

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
ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 8 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 160,2 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,5 часа;
включая: Тестирование Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Юркина М.Ю.
	Идентификатор	Rde0d4378-YurkinaMY-bacca4c0

(подпись)

М.Ю. Юркина

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хомченко Н.В.
	Идентификатор	Rbd1b9495-KhomchenkoNV-644530

(подпись)

Н.В. Хомченко

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является формирование навыков в области тепловых, материальных, гидравлических и прочностных расчетах тепломассообменного оборудования, выбора стандартного и вспомогательного оборудования, организации прогрессивных принципов и схем тепломассообменных процессов с рациональным использованием источников энергии

Задачи дисциплины

- познакомить с основными видами и конструкциями тепломассообменного оборудования предприятий и физическими процессами, которые в них происходят;
- рассмотреть основные технологические процессы и установки, в которых используется тепломассообменное оборудование предприятий;
- ознакомить с проведением тепловых и конструктивных расчетов тепломассообменного оборудования предприятий;
- рассмотреть гидравлические расчеты тепломассообменного оборудования предприятий.

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 участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 _{ПК-1} Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - физикохимические и термодинамические основы тепломассообменных процессов; - основные виды, назначение, конструкции, принципы действия тепломассообменного оборудования, свойства и виды теплоносителей.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2 _{ПК-1} Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - фазовые диаграммы состояния смесей, формы связи влаги с материалом, основы кинетики и динамики сушки. уметь: - выполнять тепловые, материальные, гидравлические и прочностные расчеты тепломассообменного оборудования.

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.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы тепломассообмена и гидрогазодинамических процессов
- уметь выполнять расчеты теплопередачи, массообмена и гидравлических сопротивлений

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	Теплоносители. Теплообменники	26.19	9	1.5	-	1.5	-	0.39	-	0.3	-	22.5	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплоносители. Теплообменники"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплоносители. Теплообменники"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.2 [4], п.2</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 "Расчет теплообменных аппаратов" материалу. 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], п.2 [3], п.3</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена</p>
1.1	Основные понятия и определения	8.73		0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
1.2	Рекуперативные теплообменники	8.73		0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
1.3	Определение температурного напора в теплообменнике	8.73		0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
2	Расчет теплообменных аппаратов	17.56		1.0	-	1.0	-	0.26	-	0.30	-	15.0	-	
2.1	Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменников	8.78		0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.15	-	7.5	-	
2.2	Прочностной расчет рекуперативных теплообменников	8.78		0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.15	-	7.5	-	
3	Регенеративные теплообменники	28.19	1.5	-	1.5	-	0.39	-	0.3	-	24.5	-		

3.1	Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками	8.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Регенеративные теплообменники" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Регенеративные теплообменники" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.4 [3], п.5
3.2	Расчет вертикального пароводяного подогревателя	10.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	9.5	-	
3.3	Расчет регенеративных теплообменников	8.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
4	Пластинчатые теплообменники	26.19	1.5	-	1.5	-	0.39	-	0.3	-	22.5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Пластинчатые теплообменники" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Пластинчатые теплообменники" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.4 [3], п.7
4.1	Тепловые трубы, термосифоны	8.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
4.2	Калориферные установки	8.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
4.3	Деаэраторы	8.73	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.1	-	7.5	-	
5	Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки	45.87	2.5	-	2.5	-	0.57	-	0.30	-	40.0	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.7
5.1	Тепловой расчет выпарных установок	10.68	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.05	-	9.5	-	
5.2	Перегонные и ректификационные установки	8.66	0.5	-	0.5	-	0.11	-	0.05	-	7.5	-	
5.3	Сорбционные аппараты	8.68	0.5	-	0.5	-	0.13	-	0.05	-	7.5	-	

5.4	Сушильные установки	8.65	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.05	-	7.5	-
5.5	Теплообменники-утилизаторы	9.2	0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8	-
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	180.00	8.0	-	8.0	-	2.00	-	1.50	0.3	124.5	35.7
	Итого за семестр	180.00	8.0	-	8.0	2.00	1.50	0.3	160.2			

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. Теплоносители. Теплообменники

1.1. Основные понятия и определения

Основные виды и классификация тепломассообменных процессов. Исследование кожухотрубного водоводяного теплообменного аппарата.

1.2. Рекуперативные теплообменники

Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия.

1.3. Определение температурного напора в теплообменнике

Определение температурного напора в теплообменнике.

2. Расчет теплообменных аппаратов

2.1. Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменников

Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменников. Гидравлический расчет водо-водяного теплообменного аппарата.

2.2. Прочностной расчет рекуперативных теплообменников

Прочностной расчет водо-водяного теплообменного аппарата.

3. Регенеративные теплообменники

3.1. Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками

Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники, конструкции, принцип действия.

3.2. Расчет вертикального пароводяного подогревателя

Расчет вертикального пароводяного подогревателя. Расчет перекрестноточного теплообменника.

3.3. Расчет регенеративных теплообменников

Расчет секционного теплообменного аппарата.

4. Пластинчатые теплообменники

4.1. Тепловые трубы, термосифоны

Исследование пластинчатого теплообменного аппарата.

