

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОМАССООБМЕН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 4; 6 семестр - 4; всего - 8
Часов (всего) по учебному плану:	288 часа
Лекции	5 семестр - 8 часов; 6 семестр - 8 часов; всего - 16 часов
Практические занятия	5 семестр - 4 часа; 6 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	5 семестр - 128,5 часа; 6 семестр - 128,5 часа; всего - 257,0 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	5 семестр - 1,2 часа; 6 семестр - 1,2 часа; всего - 2,4 часа
включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,3 часа; всего - 0,6 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

Ю.В. Шацких

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хомченко Н.В.
	Идентификатор	Rpd1b9495-KhomchenkoNV-644530

Н.В. Хомченко

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение законов и принципов теплообмена и их применения для анализа и расчета процессов, происходящих в теплоэнергетических и теплотехнических установках

Задачи дисциплины

- обеспечение базовой и профессиональной теплотехнической подготовки, включающей освоение современных расчетных методов теплообмена для анализа, расчета и оптимизации процессов и установок в теплоэнергетике и теплотехнологиях;;

- обучение методам расчета основных процессов теплообмена: теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена, а также основам расчета теплообменных аппаратов..

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
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-3 _{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	знать: - законы переноса теплоты при движении теплоносителя; - механизмы процессов теплообмена при фазовых переходах; - основные понятия теплообмена, термины и определения; - процессы тепло- и массообмена в парогазовом потоке. уметь: - выполнять теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов; - рассчитывать процессы конвективного теплообмена; - рассчитывать температурные поля в элементах конструкций тепловых установок; - рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненных излучающей и поглощающей средой.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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 8 зачетных единиц, 288 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	Введение в теплообмен	21.3	5	1.0	-	-	-	-	-	0.3	-	20	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала лекций, изучение дополнительного материала по разделу "Принципы теплообмена": [1] стр. 17-25, подготовка к практическим занятиям и к контрольным работам: [2] стр. 6-7, 9.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 13-28</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Теплопроводность" материалу.</p> <p>Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 97-131, 142-171 [3], 97-131, 142-171 [4], 6-33 [5], 31-53, 90-112</p>	
1.1	Способы переноса теплоты	10.8		0.5	-	-	-	-	-	-	0.3	-	10		-
1.2	Основные определения, терминология	10.5		0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Теплопроводность	35.3		3	-	2	-	-	-	-	0.3	-	30		-
2.1	Математическое описание процесса теплопроводности	11.3		1	-	-	-	-	-	-	0.3	-	10		-
2.2	Стационарная теплопроводность	12		1	-	1	-	-	-	-	-	-	10		-
2.3	Нестационарная теплопроводность	12		1	-	1	-	-	-	-	-	-	10		-
3	Свободная конвекция	23.3	2	-	1	-	-	-	-	0.3	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение</u>	

3.1	Уравнения теории конвективного теплообмена	11.3		1	-	-	-	-	-	0.3	-	10	-	<p><u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя": [1] стр. 297-308, 330-343, подготовка к практическим занятиям и к контрольным работам: [2] стр. 80-82, 93-96. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 34-44 [5], 124-144, 217-231</p>	
3.2	Свободная конвекция	12		1	-	1	-	-	-	-	-	-	10		-
4	Вынужденная конвекция	26.1		2	-	1	-	-	-	-	0.3	-	22.8		-
4.1	Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах и каналах	11.3		1	-	-	-	-	-	-	0.3	-	10		-
4.2	Внешняя задача конвективного теплообмена	14.8		1	-	1	-	-	-	-	-	-	12.8		-
	Экзамен	38.0		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	-		35.7
	Всего за семестр	144.0	8.0	-	4	-	2	-	1.2	0.3	-	92.8	35.7		
	Итого за семестр	144.0	8.0	-	4		2		1.2	0.3		128.5			
5	Теплообмен при фазовых превращениях	23.3	6	2	-	1.0	-	-	-	0.3	-	20	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплообмен излучением" <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Теплообмен излучением" материалу.</p>	
5.1	Теплообмен при кипении	11.8		1	-	0.5	-	-	-	0.3	-	10	-		
5.2	Теплообмен при конденсации пара	11.5		1	-	0.5	-	-	-	-	-	-	10		-

													Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 80-101 [5], 297-361
6	Теплообмен излучением	34.8	3	-	1.5	-	-	-	0.3	-	30	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6.1	Основные понятия и законы теплового излучения	11.3	1	-	-	-	-	-	0.3	-	10	-	[1], 281-314 [3], 281-314 [4], 123-144
6.2	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой	11.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	10	-	
6.3	Расчет теплообмена излучением в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой	12	1	-	1	-	-	-	-	-	10	-	
7	Тепломассообменные аппараты	22.3	1.5	-	0.5	-	-	-	0.3	-	20	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется тепловой и гидравлический расчет поверхностного рекуперативного теплообменного аппарата. На основе полученных результатов расчетов выполняется чертеж теплообменного аппарата. Задание выполняется индивидуально по вариантам.
7.1	Типы теплообменных аппаратов	10.8	0.5	-	-	-	-	-	0.3	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 501-520 [4], 145-169
7.2	Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках	11.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	10	-	
8	Основы массообмена	25.6	1.5	-	1.0	-	-	-	0.3	-	22.8	-	<u>Самостоятельное изучение</u>
8.1	Основные понятия	11.3	0.5	-	0.5	-	-	-	0.3	-	10	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение

