МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ В.А. Небольсин
«29» июня 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС»

Направление подготовки (специальность) 11.04.03 - Конструирование и технология электронных средств
Профиль (специализация) Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения
Квалификация выпускника Магистр
Нормативный период обучения 2 года / 2,3 года
Форма обучения Очная / Заочная
Год начала подготовки 2018 г.

Автор программы _____ /Ципина Н.В./

И.о. заведующего кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры _____ /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП _____ /Муратов А.В./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Состоит в формировании у магистрантов навыков моделирования и обеспечения тепловых характеристик конструкций РЭС при проектировании, с использованием системного подхода на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Освоение методов охлаждения конструкций РЭС. Формирование практических навыков оптимизации тепловых характеристик конструкций РЭС. Применять полученные знания для анализа тепловых полей и построения на основе этих данных теплостабильных конструкций РЭС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС» относится к дисциплинам по выбору блока Б1.В.ДВ.02.01 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС» направлен на формирование компетенции:

ПК-2 - Готовность осуществлять постановку задач проектирования, подготавливать технические задания на выполнение проектов электронных средств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать постановку задач проектирования, технические задания на выполнение проектов электронных средств, методику проектирования узлов на печатных платах с учетом тепловых характеристик конструкций.
	уметь по техническому заданию проектировать узлы на печатных платах, проводить измерения с выбором технических средств и обработкой результатов.
	владеть задачами проектирования, моделирования и оптимизации современной радиоэлектронной аппаратуры с применением средств автоматизированного проектирования с учетом тепловых характеристик конструкций, подготавливать технические задания на выполнение проектов электронных средств.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС» составляет 3 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 1
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	155	155
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – зачет		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+
Общая трудоемкость час	180	180
экзам. ед.	9	9

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 3
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	155	155
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – зачет		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+
Общая трудоемкость час	180	180
экзам. ед.	9	9

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Системы обеспечения тепловых режимов РЭС Классификация СОТР.	Введение. Классификация СОТР. Классификация систем обеспечения теплового режима: по способу установки, допустимому диапазону температур элементов и узлов, по роду рабочего вещества, по основному виду теплопередачи, характеру контакта теплоносителя с источником тепла.	1			31	32
2	Основные элементы систем охлаждения.	Состав системы охлаждения: агрегаты для создания движения рабочего вещества – теплоносителя - нагнетатели (вентиляторы, компрессоры, насосы), теплообменники, устройство для транспортирования и содержания рабочих веществ (трубопровод, арматура, баки), рабочие вещества (теплоносители). Выбор конструкции теплообменных аппаратов.	1		4	31	36
3	Выбор системы охлаждения и способы обеспечения тепловых режимов	Классификация систем охлаждения: воздушные системы охлаждения, жидкостные системы охлаждения, испарительные системы охлаждения, кондуктивные системы охлаждения. Способы интенсификации теплообмена радиоэлектронных средств. Методы анализа при теплофизическом проектировании элементов.	1		4	31	36
4	Специальные устройства охлаждения.	Термоэлектрические охлаждающие устройства, Охлаждение с помощью фазовых переходов, тепловые трубы, вихревые трубы, термосифонное охлаждение, турбохолодильник.				31	31
5	Моделирование тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС	Анализ тепловых режимов РЭС. Математические модели для расчета тепловых полей в объемных и плоских конструкциях РЭС. Методы анализа тепловых режимов блоков, микросхем и микросборок.	1		4	31	36
		Итого	**4**		**12**	**155**	**171**

