МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники

_____ В.А. Небольсин
(подпись)
« 16 » декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.01
Теплофизические процессы в электронных средствах

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Направление подготовки (бакалавров)**:** 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"
Профиль: **"Проектирование и технология радиоэлектронных средств"**
Квалификация выпускника Бакалавр
Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 м.
Форма обучения Очная/ Заочная
Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы _____ /Ципина Н.В./

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры _____ /БашкировА.В./

Руководитель ОПОП _____/Пирогов А.А./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у бакалавров базовых знаний и навыков теплофизического проектирования электронных средств с использованием системного подхода на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Освоение методов охлаждения и влагозащиты электронных средств. Формирование практических навыков проектирования и функционирования сложных систем теплообмена. Применять полученные знания для расчетов тепловых режимов простых элементов и устройств ЭС на этапе их проектирования с применением САПР на базе новейших персональных ЭВМ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теплофизические процессы в электронных средствах» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока (дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.02.01) учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теплофизические процессы в электронных средствах» направлен на формирование компетенции:

ПК-2 - способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

ПК-3 - Способен разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств.

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**
ПК-2	знать тепловые режимы блоков и элементов ЭС и выбор конструкции радиаторов с использованием современных систем автоматизированного проектирования.
	уметь Выбирать системы охлаждения для РЭС и способы обеспечения тепловых режимов, с использованием средств автоматизации проектирования
	владеть современными методами проектирования электронных средств с учетом обеспечения тепловых режимов. Навыками 3D моделирования конструкции, позволяющими увидеть результат проведенных расчетов.
ПК-3	Знать

	программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств с учетом тепловых режимов
	уметь разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств, с учетом тепловых режимов.
	владеть современными программными комплексами разработки конструкторской и технической документации.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Теплофизические процессы в электронных средствах» составляет 7 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 3
Аудиторные занятия (всего)	126	126
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	72
Самостоятельная работа	90	90
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации – зачет		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+
Общая трудоемкость час	252	252
зач. ед.	7	7

аочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 3
Аудиторные занятия (всего)	20	20
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	223	223
Курсовой проект	+	+

Часы на контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации – зачет		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+
Общая трудоемкость час	252	252
зач. ед.	7	7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и законы переноса энергии и вещества	Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Процессы тепломассообмена в природе. Общая характеристике тепломассообмена в ЭС. Тепло- и влагостойкость элементов. Теплопроводность (кондуктивный перенос тепла). Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Тепловые коэффициенты. Тепловые сопротивления. Метод электротепловых аналогий. Конвективный теплообмен. Понятие конвективного теплообмена. Виды и режимы движения среды. Критерии подобия. Теплообмен излучением. Понятие излучения. Основные законы теплового излучения. Закон Планка. Закон смещения Вина. Закон Ламберта. Закон Кирхгофа.	8	2	12	15	37
2	Сложный теплообмен	Понятие сложного теплообмена. Уравнение теплового баланса. Теплопередача через плоскую однослойную стенку. Теплопередача через плоскую многослойную стенку. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Передача тепла через оребренную поверхность (радиатор)	4	4	12	15	35
3	Влагообмен.	Законы Фика. Методика расчета влагозащиты. Способы влагозащиты полимерными материалами. Герметизация. Способы герметизации.	8	2	12	15	37
4	Стационарный и нестационарный тепловые режимы в приборах	Нестационарный тепловой режим простейших моделей электронных средств. Понятие нестационарного теплового режима. Приближенные расчеты нестационарных температурных полей. Стационарный тепловой режим простейших моделей РЭС. Понятие стационарного теплового режима. Основные за-		4	12	15	39

