

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Корячко

**Энергоэффективные способы охлаждения мощных
электронных приборов и устройств**
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Промышленной электроники
Учебный план	11.04.04_23_00.plx 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
Квалификация	магистр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,65	0,65	0,65	0,65
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	50,65	50,65	50,65	50,65
Контактная работа	50,65	50,65	50,65	50,65
Сам. работа	69,3	69,3	69,3	69,3
Часы на контроль	44,35	44,35	44,35	44,35
Письменная работа на курсе	15,7	15,7	15,7	15,7
Итого	180	180	180	180

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Фефелов Андрей Анатольевич

Рабочая программа дисциплины

Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 27.01.2023 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от 14.06.2023 г. № 12

Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Круглов Сергей Александрович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Системное изложение положений, представляющих теоретическую основу теплофизических процессов, протекающих в электронных приборах и устройствах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Высоковольтная импульсная техника
2.2.2	Научно-исследовательская работа (часть 2)
2.2.3	Производственная практика
2.2.4	Современные методы анализа в научных исследованиях
2.2.5	Физические основы технологии производства приборов и устройств электроники
2.2.6	Электронные системы коммуникации и управления
2.2.7	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-1: Способен проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
ПК-1.1. Проводит сравнение характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
Знать Знает характеристики и параметры существующих и перспективных материалов, технологических процессов и оборудования применяемых при производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Уметь Умеет проводить сравнение характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования применяемых при производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Владеть Владеет навыками выполнения сравнения характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
ПК-1.2. Собирает и систематизирует информацию о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
Знать Знает электронные ресурсы, содержащие информацию о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Уметь Умеет выполнять сбор и систематизацию информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Владеть Владеет навыками сбора и систематизации информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	

ПК-2: Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок	
ПК-2.1. Проведит анализ новых направлений исследований в соответствующей области знаний	

Знать Знает современные тенденции и новые направления исследований в соответствующей области знаний
Уметь Умеет проводить анализ новых направлений исследований в соответствующей области знаний
Владеть Владеет навыками выполнения анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний
ПК-2.2. Проводит обоснование перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний
Знать Знает критерии перспективности проведения исследований в соответствующей области знаний
Уметь Умеет обосновывать перспективность проведения исследований в соответствующей области знаний
Владеть Владеет практическими навыками выполнения обоснования перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	1. Знает характеристики и параметры существующих и перспективных материалов, технологических процессов и оборудования применяемых при производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.1.2	2. Знает электронные ресурсы, содержащие информацию о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.1.3	3. Знает современные тенденции и новые направления исследований в соответствующей области знаний
3.1.4	4. Знает критерии перспективности проведения исследований в соответствующей области знаний
3.2 Уметь:	
3.2.1	1. Умеет проводить сравнение характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования применяемых при производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.2.2	2. Умеет выполнять сбор и систематизацию информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.2.3	3. Умеет проводить анализ новых направлений исследований в соответствующей области знаний
3.2.4	4. Умеет обосновывать перспективность проведения исследований в соответствующей области знаний
3.3 Владеть:	
3.3.1	1. Владеет навыками выполнения сравнения характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.3.2	2. Владеет навыками сбора и систематизации информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
3.3.3	3. Владеет навыками выполнения анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний
3.3.4	4. Владеет практическими навыками выполнения обоснования перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Аудиторная работа					
1.1	Введение /Тема/	2	0			

1.2	Современные тенденции в области развития систем охлаждения РЭА /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	
1.3	Принципы построения энергоэффективных систем охлаждения РЭА /Тема/	2	0			
1.4	Оптимизация геометрии развитых поверхностей теплообмена /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
1.5	Интенсификация теплоотдачи компонентов РЭА с помощью тепловых труб /Лек/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
1.6	Жидкостно-воздушные системы охлаждения компонентов РЭА /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
1.7	Оптимизация энергопотребления систем охлаждения источников тепловыделения, функционирующих в импульсном режиме. /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	

