

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**  
**по дисциплине**  
**«МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»**

**Тема: Моделирование механических процессов**

## Практическая часть

1. Для выполнения симуляции механических процессов, в частности для получения картины деформации и выявления узлов напряжения в сборке в зависимости от тепловой нагрузки на отдельные элементы, необходимо предварительно создать 3D-модель сборки исследуемого изделия (печатной платы с установленными на неё электронными компонентами). Модель, представленная ниже построена с помощью программы SpaceClaim из состава пакета Ansys 2024.

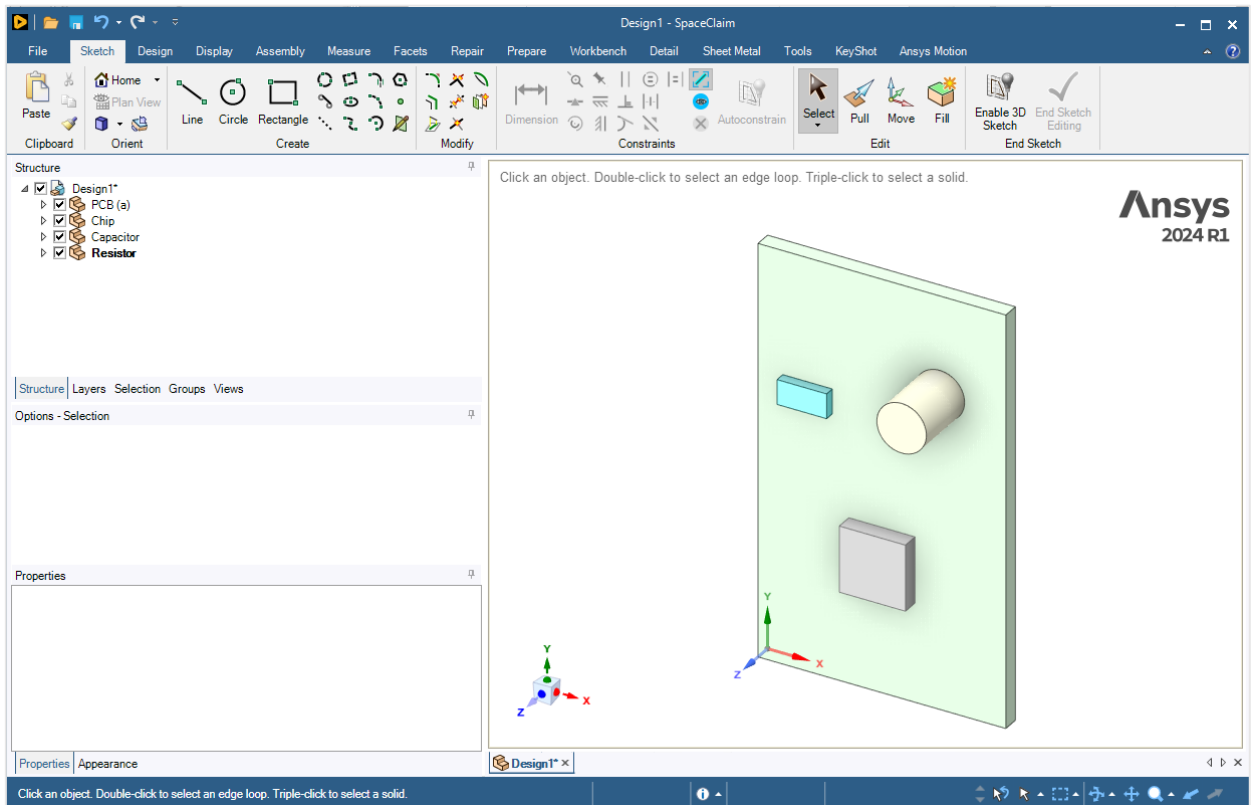


Рисунок 1 – Общий вид сборки предмета исследования в SpaceClaim

2. Затем выполняем симуляцию тепловых процессов с помощью программ Workbench и Iserask, задавая необходимые значения мощности тепловыделения в компонентах печатной платы:

- микросхема – 0,3 Вт;
- конденсатор – 0,3 Вт;
- резистор – 0,3 Вт.

В результате получаем полную картину распределения температур на поверхности сборки. Максимальная температура в сборке составляет 71,94 °С.

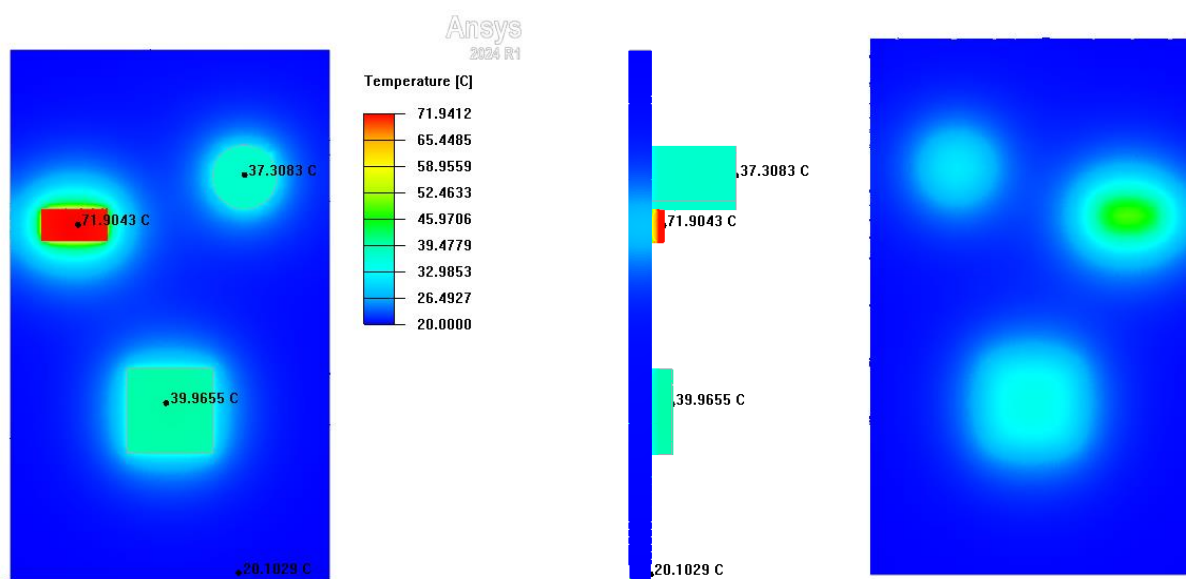


Рисунок 2 – Результаты расчёта с маркерами значений температур на деталях

3. После того, как моделирование тепловых процессов завершено необходимо в менеджере проекта Workbench подключить модуль расчёта механических процессов «Static Structural» и связать с ним геометрию сборки и результаты предыдущего исследования с входными параметрами Setup.