		кономерности стационарных полей. Принцип суперпозиции. Принцип местного влияния.					
5	Выбор системы охлаждения электронных средств и способы обеспечения тепловых режимов.	Тепловые режимы и способы обеспечения тепловых режимов РЭС. Методы оценки тепловых режимов. Тепловые режимы РЭС с крупными деталями на шасси и кассетного типа. Выбор системы охлаждения для РЭС 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. Способы охлаждения электронных средств. Выбор способа охлаждения ЭС.	8	2	12	15	29
6	Специальные устройства охлаждения радиоэлектронных средств.	Основные элементы систем охлаждения. Теплоносители. Теплообменные устройства. Вентиляторы. Специальные устройства охлаждения радиоэлектронных средств. Вихревые трубы. Термосифоны. Тепловые трубы. Термоэлектрическое охлаждение. Термостатирование с помощью полупроводниковых термобатарей. Принцип действия и конструкция турбохолодильника.	8	4	12	15	39
Итого			**36**	**18**	**72**	**90**	**216**

заочная форма обучения

	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и законы переноса энергии и вещества	Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Процессы тепломассообмена в природе. Общая характеристике тепломассообмена в ЭС. Тепло- и влагостойкость элементов. Теплопроводность (кондуктивный перенос тепла). Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Тепловые коэффициенты. Тепловые сопротивления. Метод электротепловых аналогий. Конвективный теплообмен. Понятие конвективного теплообмена. Виды и режимы движения среды. Критерии подобия. Теплообмен излучением. Понятие излучения. Основные законы теплового излу-	2			38	40

		чения. Закон Планка. Закон смещения Вина. Закон Ламберта. Закон Кирхгофа.					
2	Сложный теплообмен	Понятие сложного теплообмена. Уравнение теплового баланса. Теплопередача через плоскую однослойную стенку. Теплопередача через плоскую многослойную стенку. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Передача тепла через оребренную поверхность (радиатор)	1		2	37	40
3	Влагообмен.	Законы Фика. Методика расчета влагозащиты. Способы влагозащиты полимерными материалами. Герметизация. Способы герметизации.	1			37	38
4	Стационарный и нестационарный тепловые режимы в приборах	Нестационарный тепловой режим простейших моделей электронных средств. Понятие нестационарного теплового режима. Приближенные расчеты нестационарных температурных полей. Стационарный тепловой режим простейших моделей РЭС. Понятие стационарного теплового режима. Основные закономерности стационарных полей. Принцип суперпозиции. Принцип местного влияния.	1		2	37	40
5	Выбор системы охлаждения электронных средств и способы обеспечения тепловых режимов.	Тепловые режимы и способы обеспечения тепловых режимов РЭС. Методы оценки тепловых режимов. Тепловые режимы РЭС с крупными деталями на шасси и кассетного типа. Выбор системы охлаждения для РЭС 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. Способы охлаждения электронных средств. Выбор способа охлаждения ЭС.	2	2	2	37	43
6	Специальные устройства охлаждения радиоэлектронных средств.	Основные элементы систем охлаждения. Теплоносители. Теплообменные устройства. Вентиляторы. Специальные устройства охлаждения радиоэлектронных средств. Вихревые трубы. Термосифоны. Тепловые трубы. Термоэлектрическое охлаждение. Термостатирование с помощью полупроводниковых	1	2	2	37	42

		термобатарей. Принцип действия и конструкция турбохолодильника.					
Итого			**8**	**4**	**8**	**223**	**243**

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Расчет тепловых характеристик стоек ЭС. Исследование теплового режима блока ЭС.
2. Моделирование температурных полей модулей на печатных платах.
3. Моделирование температурного, поля и расчет надежности интегральной микросхемы.
4. Моделирование температурного поля и расчет надежности микросборок.
5. Моделирования температурных режимов и выбор типа радиаторов.

5.3 Перечень практических работ

1. Обеспечение влагозащиты РЭС. Расчет времени влагозащиты гермооболочки РЭС. Воздействие влаги на материалы и электрорадиоэлементы. Способы влагозащиты элементов и узлов РЭС.
2. Определить тепловой режим блока в герметичном корпусе и его элементов.
3. Определить тепловой режим блока в герметичном корпусе с внутренним перемешиванием и его элементов.
4. Определить тепловой режим блока в герметичном корпусе с наружным обдувом.
5. Рассчитать тепловой режим герметичного блока с оребренным корпусом.
6. Рассчитать тепловой режим блока в перфорированном корпусе и его элементов.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре (очное и заочное обучение).

