


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


Кафедра «Промышленной электроники»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор ИМиА

 / О.А. Бодров
«__» _____ 20__ г

Заведующий кафедрой ПЭл

 / С.А. Круглов
«__» _____ 20__ г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОЦиМД

 А.В. Корячко
«__» _____ 20__ г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01 «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств»

Направление подготовки
11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) подготовки
«Промышленная электроника»

Уровень подготовки
Магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

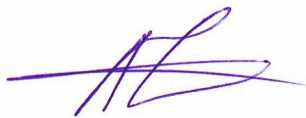
Рязань 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки № 959 от 22.09.2017 г.

Разработчик

К.т.н., доцент каф. ПЭл



А.А. Фeфелов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПЭл 28 мая 2020 г. (протокол № 10).

Заведующий кафедрой ПЭл



С.А. Круглов

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Целью освоения дисциплины является системное изложение положений, представляющих теоретическую основу теплофизических процессов, протекающих в электронных приборах и устройствах.

Задачи:

1. Получение системы знаний в части, касающейся способов оценки тепловых режимов изделий электронной техники.
2. Подготовка и представление анализа: научно-технической информации, касающейся современных методов расчета тепловых полей в сложных электронных устройствах; процессов передачи тепла и методов его рассеяния в окружающее пространство.
3. Систематизация и закрепление практических навыков по проектированию высокоэффективных систем охлаждения мощных электронных приборов и устройств.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-1. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ИД-1 ПК-1 знать тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники в части, касающейся обеспечения требуемого теплового режима устройств электронной техники. ИД-2 ПК-1 уметь обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных теплофизических задач
	ПК-3. Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	ИД-1 ПК-3 владеть навыками планирования и методами автоматизации теплофизического эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов ИД-2 ПК-3 владеть навыками выполнения измерений параметров исследуемых теплофизических процессов в реальном времени
	ПК-9. Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными документами	ИД-1 ПК-9 знать возможности современных программных комплексов, предназначенных для разработки проектно-конструкторской документации ИД-2 ПК-9 владеть навыками разработки проектно-конструкторской документации с применением со-

		временных программных средств
	ПК-14. Готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства	ИД-1 ПК-14 знать особенности авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства ИД-2 ПК-14 владеть навыками авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.01 «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств» относится к дисциплинам Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) магистратуры 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» направления 11.04.04 Промышленная электроника.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: «Физика», «Математика», «Пакеты прикладных программ».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (ЗЕ), или 144 часа.

Вид учебной работы	Форма обучения, часов	
	Очная, 2 семестр	Очно-заочная, 2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	180	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48	48
Лекции	16	16
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия (упражнения)	16	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	132	132

Курсовое проектирование	16	16
Консультации	2	2
Самостоятельные занятия	69	69
Контроль	45	45
Вид промежуточной аттестации	КП, Экзамен	КП, Экзамен

КП – курсовой проект.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

В структурном отношении программа представлена в виде одного модуля, содержащего основные дидактические единицы соответствующего раздела дисциплины.

4.1 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Раздел дисциплины (модуля)	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часы			Самостоятельная работа обучающихся, часы			
	ЛК	ЛР	ПЗ	СЗ	КР	К	Э
Очная форма обучения							
1. Основные виды теплопередачи, используемые в системах охлаждения электронных приборов	3	2	8	13	16	2	45
2. Развитые поверхности теплообмена	3	4	2	14			
3. Теплообменники	3	4	2	14			
4. Системы воздушного охлаждения электронных приборов	4	4	2	14			
5. Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств	3	2	2	14			
Всего:	16	16	16	69	16	2	45
	48			132			
	180						
Очно-заочная форма обучения							
1. Основные виды теплопередачи, используемые в системах охлаждения электронных приборов	3	2	8	13	16	2	45
2. Развитые поверхности теплообмена	3	4	2	14			
3. Теплообменники	3	4	2	14			
4. Системы воздушного охлаждения электронных приборов	4	4	2	14			

5. Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств	3	2	2	14			
Всего:	16	16	16	69	16	2	45
	48			132			
	180						

Принятые сокращения: ЛК – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПЗ – практические занятия, СЗ – самостоятельные занятия, КП – курсовой проект, К – консультации, Э – экзамен.