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Системы обеспечения тепловых режимов РЭС Классификация СОТР.	Введение. Классификация СОТР. Классификация систем обеспечения теплового режима: по способу установки, по допустимому диапазону температур элементов и узлов, по роду рабочего вещества, по основному виду теплопередачи, по характеру контакта теплоносителя с источником тепла.	1			31	32
2	Основные элементы систем охлаждения.	Состав системы охлаждения: агрегаты для создания движения рабочего вещества – теплоносителя - нагнетатели (вентиляторы, компрессоры, насосы), теплообменники, устройство для транспортирования и содержания рабочих веществ (трубопровод, арматура, баки), рабочие вещества (теплоносители). Выбор конструкции теплообменных аппаратов.	1		4	31	36
3	Выбор системы охлаждения и способы обеспечения тепловых режимов	Классификация систем охлаждения: воздушные системы охлаждения, жидкостные системы охлаждения, испарительные системы охлаждения, кондуктивные системы охлаждения. Способы интенсификации теплообмена радиоэлектронных средств. Методы анализа при теплофизическом проектировании элементов.	1		4	31	36
4	Специальные устройства охлаждения.	Термоэлектрические охлаждающие устройства, Охлаждение с помощью фазовых переходов, тепловые трубы, вихревые трубы, термосифонное охлаждение, турбохолодильник.				31	31
5	Моделирование тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС	Анализ тепловых режимов РЭС. Математические модели для расчета тепловых полей в объемных и плоских конструкциях РЭС. Методы анализа тепловых режимов блоков, микросхем и микросборок.	1		4	31	36
		Итого	**4**		**12**	**155**	**171**

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование температурного поля интегральной микросхемы.
2. Исследование температурного поля микросборок.
3. Моделирование и оптимизация тепловых режимов активных элементов при воздушном охлаждении.
4. Моделирования и оптимизации тепловых характеристик блоков РЭС.
5. Моделирование и оптимизация тепловых характеристик стоек РЭС.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре (очное обучение), в 4 семестре (заочное обучение).

Примерная тематика курсового проекта: «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС».

Темой курсового проекта является расчет тепловых режимов блоков и элементов ЭС по предложенному варианту. Курсовые проекты исследовательского профиля связаны с теоретическими и экспериментальными исследованиями в области конструирования электронных средств.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Выбрать способ охлаждения блока ЭС
- Рассчитать тепловой режим конструкции
- Моделирование тепловых характеристик конструкций

Курсовой проект включат в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний для очной и заочной форм обучения оцениваются по системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать постановку задач проектирования, технические задания на выполнение проектов электронных средств, методику проектирования узлов на печатных платах с учетом тепловых характеристик конструкций.	Активная работа на лабора- торных и практических заня- тиях, отвечает на теоретические вопросы при защите.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь по техническому заданию проектировать узлы на печатных платах, проводить измерения с выбором технических средств и обработкой результатов.	Решение стандартных прак- тических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть задачами проектирования, моделирования и оптимизации современной радиоэлектронной аппаратуры с применением средств автоматизированного проектирования с учетом тепловых характеристик конструкций, подготавливать технические задания на выполнение проектов электронных средств.	Решение прикладных задач в конкретной предметной об- ласти.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что представляет собой методология решения задач конструирования РЭС?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) комплексная структура мероприятий, способствующая решению задачи в процессе успешного ее применения;

б) это набор действий, приводящий к решению задачи;

в) это учение о логической организации, методах и средствах какой-либо деятельности, логика познания чего-либо, логика использования методов, моделей, средств для достижения необходимого результата;

г) все ответы неправильные.

2. Вместо одновременного проектирования подсистем в практике производят последовательное проектирование подсистем с...

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) запаздыванием;
б) возвратом;
в) последовательной обратной связью;
г) все варианты правильные.

3. Особый вид проектирования, когда объектом действия является конструкция РЭС это:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) конструирование РЭС;
б) разработка техпроцесса;
в) тепловой расчет;
г) расчет прочности.

4. Какими характеристиками оценивают жизнь РЭС?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) прочность РЭС, качество РЭС;
б) механическая стойкость РЭС, качество конструкции;
в) проектирование и конструирование;
г) качество РЭС, способность РЭС удовлетворять потребностям общества по функционированию, задержка удовлетворения потребности общества в РЭС.