Примерная тематика курсового проекта: «Теплофизические процессы в электронных средствах».

Темой курсового проекта является расчет тепловых режимов блоков и элементов ЭС и выбор конструкции радиатора 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 блока
- Рассчитать радиатор для наиболее теплонагруженных транзисторов

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 тепловые режимы блоков и элементов ЭС и выбор конструкции радиаторов с использованием современных систем автоматизированного проектирования.	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь Выбирать системы охлаждения для РЭС и способы обеспечения тепловых режимов, с использованием средств автоматизации проектирования	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть современными методами проектирования электронных средств с учетом обеспечения тепловых режимов. Навыками 3D моделирования конструкции, позволяющими увидеть результат проведенных расчетов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	Знать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств с учетом тепловых режимов	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлек-	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих про-	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих програм-

	тронных устройств, с учетом тепловых режимов.		граммах	мах
	владеть современными программными комплексами разработки конструкторской и технической документации.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очного и заочного обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать тепловые режимы блоков и элементов ЭС и выбор конструкции радиаторов с использованием современных систем автоматизированного проектирования.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь Выбирать системы охлаждения для РЭС и способы обеспечения тепловых режимов, с использованием средств автоматизации проектирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современными методами проектирования электронных средств с учетом обеспечения тепловых режимов. Навыками 3D моделирования конструкции, позволяющими увидеть результат проведенных расчетов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	Знать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств с учетом тепловых режимов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлек-	Решение стандартных практических	Задачи решены в полном объеме и получены вер-	Продемонстрирован верный ход решения всех,	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

	тронных устройств, с учетом тепловых режимов.	задач	ные ответы	но не получен верный ответ во всех задачах	большинстве задач	
	владеть современными программными комплексами разработки конструкторской и технической документации.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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. Метод определения тепловых коэффициентов, который сводится к решению системы уравнений баланса, тепловой энергии или теплопроводности в каждом конкретном случае, является:

a) Экспериментальным
b) Теоретическим
c) Аналитическим

2. Большинство реальных нагретых зон РЭС являются системой с:

a) дальним порядком
b) ближним порядком
c) средним порядком

3. Методы исследования, которые приводят к системе формул, позволяющих получить информацию о тепловом поле проектируемой системы в общем виде, называются:

a) Экспериментальными
b) Приближенными аналитическими
c) Аналоговыми

4. Эффективность принудительного воздушного охлаждения тем больше:

a) чем выше температура обдувающего воздуха и чем больше его скорость
b) чем ниже температура обдувающего воздуха и чем больше его скорость
c) чем ниже температура обдувающего воздуха и чем меньше его скорость

5. Выбор способа охлаждения на ранней стадии конструирования:

a) дает возможность оценить вероятность обеспечения заданного по ТЗ теплового режима РЭС
b) дает возможность оценить точность обеспечения заданного по ТЗ теплового режима РЭС

c) не дает возможность оценить вероятность или точность обеспечения заданного по ТЗ теплового режима РЭС

6. Что относится к первичным факторам, влияющим на тепловой режим РЭС?

a) изменение температуры окружающей среды и внешние тепловые потоки
b) давление внутри корпуса РЭС
c) влажность

7. Диапазон изменения температуры окружающей среды от -60 до +60 °С характерен для:

a) корабельных РЭС
b) наземных РЭС
c) ракетно-космических РЭС

8. Что такое термостойкость?

a) это способность материалов элементов РЭС кратковременно или длительно противостоять воздействию влажности
b) это способность материалов элементов РЭС кратковременно или длительно противостоять воздействию низких или высоких температур, а также резких изменений температур
c) это способность материалов элементов РЭС кратковременно или длительно противостоять воздействию давления

9. Тепловая энергия, выделяющаяся в системе, приводит к:

a) повышению её температуры
b) понижению её температуры
c) стабильности её температуры

