

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт информационных технологий и радиоэлектроники
(Наименование института)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

А.А. Галкин

08 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств»
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

«Компьютерный дизайн электронных средств»
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Обеспечение тепловых режимов электронных средств» является формирование у студентов профессионального представления, умений и навыков по тепломассообмену и защите электронных средств от климатических воздействий, необходимых для выполнения последующего конструирования.

Задачи:

- принципы тепломассообмена отдельных узлов и электронных средств в целом,
- методы обеспечения температурных режимов в условиях различной влажности и давления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Обеспечение тепловых режимов электронных средств» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства и их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков приборов. ПК-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования.	<i>Знает</i> физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения. <i>Умеет</i> строить физические и математические модели узлов и блоков приборов. <i>Владеет</i> навыками компьютерного моделирования.	Задания рейтинг контроля Отчет по практическим и лабораторным работам
ПК-2 Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментально	ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков технологических процессов электронных средств различного функционального назначения.	<i>Знает</i> методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков технологических процессов электронных средств различного функционального назначения.	

го исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения	ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных средств и технологических процессов.	<i>Умеет</i> проводить исследования характеристик электронных средств и технологических процессов. <i>Владеет</i> методикой экспериментального исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения.	
ПК-3 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов. ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	<i>Знает</i> принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов. <i>Умеет</i> проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. <i>Владеет</i> навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	Задания рейтинг контроля Отчет по практическим и лабораторным работам

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа

**Тематический план
форма обучения – очная**

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки ¹		
1	Введение. Основные понятия и законы переноса энергии и вещества	8	1- 2	4		4	8	5	
2	Элементы теории тепловых цепей		3-4	4		4	8	5	
3	Стационарный и нестационарный тепловой режим		5-6	4		4	8	5	Рейтинг-контроль №1
4	Основы теории подобия. Свободная и вынужденная конвекция		7-8	4		4	8	5	
5	Массообмен		9-10	4		4	8	5	Рейтинг-контроль №2
6	Системы охлаждения электронных средств		11-12	4		4	8	5	
7	Термодинамические основы охлаждения		13-14	4		4	8	5	
8	Тепловые и влажностные режимы электронных средств		15-16	4		4	8	5	Рейтинг-контроль №3
9	Тепловые и влажностные измерения. Заключение		17-18	4		4	8	5	
Всего				36	20	36	72	45	Экзамен (45 часов)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Введение.

Лекция №1. Основные понятия и законы переноса энергии и вещества.

Общая характеристика тепло- и массообмена в электронных средствах. Классификация ЭС по условиям эксплуатации. Процессы теплообмена в природе. Теплопроводность. Конвекция. Тепловое излучение. Диффузия и конвективный массообмен. Уравнения теплопроводности и краевые условия.

Лекция №2. Элементы теории тепловых цепей.

Термическое сопротивление и термический коэффициент. Тепловые цепи. Термическое сопротивление стенок. Сложный теплообмен. Критическая толщина изоляции.

Лекция №3. Стационарный и нестационарный тепловой режим.

Стационарное поле температур с источниками энергии. Температурное поле стержней и пластин. Нестационарный тепловой режим тела с равномерным полем температур. Нагревание тела внутренними источниками энергии. Импульсные источники. Модели микросхем.

Теплообмен в канале.

Лекция №4. Основы теории подобия. Свободная и вынужденная конвекция.

Числа подобия. Обработка результатов опыта. Свободная конвекция в неограниченном пространстве. Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Локальный коэффициент конвекции. Теплообмен при давлениях, отличных от нормального. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел. Вынужденная конвекция в трубах и каналах. Теплообмен при кипении. Теплообмен при конденсации. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Коэффициент теплоотдачи излучением.

Лекция №5. Массообмен.

Обобщенное дифференциальное уравнение Фика. Влажность. Поглощение влаги материалами. Элементы аэрогидромеханики. Уравнение Бернулли.

Лекция №6. Системы охлаждения электронных средств.

Классификация систем охлаждения. Выбор системы охлаждения для ЭС заданного типа. Теплообменники. Нагнетатели. Радиаторы.

Лекция №7. Термодинамические основы охлаждения.

Общие положения. Устройства для охлаждения. Дроссельные микроохладители. Компрессионные холодильные машины. Термоэлектрическое охлаждение. Вихревые трубы. Охлаждение с помощью фазовых переходов. Тепловые трубы. Влагозащита ЭС. Средства влагозащиты.

Лекция №8. Тепловые и влажностные режимы электронных средств.

Принцип суперпозиции температурных полей. Принцип местного влияния. Приближенный анализ в системе тел. Метод поэтапного моделирования. Регулярный тепловой режим. Тепловые модели ЭС. Математические модели ЭС. Тепловой режим простейших моделей ЭС. Тепловой режим ЭС кассетного типа. Влажностный режим ЭС. Системы автоматизированного теплового проектирования ЭС.

