ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»**

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

# МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

дисциплины

**«Тепломассообмен в ЭС»**

Направление подготовки
11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) подготовки:
«Конструирование и технология электронных вычислительных средств»

Уровень подготовки – бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2023

# 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина «Тепломассообмен в ЭС» изучается в 5 семестре (3 курс). Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е. (108 ч). Цель дисциплины – изучение методов расчета температурных режимов электронной аппаратуры и их применение в профессиональной деятельности.

Основные виды учебной работы по дисциплине: лекции (32 ч), лабораторные работы (16 ч), самостоятельная работа (13 ч), консультация перед экзаменом (2 ч). Форма промежуточной аттестации – экзамен.

## Методические указания в рамках лекций

Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания, и постараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно разобраться в материале не удалось, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающимся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам. Рекомендуется в день, предшествующий очередной лекции, прочитать конспекты двух предшествующих лекций, обратив особое внимание на содержание последней лекции.

Лекционный курс включает следующие основные темы:

1. Процессы тепло- и массообмена в природе.
2. Тепловое сопротивление и тепловой коэффициент. Составные стенки. Сложный теплообмен.
3. Кондукция. Уравнение теплопроводности. Краевые условия. Стационарное поле температур оболочек.
4. Системы охлаждения ЭА. Теплообменные устройства.
5. Термодинамические основы охлаждения: КХМ, дроссельные микроохладители, термоэлектрическое охлаждение, вихревые и тепловые трубы.
6. Способы охлаждения. Конструктивные особенности ЭА с воздушным охлаждением.
7. Температурное поле стержней. Радиаторы.

## Методические указания в рамках лабораторных занятий

Для успешного и своевременного выполнения лабораторных работ требуется систематическое изучение теоретического материала по учебной литературе и конспекту лекций в ходе подготовки к лабораторному занятию.

Лабораторные работы выполняются на лабораторных макетах кафедры с использованием измерительной аппаратуры (термопары, измерители температуры, источники питания, вентиляторы с регулируемым расходом). Обработку результатов измерений и тепловые расчеты рекомендуется выполнять в электронных таблицах LibreOffice Calc или в среде математических расчетов. Перед выполнением работы необходимо изучить правила техники безопасности при работе с электроустановками.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо внимательно ознакомиться с методическими указаниями, учебным материалом и заданием. В отчет по лабораторной работе заносятся цель работы, исходные данные (вариант задания), ход выполнения, полученные результаты (модели, чертежи, расчеты, графики, таблицы), выводы и ответы на контрольные

вопросы. Отчет оформляется с помощью офисного пакета LibreOffice или другого доступного студенту редактора.

Перед защитой отчета рекомендуется ознакомиться со списком контрольных вопросов по теме работы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка «зачтено» за лабораторную работу.

Перечень лабораторных работ:

1. Исследование температурного режима ЭА в герметичном корпусе (4 ч).
2. Исследование температурного режима ЭА с естественным воздушным охлаждением (4 ч).
3. Исследование теплового режима ЭА с принудительным воздушным охлаждением (4 ч).
4. Подбор радиатора для охлаждения транзистора (4 ч).

**Методические указания в рамках подготовки к промежуточной аттестации**

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий, слайдов и другого раздаточного материала, предусмотренного рабочей программой дисциплины, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей рабочей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольку типовых задач из каждой темы (в том случае, если тема предусматривает решение задач). При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения. Перед экзаменом проводится консультация, на которую следует приходить с заранее подготовленными вопросами.

**Методические указания в рамках самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов готовятся преподавателем и выдаются студентам в виде раздаточных материалов или оформляются в виде электронного ресурса, используемого в рамках системы дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Самостоятельная работа включает: проработку конспектов лекций и рекомендованной литературы, подготовку к лабораторным работам и оформление отчетов, подготовку к экзамен.

Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует:

– закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий;
– углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины;
– освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний.

Вопросы и темы для самостоятельного изучения:

1. Составление и расчет тепловых цепей.
2. Влияние влажности на тепловой режим ЭС.
3. Стандартные теплообменники для ЭС.
4. Стандартные системы термоэлектрического охлаждения. Микрохолодильники для ЭС.
5. Конструктивные особенности ЭА с воздушным охлаждением.

**Рекомендации по работе с литературой**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта изучается рекомендованная литература. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке, с использованием доступных

электронных библиотечных систем (ЭБС «Лань», ЭБС IPRbooks, электронная библиотека РГРТУ) или с помощью сети Интернет (источники, которые могут быть использованы без нарушения авторских прав).

## 2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

**Основная литература**


1. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб.: Университет ИТМО, 2012. – 194 с. – URL: http://www.iprbookshop.ru/68180.html.
2. Зарипов З.И., Курбангалеев М.С., Мухамадиев А.А., Хайруллин И.Х. Теория теплообмена: лабораторный практикум. – Казань: КНИТУ, 2017. – 80 с. – URL: http://www.iprbookshop.ru/79558.html.
3. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. – СПб.: Лань, 2016. – 292 с.


**Дополнительная литература**


4. Видин Ю.В., Иванов В.В., Казаков Р.В. Инженерные методы расчета задач теплообмена: монография. – Красноярск: СФУ, 2014. – 168 с. – URL: http://www.iprbookshop.ru/84354.html.
5. Цирельман Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2019. – 504 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/119624.
6. Кулинченко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам. – Киев: Тэхника, 1990. – 164 с.
7. Муратов А.В., Ципина Н.В. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС: учеб. пособие. – Воронеж, 2007. – 98 с.
8. Логинов В.С., Юхнов В.Е. Нестационарные температурные режимы и тепловые потери активных элементов с произвольным числом циклов нагрузка–пауза. – Новосибирск: СО РАН, 2010. – 152 с.


**Методические разработки**


9. Кораблев В.А., Минкин Д.А., Шарков А.В. Лабораторный практикум по курсу «Теория тепло- и массообмена»: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 37 с. – URL: http://www.iprbookshop.ru/67244.html.
10. Логинов В.С., Крайнов А.В., Юхнов В.Е., Феоктистов Д.В. Примеры и задачи по тепломассообмену. – СПб.: Лань, 2017. – 256 с.
11. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С., Андреева М.В. Теплотехника. Практический курс. – СПб.: Лань, 2017. – 192 с.


Составил
доцент кафедры САПР ВС
к.т.н., доцент Ю.А. Копейкин


Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ — **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР — **22.0**8.**2**3 15:28 (MSK) — Простая подпись

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ — **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР — **22.0**8.**2**3 15:28 (MSK) — Простая подпись