

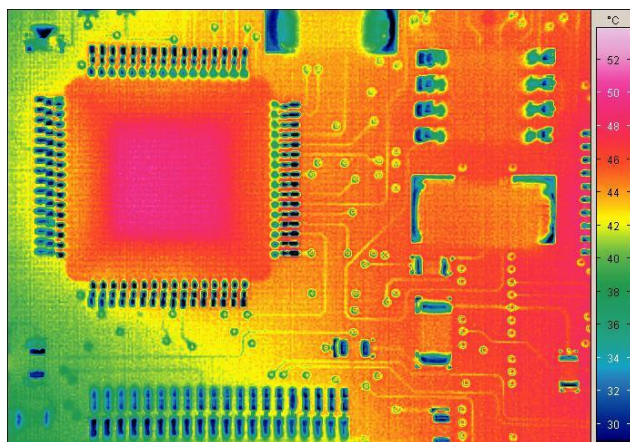
Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Методы и устройства испытаний электронных средств» для
студентов подготовки 11.03.03 «Конструирование и техноло-
гия электронных средств», (профиль «Проектирование и тех-
нология радиоэлектронных средств») всех форм обучения



Воронеж 2021

УДК
ББК

Составители:
асс. А.С. Костюков
д-р техн. наук А.В. Башкиров

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы и устройства испытаний электронных средств» направления подготовки 11.03.03. «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.С. Костюков, А.В. Башкиров. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 24 с.

Приводятся теоретические сведения по основным методикам комплексного анализа механических и тепловых характеристик электронных средств.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле MiUIRES1.pdf

Табл. 1. Библиогр.: 27 назв.

УДК
ББК

Рецензент - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф.
кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Для проведения анализа механических характеристик используется модель модуля управления. Управляющий модуль состоит из печатной монтажной платы (PCB) с центральным процессором, несколькими интегральными схемами и несколькими дополнительными компонентами, такими, как разъем питания переменного тока, трансформатор, небольшого вертикального радиатора для регулятора напряжения. В приложении 1 приведены варианты заданий.

Упражнение 1: Задание материалов

Задача 1. Откройте PCB_INIT.ASM и перейдите в структурный анализ.

1 Запустите Pro/ENGINEER Wildfire.


2 Задайте рабочую папку (папка лабораторной работы).


3 Откройте PCB_INIT.ASM.


4 Перейдите в структурный режим, выбрав Править > Настройка модели механики и измените тип модели на Структурный. Нажмите ОК.

5 Нажмите Приложения > Механика. Проверьте единицы измерения и нажмите Продолжить.

Задача 2. Необходимо назначить свойства материала. (Для сокращения времени лабораторной работы материал на некоторые детали уже назначен).

1 Нажмите . Добавьте сталь STEEL в список материалов модели. Для этого выберите STEEL в библиотеке материалов и нажмите « >>> », ОК.

2 Назначьте STEEL на модель XFRMR.PRT . Выберите модель XFRMR.PRT и нажмите ОК.

3 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

- Выберите соответствующие единицы и введите свойства, как показано в примере на таблице, расположенные на закладках Структурный и Тепловой (для выполнения лабораторной работы используйте значения параметров из приложения соответственно варианту).


- Нажмите ОК.

Таблица 1- Свойства материала XFRMR

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	2.71E-09
Коэффициент Пуассона	0.3
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	68940
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	2.34E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	8.43E+08
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	100

4 Выберите в дереве модели CPU_INIT.ASM и раскройте ее.

5 Нажмите  и назначьте материал на HEAT_SINK_INIT.PRT и SINK.PRT, удерживая CTRL, выберите HEAT_SINK_INIT.PRT и SINK.PRT, и нажмите ОК.

6 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.


- Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице 2


Таблица 2 - Свойства материала IC1

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.05E+09
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	2

- Нажмите ОК.

7 Выберите в дереве модели массив (IC1.PRT) и раскройте его.

8 Нажмите  и назначьте материал IC1 на обе модели IC1.PRT, удерживая CTRL, выберите обе модели IC1.PRT и нажмите ОК.

9 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

- Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице 3.

- Нажмите ОК.



10 Нажмите  и назначьте материал Chip_Bond на DIE_BOND1.PRT, выберите DIE_BOND1.PRT и нажмите ОК.


Таблица 3- Свойства материала Chip_Bond

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.0E+08
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	0.25


11 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

- Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице:

- Нажмите ОК.