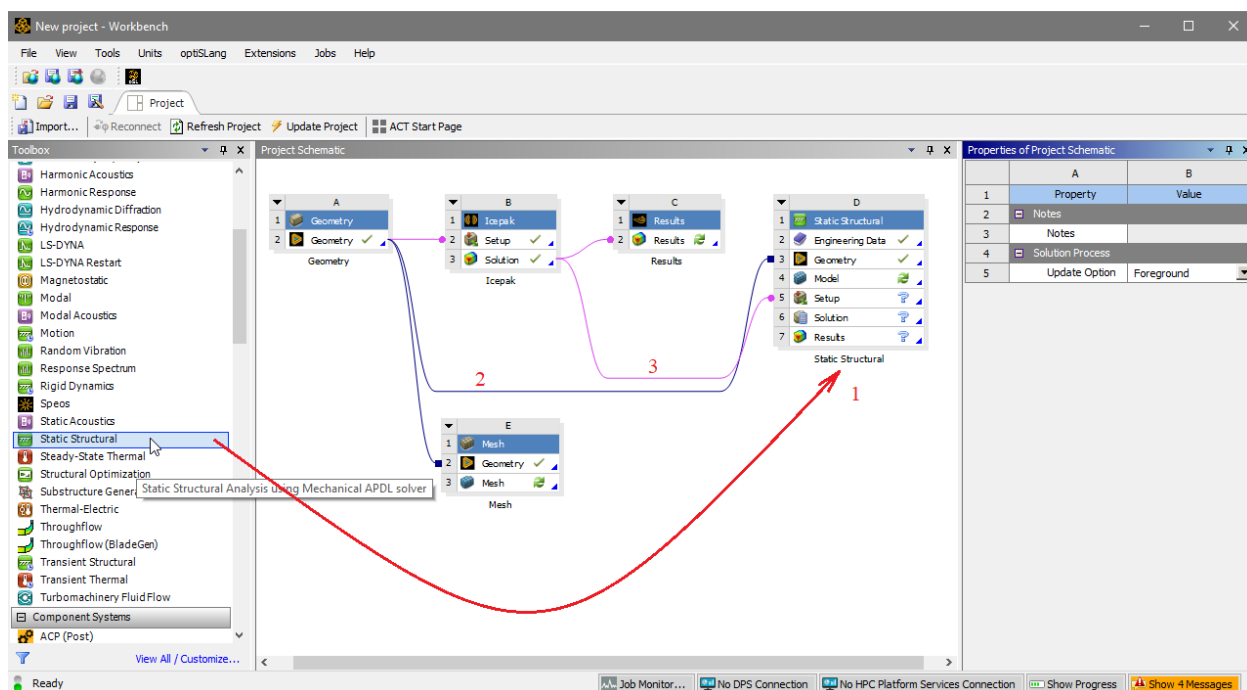


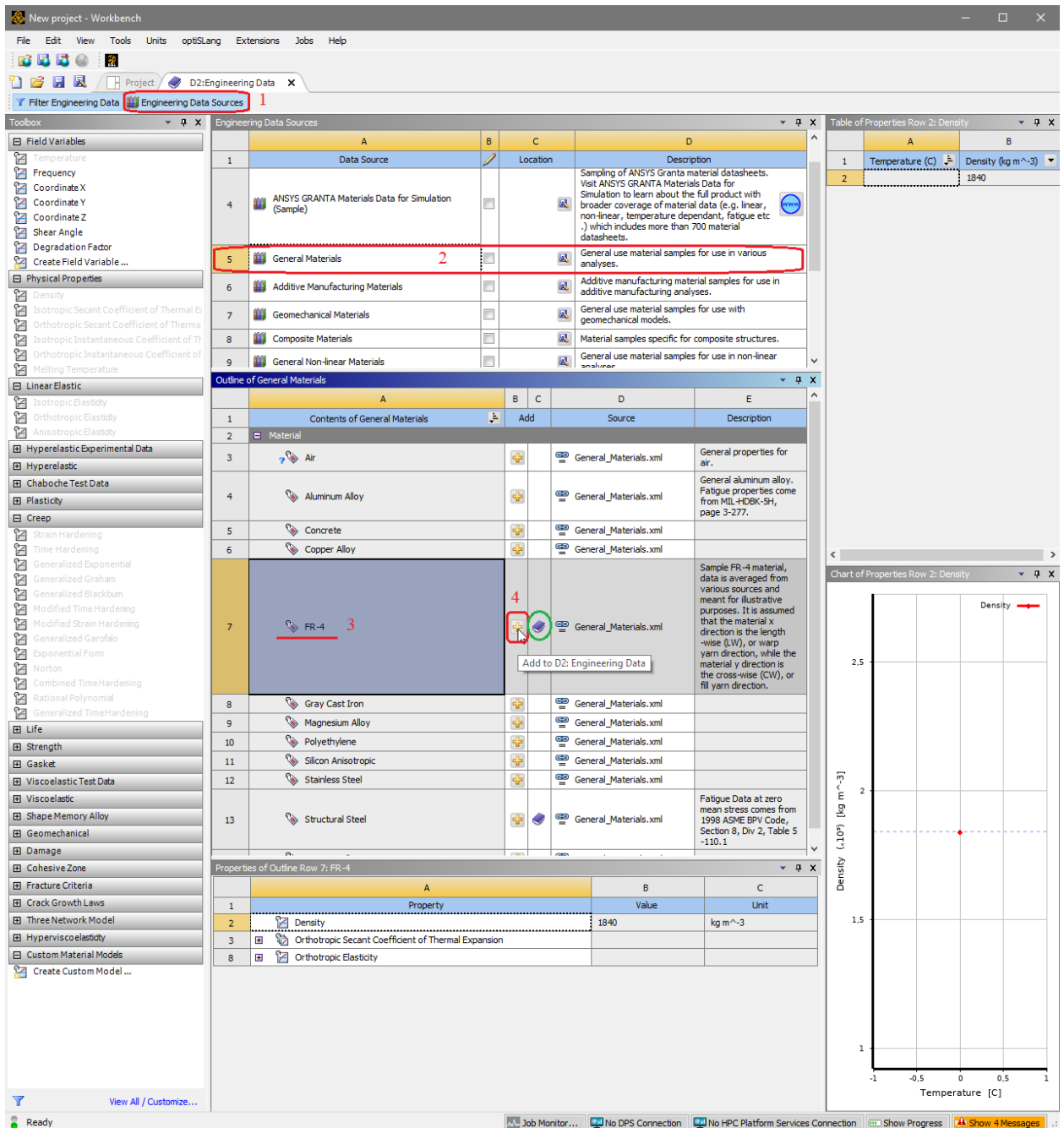


Рисунок 3 – Подключение модуля в Workbench

4. Следующим шагом нужно выполнить актуализацию материалов сборки во вновь подключенном модуле, так как Static Structural не имеет встроенной библиотеки материалов. Прежде всего, из библиотеки добавляем в проект необходимые материалы – FR-4 и керамику. Открываем библиотеку – кнопка Engineering Data. В появившемся окне переходим на вкладку Engineering Data Sources. Затем открываем базу данных General Materials и в окне ниже выбираем необходимый материал. Для того, чтобы перенести его в проект – нажимаем на . Справа от кнопки появится символ , подтверждающий запись данного материала в проект.