5. Для чего необходима систематизация и классификация факторов, влияющих на проектирование РЭС?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) чтобы наиболее эффективно организовать моделирование;
б) для контроля над качеством конструкций РЭС;
в) для выявления ошибок при проектировании;
г) чтобы наиболее эффективно организовать процесс проектирования при определенном уровне знаний о нем.

6. Какие факторы влияют на процесс проектирования и определяют результат?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) системные и условия эксплуатации;
б) факторы окружающей среды;
в) человеческие факторы;
г) все перечисленные факторы.

7. Основные проблемы конструирования и производства конструкций РЭС:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) миниатюризация;
б) повышение КПД;
в) увеличение размеров радиоэлектронных модулей;
г) повышение потребляемой мощности конструкций РЭС.

8. Этапы развития конструкций РЭС:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) системотехнический;
б) математический;
в) схемотехнический;
г) конструкторско-технологический;

д) инновационный.

9. Показатели РЭС:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) транспортно-заготовительные;

б) конструктивные;

в) технологические;

г) инновационные

д) экономические;

е) эксплуатационные.

10. Сколько существует категорий размещения ЭС на объекте?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) 3;

б) 4;

в) 5;

г) 6.

11. Наличие паразитных связей в ЭС обусловлено:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) увеличением плотности токов в схемах;

б) применением систем на кристалле;

в) повышение плотности электромонтажа в пределах полупроводниковых ИМС;

г) применение многоуровневой разводки;

д) снижение напряжения питания.

12. ТЗ на изготовление ЭС формируется на основании ...

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) назначения изделия;

б) заявки на разработку;

в) технических требований;

г) желания заказчика.

13. Какие из групп факторов, определяющих ТЗ, не являются системными факторами?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) назначения;

б) объект-носитель;

в) условия и ограничения технологии производства;

г) человек-оператор.

14. Места установки РЭС, характеризующиеся наименьшим и наибольшим коэффициентом влияния на надежность.

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) лабораторные благоустроенные помещения и мощная ракета;

б) лабораторные благоустроенные помещения и самолет;

в) стационарные наземные помещения и мощная ракета;

г) защищенные отсеки кораблей и управляемый снаряд.

15. Под механическим колебанием элементов аппаратуры или конструкции в целом понимается:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) перегрузка;

б) вибрация;
в) тряска;
г) толчки.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Выступающая часть монтажного провода над поверхностью платы не должна превышать:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) 0,5-1,6 мм;
б) 1,6-4 мм;
в) 0,2 мм;
г) 4-56 мм.

2. Сколько Мбит/сек без потерь способна пропускать волокнисто-оптическая линия:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) до 20;
б) до 2000;
в) до 500;
г) до 2.

3. Назовите металл с самой высокой коррозийной стойкостью:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) медь (Cu);
б) железо (Fe);
в) алюминий (Al);
г) свинец (Pb).

4. Защиты полыми оболочками приводит к:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) повышению трудоемкости в 2-3 раза по сравнению с монолитными;
б) стоимость оболочек составляет 20-45% стоимости изделия;
в) все ответы правильные;
г) значительному уменьшению плотности компоновки.

5. Влияние влаги на РЭС приводит к изменению свойств материалов элементов Г конструкции S, в свою очередь приводящие к изменению:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) свойств самих элементов Г, а затем - систем S;
б) свойств системы S, а затем элементов Г;
в) повышению расходов на эксплуатацию;
г) все ответы неправильные.

6. Нормальными климатическими условиями принято считать температуру...
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) от -1 C^0 до 10 C^0;
б) от -15 C^0 до 45 C^0;
в) от +3 C^0 до +25 C^0;
г) от 15 C^0 до 30 C^0.

7. К чему приводит наличие влажности на поверхности полупроводниковых конструкций РЭС?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) к электрохимической и химической коррозии;
б) к накоплению зарядов в полупроводнике под влиянием поверхностных ионов;
в) к увеличению диэлектрической проницаемости;
г) к потере и утечке в диэлектриках.