1.8	Оптимизация оребрения воздушного радиатора в режиме естественной конвекции /Лаб/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	ЛЗ.2	
1.9	Оптимизация оребрения воздушного радиатора в режиме вынужденной конвекции /Лаб/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	ЛЗ.2	
1.10	Экспериментальное исследование характеристик термоэлектрического элемента /Лаб/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	ЛЗ.1	
1.11	Система охлаждения на основе тепловых труб /Лаб/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	ЛЗ.2	
1.12	Построение аналитической модели распределения температуры в вертикальном воздушном радиаторе в режиме естественной конвекции /Пр/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.3 Л1.4Л2.3	

1.13	Тепловые трубы /Пр/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.3 Л1.4Л2.3	
1.14	Жидкостно-воздушные системы охлаждения /Пр/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.3 Л1.4Л2.3	
1.15	Интенсификация теплообмена излучением и применение тепловых аккумуляторов в система охлаждения компонентов РЭА /Пр/	2	4	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.3 Л1.4Л2.3	
1.16	Оптимизация оребрения воздушного радиатора в режиме естественной и вынужденной конвекции /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2	
1.17	Термоэлектрические элементы в системах охлаждения /Лек/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1	
	Раздел 2. Внеаудиторная работа					
2.1	Индивидуальные занятия со студентами, консультации, самостоятельная работа студентов и контроль знаний /Тема/	2	0			

2.2	/ИКР/	2	0,65	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
2.3	/Ср/	2	69,3	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
2.4	/КПКР/	2	15,7	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
2.5	/Экзамен/	2	44,35	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	
2.6	/Кнс/	2	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-3 ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.3	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

«Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств»)

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Шибанов А.П.	Тепломассообмен в электронно-вычислительной аппаратуре : Метод.указ.к курс.проектир.	Рязань, 1995, 24с.	, 1
Л1.2	Стоянов Н. И., Смирнов С. С., Смирнова А. В.	Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие. направление подготовки 270800.62 – строительство	Ставрополь: СКФУ, 2014, 225 с.	, https://e.lanbook.com/book/155167
Л1.3	Логинов В. С., Крайнов А. В., Юхнов В. Е., Феоктистов Д. В., Шабунина О. С.	Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 256 с.	978-5-8114-1132-0, https://e.lanbook.com/book/206057
Л1.4	Дмитренко А. В.	Математическое моделирование задач тепломассообмена в примерах : учебное пособие для подготовки бакалавров по направлениям подготовки: 13.03.01 «теплоэнергетика и теплотехника», 15.03.05 «конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Москва: РУТ (МИИТ), 2021, 42 с.	, https://e.lanbook.com/book/269462
6.1.2. Дополнительная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Исмаилов Т. А., Гаджиев Х. М.	Полупроводниковые термоэлектрические энергоэффективные устройства : монография	Санкт-Петербург: Лань, 2020, 124 с.	978-5-8114-5376-4, https://e.lanbook.com/book/149458
Л2.2	Шекриладзе И.Г., Авалишвили И.Г., Гогошвили Г.Б. и др.; Под ред. Шекриладзе И.Г.	Тепловые трубы для систем термостабилизации	М.: Энергоатомиздат, 1991, 176с.	5-283-00204-7, 1
Л2.3	Крупенников, С. А.	Тепломассообмен: радиационный теплообмен : курс лекций	Москва: Издательский Дом МИСиС, 2001, 56 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/106990.html
6.1.3. Методические разработки				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Ибраев А. М., Визгалов С. В., Приданцев А. С., Сайфетдинов А. Г.	Обработка результатов измерений в холодильной технике	Казань: КНИТУ, 2016, 80 с.	978-5-7882-1868-7, https://e.lanbook.com/book/101878
Л3.2	Киселёв И. А., Страхов С. Ю.	Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks : лабораторный практикум	Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017, 48 с.	, https://e.lanbook.com/book/121844

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Microsoft Office	Коммерческая лицензия
MathCAD	Коммерческая лицензия
SolidWorks	Коммерческая лицензия

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.2	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	223 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий, компьютерный класс Специализированная мебель (20 посадочных места), магнитно-маркерная доска. 8 ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
---	--

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

«Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Методические указания дисциплины «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств»)

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ**28.09.23** 09:23 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ**28.09.23** 09:23 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе**28.09.23** 09:24 (MSK)

Простая подпись