The screenshot shows the ANSYS Workbench interface with the Engineering Data Sources window open. The window is divided into several panes:

- Left Pane:** A tree view of material properties. The 'Physical Properties' section is expanded, showing 'Density' selected.
- Center Pane:** A table of material sources. The 'General Materials' row is highlighted with a red box and labeled '2'. The 'FR-4' material is highlighted with a red box and labeled '3'. A red box labeled '4' highlights the 'Add to D2: Engineering Data' button next to the FR-4 material.
- Right Pane:** A table of properties for the selected material (FR-4). The 'Density' property is highlighted with a red box and labeled '1'. The value '1840' is shown in the 'Value' column.
- Bottom Right:** A chart showing 'Density' vs 'Temperature' for the selected material. The density is constant at 1840 kg m<sup>-3</sup> across the temperature range.

| 1 | A   | B        | C | D  |
|---|---|----------|---|--|
| 1 | Data Source   | Location |   | Description  |
| 4 | ANSYS GRANTA Materials Data for Simulation (Sample) |          |   | Sampling of ANSYS Granta material datasheets. Visit ANSYS GRANTA Materials Data for Simulation to learn about the full product with broader coverage of material data (e.g. linear, non-linear, temperature dependent, fatigue etc.) which includes more than 700 material datasheets. |
| 5 | General Materials                                   |          |   | General use material samples for use in various analyses.  |
| 6 | Additive Manufacturing Materials                    |          |   | Additive manufacturing material samples for use in additive manufacturing analyses.  |
| 7 | Geomechanical Materials                             |          |   | General use material samples for use with geomechanical models.  |
| 8 | Composite Materials                                 |          |   | Material samples specific for composite structures.  |
| 9 | General Non-linear Materials                        |          |   | General use material samples for use in non-linear analyses.   |

| 1  | A                             | B   | C                     | D  | E |
|----|-------------------------------|-----|-----------------------|--|---|
| 1  | Contents of General Materials | Add | Source                | Description  |   |
| 2  | Material                      |     |                       |  |   |
| 3  | Air                           |     | General_Materials.xml | General properties for air.  |   |
| 4  | Aluminum Alloy                |     | General_Materials.xml | General aluminum alloy. Fatigue properties come from MIL-HDBK-5H, page 3-277.  |   |
| 5  | Concrete                      |     | General_Materials.xml |  |   |
| 6  | Copper Alloy                  |     | General_Materials.xml |  |   |
| 7  | FR-4                          |     | General_Materials.xml | Sample FR-4 material, data is averaged from various sources and meant for illustrative purposes. It is assumed that the material x direction is the length-wise (LW), or warp yarn direction, while the material y direction is the cross-wise (CW), or fill yarn direction. |   |
| 8  | Gray Cast Iron                |     | General_Materials.xml |  |   |
| 9  | Magnesium Alloy               |     | General_Materials.xml |  |   |
| 10 | Polyethylene                  |     | General_Materials.xml |  |   |
| 11 | Silicon Anisotropic           |     | General_Materials.xml |  |   |
| 12 | Stainless Steel               |     | General_Materials.xml |  |   |
| 13 | Structural Steel              |     | General_Materials.xml | Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1   |   |

| 1 | A   | B     | C                  |
|---|---|-------|--------------------|
| 1 | Property  | Value | Unit               |
| 2 | Density   | 1840  | kg m <sup>-3</sup> |
| 3 | Orthotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion |       |                    |
| 8 | Orthotropic Elasticity                              |       |                    |

Рисунок 4 – Добавление материалов из библиотеки в проект

Далее необходимо подключить выбранные материалы к деталям сборки. Для этого переходим по кнопке Model в блоке Static Structural в программу Ansys Mechanical.

В дереве проекта появились ранее добавленные из библиотеки материалы, с которыми теперь можно работать. Для того, чтобы присвоить какой-либо модели тот или иной материал – в разделе Геометрия в дереве выбираем деталь и в свойствах материала модели ниже выбираем необходимый из выпадающего списка.