	массообмена													дополнительного материала по разделу "Основы массообмена".
8.2	Расчет процессов массообмена	14.3		1	-	0.5	-	-	-	-	-	12.8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 102-122 [5], 369-388
	Экзамен	38.0		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	144.0		8.0	-	4.0	-	2	-	1.2	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.0		8.0	-	4.0		2		1.2	0.3		128.5	
	ИТОГО	288.0	-	16.0	-	8.0		4		2.4	0.6		257.0	

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. Введение в тепломассообмен

1.1. Способы переноса теплоты

Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена..

1.2. Основные определения, терминология

Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Вектор плотности теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое взаимодействие потока жидкости с обтекаемой поверхностью твердого тела. Закон Ньютона-Рихмана (теплоотдача). Теплопередача.

2. Теплопроводность

2.1. Математическое описание процесса теплопроводности

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент температуропроводности..

2.2. Стационарная теплопроводность

Закон Фурье. Теплоотдача. Закон Ньютона-Рихмана. 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Перенос теплоты в плоской стенке и цилиндрической стенках при граничных условиях первого и третьего рода. Теплопередача. Термические сопротивления. Коэффициент теплопередачи..

2.3. Нестационарная теплопроводность

Нестационарные задачи теплопроводности. Метод разделения переменных решения линейного уравнения теплопроводности (Фурье). Безразмерная форма и решение задачи о нестационарном температурном поле в охлаждаемой пластине. Число Био. Безразмерное время (число Фурье). Анализ решения. Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра и некоторых тел конечных размеров..

3. Свободная конвекция

3.1. Уравнения теории конвективного теплообмена

Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности, обобщенное дифференциальное уравнение. Условия однозначности, уравнение теплоотдачи. Понятие пограничного слоя. Гидродинамический и тепловой пограничный слой. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Нуссельта..

3.2. Свободная конвекция

Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объёме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объёме (щели, зазоры)..

4. Вынужденная конвекция

4.1. Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах и каналах

Теплообмен при движении теплоносителей в трубах и каналах. Первое начало термодинамики для течения в трубах. Местный и средний коэффициенты теплоотдачи. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Турбулентное движение в трубах. Формулы Михеева и Петухова. Интеграл Лайона. Интенсификация конвективного теплообмена при течении теплоносителя в трубах и каналах.

4.2. Внешняя задача конвективного теплообмена

Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании трубы и пучка труб..

5. Теплообмен при фазовых превращениях

5.1. Теплообмен при кипении

Механизм парообразования. Кривая кипения. Пузырьковое и плёночное кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька. Отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчёт коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объёме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Теплоотдача при плёночном кипении. Кипение в трубах. Режим течения парожидкостной смеси. Гидродинамика и теплообмен при кипении в трубах. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода. Расчёт коэффициентов запаса до кризиса.

5.2. Теплообмен при конденсации пара

Виды конденсации. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Термические сопротивления при конденсации пара. Теплообмен при пленочной конденсации пара, движущегося внутри труб. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара на горизонтальных одиночных трубах и пучках труб..

6. Теплообмен излучением

6.1. Основные понятия и законы теплового излучения

Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения. Формула Поляка. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения. Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела..

6.2. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой

Теплообмен излучением в замкнутой системе серых тел, разделенных прозрачной средой. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен излучением между двумя безграничными пластинами. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой; экранирование излучения. Интегральные уравнения излучения.

6.3. Расчет теплообмена излучением в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой

Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания). Эффективная длина луча. Закон Бугера. Расчет теплообмена излучением в системе "газ в черной оболочке". Обобщенные угловые коэффициенты излучения. Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающей и поглощающей средой (серое приближение). Расчёт теплообмена в системе

типа «серый газ в серой оболочке», «несерый газ в несерой оболочке». Понятие о методах расчёта сложного теплообмена.

7. Тепломассообменные аппараты

7.1. Типы теплообменных аппаратов

Классификация теплообменных аппаратов. Рекуперативные теплообменники. Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники..

7.2. Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках

Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднеарифметический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Метод среднеарифметического температурного напора расчета теплообменных аппаратов. Оценка максимальной тепло-производительности теплообменного аппарата. Сравнение прямого и обратного, предельные случаи. Теплогидравлический расчет теплообменника..

8. Основы массообмена

8.1. Основные понятия массообмена

Массообмен. Концентрация компонентов смеси. Плотность потока массы. Концентрационная диффузия (массы). Вектор плотности потока массы. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Кондуктивный поток энергии при наличии диффузии. Термо- и бародиффузия..