Лабораторный практикум

Лабораторный практикум выполняется в соответствии с программой дисциплины «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств». Общий объем лабораторных работ – 16 часов.

Цель лабораторных работ – изучение физических законов тепловых явлений и приобретение навыков экспериментального исследования.

Лабораторный практикум ориентирует студентов на серьезную самостоятельную подготовку и работу с современными приборами.

Практикум включает в себя следующие лабораторные работы.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	1	Исследование условий теплоотдачи теплопроводностью.	2
2	1	Исследование процесса передачи тепла теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.	2
3	1	Исследование условий теплоотдачи в режиме естественной конвекции воздуха.	2
4	1, 2, 3	Исследование эффективности различных видов ребрения в условиях естественной конвекции.	2
5	1, 4	Исследование условий теплоотдачи в режиме вынужденной конвекции воздуха.	2
6	1, 4	Исследование условий теплоотдачи при внешнем обтекании тел.	2
8	3, 4	Исследование системы воздушного охлаждения электронных приборов.	2

9	3, 5	Исследование системы жидкостного охлаждения приборов и устройств.	2
Всего			16

Лабораторные работы выполняются в специализированной лаборатории № 223 лабораторного корпуса, оснащенной лабораторными установками, приборами, персональными компьютерами и мультимедийной аппаратурой

Практические занятия

Практические занятия выполняются в соответствии с программой дисциплины «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств». Общий объем практических занятий – 16 часов.

Цель практических занятий – углубленное изучение законов тепловых явлений и привитие навыков компьютерного моделирования сложных физических процессов.

№ п/п	№ раздела	Наименование практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Передача тепла излучением: 1. Теплообмен между абсолютно черными поверхностями. 2. Теплообмен между диффузно-серыми поверхностями. Рекомендуемая литература: – основная [1, 2]; – дополнительная [1, 2].	2
2	1	Передача тепла теплопроводностью: 1. Теплопроводность в плоской, цилиндрической стенке и шаровой стенке. 2. Нестационарные процессы теплопередачи. Рекомендуемая литература: – основная [1, 2]; – дополнительная [1, 2].	4
3	1	Передача тепла конвекцией. 1. Теплоотдача в каналах при вынужденной конвекции. 2. Естественная конвекция. Рекомендуемая литература: – основная [1, 2]; – дополнительная [1, 2].	2
4	2, 4	Развитые поверхности теплообмена. Системы воздушного охлаждения: 1. Цилиндрические и кольцевые ребра. 2. Оптимальные размеры ребер. Рекомендуемая литература: – основная [1, 2]; – дополнительная [1, 2].	4

5	3, 5	Теплообменники. Системы жидкостного охлаждения: 1. Рекуперативные теплообменные аппараты. 2. Основные положения теплового расчета. Рекомендуемая литература: – основная [1, 2]; – дополнительная [1, 2].	4
Всего			16

Курсовой проект

Курсовая работа является заключительным этапом изучения дисциплины «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств».

Целью курсовой работы – проверка усвоения теоретических знаний в области обеспечения тепловых режимов электронных приборов и устройств.

Курсовая работа выполняется на тему «Разработка индивидуальной системы охлаждения конкретного типа электронного прибора». В каждом конкретном случае используются следующие разделы дисциплины:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Основной вид теплообмена	Трудоемкость (час.)
1	1 – 5	Передача тепла излучением. Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией. Развитые поверхности теплообмена. Теплообменники. Воздушное охлаждение. Жидкостное охлаждение. Охлаждение на основе фазовых переходов.	16
Всего			16

Результаты конструкторской разработки должны быть представлены в следующем виде.

Введение, постановка задачи.