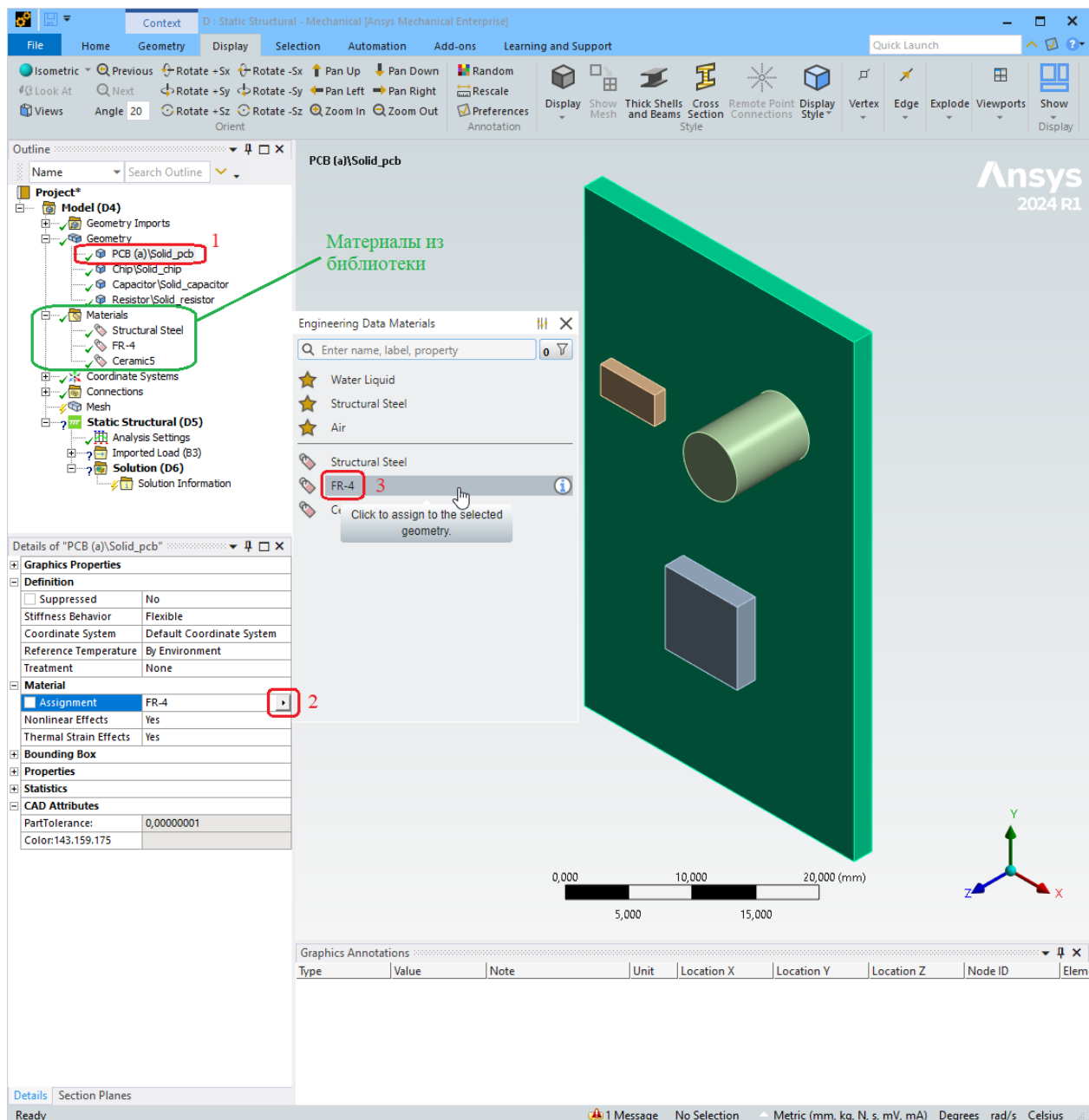


Рисунок 5 - Подключение материала к модели

Выполняем это для всех деталей сборки: печатная плата - FR-4, компоненты – керамика.

5. Выполняем построение сетки. Выбираем в дереве раздел Mesh и, в свойствах ниже, указываем в поле «Размер элемента» максимальный размер ячейки, который был задан в предыдущем расчёте тепловых процессов (0,7 мм). Запускаем генерацию на вкладке Mesh верхней панели инструментов.

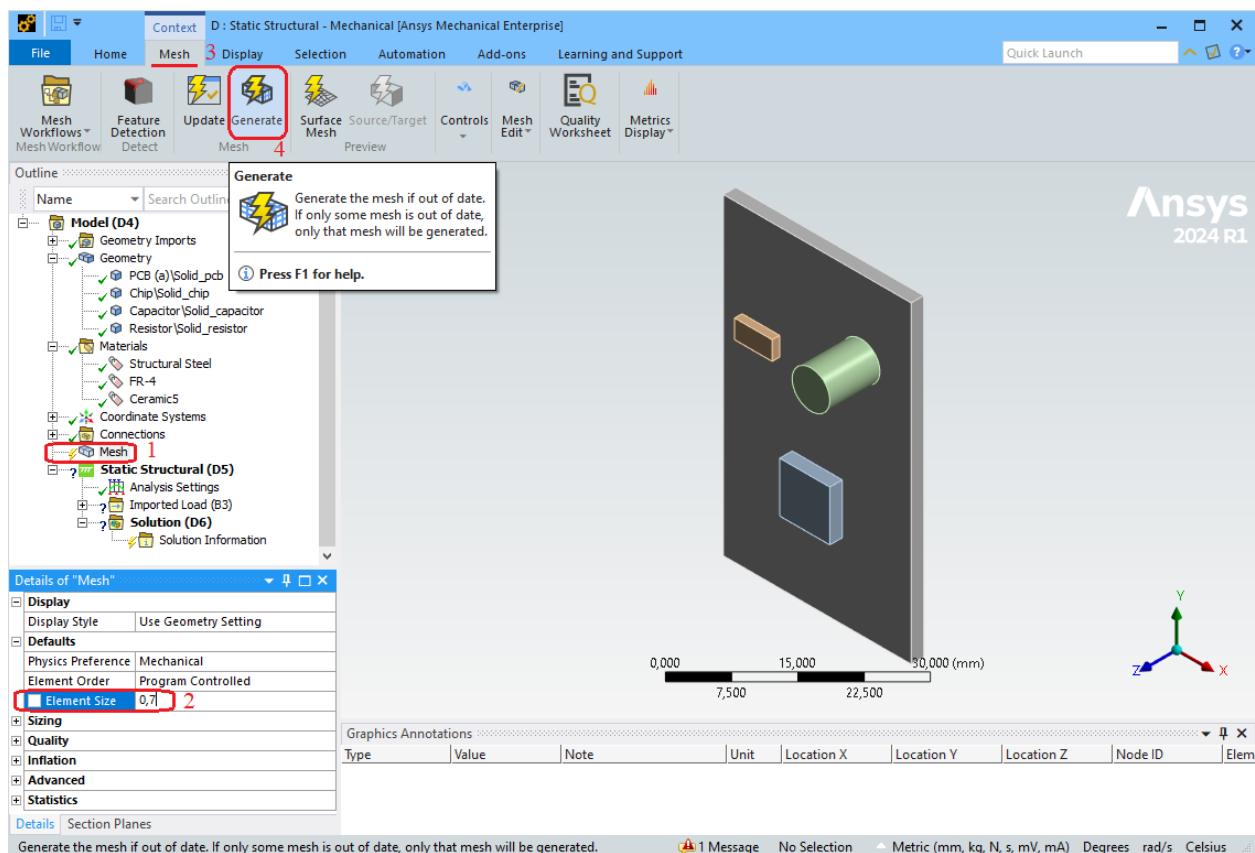


Рисунок 6 – Процедура построения сетки

Построенная сетка является достаточной для получения адекватной картины распределения механических процессов в сборке.

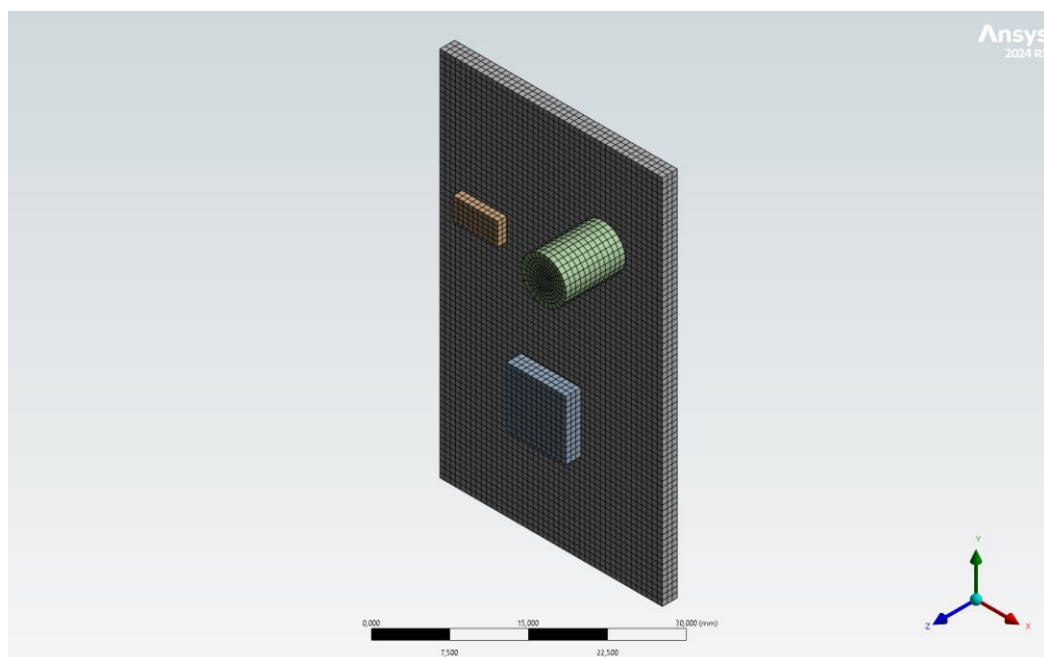


Рисунок 7 – Результат построения

6. Далее необходимо задать некоторые граничные условия: закрепим нижнюю грань сборки так, будто печатная плата лежит на поверхности и добавим вектор гравитации, действующий на сборку по оси z.