12 Нажмите  и назначьте материал PCB на PCB.PRT, выберите PCB.PRT, и нажмите ОК.

Задача 1. Создание Закрепите четыре отверстия.

- 1 Нажмите .
- 2 Введите имя закрепления insert_tabs.
- 3 Имя группы закреплений оставьте какое есть.
- 4 Убедитесь, что тип ссылок задан Surface(s).
- 5 Удерживая CTRL, выберите поверхности всех четырех отверстий.
- 6 Убедитесь, что задана система координат WCS.
- 7 Зафиксируйте перемещение вдоль всех осей (X, Y, Z).

8 Сделайте свободным вращение вокруг всех осей (X, Y, Z).

9 Нажмите ОК.

Таблица 4 – Свойства материала PCB

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.0E+08
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	0,25

Упражнение 2: Создание и выполнение структурного анализа

Задача 2. Создайте нагрузку для симуляции силы тяжести.

1 Задайте силу тяжести .





- Введите имя gravity.

- Введите значение Y равным -9810(сила тяжести, $\text{н} / \text{с}^2$).


- Нажмите Просмотр для просмотра распределения нагрузки.

- Нажмите ОК

Задача 3. Создайте и выполните новый статический анализ.

- 1 Нажмите .
 - 2 Создайте новый статический анализ Файл > Новый статический анализ.
 - Введите имя анализа `pcb_static_spa`.
 - Убедитесь, что выбрана группа креплений `ConstraintSet2`.
 - Убедитесь, что выбрана группа нагрузок `LoadSet2`.
 - На вкладке Сходимость убедитесь в выбранном методе однопроходной адаптации.
 - На закладке Вывод задайте сетку печати 7.
 - Нажмите ОК для закрытия диалогового окна.
 - 3 Нажмите запуск анализа 
 - Нажмите Да для определения ошибок.
 - 4 Нажмите Закрывать для выхода из диалогового окна.
- Задача 4. Создайте отчет результатов.
- 1 Нажмите результаты  для формирования результатов, не сохраняйте модель если будет запрос.
 - Введите имя окна `vm_gravity_load`.
 - Введите заголовок окна `Gravity von Mises`.
 - Откройте результаты анализа , выберите рабочую директорию, и выберите файл результатов `pcb_static_spa`. Нажмите Открыть.
 - Убедитесь, что тип отображения установлен `Fringe`.
 - Убедитесь, что величина установлена `Напряжения (Stress)`.
 - Убедитесь, что Компонент задан `Mises`.
 - Нажмите вкладку Опции показа и установите галочку на `Сплошные оттенки цветов`, если это необходимо.
 - Нажмите ОК and Show для просмотра результатов.
 - Введите имя окна `vm_gravity_disp`.
 - Введите заголовок окна `Displacement`.
 - Убедитесь что тип показа установлен `Fringe`.

- Задайте величину Деформация.
- Убедитесь, что установлено значение Magnitude.
- Нажмите вкладку Опции показа и установите галочку на Сплошные оттенки цветов, если это необходимо.
- Нажмите ОК и показать для отображения результатов.

- 2 Нажмите Сохранить  для сохранения модели.
- 3 Нажмите Файл > Закреть окно.

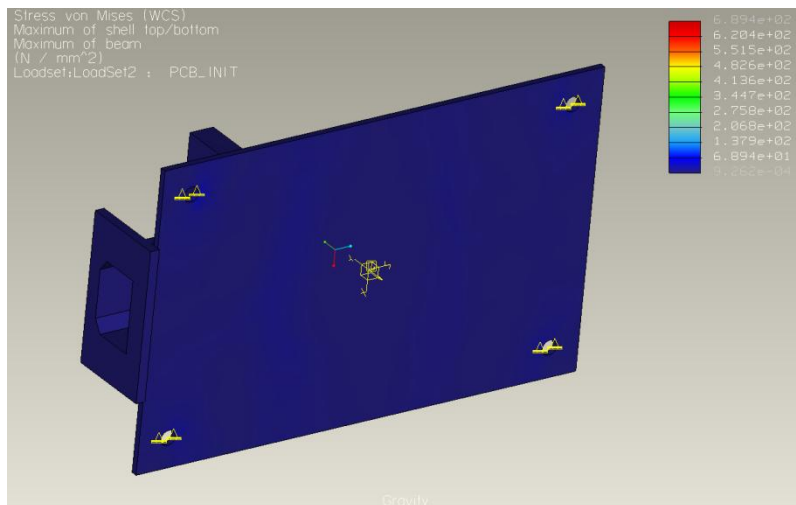


Рисунок 12 - Структурный анализ,
вывод напряжения Вон Мизес.