1. Разработка тепловой модели системы.
2. Структурная схема системы охлаждения.
3. Разработка алгоритма решения процессов передачи тепла.
4. Расчетная часть.
5. Конструкторская проработка системы.
6. Основные параметры разработки.

Заключение.

Список используемых источников.

Приложение (сборочный чертеж системы).

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

(разделам)

В структурном отношении рабочая программа состоит из введения, основной части и заключения.

Во введении рассматриваются вопросы влияния теплового режима на надежность и выходные параметры электронных приборов и устройств.

Основная часть курса посвящена анализу способов передачи тепла, используемых в системах охлаждения электронных приборов. Далее рассматриваются процессы интенсификации теплообмена с окружающей средой и вопросы конкретной реализации охлаждающих устройств.

В заключительной части программы анализируется динамика снижения массогабаритных показателей охлаждающих систем.

Раздел дисциплины (модуля)	Содержание раздела	Общая трудоемкость, часы
Очная форма обучения		
1. Основные виды теплопередачи, используемые в системах охлаждения электронных приборов	Влияние теплового режима на надежность и выходные параметры приборов. ИЗЛУЧЕНИЕ. Основные закономерности теплового излучения: Законы Кирхгофа, Планка, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта. Теплообмен между абсолютно черными и диффузно-серыми поверхностями. Защита от теплового излучения. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ. Температурное поле, изотермические поверхности, градиент температуры. Основной закон теплопроводности Фурье. Теплопроводность в плоской, цилиндрической стенке и шаровой стенке. Термическое сопротивление. Теплопередача. Нестационарные процессы теплопередачи. КОНВЕКЦИЯ. Уравнение теплоотдачи Ньютона, коэффициент теплоотдачи, исходные уравнения конвективного теплообмена. Метод анализа размерностей. Теплоотдача в каналах при вынужденной конвекции. Коэффициент трения, перепад давления в каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании тел. Естественная конвекция.	26
2. Развитые поверхности теплообмена	Способы повешения эффективности теплообмена. Продольные, цилиндрические и кольцевые ребра. Оптимальные размеры ребер.	23
3. Теплообменники	Уравнения теплообмена. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Средне логарифмическая разность температур. Тепловой расчет теплообменников.	23
4. Системы воздушного охлаждения электронных приборов	Конструктивные примеры. Потери напора в системе охлаждения, выбор вентилятора	24
5. Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств	Примеры конструктивного исполнения. Критерий выбора жидкого теплоносителя и режимы его течения. Гидромеханический расчет жидкостной магистрали.	21

Консультации		2
Экзамен		45
Итого:		180
Очно-заочная форма обучения		
1. Основные виды теплопередачи, используемые в системах охлаждения электронных приборов	Влияние теплового режима на надежность и выходные параметры приборов. ИЗЛУЧЕНИЕ. Основные закономерности теплового излучения: Законы Кирхгофа, Планка, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта. Теплообмен между абсолютно черными и диффузно-серыми поверхностями. Защита от теплового излучения. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ. Температурное поле, изотермические поверхности, градиент температуры. Основной закон теплопроводности Фурье. Теплопроводность в плоской, цилиндрической стенке и шаровой стенке. Термическое сопротивление. Теплопередача. Нестационарные процессы теплопередачи. КОНВЕКЦИЯ. Уравнение теплоотдачи Ньютона, коэффициент теплоотдачи, исходные уравнения конвективного теплообмена. Метод анализа размерностей. Теплоотдача в каналах при вынужденной конвекции. Коэффициент трения, перепад давления в каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании тел. Естественная конвекция.	26
2. Развитые поверхности теплообмена	Способы повешения эффективности теплообмена. Продольные, цилиндрические и кольцевые ребра. Оптимальные размеры ребер.	23
3. Теплообменники	Уравнения теплообмена. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Средне логарифмическая разность температур. Тепловой расчет теплообменников.	23
4. Системы воздушного охлаждения электронных приборов	Конструктивные примеры. Потери напора в системе охлаждения, выбор вентилятора	24
5. Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств	Примеры конструктивного исполнения. Критерий выбора жидкого теплоносителя и режимы его течения. Гидромеханический расчет жидкостной магистрали.	21
Консультации		2
Экзамен		45
Итого:		180

