

**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: Теплотехника и малая распределенная энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СПЕЦГЛАВЫ ТЕПЛООБМЕНА**

<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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 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>Тестирование</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Солодов А.П.
	Идентификатор	R9b223096-SolodovAP-d930e2ff

(подпись)

А.П. Солодов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение принципов и методов теплообмена и методов их применения для анализа, расчета и оптимизации процессов на тепловых и атомных электрических станциях и в других теплотехнологиях

### Задачи дисциплины

- изучение современных научно обоснованных методов расчета основных процессов теплообмена: теплопроводности в элементах конструкций, конвективного и двухфазного теплообмена;

- приобретение навыков расчета теплообменных аппаратов;

- ознакомление с методами интенсификации теплопередачи;

- приобретение навыков разработки физических и математических моделей теплообмена разного уровня сложности с последующей компьютерной реализацией в инженерном математическом пакете MathCAD, с демонстрациями работы в Matlab, Femlab, Ansys.

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-1 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности	знать: - методики расчета теплообменных аппаратов энергетических установок и принципы и методы интенсификации теплопередачи.  уметь: - разрабатывать компьютерные модели теплообменных устройств (на уровне одномерных дифференциальных формулировок).
ПК-1 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Имеет навыки математического моделирования теплогидравлических процессов в объектах профессиональной деятельности	знать: - методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена; - основные принципы теплообмена и методы математического моделирования теплообменных процессов и установок.  уметь: - разрабатывать математические и компьютерные модели теплообменных процессов и выполнять численные эксперименты; - проводить параметрические исследования актуальных процессов теплообмена в энергетических установках и принимать оптимальные решения по критериям безопасности и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		эффективности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплотехника и малая распределенная энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Знание материалов дисциплин "Техническая термодинамика", "Тепломассообмен"
- уметь применять математический аппарат для описания основных процессов, владеть основами ПО Mathcad, Matlab

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач теплообмена	50	1	6	-	12	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 3-81 [5], гл. 1-10 (с. 12 - 327)
1.1	Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач теплообмена	50		6	-	12	-	-	-	-	-	32	-	
2	Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена	48		6	-	10	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 5-102 [4], 6-85 [5], гл. 18, 19, 20 (с. 629 - 867)
2.1	Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена	48		6	-	10	-	-	-	-	-	32	-	
3	Компьютерное моделирование теплообменных устройств	46		4	-	10	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 6-121 [5], гл. 24, 25 (с. 960 - 1029)
3.1	Компьютерное моделирование теплообменных устройств	46		4	-	10	-	-	-	-	-	32	-	

	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		16	-	32	-	2	-	-	0.5	96	33.5	
	Итого за семестр	180.0		16	-	32	2	-	-	0.5	129.5			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач теплообмена

1.1. Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач теплообмена

#### 2. Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена

2.1. Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена

#### 3. Компьютерное моделирование теплообменных устройств

3.1. Компьютерное моделирование теплообменных устройств

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

1. Методика разработки одномерных дифференциальных моделей теплообменных процессов и устройств в инженерном математическом пакете. Средства численного интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Средства символьных вычислений.;
2. Постановка краевых задач теплообмена в пакете Mathcad. Практическое освоение методики на примерах классических одномерных стационарных и нестационарных задач теплопроводности. Моделирование переменных (периодических, импульсных) внешних тепловых воздействий в пакете. Моделирование нестационарных периодических и переходных режимов теплотехнологических установок.;
3. Компьютерное моделирование локальной теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра методом интегральных соотношений пограничного слоя в пакете Mathcad. Алгоритмическое представление сложной структуры правых частей дифференциальных уравнений сохранения.;
4. Компьютерная модель локального теплообмена и гидродинамики при конденсации быстро движущегося пара в трубах и каналах. Исследование режимов со значительным содержанием неконденсирующихся газов на входе. Демонстрация модели парогенерирующего канала в пакете Mathcad; кризисы кипения.;
5. Обзор и демонстрация одномерной дифференциальной модели теплообменника NMEch в пакете Matlab. Работа с графическим интерфейсом пользователя и базой данных.;
6. Исследование режимов конденсации/испарения парогазовой смеси. Моделирование градиента. Моделирование конденсатора в потоке уходящих газов ТЭС.;
7. Моделирование и оптимизация теплообменников в пакете Mathcad. Обзор и демонстрация компьютерной модели локальной теплопередачи в микротеплообменнике как сопряженной задачи конвекции в микроканалах и теплопроводности в твердой структуре.;
8. Компьютерное моделирование радиационно-конвективного теплообмена. Приложения в области гелиоэнергетики. Радиационный режим работы орбитальной платформы (пакет Mathcad)..