8.2. Расчет процессов массообмена

Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена. Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов массо- и теплообмена. Диффузионные аналоги чисел Нуссельта и Прандтля. Соотношения материального и энергетического баланса для межфазной границы. Случай полупроницаемой межфазной границы. Формула Стефана. Стефанов поток. Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду. Адиабатное испарение. Массо- и теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет теплопередачи через плоские, цилиндрические и сферические стенки;
2. Расчет теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции;
3. Расчет теплоотдачи при кипении на поверхности. Расчет кризисов кипения 1-го рода;
4. Расчет теплообмена излучением в системе с излучающим и поглощающим газом.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принципы тепломассообмена"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплопроводность"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конвективный теплообмен"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплообмен излучением"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепломассообменные аппараты"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы массообмена"

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	7	8		
Знать:											
процессы тепло- и массообмена в парогазовом потоке	ИД-3опк-4									+	Тестирование/Процессы массообмена
основные понятия тепломассообмена, термины и определения	ИД-3опк-4	+									Тестирование/Основные понятия тепломассообмена
механизмы процессов теплообмена при фазовых переходах	ИД-3опк-4					+					Тестирование/Теплоотдача при фазовых переходах
законы переноса теплоты при движении теплоносителя	ИД-3опк-4			+							Тестирование/Свободная конвекция
Уметь:											
рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненных излучающей и поглощающей средой	ИД-3опк-4							+			Тестирование/Теплообмен излучением в системе тел, заполненной лучепрозрачной и лучепоглощающей средой
рассчитывать температурные поля в элементах конструкций тепловых установок	ИД-3опк-4		+								Тестирование/Задачи теплопроводности
рассчитывать процессы конвективного теплообмена	ИД-3опк-4				+						Контрольная работа/Задачи вынужденной конвекции
выполнять теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	ИД-3опк-4								+		Расчетно-графическая работа/Тепловой расчет теплообменного аппарата

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Задачи теплопроводности (Тестирование)
2. Основные понятия тепломассообмена (Тестирование)
3. Свободная конвекция (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи вынужденной конвекции (Контрольная работа)

6 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Процессы массообмена (Тестирование)
2. Теплообмен излучением в системе тел, заполненной лучепрозрачной и лучепоглощающей средой (Тестирование)
3. Теплоотдача при фазовых переходах (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тепловой расчет теплообменного аппарата (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

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

Экзамен (Семестр №6)

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 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Солодов А. П., Сиденков Д. В., Величко В. И. - "Тепломассообмен: В 2 т. Т. 1" Т. 1, Издательство: "НИУ МЭИ", Москва, 2021 - (484 с.)

<https://e.lanbook.com/book/362531>;

2. Солодов, А. П. Тепломассообмен: [в 2 т.]. Т. 2 : учебник для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков ; общ. ред. А. П. Солодов ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2023 . – 608 с. - Книга-победитель конкурса

рукописей учебников по направлениям подготовки в МЭИ . - ISBN 978-5-7046-2808-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12661>;

3. Солодов, А. П. Теплообмен: [в 2-х т.]. Т. 1 : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков, В. И. Величко ; общ. ред. А. П. Солодов ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 484 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2460-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11904>;

4. Цветков, Ф. Ф. Задачник по теплообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко . – 3-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 196 с. - ISBN 978-5-383-00468-5 .;

5. Цветков, Ф. Ф. Теплообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4233>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SmathStudio.

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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный

	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообмен

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Основные понятия тепломассообмена (Тестирование)

КМ-2 Задачи теплопроводности (Тестирование)

КМ-3 Свободная конвекция (Тестирование)

КМ-4 Задачи вынужденной конвекции (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Введение в тепломассообмен					
1.1	Способы переноса теплоты		+			
1.2	Основные определения, терминология		+			
2	Теплопроводность					
2.1	Математическое описание процесса теплопроводности			+		
2.2	Стационарная теплопроводность			+		
2.3	Нестационарная теплопроводность			+		
3	Свободная конвекция					
3.1	Уравнения теории конвективного теплообмена				+	
3.2	Свободная конвекция				+	
4	Вынужденная конвекция					
4.1	Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах и каналах					+
4.2	Внешняя задача конвективного теплообмена					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-5 Теплоотдача при фазовых переходах (Тестирование)

КМ-6 Процессы массообмена (Тестирование)

КМ-7 Теплообмен излучением в системе тел, заполненной лучепрозрачной и лучепоглощающей средой (Тестирование)

КМ-8 Тепловой расчет теплообменного аппарата (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Теплообмен при фазовых превращениях					
1.1	Теплообмен при кипении		+			
1.2	Теплообмен при конденсации пара		+			
2	Теплообмен излучением					
2.1	Основные понятия и законы теплового излучения				+	
2.2	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой				+	
2.3	Расчет теплообмена излучением в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой				+	
3	Тепломассообменные аппараты					
3.1	Типы теплообменных аппаратов					+
3.2	Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках					+
4	Основы массообмена					
4.1	Основные понятия массообмена			+		
4.2	Расчет процессов массообмена			+		
Вес КМ, %:			25	25	25	25