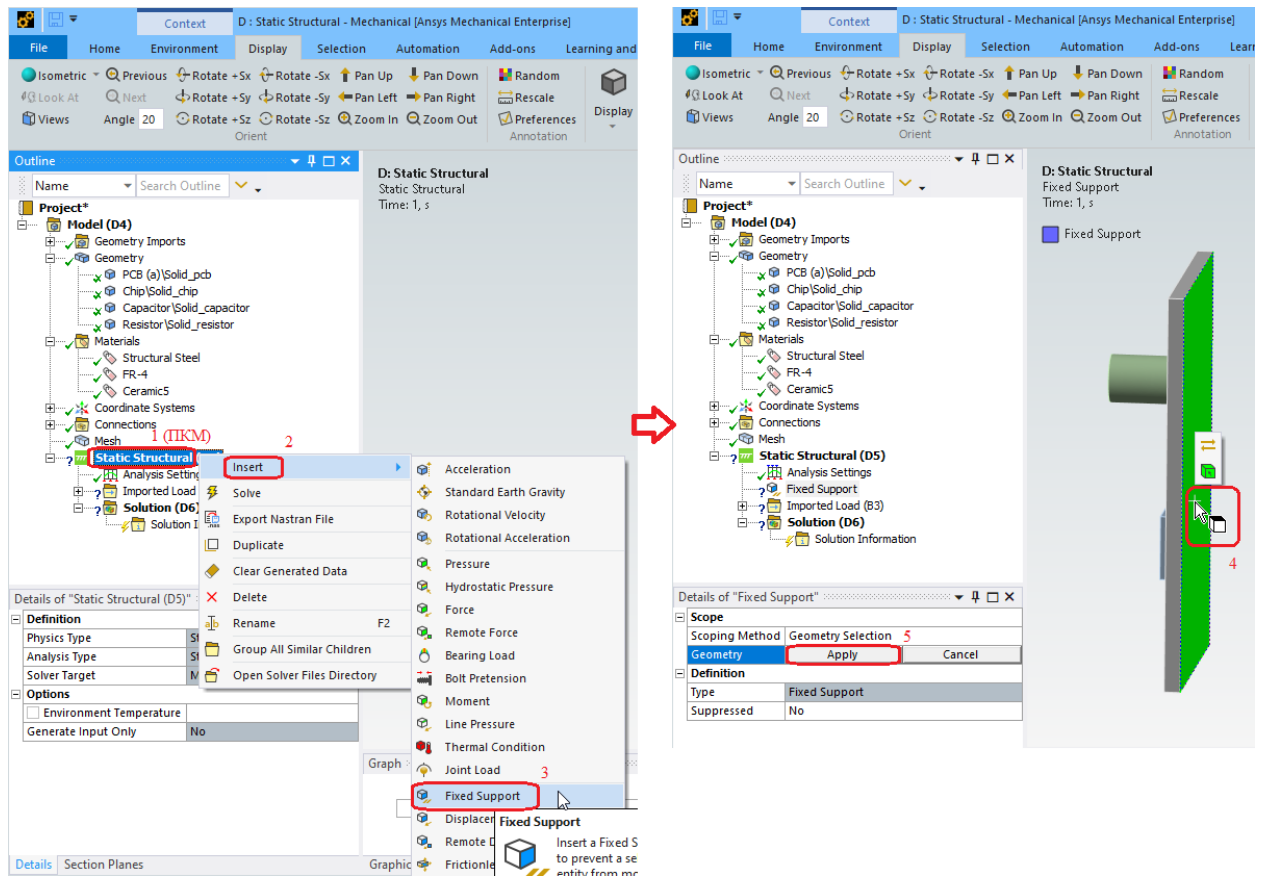


Рисунок 8 - Фиксация сборки

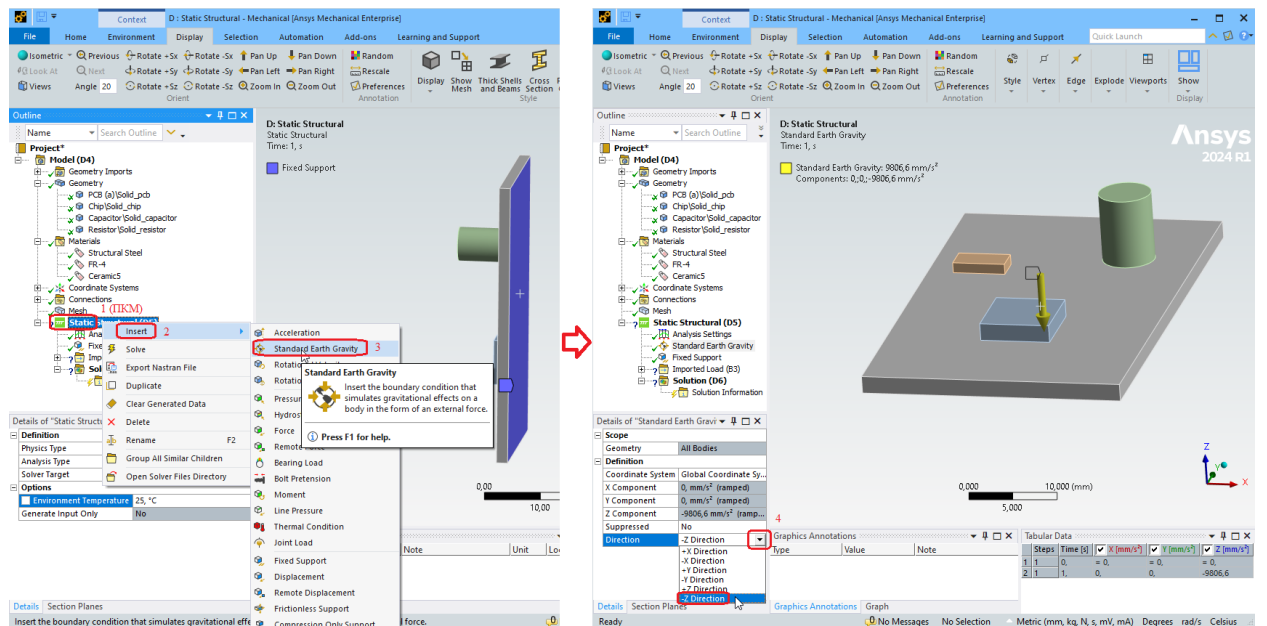


Рисунок 9 - Указание гравитации

[illegible]