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Краус А.Д. Охлаждение электронного оборудования. – Л.: Энергия, 1971. – 247 с.
2. Рубаник А., Большакова Г., Тельных Н. Самостоятельная работа студентов // Высшее образование в России. – 2005. – № 6. – С. 120–124.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная учебная литература

1. Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие / В.Н. Ляшков. – М.: Курс, Инфра-М, 2015. 328 с.
2. Григорьев Б.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 562 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33157>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

7.2. Дополнительная литература

1. Теоретические и практические основы теплофизических измерений / С.В. Пономарев [и др.]; под ред. С.В. Пономарева. – М.: Физматлит, 2008. 408 с.
2. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС: учеб. пособие / А.В. Муратов, Н.В. Ципина; Воронеж. гос. техн. ун-т. – Воронеж, 2007. 98 с.
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. – М.: Атомиздат, 1979. – 216 с.
4. Кейс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. – М.: Энергия, 1967. – 223 с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://www.e.lanbook.com>
3. Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <http://elib.rsreu.ru/>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения рекомендует-ся следующая последовательность действий:

- после прослушивания лекции и окончания учебных занятий займитесь детальной проработкой конспекта (1,5 ÷ 2 часа);
- работайте ежедневно в одно и то же время (в одни часы) дня;
- не ждите благоприятного настроения, а создавайте его усилием воли;
- в начале работы всегда освежайте в памяти материал предыдущей лекции;
- работайте с твердым намерением понять, усвоить изучаемый материал;
- уделяйте больше времени трудному материалу, не обходите трудности, старайтесь преодолеть их самостоятельно;
- в течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой в библиотеке.

9.2. Описание последовательности действий обучающегося («сценарий изучения дисциплины»)

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции, не применялся на практических и лабораторных занятиях. Тогда материал лекции будет гораздо понятнее.

Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

- после прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и осмыслить текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

- при подготовке к следующей лекции желательно просмотреть текст предыдущей, поскольку она может являться ее логическим продолжением (15 ÷ 20 минут).

9.3. Рекомендации по работе с литературой

Изучать рекомендованную литературу не значит пассивно принимать все написанное к сведению и излагать близко к тексту. Необходимо превратить чтение в активный процесс. При этом целесообразно использовать следующие правила конспектирования:

- прежде всего, указываются выходные данные источника – автор, наименование, год и место издания, количество страниц;

- в конспекте оставляются широкие поля – для уточнений, дополнений, собственных мыслей;

- необходимо выделять наиболее важные положения изучаемого источника;

- следует записывать только самое главное, избегая большого числа сокращений;

- полезно использовать несколько учебников по курсу;

- рекомендуется после изучения очередного параграфа решить несколько задач на данную тему.

9.4. Рекомендации по подготовке к зачету

Кроме изучения конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками и дополнительной литературой. В процессе освоения материала, очень важно добиться состояния понимания изучаемых разделов дисциплины.

При изучении теоретического материала всегда нужно рисовать схемы, графики, таблицы. При подготовке к зачету необходимо полностью изучить теорию курса, усвоить определения всех понятий и самостоятельно решить несколько типовых задач по каждой теме дисциплины.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Название ПО	№ лицензии	Количество мест

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и	65 мест, мультимедийное оборудование, специализированная мебель, магнито-маркерная доска

промежуточной аттестации, № 214 корпус 2	
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 109 корпус 2	60 мест, мультимедийное оборудование, специализированная мебель, магнито-маркерная доска
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 223 корпус 2	28 мест, специализированное лабораторное оборудование, магнито-маркерная доска

Программу составили
к.т.н., доцент каф. ПЭЛ

А.А. Фефелов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Промышленная электроника» (протокол № 10 от 28.05.2020).

