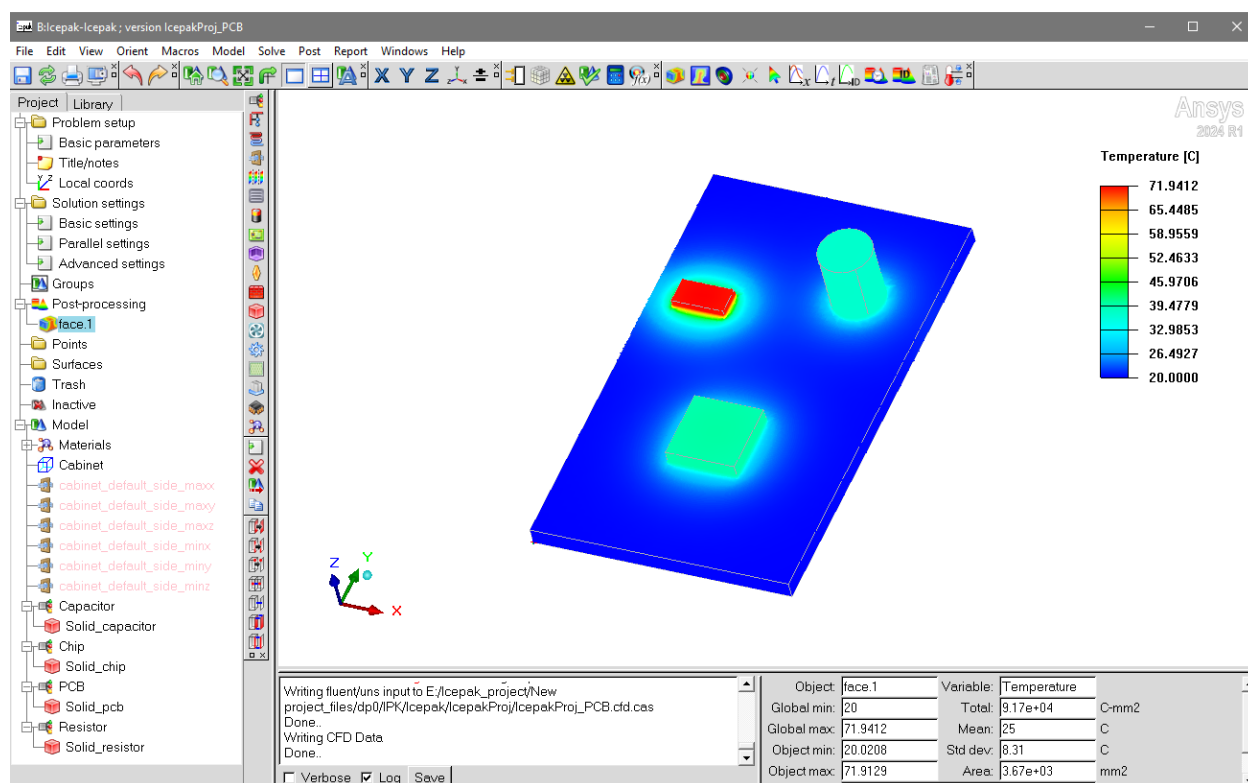


Рисунок 26 - Результат расчёта

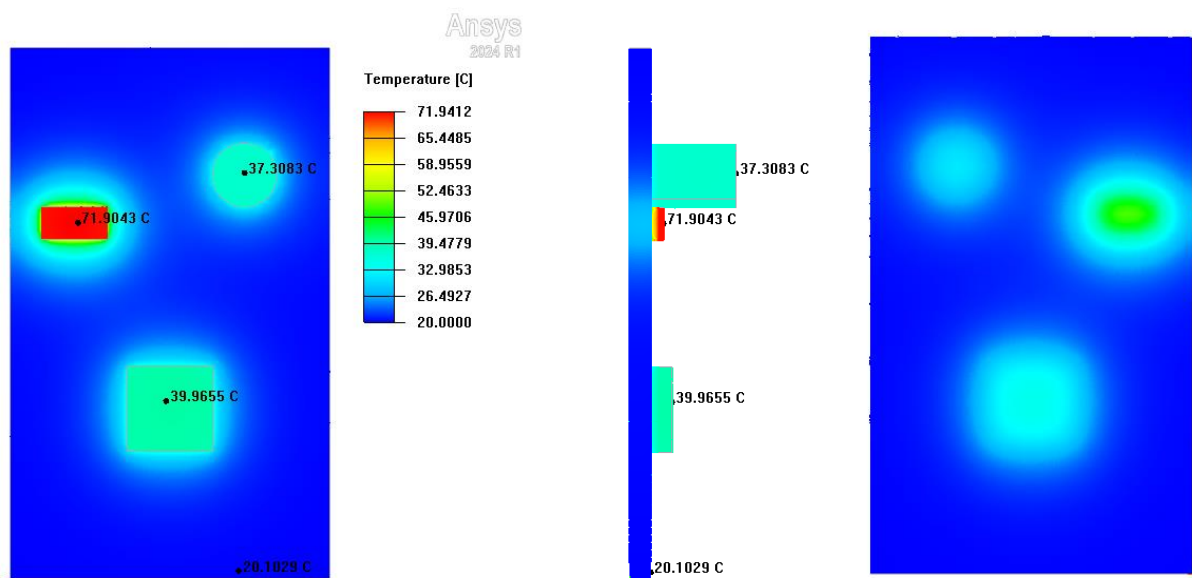


Рисунок 27 – Результаты расчёта с маркерами значений температур на деталях

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были получены навыки построения симуляции тепловых процессов, протекающих в модели условной печатной платы с установленными на неё элементами в САПР Ansys с помощью программ Workbench и Iserack. В результате была получена картина распределения температур на поверхности сборки. Максимальная температура в сборке составляет 71,94 °С. Наиболее тепловыделяющим элементом является резистор - что логично, так как при равных значениях мощности тепловыделения среди других компонентов, он имеет минимальную площадь тепловыделения (габаритные размеры - 3 x 6 x 1,2 мм).