

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Инновационные технологии в теплоэнергетике и теплотехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА**  
**ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Отчет	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Савченкова Н.М.
	Идентификатор	R321e87c5-SavchenkovaNM-0593cc

Н.М.  
Савченкова


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Соколов В.П.
	Идентификатор	R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c3

В.П. Соколов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** ознакомление студентов с путями решения актуальных задач тепломассообмена для агрегатов и систем авиационной и космической техники.

### Задачи дисциплины

- изучение общих методов расчёта компактных теплообменников;;
- формирование навыков определения температурных полей в теплообменниках при прямотоке, противотоке, перекрёстном токе и при сложном относительном движении теплоносителей;;
- изучение метода расчета конструктивных и функциональных характеристик холодильно-сушильных агрегатов при работе в невесомости;;
- изучение теплообменных устройств систем терморегулирования и термостабилизации;;
- ознакомление с основами теории и расчёта молярных теплопроводов, изучение методов расчета конструктивных и функциональных характеристик тепловых труб;.

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 выполнять разработку теплотехнических решений для аэрокосмической техники	ИД-1ПК-2 Разрабатывает теплотехнические решения для обеспечения функционирования экипажа и оборудования	знать: - СОТР теплообменного оборудования, типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей, способы определения коэффициентов теплопередачи произвольной теплообменной матрицы;; - теплообменные устройства систем терморегулирования и термостабилизации, варианты схем систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации;.  уметь: - рассчитывать температурные поля теплоносителей в заданном сечении по ходу потока для известных исходных данных по температурам и расходам теплоносителей; - производить проектный и поверочный расчёты холодильно-сушильного агрегата.; - рассчитывать требуемые характеристики тепловой трубы..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Инновационные технологии в теплоэнергетике и теплотехнике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников	16	2	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 4-8 [2], 5-30 [3], 25-58 [5], 5-350 [8], 5-20</p>	
1.1	Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников	16		4	-	4	-	-	-	-	-	-	8		-
2	Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их	30		8	-	8	-	-	-	-	-	-	14		-

	термическая эффективность													термическая эффективность" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 8-27 [4], 4-33
2.1	Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность	30	8	-	8	-	-	-	-	-	-	14	-	
3	Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов	16	4	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов"
3.1	Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов	16	4	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 28-41 [3], 5-25
4	Основы теории и расчёта молярных	46	16	-	16	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы

	тепловодов – тепловых труб												теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб"	
4.1	Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб	46	16	-	16	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 5-260 [7], 5-67
	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. Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников

##### 1.1. Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников

Общие вопросы проектирования тепломассообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к тепломассообменным устройствам систем искусственного климата различного назначения. Классификация теплообменных аппаратов, применяемых в специальных системах искусственного климата и их назначение. Основные характеристики компактных теплообменников и методы их определения. Особенности расчёта коэффициентов теплопередачи и эффективности оребренных поверхностей. Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов. Блок-схемы машинных методов проектирования теплообменных аппаратов с учетом относительности движения потоков и фазовых превращений теплоносителей. Учет ограничений на геометрические и функциональные параметры..

#### 2. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность

##### 2.1. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность

Методы анализа и выбора поверхностей теплообмена. Методы определения эффективности теплообмена оребренных поверхностей, анализ одномерных и двухмерных температурных полей в теплообменниках для различных условий теплообмена с окружающей средой, различных схем относительного движения теплоносителей и различного характера потоков в гладкоканальных и жалюзийных гофрах и при поперечном омывании трубного пучка. Проектирование воздушно-жидкостных испарительных теплообменников, предназначенных для работы в условиях перегрузок и невесомости. Способы сепарации влаги в испарительных теплообменниках. Капиллярные и пленочные испарители. Особенности проектирования топливо-воздушных теплообменников. Многопоточные теплообменники. Конструкции турбохолодильников, пневмоагрегатов..

#### 3. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов

##### 3.1. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов

Специальные теплотехнические устройства систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. Теплообменники влажного воздуха. Назначение и принцип работы холодильно-сушильных агрегатов. Особенности конструкций и методов расчета конденсаторов осушителей. Методы удаления и сбора конденсата в условиях невесомости. Основы расчета капиллярных конденсаторов..

#### 4. Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб

##### 4.1. Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб

Физические основы молярных тепловодов. Тепловые трубы и замкнутые испарительно-конденсационные системы как молярные тепловоды. Принцип устройства и функционирования. Классификация тепловых труб по температурным уровням, конструктивному оформлению, организации движения теплоносителя, назначению. Физические условия переноса тепла и массы в тепловых трубах, режимы их работы. Проектирование тепловых труб с гомогенной фитильной структурой. Структурные и



переносные характеристики гомогенных фитильных структур. Гидродинамический и термодинамический анализ процессов переноса тепла и массы в тепловых трубах с сетчатой фитильной структурой. Анализ распределения температур по зонам переноса. Ограничения теплопередающей способности тепловых труб..