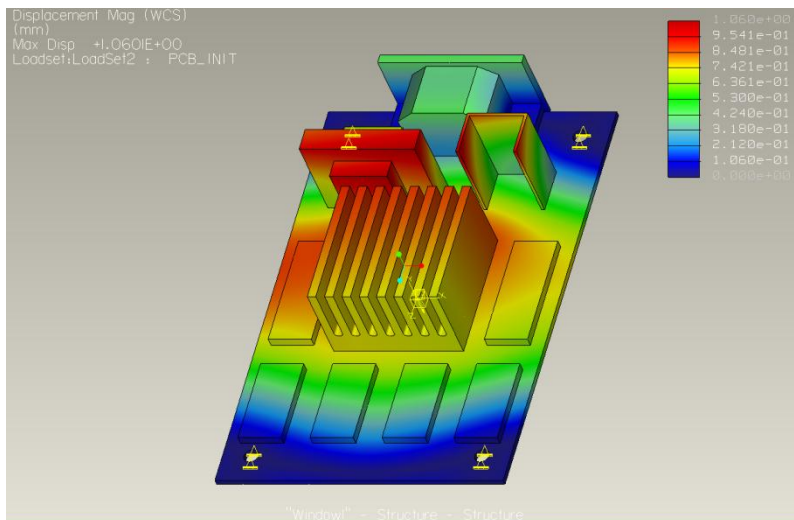


Рисунок 13 - Структурный анализ, вывод значений деформации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Управляющий модуль состоит из печатной монтажной платы (PCB) с центральным процессором и несколькими интегральными схемами и несколькими дополнительными компонентами, такими, как разъем питания переменного тока, трансформатор, маленького вертикального радиатора для регулятора напряжения. Много электрических компонентов не включено в модель – только те, что поглощают или выделяют значительное количество тепла, важного для анализа.

Упражнение 4: Задание материалов

Задача 1. Откройте PCB_INIT.ASM и перейдите в структурный анализ.

1 Запустите Pro/ENGINEER Wildfire.


2 Задайте рабочую папку (папка лабораторной работы).


3 Откройте PCB_INIT.ASM.


4 Перейдите в структурный режим, выбрав Править > Настройка модели механики и измените тип модели на Структурный. Нажмите ОК.

5 Нажмите Приложения > Механика. Проверьте единицы измерения и нажмите Продолжить.

Задача 2. Необходимо назначить свойства материала. (Для сокращения времени лабораторной работы материал на некоторые детали уже назначен).

1 Нажмите . Добавьте сталь STEEL в список материалов модели. Для этого выберите STEEL в библиотеке материалов и нажмите «>>>», ОК.

2 Назначьте STEEL на модель XFRMR.PRT . Выберите модель XFRMR.PRT и нажмите ОК.

3 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

- Выберите соответствующие единицы и введите свойства, как показано в примере на таблице, расположенные на закладках Структурный и Тепловой (для выполнения лабораторной работы используйте значения параметров из приложения соответственно варианту).


- Нажмите ОК.

4 Выберите в дереве модели CPU_INIT.ASM и раскройте ее.

5 Нажмите  и назначьте материал на HEAT_SINK_INIT.PRT и SINK.PRT, удерживая CTRL, выберите HEAT_SINK_INIT.PRT и SINK.PRT, и нажмите ОК.

Таблица 5- Свойства материала XFRMR


Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	2.71E-09
Коэффициент Пуассона	0.3
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	68940
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	2.34E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	8.43E+08
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	100


6 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице.

Нажмите ОК.

7 Выберите в дереве модели массив (IC1.PRT) и раскройте его.

8 Нажмите  и назначьте материал IC1 на обе модели IC1.PRT, удерживая CTRL, выберите обе модели IC1.PRT и нажмите ОК.

9 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

• Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице.


Таблица 6- Свойства материала IC1


Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.05E+09
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	2

Таблица 7- Свойства материала Chip_Bond

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.0E+08
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	0.25

- Нажмите ОК.