**ANSYS**  
2024 R1

**Outline**

- Name
- Search Outline
- Geometry Imports
- Geometry
  - PCB (a) Solid\_pcb
    - Chip Solid\_chip
    - Capacitor Solid\_capacitor
    - Resistor Solid\_resistor
- Materials
  - Structural Steel
  - FR-4
  - Ceramic5
- Coordinate Systems
- Connections
- Mesh
- Static Structural (D5)**
  - Analysis Settings
  - Standard Earth Gravity
  - Fixed Support
  - Imported Load (B3)
    - Imported Body Temperature
- Solution (D6)**
  - Solution Information

**Details of "Imported Body Temperature"**

- Scope**
  - Scoping Method: Geometry Selection
  - Geometry: 4 Bodies
- Definition**
  - Type: Imported Body Temperature
  - Tabular Loading: Program Controlled
  - Suppressed: No
- Transfer Definition**
  - Icepak Body: All
- Icepak Data**
  - Solution Source: E:\cypak\_project\New project\_files\d...
- Settings**
  - Details
  - Section Planes

**Data View**

**Imported Body Temperature**

| Steps | Time [s] | Temperature |
|-------|----------|-------------|
| 1     | 1        | Row 1       |

Graphics Annotations Graph Data View

Ready No Messages No Selection Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius

Рисунок 11 – Результат импортирования



7. Устанавливаем тип задач расчёта: в данном случае нас интересует картина деформации и напряжение по Мизесу.

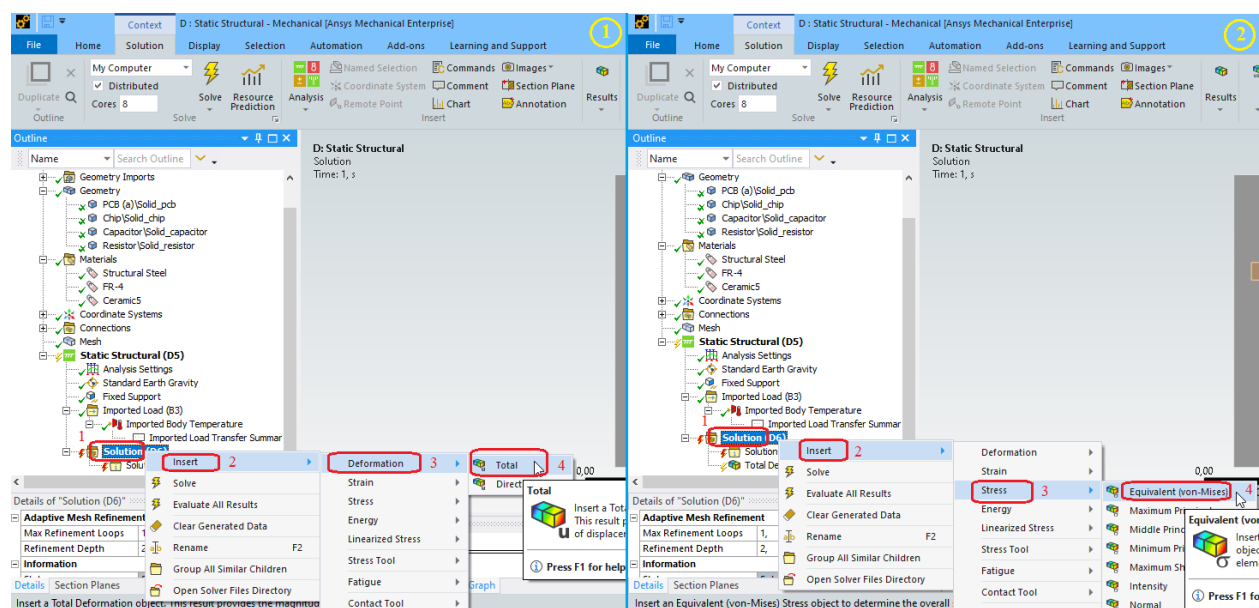


Рисунок 12 - Постановка задач расчёта

8. Запускаем расчёт с помощью кнопки Solve на верхней панели инструментов или из дерева проекта в разделе Solution.

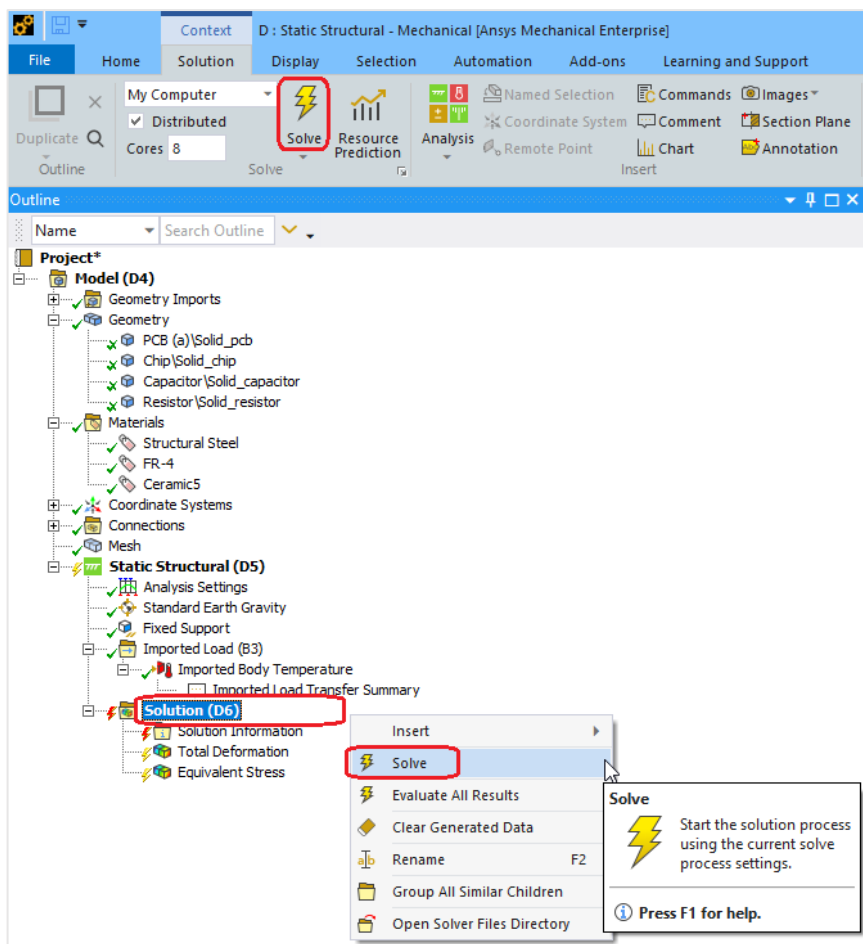


Рисунок 13 – Запуск симуляции

9. Рассмотрим результаты расчёта. При переходе в раздел «Total deformation» в дереве проекта - открывается картина полной деформации сборки.