4.2. Калориферные установки

Определение эффективности оребрения поверхности теплообмена калорифера.

4.3. Деаэраторы

Расчет деаэратора. Расчет деаэрационной колонки.

5. Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки

5.1. Тепловой расчет выпарных установок

Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации.

5.2. Перегонные и ректификационные установки

Изучение конструкции и принципа работы ректификационной колонны. Расчет ректификационной установки. Материальный баланс.

5.3. Сорбционные аппараты

Сорбционные аппараты.

5.4. Сушильные установки

Назначение, конструкции, принцип действия, классификация сушильных установок.

5.5. Теплообменники-утилизаторы

Назначение, принципиальные схемы и основные конструкции, принцип действия. Вспомогательное оборудование теплообменных установок.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет многокорпусной выпарной установки;
2. Построение фазовых диаграмм и диаграмм равновесия для жидких смесей;
3. Определение числа теоретических тарелок в ректификационной колонне;
4. Основные соотношения для расчета процессов теплообмена и гидродинамики в теплообменных аппаратах. Уравнения теплового баланса и теплопередачи;
5. Конденсаторы. Расчет по зонам;
6. Расчет теплообменников методом среднего логарифмического температурного напора;
7. Тепловой расчет смешительных теплообменников. Скрубберы;
8. Расчет теплообменников с оребрением;
9. Влажный воздух. H-d-диаграмма влажного воздуха;
10. Распределение температур в теплообменниках;
11. Сушильные установки. Тепловой и материальный баланс. Расчет кинетики процессов сушки в первом периоде;
12. Расчет греющей камеры выпарной установки;
13. Метод эффективности – числа единиц переноса;
14. Расчеты физико-химических свойств растворов солей. Определение температурных депрессий.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплоносители. Теплообменники"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет теплообменных аппаратов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Регенеративные теплообменники"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Пластинчатые теплообменники"

5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки"

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	
Знать:							
основные виды, назначение, конструкции, принципы действия тепломассообменного оборудования, свойства и виды теплоносителей	ИД-1 _{ПК-1}	+	+				Тестирование/Теплоносители Тестирование/Теплообменных
физикохимические и термодинамические основы тепломассообменных процессов	ИД-1 _{ПК-1}			+			Тестирование/Регенеративные
фазовые диаграммы состояния смесей, формы связи влаги с материалом, основы кинетики и динамики сушки	ИД-2 _{ПК-1}				+		Тестирование/Пластинчатые
Уметь:							
выполнять тепловые, материальные, гидравлические и прочностные расчеты теплообменного оборудования	ИД-2 _{ПК-1}					+	Решение задач/Испарительные

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Пластинчатые (Тестирование)
2. Регенеративные (Тестирование)
3. Теплоносители (Тестирование)
4. Теплообменных (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Испарительные (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

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 9 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Промышленные теплообменные процессы и установки : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Ред. А. М. Бакластов . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 328 с.;
2. Лебедев, П. Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий (курсовое проектирование) : Учебное пособие для энергетических вузов и факультетов / П. Д. Лебедев, А. А. Щукин . – М. : Энергия, 1970 . – 408 с.;
3. Теплоэнергетика и теплотехника: Кн.4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / А. М. Бакластов, и др. ; Общ. ред. В. А. Григорьев, В. М. Зорин . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 1991 . – 588 с.;
4. Т. Ю. Салова- "Перегонные и ректификационные установки: Методические указания для обучающихся по дисциплине «Теплообменное оборудование предприятий» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» уровень высшего образования бакалавриат", Издательство: "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ)", Санкт-Петербург, 2016 - (36 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445956>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

4. Программный комплекс «Аттестация».

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>

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-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для	Ж-2006,	стол, стул, компьютер персональный,

консультирования	Конференц-зал ИДДО	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

Тепломассообменное оборудование предприятий

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Теплоносители (Тестирование)
- КМ-2 Теплообменных (Тестирование)
- КМ-3 Регенеративные (Тестирование)
- КМ-4 Пластинчатые (Тестирование)
- КМ-5 Испарительные (Решение задач)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	Теплоносители. Теплообменники						
1.1	Основные понятия и определения		+	+			
1.2	Рекуперативные теплообменники		+	+			
1.3	Определение температурного напора в теплообменнике		+	+			
2	Расчет теплообменных аппаратов						
2.1	Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменников		+	+			
2.2	Прочностной расчет рекуперативных теплообменников		+	+			
3	Регенеративные теплообменники						
3.1	Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками				+		
3.2	Расчет вертикального пароводяного подогревателя				+		
3.3	Расчет регенеративных теплообменников				+		
4	Пластинчатые теплообменники						
4.1	Тепловые трубы, термосифоны					+	
4.2	Калориферные установки					+	

4.3	Деаэраторы				+	
5	Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки					
5.1	Тепловой расчет выпарных установок					+
5.2	Перегонные и ректификационные установки					+
5.3	Сорбционные аппараты					+
5.4	Сушильные установки					+
5.5	Теплообменники-утилизаторы					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20