10 Нажмите  и назначьте материал Chip_Bond на DIE_BOND1.PRT, выберите DIE_BOND1.PRT и нажмите ОК.


11 Нажмите  и далее Файл > Новый для создания нового материала.

- Выберите соответствующие единицы и введите значения параметров соответственно варианту, как показано в таблице

Таблица 8 – Свойства материала PCB

Параметр	Значение
Плотность, $\text{Тонна}/\text{мм}^3$	1.3E-09
Коэффициент Пуассона	0.37
Модуль Юнга, $\text{Н}/\text{мм}^2$	3000
Коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	6.00E-05
Удельная теплоёмкость, $\text{мм}^2/\text{с}^2 \cdot \text{C}$	1.05E+09
Теплопроводность, $\text{Н}/\text{с} \cdot \text{C}$	2

- Нажмите ОК.

12 Нажмите  и назначьте материал PCB на PCB.PRT, выберите PCB.PRT, и нажмите ОК.

Упражнение 5: Создание и выполнение термального анализа

В этом упражнении исследуется эффект от тепловых нагрузок от IC компонентов на печатную плату.


Задача 1. Создайте регион на поверхности IC1.PRT

Перед проведением анализа, необходимо провести предварительную работу. В процессе создания тепловых нагрузок, нужно создать несколько регионов на поверхности для IC компонентов. Эти регионы должны быть созданы на уровне детали.

1 Выберите в дереве модели массив Pattern (IC1.PRT) и раскройте его. Выберите модель IC1.PRT и откройте ее в новом окне (Открыть).

2 Перейдите в Температурный режим Приложения > Механика.

• Проверьте единицы измерения и нажмите Продолжить

3 Создайте регион на поверхности 

4 Нажмите Эскиз > Сделано в правом меню.

5 Выберите верхнюю плоскую поверхность модели IC1.PRT в качестве плоскости эскиза.

6 Нажмите Вниз в правом меню и выберите DTM3 в дереве модели для ориентации эскиза.

7 Нажмите  в верхнем меню.

8 Создайте 2 перпендикулярных осевых линии, и нарисуйте квадрат размерами 10x10 в центре поверхности.

9 Измените значение размера на 10.

10 Завершите эскиз .

11 Вновь выберите верхнюю плоскую поверхность для разбивки.

12 Нажмите Готово > ОК для разбивки на 2 региона.

13 Нажмите .

14 Нажмите Сохранить  для сохранения модели.

15 Нажмите Файл > Закрывать окно.

Задача 2. Создайте такой же регион для детали IC2.PRT

1 Повторите действия предыдущей задачи на детали IC2.PRT.

Задача 3. Создайте тепловые нагрузки сборки PCB на все IC детали

1 Нажмите Править > Настройка модели механики и измените тип модели со Структурного на Тепловой. Нажмите ОК.


2 Нажмите отображение симуляции .

3 Перейдите на закладку Нагрузки/Закрепления.

4 Снимите галочки с пунктов Заданные температуры, Условия конвекции, Закрепления симметрии.

5 Нажмите ОК для закрытия диалогового окна Показ расчётных объектов.

(Для уменьшения времени лабораторной работы некоторые нагрузки уже заданы)

6 Нажмите , создав нагрузку на поверхность

- Введите имя нагрузки IC1.

- Оставьте без изменений имя группы Load Set.

- Удерживая CTRL, выберите маленькие квадратные регионы на обеих деталях IC1.PRT.

- Введите значение для Q равным 1000 for Q.

- Нажмите ОК.

7 Нажмите .

- Введите имя нагрузки IC2.

- Оставьте без изменений имя группы Load Set.

- Удерживая CTRL, выберите четыре маленьких квадратных региона на всех деталях IC2.PRT.

- Введите значение для Q равным 2000 for Q.


- Нажмите ОК.

Задача 4. Создайте тепловую нагрузку на CHIP_DIE1.PRT

1 Выберите в дереве модели под сборку CPU_INIT.ASM и раскройте ее.

- Удерживая CTRL, выберите HEAT_SINK_INIT.PRT, CHIP_CASE1.PRT и DIE_BOND1.PRT.

- Нажмите Вид > Видимость > Скрыть для скрытия компонентов и легкого доступа к CHIP_DIE1.PRT.

2 Нажмите .

- Введите имя нагрузки CHIP.

- Оставьте без изменений имя группы Load Set.