10. Для большинства диэлектриков с повышением температуры:

a) диэлектрическая проницаемость увеличивается, а тангенс угла потерь уменьшается
b) диэлектрическая проницаемость уменьшается, а тангенс угла потерь увеличивается
c) диэлектрическая проницаемость и тангенс угла потерь не меняются

11. Что называется гигроскопичностью?

a) Способность материала поглощать водяные пары из воздуха
b) Способность материала выделять водяные пары
c) 1 + 2

12. Отношение количества паров воды в воздухе к его критическому значению – это:

a) абсолютная влажность
b) влажность

c) относительная влажность

13. Нормальной относительной влажностью считается влажность, равная
a) 60-70 %
b) 70-80 %
c) 80-90 %

14. Процесс поглощения влаги поверхностью материала называется:
a) абсорбция
b) адсорбция
c) сорбция

15. Гидрофобные – это материалы, поверхность которых:
a) не смачивается водой
b) смачивается водой
c) отталкивает воду

16. Пленка воды, образующаяся на поверхности диэлектрика:
a) улучшает его электрические параметры
b) ухудшает его электрические параметры
c) не влияет на его электрические параметры
Ответ 2
17. Явление конвекции заключается в том, что
a) обмен энергией происходит от непосредственного обмена энергией (теплом) между соседними атомами твёрдого тела или соприкасающимися группами атомов
b) обмен энергией между двумя макроскопическими телами происходит посредством электромагнитных волн
c) перенос тепловой энергии осуществляется перемещением групп атомов или молекул

18. Что такое теплопроводность?
a) Обмен энергией посредством электромагнитных волн
b) Передача путём непосредственного обмена энергией между соседними атомами
c) Перенос тепловой энергии перемещением групп атомов или молекул

19. Что такое тепловой поток?
a) Совокупность значений температуры во всех точках тела
b) Количество тепла, переносимого через какую-либо изотермическую поверхность в единицу времени
c) Предел отношения изменения температуры к изменению расстояния между изотермами
20. Наибольшее изменение температуры происходит при переходе от изотермы к изотерме:

a) по нормали
b) по касательной
c) изменение температуры вообще не происходит

21. Процесс теплопроводности неразрывно связан:
a) с распространением температуры внутри тела
b) с распространением температуры вокруг тела
c) не связан с распространением температуры

22. Конвективным теплообменом, или теплоотдачей, называется:
a) процесс переноса тепла между поверхностью твёрдого тела, с одной стороны, и жидкостью или газом, с другой
b) процесс переноса тепла между поверхностями твёрдых тел
c) процесс переноса тепла между жидкостью и газом

23. Турбулентным режимом движения среды называется режим когда:
a) частицы движутся параллельным потоком в канале параллельно стенкам
b) частицы в поступательно перемещающейся массе движутся хаотически
c) происходит переход от первого режима ко второму

24. Критерий подобия Рейнольдса:
a) отражает физические свойства жидкости
b) характеризует интенсивность процесса конвективного теплообмена между жидкостью и поверхностью твердого тела
c) определяет характер течения жидкости и представляет собой отношение сил инерции и вязкости

25. При ламинарном движении среды максимальной скоростью движения обладают:
a) пристеночные слои
b) центр потока
c) скорость всего потока примерно одинакова

26. При переходном режиме характер движения определяется:
a) без изменения величины и направления вектора движения среды
b) только изменением величины
c) только направлением вектора движения среды

27. Критерий подобия, который устанавливает связь между скоростью изменения температурного поля, физическими параметрами и размерами тела:
a) Критерий подобия Грасгофа
b) Критерий подобия Фурье
c) Критерий подобия Нуссельта

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

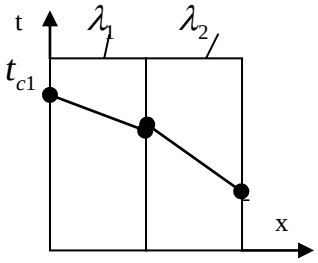
1. Наибольшее изменение температуры происходит при переходе от изотермы к изотерме _____.

2. Градиентом температур называют называется предел отношения изменения температуры к изменению расстояния _____.