8. Виброчастотная характеристика объекта позволяет:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) определить собственную частоту;
б) определить коэффициент передачи колебаний;
в) при известном диапазоне внешних воздействий - определить защищенность объекта и предложить способ повышения защищенности;
г) все ответы не полные.

9. Нормальными условиями принято считать

а) p=101325 Па, Т=273,15 К
б) p=760 мм.рт.ст, t=0 ºС
в) p=101325 Па, t=20ºС
г) p=101,325 Па, Т=273,15 К

10. Вибрацию свыше 140 дБ считают:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):
а) полигармонической вибрацией;
б) линейным ускорением;
в) гармонической вибрацией;
г) акустическим шумом.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В процессе приработки электронных средств из 120 штук вышло из строя 10. Требуется вычислить вероятность исправной работы и вероятность отказа ЭС на начальном этапе эксплуатации.

Варианты ответа:
а) 0,68 и 0,02;
б) 0,72 и 0,04;
в) 0,76 и 0,05;
г) 0,82 и 0,07;
д) 0,92 и 0,08.

2. Известно, что вероятность исправной работы ЭС на интервале времени от 100 до 200 часов составила 0,98. Число испытываемых изделий N_0=1000 шт., число отказов в указанном интервале – 5. Требуется найти число ЭС, исправных к моменту 100 и 200 часов.

Варианты ответа:
а) 220 и 215;
б) 225 и 235;
в) 230 и 240;
г) 240 и 240;
д) 250 и 245.

3. Интенсивность отказов радиоэлектронных компонентов зависит от времени и выражается функцией ожидаемой интенсивности отказа $\lambda(t) = \frac{k^2 t}{1+kt}$. Требуется найти зависимость от времени вероятности безотказной работы изделия. Определить вероятность безотказной работы за 100 часов, если $k=2 \cdot 10^{-4}$ ч$^{-1}$.

Варианты ответа:

а) 0,975;

б) 0,897;

в) 0,998;

г) 0,796;

д) 0,97.

4. Время восстановления ЭС равно 5 часам при вероятности безотказной работы 0,9 и времени выполнения задания $P(t_з)$=0,81. Требуется рассчитать: время работы; коэффициент готовности; время наработки на отказ.

Варианты ответа:

а) 32 часа; 0,485; 10,3 часа;

б) 47 часов; 0,562; 12 часов;

в) 64 часа; 0,729; 13,5 часов;

г) 72 часа; 0,853; 15,5 часов;

д) 82 часа; 0,922; 17,5 часов.

5. Радиоэлектронная система состоит из пяти резервных блоков. Вероятность отказа каждого из блоков за время *t* равна 0,25. Требуется определить вероятность того, что за время *t* будет исправен хотя бы один блок; откажут все пять блоков.

Варианты ответа:

а) 0,011; 0,002;

б) 0,013; 0,011;

в) 0,012; 0,001;

г) 0,015; 0,022;

д) 0,015; 0,001.

6. Радиоэлектронное средство состоит из трех модулей, с интенсивностями отказов: $\lambda_1=10^{-6}$ ч$^{-1}$; $\lambda_2=10^{-5}$ ч$^{-1}$; $\lambda_3=10^{-4}$ ч$^{-1}$. Второй модуль проработал исправно 100 часов, а третий 200 часов. Первый модуль работал исправно 300 часов. Требуется найти вероятность безотказной работы всего радиоэлектронного средства за 300 часов работы.

Варианты ответа:

а) 0,967;

б) 0,972;

в) 0,981;

г) 0,985;

д) 0,992.

***7.* Амперметр с пределами измерений I_n показывает I_x. Погрешность от подключения амперметра в цепь Δ_s. Среднее квадратическое отклонение показаний прибора σ_I. Требуется рассчитать доверительный интервал для истинного значения измеряемой силы тока цепи с вероятностью $P = 0,9544$ ($t_p=2$). Исходные данные: $I_n = 10$ А, $I_n = 9$ А, $\Delta_s = +0,4$ А, $\sigma_I = 0,4$ А.**

Варианты ответа:
а) [6,2; 7,8];
б) [6,9; 8,3];
в) [7,8; 9,4];
г) [8,4; 8,9];
д) [9,0; 9,9].