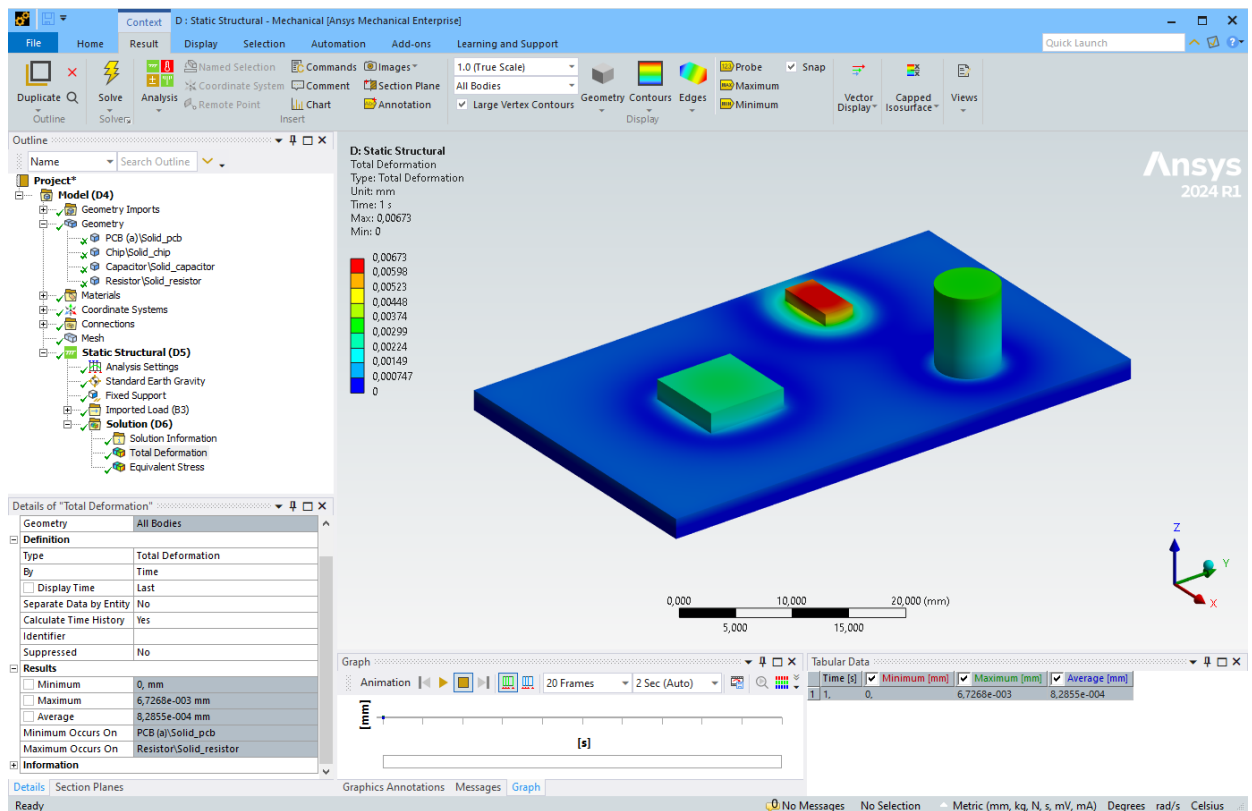


Рисунок 14 – Картина деформации сборки

Также, для наглядности, есть возможность увеличения масштаба отображения результатов деформации.

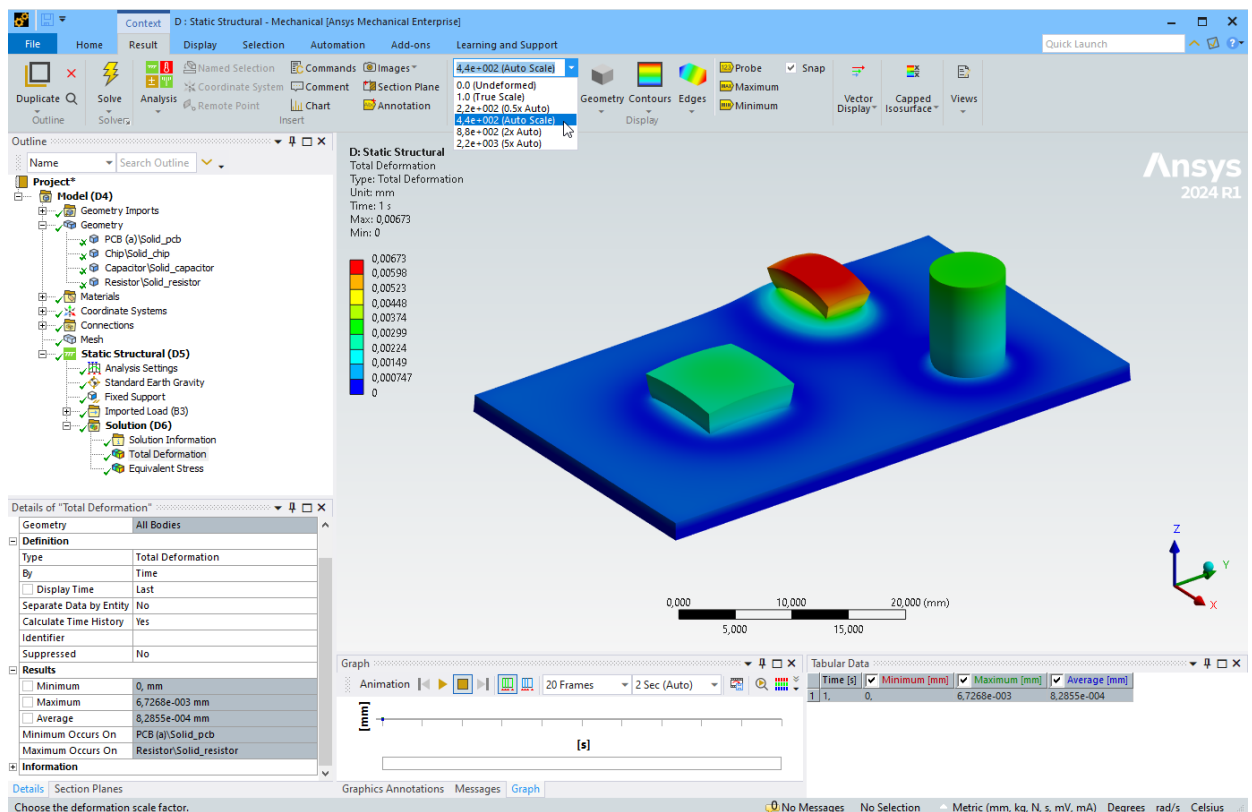


Рисунок 15 – Результат расчёта перемещений (автоматическое масштабирование)

При переходе в раздел «Equivalent Stress» в дереве проекта - открывается картина напряжений.