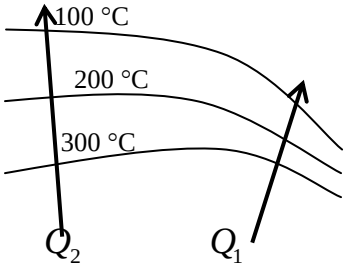
3. Процесс распространения электромагнитных волн, испускаемых телом при преобразовании внутренней энергии тела в результате внутримолекулярных и внутриатомных _____.

4. Совокупностью процессов испускания, переноса, поглощения, отражения и пропускания теплового излучения называется _____.

5.Сравнить коэффициенты теплопроводности слоев плоской стенки при $\delta_1 = \delta_2$!



6. Сравнить тепловые потоки Q_1 и Q_2 !



7. Сравнить степени черноты гладкой и шероховатой поверхностей!

А) $\varepsilon_{гл} < \varepsilon_{шер}$

Б) $\varepsilon_{гл} = \varepsilon_{шер}$

В) $\varepsilon_{гл} > \varepsilon_{шер}$

8.Указать математическое выражение 3-мерного стационарного температурного поля!

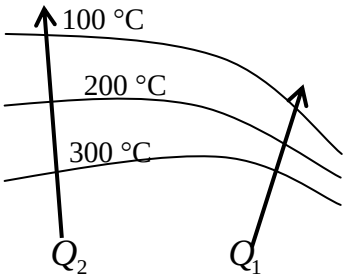
А) $t = f(x, \tau)$

Б) $t = f(x)$

В) $t = f(x, y, z, \tau)$

Г) $t = f(x, y, z)$

9. Сравнить тепловые потоки Q_1 и Q_2 !



А) $Q_1 = Q_2$

Б) $Q_1 < Q_2$

В) $Q_1 > Q_2$

10.Указать математическое выражение 3-мерного нестационарного температурного поля!	А) $t = f(x,\tau)$ Б) $t = f(x)$ В) $t = f(x,y,z,\tau)$ Г) $t = f(x,y,z)$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	Теплота отдается свободной конвекцией от горизонтального цилиндра длиной ℓ = 0,2 м, диаметром d = 0,2 м и температурой стенки t_c = 30 °С к воздуху температурой $t_в$ = 10 °С. Определить отданную теплоту Q в Вт, если для воздуха: Pr = 0,7; λ = 0,025 Вт/(мК); ν = $14,2*10^{-6}$ м²/с!	А) 52,4 Б) 4,16 В) 10,5 Г) 33,3
2	Теплота передается от горячего теплоносителя к холодному через плоскую стенку поверхностью F = 0,2 м². Определить термическое сопротивление теплопередачи, если: α_1 = 500 Вт/(м²К); α_2 = 50 Вт/(м²К); δ = 0,1 м; λ = 1 Вт/(мК)!	А) 0,122 Б) 8,2 В) 13,1 Г) 65,6
3	Теплота передается от горячего теплоносителя к холодному через цилиндрическую стенку длиной L = 0,5 м. Определить удельный линейный тепловой поток q_ℓ в Вт/м, если: α_1 = 500 Вт/(м²К); α_2 = 50 Вт/(м²К); d_1/d_2 = 0,2/0,21 м; λ = 10 Вт/(мК); Δt = 8 К.	А) 0,108 Б) 9,26 В) 116 Г) 233
4	Теплота передается теплопроводностью через 2-слойную цилиндрическую стенку длиной L = 0,8 м. Определить переданную теплоту Q в Вт, если: $d_1/d_2/d_3$ = 0,45/0,5/0,6 м; λ_1 = 1 Вт/(мК); t_{c1} = 120 °С; λ_2 = 0,05 Вт/(мК); t_{c2} =60°С.	А) 80 Б) 100 В) 118 Г) 236
5	Теплота передается теплопроводностью через 2-слойную плоскую стенку поверхностью F = 0,8 м². Определить температуру между слоями t', если: δ_1 = 0,2 м; λ_1 = 1 Вт/(мК); t_{c1} = 550 °С; δ_2 = 0,02 м; λ_2 = 0,1 Вт/(мК); t_{c2} =350°С.	А) 400 Б) 450 В) 500 Г) 550
6	Воздух с температурой t_1 = 50 °С движется со скоростью w = 15 м/с в трубе диаметром d = 0,1 м, длиной L = 5 м и температурой стенки t_c = 40°С. Определить удельный линейный тепловой поток q_ℓ в Вт/м, если для воздуха: ν = $18*10^{-6}$ м²/с;	А) 0,229 Б) 43,7 В) 137 Г) 685