Лекция №9. Тепловые и влажностные измерения.

Измерение температур. Приборы для контактного измерения температуры. Приборы для бесконтактного измерения температуры. Измерение скорости и расходов жидкости и газа. Измерение влажности. Измерение и расчет контактных термических сопротивлений.

Заключение.

**Содержание лабораторных занятий по дисциплине
Лабораторный практикум**

Лабораторная работа №1. Исследование тепловых режимов нагретой зоны.

Лабораторная работа №2. Исследование тепловых режимов конструкции ЭС при естественной конвекции.

Лабораторная работа №3. Исследование тепловых режимов конструкции ЭС при принудительной конвекции.

Лабораторная работа №4. Исследование тепловых режимов конструкции ЭС при теплопередаче излучением.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

ВОПРОСЫ ДЛЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ

1 рейтинг-контроль

1. Общая характеристика тепло- и массообмена в электронных средствах.
2. Классификация ЭС по условиям эксплуатации.
3. Процессы теплообмена в природе. Теплопроводность. Конвекция. Тепловое излучение.
4. Диффузия и конвективный массообмен.
5. Уравнения теплопроводности и краевые условия.
6. Термическое сопротивление и термический коэффициент.
7. Тепловые цепи.
8. Термическое сопротивление стенок.
9. Сложный теплообмен.
10. Критическая толщина изоляции.
11. Стационарное поле температур с источниками энергии.
12. Температурное поле стержней и пластин.
13. Нестационарный тепловой режим тела с равномерным полем температур.
14. Нагревание тела внутренними источниками энергии. Импульсные источники.
15. Модели микросхем. Теплообмен в канале.

2 рейтинг-контроль

1. Свободная и вынужденная конвекция.
2. Числа подобия.
3. Свободная конвекция в неограниченном пространстве.
4. Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Локальный коэффициент конвекции.
5. Теплообмен при давлениях, отличных от нормального.
6. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел.
7. Вынужденная конвекция в трубах и каналах.
8. Теплообмен при кипении. Теплообмен при конденсации.
9. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Коэффициент теплоотдачи излучением.
10. Обобщенное дифференциальное уравнение Фика.
11. Влажность. Поглощение влаги материалами.
12. Элементы аэрогидромеханики. Уравнение Бернулли.
13. Классификация систем охлаждения.
14. Выбор системы охлаждения для ЭС заданного типа.
15. Теплообменники. Нагнетатели. Радиаторы.

3 рейтинг-контроль

1. Устройства для охлаждения.
2. Дроссельные микроохладители.
3. Компрессионные холодильные машины.
4. Термоэлектрическое охлаждение.
5. Вихревые трубы.
6. Охлаждение с помощью фазовых переходов.
7. Тепловые трубы.
8. Влагозащита ЭС. Средства влагозащиты.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы к экзамену

1. Общая характеристика тепло- и массообмена в электронных средствах.
2. Классификация ЭС по условиям эксплуатации.
3. Процессы теплообмена в природе. Теплопроводность. Конвекция. Тепловое излучение.
4. Диффузия и конвективный массообмен.
5. Уравнения теплопроводности и краевые условия.
6. Термическое сопротивление и термический коэффициент.
7. Тепловые цепи.
8. Термическое сопротивление стенок.
9. Сложный теплообмен.
10. Критическая толщина изоляции.
11. Стационарное поле температур с источниками энергии.
12. Температурное поле стержней и пластин.
13. Нестационарный тепловой режим тела с равномерным полем температур.
14. Нагревание тела внутренними источниками энергии. Импульсные источники.
15. Модели микросхем. Теплообмен в канале.
16. Свободная и вынужденная конвекция.
17. Числа подобия.
18. Свободная конвекция в неограниченном пространстве.
19. Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Локальный коэффициент конвекции.
20. Теплообмен при давлениях, отличных от нормального.
21. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел.
22. Вынужденная конвекция в трубах и каналах.
23. Теплообмен при кипении. Теплообмен при конденсации.
24. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Коэффициент теплоотдачи излучением.
25. Обобщенное дифференциальное уравнение Фика.
26. Влажность. Поглощение влаги материалами.
27. Элементы аэрогидромеханики. Уравнение Бернулли.
28. Классификация систем охлаждения.
29. Выбор системы охлаждения для ЭС заданного типа.
30. Теплообменники. Нагнетатели. Радиаторы.
31. Устройства для охлаждения.
32. Дроссельные микроохладители.
33. Компрессионные холодильные машины.
34. Термоэлектрическое охлаждение.
35. Вихревые трубы.
36. Охлаждение с помощью фазовых переходов.
37. Тепловые трубы.
38. Влагозащита ЭС. Средства влагозащиты.
39. Принцип суперпозиции температурных полей. Принцип местного влияния.
40. Приближенный анализ в системе тел.
41. Метод поэтапного моделирования.
42. Регулярный тепловой режим.
43. Тепловые модели ЭС.
44. Математические модели ЭС.
45. Тепловой режим простейших моделей ЭС. Тепловой режим ЭС кассетного типа.
46. Влажностный режим ЭС.
47. Системы автоматизированного теплового проектирования ЭС.
48. Измерение температур. Приборы для контактного измерения температуры. Приборы для бесконтактного измерения температуры.
49. Измерение скорости и расходов жидкости и газа.
50. Измерение влажности. Измерение и расчет контактных термических сопротивлений.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