8. Определите потери в свободном пространстве сигнала с частотой 30 ГГц при распространении на расстояние 1 км в разах и дБ.

Варианты ответа:
а) $1{,}12 \cdot 10^{10}$ раз и 251,1 дБ;
б) $1{,}58 \cdot 10^{12}$ раз и 121,98 дБ;
в) $1{,}22 \cdot 10^{9}$ раз и 96,33 дБ;
г) $1{,}22 \cdot 10^{14}$ раз и 144,11 дБ;
д) $1{,}58 \cdot 10^{12}$ раз и 121,98 дБ.

9. Требуется изолировать плоскую поверхность таким образом, чтобы потеря тепла с единицы поверхности в единицу времени была не больше 450 Вт/м^2. Под изоляцией температура поверхности 450 ^{0}С, а температура внешней поверхности теплоизоляции 50 ^{0}С. Требуется определить толщину изоляции если: а) изоляция сделана из совелита (λ=0,09+0,0000872·t Вт/(м·К)); б) изоляция сделана из асботермита (λ=0,109+0,000146·t Вт/(м·К)).

Варианты ответа:
а) δ_1=0,0994 м; δ_2=0,129 м;
б) δ_1=0,0788 м; δ_2=0,11 м;
в) δ_1=0,12 м; δ_2=0,33 м;
г) δ_1=1,2998 м; δ_2=0,312 м;
д) δ_1=0,0054 м; δ_2=0,009 м.

10. Пластинчатый радиатор длиной l=0,2 м, шириной a=0,15 м охлаждается обтекаемым потоком воздуха с температурой t_0=20^{0}С. Скорость набегающего потока воздуха w_0=3м/с. Температура поверхности радиатора t_p=90^{0}С. Найдите коэффициент теплоотдачи радиатора и количество отдаваемой теплоты. Следует считать режим движения воздушной среды ламинарным и охлаждается только одна сторона радиатора.

Варианты ответа:

а) Коэффициент теплоотдачи α=2,65 Вт/(м^2·К); Q=8 Вт;
б) Коэффициент теплоотдачи α=4,87 Вт/(м^2·К); Q=10 Вт;
в) Коэффициент теплоотдачи α=5,32 Вт/(м^2·К); Q=12 Вт;
г) Коэффициент теплоотдачи α=6,12 Вт/(м^2·К); Q=14 Вт;
д) Коэффициент теплоотдачи α=7,52 Вт/(м^2·К); Q=15 Вт.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Классификация систем охлаждения РЭА.
2. Контактный способ охлаждения. Естественное охлаждение. Принудительное воздушное охлаждение.
3. Жидкостные системы охлаждения. Испарительные системы охлаждения.

4. Выбор способа охлаждения РЭА.
5. Теплообменные устройства. Принцип расчета. Расчет теплообменников.
6. Разновидности теплообменных устройств, использующихся в системах терморегулирования РЭА.
7. Принцип действия вихревой трубы (Эффект Ранка).
8. Принцип действия холодильной машины компрессионного типа.
9. Конструкция термосифона.
10. Использование для охлаждения РЭА тепловых труб, их принцип действия и конструкция.
11. Специальные устройства для охлаждения.
12. Классификация систем обеспечения теплового режима (СОТР).
13. Основные элементы систем охлаждения.
14. Моделирование температурного, поля и расчет надежности интегральной микросхемы.
15. Моделирование температурного поля и расчет надежности микросборок.
16. Моделирование и оптимизация тепловых режимов активных элементов при воздушном охлаждении.
17. Моделирования и оптимизации тепловых характеристик блоков РЭС.
18. Моделирование и оптимизация тепловых характеристик стоек РЭС.
19. Моделирования температурных режимов и выбор типа радиаторов.
20. Анализ тепловых режимов РЭС.
21. Математические модели для расчета тепловых полей в объемных и плоских конструкциях РЭС.
22. Способы интенсификации теплообмена радиоэлектронных средств.
23. Методы анализа при теплофизическом проектировании элементов.
24. Моделирование и оптимизация тепловых процессов при выборе конструкции теплообменных аппаратов.