λ = 0,028 Вт/(мК); Pr = 0,7.

7	Чему равна приведенная степень черноты двух параллельных поверхностей, если: ε_1 = 0,25; ε_2 = 0,5?	А) 0,14 Б) 0,8 В) 0,2 Г) 0,5
8	Найти плотность теплового потока через плоскую стенку, имеющую термическое сопротивление теплопередачи Rt = 3,5 (м2·К)/Вт. Температуры со стороны горячего и холодного теплоносителей поддерживаются соответственно равными Tf1 = 120 оС и Tf2 = 15 оС.	А) 112 Вт/м^2 Б)26 Вт/м^2 В) 30 Вт/м^2 Г) 60 Вт/м^2
9	Тепловые потери через плоскую стенку составляют q = 1000 Вт/м^2. Определить толщину изоляции с коэффициентом теплопроводности l_2 = 0,2 Вт/(м×К), которую необходимо наложить на плоскую стенку, при условии, что температура на наружной поверхности плоской стенки T_{1-2} = 200 ^{o}С, а температура на наружной поверхности изоляции T_{w2} = 50 ^{o}С.	А) 30 мм Б) 26 мм В) 34 мм Г) 18 мм
10	Определить поверхность нагрева F в м² рекуперативного теплообменника при прямотоке теплоносителей, если Q = 52422 кВт; k = 60 Вт/м²; t'1= 825 =С; t"1= 625 =С; t'2 = 15 С; t"2 = 475 С	А) 3,23 м² Б) 1,82 м² В) 2,82 м² Г) 2,23 м²

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Влияние тепла и влаги на РЭА и её элементы.
2. Способы переноса тепловой энергии в твердых телах, жидких и газообразных средах.
3. Основные теплофизические характеристики.
4. Теплопроводность (кондуктивный перенос тепла).
5. Закон Фурье. Физический смысл коэффициента теплопроводности.
6. Закон Фурье. Методы электротепловых аналогий (ЭТА).
7. Теплопроводность через плоскую однослойную стенку.
8. Теплопроводность через плоскую трехслойную стенку.
9. Определение градиента температуры.
10. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
11. Виды и режимы движения среды.
12. Критерий подобия.
13. Теплообмен излучением. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Перенос тепла излучением.
14. Основные законы лучистого теплообмена.

15. Лучистый теплообмен между параллельными поверхностями. Лучистый теплообмен
при наличии экранов
16. Сложный теплообмен. Теплопередача через однослойную и многослойную плоские стенки.
17. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Случай оребренной поверхности.
18. Тепломассообмен в двухфазных средах. Диффузия. Первый и второй закон Фика.
19. Перенос влаги через материал с помощью специального потока, Закон Генри.
20. Физический смысл коэффициента растворимости.
21. Методика расчета влагозащиты РЭА
22. Нестационарный тепловой режим.
23. Основные закономерности стационарных полей.
24. Принцип суперпозиции. Принцип местного влияния.
25. Способы охлаждения аппаратов с деталями на шасси
26. Способ охлаждения аппаратов кассетной конструкции.
27. Классификация систем обеспечения теплового режима (СОТР).
28. Классификация систем охлаждения РЭА.
29. Системы охлаждения РЭА на основе конвекции.
30. Кондуктивные системы охлаждения. Системы охлаждения с использованием различных физических эффектов.
31. Основные элементы систем охлаждения. Теплоносители.
32. Нагнетатели систем охлаждения.
33. Теплообменные устройства. Расчет теплообменников.
34. Разновидности теплообменных устройств. Изменение температур теплоносителей при прямотоке и противотоке.
35. Термоэлектрические охлаждающие устройства.
36. Конструкция термосифона.
37. Использование для охлаждения РЭА тепловых труб, их принцип действия и конструкция.
38. Принцип действия вихревой трубы (Эффект Ранка).
39. Принцип действия турбохолодильного агрегата.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен 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.