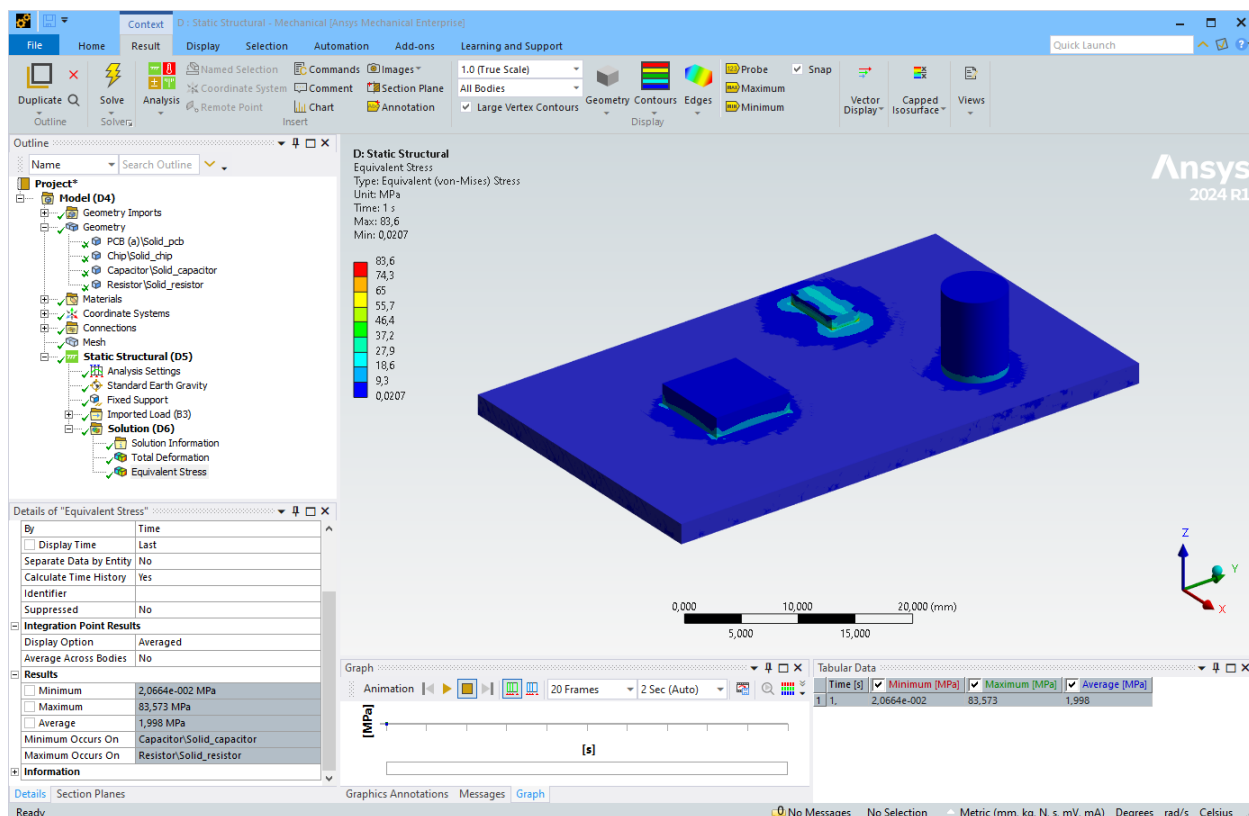


Рисунок 16 – Картина напряжений

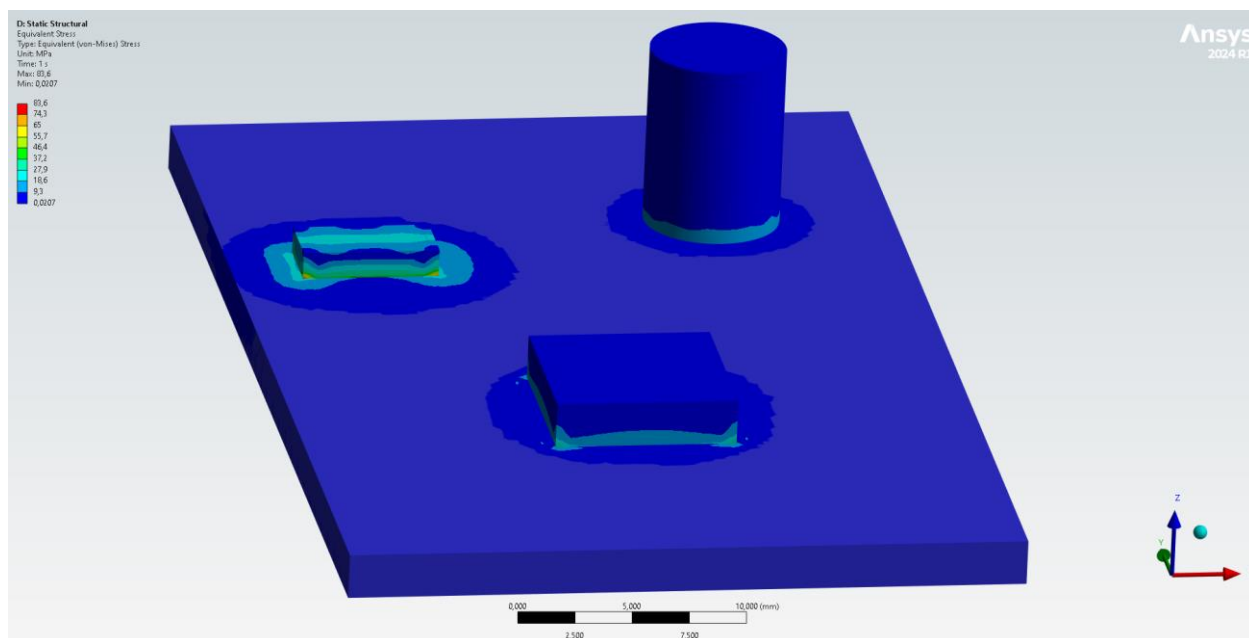


Рисунок 17 – Картина напряжений (дополнительный вид)

## **Вывод**

В ходе выполнения лабораторной работы были получены навыки построения симуляции механических процессов, протекающих в модели условной печатной платы с установленными на неё элементами, в режиме её работы с учётом температурных изменений в САПР Ansys с помощью программ Workbench, Iserpack и Mechanical.

В результате были получены картины деформации (перемещений) и напряжений отдельных узлов сборки. При протекании тепловых процессов в компонентах печатной платы с увеличением температуры наблюдается их деформация, а также возникновение напряжений в местах крепления ЭРЭ к печатной плате.

Значения максимального перемещения (0,0067 мм) и напряжения (83,6 МПа) зафиксированы в наиболее теплонагруженном компоненте (резистор), при максимальной температуре его поверхности 71,94 °С.