**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	
<b>Знать:</b>					
методики расчета теплообменных аппаратов энергетических установок и принципы и методы интенсификации теплопередачи	ИД-1пк-1			+	Тестирование/КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена» Расчетно-графическая работа/КМ-4. Тест 4 «Защита (презентация) расчетного задания»
основные принципы тепломассообмена и методы математического моделирования тепломассообменных процессов и установок	ИД-2пк-1	+			Тестирование/КМ-1. Тест 1 «Математическая формулировка краевых задач теплопроводности» Тестирование/КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab»
методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, тепломассообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного тепломассообмена	ИД-2пк-1		+		Тестирование/КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab» Тестирование/КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена»
<b>Уметь:</b>					
разрабатывать компьютерные модели тепломассообменных устройств (на уровне одномерных дифференциальных формулировок)	ИД-1пк-1			+	Тестирование/КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена» Расчетно-графическая работа/КМ-4. Тест 4 «Защита (презентация)»

					расчетного задания»
проводить параметрические исследования актуальных процессов тепломассообмена в энергетических установках и принимать оптимальные решения по критериям безопасности и эффективности	ИД-2ПК-1		+		Тестирование/КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab» Тестирование/КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена»
разрабатывать математические и компьютерные модели тепломассообменных процессов и выполнять численные эксперименты	ИД-2ПК-1		+		Тестирование/КМ-1. Тест 1 «Математическая формулировка краевых задач теплопроводности» Тестирование/КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab»

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-1. Тест 1 «Математическая формулировка краевых задач теплопроводности» (Тестирование)
2. КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab» (Тестирование)
3. КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена» (Тестирование)

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. КМ-4. Тест 4 «Защита (презентация) расчетного задания» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №1)

баллы промежуточной аттестации

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

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

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

1. Теплотехнические расчеты на компьютере : [учебное пособие] / А. А. Александров, Аунг Ту Ра Тун, А. Б. Гаряев, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – [3-е изд., испр. и доп.] . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 448 с. - Первые 2 изд. выходили под загл.: Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad и Интернет . – Авторы указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-7046-2211-6 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10926;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10926)

2. Солодов, А. П. Принципы тепломассообмена : учебное пособие по курсам "Основы теплообмена", "Тепломассообмен", "Тепломассообмен в энергетическом оборудовании АЭС" по направлениям "Техническая физика" и "Теплоэнергетика" / А. П. Солодов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 96 с. - ISBN 5-7046-0774-8 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4317;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4317)

3. Солодов, А. П. Тепломассообмен в энергетических установках. Инженерные методы расчета. Электронный курс : учебное пособие по курсам "Тепломассообмен", "Тепломассообмен в оборудовании АЭС" по направлениям "Ядерная энергетика и теплофизика", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 124 с. - ISBN 978-5-7046-1636-8 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=6989;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=6989)

4. Солодов, А. П. Математические модели пленочной конденсации : учебное пособие по курсам "Тепломассообмен", "Тепломассообмен в энергетическом оборудовании АЭС" по направлениям "Техническая физика" и "Теплоэнергетика" / А. П. Солодов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 120 с. - ISBN 978-5-383-00643-6 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2896](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2896);

5. Солодов А.П.- "Математические модели пленочной конденсации", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011041.html>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad;
4. Matlab;
5. Расчетный сервер НИУ МЭИ;
6. TBT Shell.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
16. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»;	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный

	Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Спецглавы теплообмена

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 КМ-1. Тест 1 «Математическая формулировка краевых задач теплопроводности» (Тестирование)  
 КМ-2 КМ-2. Тест 2 «Решение краевых задач в математических пакетах Mathcad, Matlab» (Тестирование)  
 КМ-3 КМ-3. Тест 3 «Инженерные методы расчета тепломассообмена» (Тестирование)  
 КМ-4 КМ-4. Тест 4 «Защита (презентация) расчетного задания» (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	14
1	Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач тепломассообмена					
1.1	Компьютерное моделирование одномерных нестационарных нелинейных задач тепломассообмена		+	+		
2	Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена					
2.1	Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена			+	+	
3	Компьютерное моделирование тепломассообменных устройств					
3.1	Компьютерное моделирование тепломассообменных устройств				+	+
Вес КМ, %:			15	30	40	15