

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.08.02.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 77,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Алексеев Т.А.
	Идентификатор	Rb6b311cc-AlexeevTA-7434fce7

(подпись)


Т.А. Алексеев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed


(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение вопросов связанных с созданием систем охлаждения электронного оборудования.

### Задачи дисциплины

- познакомить обучающихся с основными возможными видами систем охлаждения электронного оборудования.;
- познакомить обучающихся с основными возможными видами систем охлаждения электронного оборудования.;
- научить применять методы расчета температурных полей на электронных платах, анализу результатов расчета, с целью выработки обоснованного решения по созданию системы охлаждения.;
- научить использовать полученные знания в области информационных технологий к решению конкретных технических проблем возникающих при проектировании и создании низкотемпературных систем охлаждения..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках	ИД-4ПК-2 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при выборе схемных решений и оборудования для низкотемпературных установок.	знать: - возможности использования полученных специализированных знаний для проектирования, создания и эксплуатации систем охлаждения электронного оборудования..
ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники	ИД-1ПК-3 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных низкотемпературных установках	уметь: - использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач создания систем охлаждения электронного оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физика и техника низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать возможности использования полученных специализированных знаний для проектирования, создания и эксплуатации систем охлаждения электронного оборудования.
- уметь использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач создания систем охлаждения электронного оборудования

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа						СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основные виды электронного оборудования	16	2	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 5-15 [2], 320-414	
1.1	Основные виды электронного оборудования	16		4	-	4	-	-	-	-	-	-	8		-
2	Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования	16		4	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 401-438
2.1	Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования	16		4	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
3	Математические методы расчета температурных полей плат электронных устройств	20		6	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 19-39
3.1	Математические методы расчета температурных полей плат электронных устройств	20		6	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Программное обеспечение для расчета температурных полей электронных плат	20		6	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 5-19
4.1	Программное	20		6	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	

	обеспечение для расчета температурных полей электронных плат												
5	Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования	20	6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], 19-78
5.1	Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования	20	6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
6	Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования	16	6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 56-112
6.1	Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования	16	6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	32		2		-	0.5		77.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Основные виды электронного оборудования

##### 1.1. Основные виды электронного оборудования

Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования..

#### 2. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования

##### 2.1. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования

Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования.

#### 3. Математические методы расчеты температурных полей плат электронных устройств

##### 3.1. Математические методы расчеты температурных полей плат электронных устройств

Постановка задачи расчета температурного поля платы с электронным оборудованием. Создание математического описания задачи. Возможные методы решения задачи. Пример решения задачи расчета..

#### 4. Программное обеспечение для расчета температурных полей электронных плат

##### 4.1. Программное обеспечение для расчета температурных полей электронных плат

Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета..

#### 5. Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования

##### 5.1. Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования

Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики. Последовательность расчета характеристик элементов систем..

#### 6. Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования

##### 6.1. Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования

Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Основные виды электронного оборудования;
2. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования;

3. Математические методы расчёты температурных полей плат электронных устройств;
4. Программное обеспечение для расчёта температурных полей электронных плат;
5. Основы расчёта элементов систем охлаждения электронного оборудования;
6. Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования.

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**  
Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
возможности использования полученных специализированных знаний для проектирования, создания и эксплуатации систем охлаждения электронного оборудования.	ИД-4пк-2				+	+	+	Контрольная работа/Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования
<b>Уметь:</b>								
использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач создания систем охлаждения электронного оборудования	ИД-1пк-3	+	+	+				Контрольная работа/Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)
2. Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Алексеев, Т. А. Информационное обеспечение для расчета систем охлаждения радиоэлектронного оборудования : учебное пособие по курсам "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем", "Основы САПР" по направлению "Техническая физика" / Т. А. Алексеев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 64 с. - ISBN 978-5-383-00203-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=745](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=745);
2. Афанасьев, А. О. OrCAD 7.0...9.0: Проектирование электронной аппаратуры и печатных плат / А. О. Афанасьев, С. А. Кузнецова ; Ред. С. Л. Корякин-Черняк . – СПб. : Наука и техника, 2001 . – 464 с. – (Профи) . - ISBN 5-943870-13-X .;
3. А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин- "Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS Workbench", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2016 - (83 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576253>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Системы охлаждения электронного оборудования

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)

КМ-2 Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	16
1	Основные виды электронного оборудования			
1.1	Основные виды электронного оборудования			+
2	Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования			
2.1	Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования			+
3	Математические методы расчёты температурных полей плат электронных устройств			
3.1	Математические методы расчёты температурных полей плат электронных устройств			+
4	Программное обеспечение для расчёта температурных полей электронных плат			
4.1	Программное обеспечение для расчёта температурных полей электронных плат		+	
5	Основы расчёта элементов систем охлаждения электронного оборудования			
5.1	Основы расчёта элементов систем охлаждения электронного оборудования		+	
6	Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования			
6.1	Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования		+	
Вес КМ, %:			50	50