Зав. кафедрой ПЭЛ
к.т.н., доцент

С.А. Круглов

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств»

Оценочные средства – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися дисциплины «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств» как части основной образовательной программы.

Оценка знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации. Основная задача такого контроля – оценка степени усвоения учебного материала и уровня развития у обучающихся профессиональных компетенций, предусмотренных программой дисциплины.

По итогам курса обучающиеся сдают **зачет**. Форма проведения зачета – устный ответ, по утвержденным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

В результате освоения программы магистратуры по дисциплине «Энергоэффективные способы охлаждения мощных электронных приборов и устройств» у выпускника должен быть сформирован широкий спектр знаний, соответствующих профессиональным компетенциям ПК-1, ПК-3 и ПК-14. Распределение этих знаний по контролируемым разделам дисциплины приведено в следующих таблицах.

1.1. Лекционный курс

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код компетенций	Оценочное средство
-------	-----------------------------------	-----------------	--------------------

1	Основные виды теплопередачи, используемые в системах охлаждения электронных приборов	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14	КП, Экзамен
2	Развитые поверхности теплообмена	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14	КП, Экзамен
3	Теплообменники	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14	КП, Экзамен
4	Системы воздушного охлаждения электронных приборов	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14	КП, Экзамен
5	Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14	КП, Экзамен

1.2. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Контролируемые разделы дисциплины	Код компетенций
1	1	Исследование условий теплоотдачи теплопроводностью.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
2	1	Исследование процесса передачи тепла теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
3	1	Исследование условий теплоотдачи в режиме естественной конвекции воздуха.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
4	1, 2	Исследование эффективности различных видов ребрения в условиях естественной конвекции.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
5	1, 4	Исследование условий теплоотдачи в режиме вынужденной конвекции воздуха.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
6	1, 4	Исследование условий теплоотдачи при внешнем обтекании тел.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
7	2	Моделирование нестационарных процессов теплообмена.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
8	4	Исследование системы воздушного охлаждения электронных приборов.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
9	5	Исследование системы жидкостного охлаждения приборов и устройств.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14

1.3. Практические занятия

№ п/п	№ раздела	Контролируемые разделы дисциплины	Код компетенций
1	1	Передача тепла излучением	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
2	1	Передача тепла теплопроводностью	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
3	1	Передача тепла конвекцией.	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
4	2	Развитые поверхности теплообмена	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14
5	3	Теплообменники	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14

1.4. Курсовой проект

№ п/п	№ раздела дисциплины	Контролируемые разделы дисциплины	Код компетенций
1	1 – 5	«Разработка индивидуальной системы охлаждения конкретного типа электронного прибора»	ПК1, ПК3, ПК9, ПК14

2. Критерии оценивания компетенций

1. Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
2. Умение анализировать излагаемый материал.
3. Умение устанавливать причинно-следственные связи.
4. Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность.
5. Качество ответа: общая композиция; логичность; эрудиция.
6. Использование дополнительной литературы.

3. Шкала оценивания для оформления итогового зачета по дисциплине

Ответ оценивается по двухуровневой системе: «Зачет», «Незачет».

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Характеристика уровня освоения обучающимся дисциплины (модуля), определенного по итогам зачета	Оценка
<ol style="list-style-type: none"> 1. Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные. 2. Обучающийся свободно владеет научной и математической терминологией. 3. Логично и доказательно раскрывает вопрос, предложенный в билете. 4. Ответ характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок. 5. Ответ иллюстрируется расчетными примерами. 6. Обучающийся демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию. 	«Отлично»
<ol style="list-style-type: none"> 1. Знания имеют достаточный содержательный уровень. 2. Содержание билета раскрывается, но имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы. 3. Имеющиеся в ответе несущественные фактические ошибки, обучающийся способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу. 4. Недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета. 5. Недостаточно логично изложен вопрос. 	«Хорошо»
<ol style="list-style-type: none"> 1. Содержание билета раскрыто слабо, знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета. 2. Программа материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки. 3. Обучающийся не может привести пример для иллюстрации теоретического положения. 4. Обучающийся не смог продемонстрировать способность к интеграции теоретических знаний с практикой. 5. Материал слабо структурирован. 	«Удовлетворительно»
<ol style="list-style-type: none"> 1. Не сданы в полном объеме лабораторные работы и/или тестовые задания 2. У обучающегося отсутствует понимание излагаемого материала 3. Содержание вопросов билета не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые обучающийся не может исправить самостоятельно 4. На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена обучающийся затрудняется дать ответ или не дает верных ответов 	«Неудовлетворительно»