7.2.5 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 15.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 5 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 5 до 8 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 9 до 12 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 13 до 15 баллов.

7.2.6 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Системы обеспечения тепловых режимов РЭС Классификация СОТР.	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
2	Основные элементы систем охлаждения.	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
3	Выбор системы охлаждения и способы обеспечения тепловых режимов	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
4	Специальные устройства охлаждения.	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
5	Моделирование тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 15 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 15 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 15 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Шуваев В. А., Муратов А. В., Макаров О. Ю. Методы обеспечения тепловых режимов при проектировании радиоэлектронных средств : Учеб. пособие учеб. пособие./ ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет»; Воронеж, 2008. 147 с.

2. Муратов А.В., Ципина Н.В. Теплофизические процессы в радиоэлек-

тронных устройствах и приборах: учеб. пособие / Воронеж: ФГБОУ ВПО **“**Воронежский государственный технический университет”, 2012. 135 с.

3. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств ЭБС «Лань» 2014. 480 с.

4. Самойленко Н.Э. Методы нелинейного программирования в задачах проектирования РЭС: учеб. Пособие/ Воронеж: ФГБОУ ВПО **“**Воронежский государственный технический университет”, 2006. 93 с.

5. Ципина Н.В., Шуваев В.А. Моделирование тепловых характеристик конструкций РЭС: методические указания к лабораторным работам/ ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет.

6. Ципина Н.В., Шуваев В.А.Моделирование тепловых характеристик конструкций РЭС: методические указания к лабораторным работам/ ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет; сост. Воронеж, 2013. 22 с. 291-2013

7. Ципина Н.В., Турецкий А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине “Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС ” направление 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», всех форм обучения/ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; Воронеж, 2016. 19 с.

8. Ципина Н.В., Турецкий А.В. Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций РЭС: методические указания к лабораторным работам по дисциплине “Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС ” направление 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; Воронеж, 2016. 22 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

ПО: Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, программный комплекс КОМПАС 3D LT.

Современная профессиональная база данных: Mathnet.ru, e-library.ru.

Информационные справочные системы: dist.sernam.ru, Wikipipedia, http:eios.vorstu.ru/

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная видеопроектором с экраном и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенная ПЭВМ с установленным программным обеспечением, ауд. 226/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 234/3.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

- Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;

- выполнение домашних заданий и типовых расчетов;

- работа над темами для самостоятельного изучения;

- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;

- подготовка к зачету.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);

- рубежный (коллоквиум);

- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации –готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к дифференцированному зачету и экзамену	При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины
«Моделирование и оптимизация тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС»

Направление подготовки (специальность) 11.04.03 - Конструирование и технология электронных средств
Профиль (специализация) Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения
Квалификация выпускника Магистр
Нормативный период обучения 2 года / 2,3 года
Форма обучения Очная / Заочная
Год начала подготовки 2019 г.

Цель изучения дисциплины формирование у магистрантов навыков моделирования и обеспечения тепловых характеристик конструкций РЭС при проектировании, с использованием системного подхода на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования.

Задачи изучения дисциплины:

Освоение методов охлаждения конструкций РЭС. Формирование практических навыков оптимизации тепловых характеристик конструкций РЭС. Применять полученные знания для анализа тепловых полей и построения на основе этих данных теплостабильных конструкций РЭС.

Перечень формируемых компетенций:

ПК-2 - Готовность осуществлять постановку задач проектирования, подготавливать технические задания на выполнение проектов электронных средств.

Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ: 5 з.е.

Форма итогового контроля по дисциплине: экзамен, курсовой проект.
(зачет, зачет с оценкой, экзамен)