7.2.7 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, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
2	Основные элементы систем охлаждения.	ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
3	Выбор системы охлаждения и способы обеспечения тепловых режимов	ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
4	Специальные устройства охлаждения.	ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
5	Моделирование тепловых характеристик конструкций при проектировании РЭС	ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….

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 радиоприборов : Учеб.пособие учеб. пособие./ ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет»; Воронеж, 2008. 147 с.
2. Муратов А.В., Ципина Н.В. Теплофизические процессы в радиоэлектронных устройствах и приборах: учеб.пособие / Воронеж: ФГБОУ ВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2012. 135 с. 1 файл. – URL: http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Download.asp?
3. Муратов А.В., Ципина Н.В. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС: учебное пособие Воронеж: ГОУВО “Воронежский государственный технический университет”, 2007. 96 с.
4. 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
5. Муратов А.В., Ципина Н.В. Расчёт теплового режима блока РЭС: методические указания по выполнению практических работ/ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; Воронеж, 2014. 27 с.
6. Башкиров А.В. Муратов А.В. Ципина Н.В. Методические указания по курсовому проектированию. Воронежский государственный технический университет, 2010. 31 с.
7. Муратов А.В., Ципина Н.В. Исследование влияния конструктивных особенностей теплоотводов на эффективность охлаждения полупроводниковых приборов: методические указания к лабораторной работе/ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; Воронеж, 2014. 18 с.
8. Муратов А.В., Ципина Н.В. Расчёт теплового режима блока РЭС: методические указания по курсовому проектированию/ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет; Воронеж, 2015. 46 с.
9. Дерюгин В.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 244 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/74378.html.— ЭБС «IPRbooks»
10. Шаров Ю.И. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шаров Ю.И., Григорьева О.К.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск:

Новосибирский государственный технический университет, 2018.— 164 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/91450.html.— ЭБС «IPRbooks»

11. Теория тепломассообмена [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ С.И. Исаев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018.— 464 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/93924.html.— ЭБС «IPRbooks»

12. Арзамасцев, А. Г. Исследование естественной конвекции на горизонтальных трубах : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Тепломассообмен» / А. Г. Арзамасцев, В. Я. Губарев, А. Г. Ярцев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 17 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/75072.html

13. Севостьянов, А. В. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности твердого тела : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Тепломассообмен» / А. В. Севостьянов, Т. Г. Мануковская. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 16 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/74421.html

14. Методические указания по самостоятельной работе по дисциплинам «Теплофизические процессы в приборах», «Теплофизические процессы в электронных средствах» для студентов направлений 12.03.01. «Приборостроение» (профиль «Приборостроение»), 11.03.03. «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения. [Электронный ресурс] / Каф. конструирования и производства радиоаппаратуры; Сост.: А. В. Турецкий, Н. В. Ципина. - Электрон. текстовые, граф. дан. (662 Кб). - Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2015.– Режим доступа: СРС_ТПЛ

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/

Altium Designer

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://window.edu.ru – единое окно доступа к информационным ресурсам;

http://www.edu.ru/ – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

http://www.iprbookshop.ru/ – электронная библиотечная система IPRbooks;

www.elibrary.ru – научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

http://www.kit-e.ru/ – Электронная версия журнала «Компоненты и технологии» и архив с 1999 года;

http://window.edu.ru/resource/278/45278 – Федеральный портал «Инженерное образование»

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, доска магнитно-маркерная поворотная;

ауд. 226/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 226/3.

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;

принтер;

магнитно-маркерная доска.

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

По дисциплине «Теплофизические процессы в электронных средствах» 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 дополнитель-

ную 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.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			