5. Типовые контрольные задания или иные материалы

Типовые контрольные задания включают в себя перечень вопросов к итоговому зачету по дисциплине и перечень вопросов для самостоятельной подготовки студентов.

5.1. Вопросы к зачету по дисциплине

Влияние теплового режима на надежность и выходные параметры приборов.

Основные закономерности теплового излучения: Законы Кирхгофа, Планка, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта. Теплообмен между абсолютно черными поверхностями. Угловые коэффициенты. Теплообмен между диффузно-серыми поверхностями.

Температурное поле, изотермические поверхности, градиент температуры.

Закон теплопроводности. Теплопроводность в плоской, цилиндрической стенке и шаровой стенке. Термическое сопротивление. Теплопередача. Нестационарные процессы теплопередачи.

Уравнение теплоотдачи Ньютона, коэффициент теплоотдачи, исходные уравнения конвективного теплообмена. Метод анализа размерностей. Эквивалентный диаметр, режимы движения жидкости, ее средняя температура, массовый и объемный расходы. Теплоотдача в каналах при вынужденной конвекции. Коэффициент трения, перепад давления в каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании тел. Естественная конвекция.

Способы повешения эффективности теплообмена. Продольные, цилиндрические и кольцевые ребра. Оптимальные размеры ребер.

Теплообменники. Уравнения теплообмена. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Средне логарифмическая разность температур. Тепловой расчет теплообменников.

Системы воздушного охлаждения электронных приборов. Конструктивные примеры. Потери напора в системе охлаждения, выбор вентилятора.

Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств. Примеры конструктивного исполнения. Критерий выбора жидкого теплоносителя и режимы его течения. Гидромеханический расчет жидкостной магистрали.

5.2. Вопросы для самостоятельной работы по дисциплине

Основные закономерности теплового излучения: Законы Кирхгофа, Планка, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта. Угловые коэффициенты. Теплообмен между диффузно-серыми поверхностями.

Температурное поле, изотермические поверхности, градиент температуры. Закон теплопроводности. Теплопроводность в плоской, цилиндрической стенке и шаровой стенке. Термическое сопротивление. Теплопередача. Нестационарные процессы теплопередачи.

Уравнение теплоотдачи Ньютона, коэффициент теплоотдачи, исходные уравнения конвективного теплообмена. Метод анализа размерностей. Эквивалентный диаметр, режимы движения жидкости, ее средняя температура, массовый и объемный расходы. Теплоотдача в каналах при вынужденной конвекции. Коэффициент трения, перепад давления в каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании тел. Естественная конвекция.

Способы повешения эффективности теплообмена. Продольные, цилиндрические и кольцевые ребра. Оптимальные размеры ребер.

Теплообменники. Уравнения теплообмена. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Средне логарифмическая разность температур. Тепловой расчет теплообменников.

Системы воздушного охлаждения электронных приборов. Конструктивные примеры. Потери напора в системе охлаждения, выбор вентилятора.

Системы жидкостного охлаждения приборов и устройств. Примеры конструктивного исполнения. Критерий выбора жидкого теплоносителя и режимы его течения. Гидромеханический расчет жидкостной магистрали.

Теплообмен при плавлении кипении и конденсации. Испарительные охлаждающие системы. Тепловые трубы.

Термоэлектрические эффекты. Режим максимального переноса теплоты. Каскадные термоэлектрические холодильники.

Динамика изменения массогабаритных показателей охлаждающих систем.