- Удерживая CTRL, выберите нижнюю поверхность CHIP_DIE1.PRT


- Введите значение для Q равным 10000 for Q.

- Нажмите ОК.

3 Удерживая CTRL, выберите HEAT_SINK_INIT.PRT, CHIP_CASE1.PRT и DIE_BOND1.PRT.

- Нажмите Вид > Видимость > Показать для показа компонентов.

Задача 5. Создайте заданную температуру для имитации области печатной платы, которая остается постоянной в течение всего анализа.

1 Нажмите отображение симуляции .

2 Перейдите на закладку Нагрузки/Закрепления.

3 Установите все галочки на термальные нагрузки и закрепления.

4 Нажмите ОК для закрытия диалогового окна Показ расчётных объектов.

5 Нажмите .

6 Введите имя Fixed_Temp .

7 Удерживая CTRL, выберите поверхности всех четырех отверстий.

8 Введите значение 25.

9 Нажмите ОК.

Задача 6. Создайте конвективную границу для имитации конвекции по всей модели.

Теперь мы создадим несколько конвекционных границ для имитации реальной конвекции по всей модели. Для этого будут заданы несколько коэффициентов конвекции на определенные поверхности модели. Отобразите иконки конвекции и создайте условие границы конвекции. Назовите его IC.

Выберите верхние поверхности всех деталей IC и введите h 0.01 как поверхностный коэффициент и 25 как среднюю температуру тела.

1 Нажмите 

- Введите имя IC_CONV.
- Оставьте без изменений название группы Load Set.
- Удерживая CTRL, выберите верхние большие поверхности и квадратные регионы на всех деталях IC1.PRT и IC2.PRT.
- Введите коэффициент конвекции 0.01.
- Введите 25 как среднюю температуру тела.
- Нажмите ОК.

Задача 7. Создайте граничные условия на поверхности SINK.PRT.

1 Нажмите 

- Введите имя SINK_CONV.
- Оставьте без изменений название группы Load Set.
- Удерживая CTRL, выберите наружные поверхности, как показано на рисунке 1

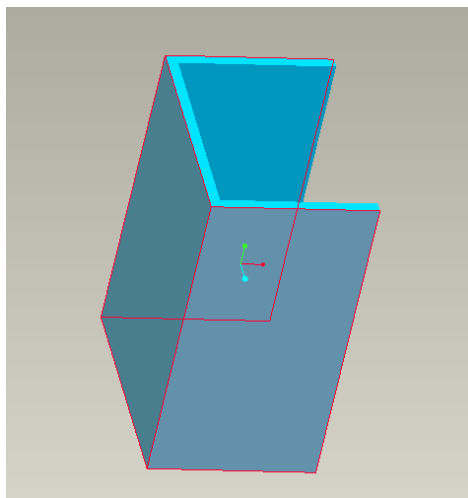


Рисунок 14 – Поверхности радиатора

- Введите коэффициент конвекции 0.02.
- Введите 25 как среднюю температуру тела.
- Нажмите ОК.

Задача 8. Создайте и выполните термальный анализ для определения распределения температуры по всей модели.


1 Нажмите 

2 Создайте новый статический анализ Файл > Новый стационарный тепловой анализ.

- Введите имя анализа pcb_therm_spa.
- Убедитесь, что выбрана группа ограничений VndryCondSet1.
- Убедитесь, что выбрана группа нагрузок ThermLoadSet1.
- На закладке Сходимость убедитесь в выбранном методе Однопроходная адаптация.
- На закладке Вывод задайте сетку отображения 7.
- Нажмите ОК для закрытия диалогового окна.

3 Нажмите запуск анализа .

- Нажмите Да для определения ошибок.


4 Нажмите  Показать состояние проработки для отображения.


- Перемещайтесь плавно вниз отчета для анализа процесса расчета.

- Нажмите Закрывать для выхода из диалогового окна.

5 Нажмите Закрывать для выхода из диалогового окна Анализа и проработки.


Задача 9. Создайте окно результатов термального анализа.

1 Нажмите Результаты  для формирования результатов. Не сохраняйте модель, если будет запрос.

- Нажмите Определение окна результатов  для определения параметров окна.

- Введите имя окна pcb_temperature.

- Введите заголовок окна Temperature Analysis.

- Откройте результаты анализа , выберите рабочую директорию и выберите файл результатов pcb_therm_spa. Нажмите Открыть.

