

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 129,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.П. Солодов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Ю.В. Шацких

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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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 нелинейных задач теплообмена	50	1	6	-	12	-	-	-	-	-	32	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 3-81 [5], гл. 1-10 (с. 12 - 327)
1.1	Компьютерное моделирование одномерных нелинейных задач теплообмена	50		6	-	12	-	-	-	-	-	32	-	
2	Компьютерное моделирование двухфазного теплообмена	48		6	-	10	-	-	-	-	-	32	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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. Компьютерное моделирование радиационно-конвективного теплообмена. Приложения в области гелиоэнергетики. Радиационный режим работы ребрения. Модель радиационного теплообмена орбитальной платформы (пакет Mathcad).;
2. 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.;
3. Исследование режимов конденсации/испарения парогазовой смеси. Моделирование гра-дирни. Моделирование конденсатора в потоке уходящих газов ТЭС.;
4. Обзор и демонстрация одномерной дифференциальной модели теплообменника NMEsch в пакете Matlab. Работа с графическим интерфейсом пользователя и базой данных.;
5. Компьютерная модель локального теплообмена и гидродинамики при конденсации быстродвижущегося пара в трубах и каналах. Исследование режимов со значительным со-держанием неконденсирующихся газов на входе. Демонстрация модели парогенерирующего канала в пакете Mathcad; кризисы кипения.;
6. Компьютерное моделирование локальной теплоотдачи при поперечном обтекании цилин-дра методом интегральных соотношений пограничного слоя в пакете Mathcad. Алгоритми-ческое представление сложной структуры правых частей дифференциальных уравнений со-хранения.;
7. Постановка краевых задач теплообмена в пакете Mathcad. Практическое освоение ме-тодики на примерах классических одномерных стационарных и нестационарных задач теп-лопроводности. Моделирование переменных (периодических, импульсных) внешних тепло-вых воздействий в пакете. Моделирование нестационарных периодических и переходных режимов теплотехнологических установок.;
8. Методика разработки одномерных дифференциальных моделей теплообменных про-цессов и устройств в инженерном математическом пакете. Средства численного интегриро-вания систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных произ-водных. Средства символьных вычислений..

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	
Знать:					
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»
Уметь:					
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 теплообмена 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 теплообмена»
разрабатывать математические и компьютерные модели теплообменных 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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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. Горяев, [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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=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/elib/view.php?id=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 / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio;
4. Расчетный сервер НИУ МЭИ;
5. 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»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории	В-209/14, Учебно-	рабочее место сотрудника, стул, шкаф

для проведения практических занятий, КР и КП	исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	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-201, 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