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

1. Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц;
2. Расчёт температурных полей и эффективности одноходового или двухходового по потокам теплообменника с перекрёстным током теплоносителей;
3. Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата;
4. Проектный расчёт тепловой трубы.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб"

### **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	
<b>Знать:</b>						
теплообменные устройства систем терморегулирования и термостабилизации, варианты схем систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации;	ИД-1пк-2	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. «Схемы систем, теплообменные устройства систем обеспечения теплового режима и систем термостабилизации. Тепловые трубы»
СОТР теплообменного оборудования, типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей, способы определения коэффициентов теплопередачи произвольной теплообменной матрицы;	ИД-1пк-2	+				Отчет/Задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц»
<b>Уметь:</b>						
рассчитывать требуемые характеристики тепловой трубы.	ИД-1пк-2				+	Отчет/Задание № 4 «Проектный расчёт тепловой трубы»
производить проектный и поверочный расчёты холодильно-сушильного агрегата.	ИД-1пк-2			+		Отчет/Задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата»
рассчитывать температурные поля теплоносителей в заданном сечении по ходу потока для известных исходных данных по температурам и расходам теплоносителей	ИД-1пк-2		+			Отчет/Задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников»

## **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. Контрольная работа №1. «Схемы систем, теплообменные устройства систем обеспечения теплового режима и систем термостабилизации. Тепловые трубы» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц» (Отчет)
2. Задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников» (Отчет)
3. Задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата» (Отчет)
4. Задание № 4 «Проектный расчёт тепловой трубы» (Отчет)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №2)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

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. Сасин, В. Я. Проектирование теплообменных аппаратов специальных систем искусственного климата. Конспект лекций : учебное пособие по курсу "Теплообменные аппараты систем искусственного климата" по направлению "Теплоэнергетика" / В. Я. Сасин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 68 с. - ISBN 978-5-7046-1390-9 . <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5010>;
2. Антышев, И. А. Расчет теплообменных аппаратов : учебное пособие по курсу "Теплообменные аппараты" по направлению "Теплоэнергетика" / И. А. Антышев, В. Д. Портнов, В. Я. Сасин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 32 с. - ISBN 5-7046-0836-1 . <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=3263>;
3. Портнов, В. Д. Расчет теплообменных аппаратов систем искусственного климата : учебное пособие по курсу "Промышленные и бытовые установки и системы кондиционирования воздуха" по направлению "Теплоэнергетика" / В. Д. Портнов, В. Я. Сасин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 60 с. - ISBN

978-5-383-00240-7 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=388>;

4. Сасин, В. Я. Применение метода E-N в машинных расчетах теплообменников / В. Я. Сасин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М . – 1989 . – 36 с.;

5. Бажан, П. И. Справочник по теплообменным аппаратам / П. И. Бажан, Г. Е. Каневец, В. М. Селиверстов . – М. : Машиностроение, 1989 . – 366 с. - ISBN 5-217-00400-2 .;

6. П. Д. Дан, Д. А. Рей- "Тепловые трубы", Издательство: "Энергия", Москва, 1979 - (271 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601991>;

7. Салова Т. Ю.- "Основы теории и расчёта тепловых труб", Издательство: "СПбГАУ", Санкт-Петербург, 2018 - (68 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/162786>;

8. Ходосов В. В.- "Теплообменные устройства энергетических установок космических аппаратов", Издательство: "БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова", Санкт-Петербург, 2018 - (25 с.)

<https://e.lanbook.com/book/122099>.

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

## **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/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для самостоятельной работы	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы обеспечения теплового режима тепловыделяющего оборудования

(название дисциплины)

### 2 семестр

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

- КМ-1 Задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц» (Отчет)
- КМ-2 Задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников» (Отчет)
- КМ-3 Задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата» (Отчет)
- КМ-4 Задание № 4 «Проектный расчёт тепловой трубы» (Отчет)
- КМ-5 Контрольная работа №1. «Схемы систем, теплообменные устройства систем обеспечения теплового режима и систем термостабилизации. Тепловые трубы» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников						
1.1	Оборудование СОТР. Инженерные методы проектирования компактных теплообменников		+				+
2	Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность						
2.1	Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность			+			+
3	Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов						
3.1	Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов				+		+
4	Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб						
4.1	Основы теории и расчёта молярных тепловодов – тепловых труб					+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20