- Убедитесь, что тип показа установлен Fringe.

- Убедитесь, что величина установлена Temperature (температура).

- Нажмите закладку Опции показа и установите галочку на Сплошные оттенки цветов, если это необходимо.

- Нажмите ОК и Показать для просмотра результатов

2 Нажмите Файл > Выход из результатов > Нет для закрытия окна результатов.

3 Нажмите Сохранить  для сохранения модели.

Библиографический список

1. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры / М.Ф. Токарев, Е.Н. Талицкий, В.А. Фролов; под ред. В.А. Фролова. – М.: Радио и связь, 1984. – 224с.
2. Лозовой И.А. Средства проектирования инженерного анализа механических и тепловых процессов/А.В. Турецкий, О.Ю. Макаров, И.А. Лозовой, С.Ю. Сизов// Вестник ВГТУ. 2010. Т. 3. № 5. С. 17-19.
3. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ.— М.: Мир, 1984.
4. COSMOSDesignSTAR 4.5 Basic User's Guide. Structural Research and Analysis Corporation, USA, 2004.
5. COSMOSWorks Online User's Guide. Structural Research and Analysis Corporation, USA, 2004.
6. Электронный каталог ГПНТБ России. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.pro-technologies.ru>
7. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры / Е.Н. Маквцов, А.М. Тартаковский – М.: Радио и связь, 1993. – 200с.
8. Электронный каталог ГПНТБ России. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.ptc-russia.com>
9. Ваченко А.С. Моделирование механических процессов в блоках радиоэлектронных средств на основе метода взаимодействия «проектировщик – система»/ А.С.Ваченко, А.С.Шалумов // Сетевой электронный научный журнал "СИСТЕМОТЕХНИКА", № 1, 2003 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Параметры №	Плотность, $T/мм^3 \cdot 10^{-9}$	Коэф. Пуас.	Мод. Юнга, $H/мм^2$	КЛР, $1/С, \cdot 10^{-5}$	$C, мм^2/с^2 \cdot 10^9$	Тепло- пров. $H/с \cdot C$
1) ASA-пластик WR-9100	1,08E	0,12	2300	13,6	0,84	0,233
2)ASA-пластик WR-9120	1,07E	0,101	1000	12	0,86	0,57
3)ASA-пластик WR-9160	1,08E	0,15	1900	9	0,85	0,44
4)ASA-пластик WR-9730	1,08E	0,09	1200	8,7	0,91	0,66
5)АБС-ОМ-2020-30	1,04E	0,14	2150	14,5	0,88	0,47
6)АБС-пластик 0809-30	1,05E	0,089	1670	20,1	0,86	1,2
7)АБС-пластик 0809М	1,1E	0,12	1450	15,6	0,90	0,95
8)Фторопласт Ф-4	1,12E	0,14	2900	9,11	0,92	0,84
9)Фторопласт Ф-4 К20	1,9E	0,17	2450	12,3	0,96	1,08

Продолжение приложения 1

10)Фторопласт К15М5	Ф-4	2,05E	0,21	2100	11,5	0,89	0,76
11)Ф-4 С15		2,4E	0,109	2220	13,6	0,92	0,77
12)Ф-4 С15М5		3,08E	0,14	1935	13,8	0,94	0,77
13)Ф-4 К15УВ5		2,6E	0,209	1850	15,6	0,91	0,63
14)Ф-4 КС2		2,08E	0,192	1840	20,9	0,89	0,89
15)АН-10		1,08E	0,132	1934	31,7	0,87	0,45
16)АН-17		2,4E	0,17	1565	32,9	0,84	0,52
17)КВ-300		2,8E	0,131	1886	17	0,88	0,36
18)АБС-пластик SD-0160		2,55E	0,154	1600	15	0,89	0,55
19)АБС-пластик SD-0170		2,5E	0,16	2517	16	0,90	0,398
20)АБС-пластик HG-0760GP		3,1E	0,12	2300	10,2	0,83	0,44

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Анализ механических характеристик электронного модуля	2
Лабораторная работа № 2	
Анализ тепловых характеристик электронного модуля	9
Библиографический список	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	21

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Методы и устройства испытаний электронных средств» для студентов подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения

Составители:

Костюков Александр Сергеевич

Башкиров Алексей Викторович

Компьютерный набор А. С. Костюков

Подписано к изданию Уч.-изд. л.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14