ВОПРОСЫ ДЛЯ СРС

1. Принцип суперпозиции температурных полей. Принцип местного влияния.
2. Приближенный анализ в системе тел.
3. Метод поэтапного моделирования.
4. Регулярный тепловой режим.
5. Тепловые модели ЭС.
6. Математические модели ЭС.
7. Тепловой режим простейших моделей ЭС. Тепловой режим ЭС кассетного типа.
8. Влажностный режим ЭС.
9. Системы автоматизированного теплового проектирования ЭС.
10. Измерение температур. Приборы для контактного измерения температуры. Приборы для бесконтактного измерения температуры.
11. Измерение скорости и расходов жидкости и газа.
12. Измерение влажности. Измерение и расчет контактных термических сопротивлений.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляро в изданий в библиотеке ВлГУ	Наличие в электронном каталоге ЭБС
а) Основная литература*			
1. Дульнев, Г. Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с.	2012	5	
2. Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов и устройств [Электронный ресурс] / Улитенко А.И., Гуров В.С., Пушкин В.А. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202329.html (дата обращения: 31.08.2021)
3. Инженерно-техническая и пожарная защита объектов [Электронный ресурс] / Ворона В.А., Тихонов В.А. - Вып. 4. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - (Серия "Обеспечение безопасности объектов").	2012		tp://www.studentlibrary.ru/book/IS BN9785991201797.html (дата обращения: 31.08.2021)
б) Дополнительная литература			
1. Дульнев Г. Н., Тихонов С. В. Основы теории тепломассообмена, – СПб: СПбГУИТМО, 2010. – 93с.	2010	3	
2. Варакин, А. А. Использование САПР SolidWorks в конструкторско-технологическом проектировании электронных средств: методические указания: в 2 ч. / А. А. Варакин ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств. — Владимир, 2009 (Библиотека ВлГУ: 004.896:621.396.6(076))	2009	50	

6.2. Периодические издания

1. Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий», учредитель ООО Предприятие Остек, г. Москва. Бесплатная подписка на сайте www.ostec-press.ru
2. Производственно-практический журнал «Современная электроника», Изд-во «СТА-Пресс», г. Москва. Бесплатная подписка для специалистов на www.soel.ru
3. Поверхностный монтаж. Информационный бюллетень. ЗАО Предприятие Остек, г. Москва. Бесплатная подписка на сайте www.ostec-press.ru

4. Информационно-технический журнал «Новости электроники». Учредитель ООО «КОМПЭЛ», г. Москва, Электронная подписка на www.compeljournal.ru

5. Производственно-практический журнал «Современные технологии автоматизации», 4 выпуска в год, Издательство «СТА-Пресс», г. Москва.

Содержания выпусков и подписка доступны по адресу: www.cta.ru

6.3. Интернет-ресурсы

1. Информационно-аналитический центр современной электроники (с подпиской на новости) <http://www.sovel.org/>

2. Новостной и аналитический портал «Время электроники» (с подпиской на новости) <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/>

3. Федеральный портал: Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Образование в области техники и технологий. http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 331-3, 333-3, 324-3);
- электронные записи лекций (мультимедиа-презентации);
- оборудование для проведения лабораторных работ;
- оборудование компьютерного класса 330-3;
- ИНТРАНЕТ-сервер локальной сети кафедры с Wi-Fi – роутером беспроводного доступа на территории помещений кафедры.

Рабочую программу составил доцент В.В. Евграфов
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент (представитель работодателя)
заместитель главного инженера
по подготовке производства – главный технолог
АО «Владимирский завод «Электроприбор», М.К. Зайцев
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭПБС
Протокол № 1 от 31.08.2021 года
Заведующий кафедрой К.В. Татмышевский
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления
11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств»
Протокол № 1 от 31.08.2021 года
Председатель комиссии К.В. Татмышевский
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

«Обеспечение тепловых режимов электронных средств»

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:
наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.22 года

Заведующий кафедрой ЭПБС *Татмишевский Г.В.*

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____