

**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: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

<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.01.11</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 48 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 113,2 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>7 семестр - 15,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

А.Б. Гаряев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

А.Н. Рогалев

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:** изучение тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, проектирования и эксплуатации.

### Задачи дисциплины

- изучение основных видов и конструкций тепломассообменного оборудования предприятий и физических процессов, которые в них протекают;
- изучение основных технологических процессов и установок, в которых используется тепломассообменное оборудование предприятий;
- овладение навыками проведения тепловых конструктивных и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования предприятий;
- овладение навыками принятия, обоснования и защиты конкретных решений при выборе и конструировании тепломассообменного оборудования.

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 проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Знает устройство, принцип работы и принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций энергетического оборудования	знать: - основные термины, определения и понятия (применительно к тепломассообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики; - основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники.  уметь: - анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования; - использовать программы расчетов характеристик тепломассообменного оборудования; - рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего тепломассообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн); - проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		функциональным назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов; - рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха; - составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать правила выполнения чертежей
- знать основы термодинамики, тепломассообмена и гидрогазодинамики
- знать основы технологии конструкционных материалов
- уметь выполнять чертежи основных элементов конструкции теплообменных аппаратов
- уметь определять и рассчитывать режимы течения жидкостей
- уметь рассчитывать тепловые потоки, передаваемые через разделяющую жидкостную стенку
- уметь выбирать материалы элементов конструкции аппаратов

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 6 зачетных единиц, 216 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	Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету	15.5	7	8	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные параметры теплообменника, выбрать его конструкцию, а также продумать технологическую схему, в которую может быть включен рассчитываемый теплообменный аппарат. Курсовой проект предусматривает расчетно-пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: тепловой мощности аппарата, неизвестных величин теплового баланса, коэффициента теплопередачи, эффективности теплообменного аппарата, температурного напора, площади поверхности теплообмена: требуемой и действительной, компоновка конструкции, падение давлений по теплоносителям и затраты электрической мощности на их прокачку</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 1. Виды теплообменного оборудования и общие</p>
1.1	Области применения и классификация теплообменного оборудования тепловых электростанций, тепловых сетей, промышленных технологических установок, инженерных систем зданий.	7.7		4	-	-	-	-	-	-	-	3.7	-	
1.2	Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования	7.8		4	-	-	-	-	-	-	-	3.8	-	

													<p>подходы к их расчету и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 5 - 51 [3], 6 -19 [4], 142</p>
2	Теплопередающие установки	74	23	-	20	-	-	-	-	-	31	-	<p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные параметры теплообменника, выбрать его конструкцию, а также продумать технологическую схему, в которую может быть включен рассчитываемый теплообменный аппарат. Курсовой проект предусматривает расчетно-пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: тепловой мощности аппарата, неизвестных величин теплового баланса, коэффициента теплопередачи, эффективности теплообменного аппарата, температурного напора, площади</p>
2.1	Рекуперативные теплообменные аппараты	36	12	-	12	-	-	-	-	-	12	-	
2.2	Регенеративные теплообменные аппараты	14	3	-	-	-	-	-	-	-	11	-	
2.3	Смесительные теплообменники	24	8	-	8	-	-	-	-	-	8	-	

													<p>поверхности теплообмена: требуемой и действительной, компоновка конструкции, падение давлений по теплоносителям и затраты электрической мощности на их прокачку</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "2. Теплопередающие установки"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 2. Теплопередающие установки и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "2. Теплопередающие установки"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теплопередающие установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 13 - 104; 146 - 165 [2], 12 - 73 [3], 20 - 57 [4], 152 - 171 [6], 11-27</p>
3	Теплоиспользующие установки	39.5	15	-	10	-	-	-	-	-	14.5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "3. Теплоиспользующие установки"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 3. Теплоиспользующие установки и подготовка</p>
3.1	Выпарные установки	12.8	6	-	3	-	-	-	-	-	3.8	-	
3.2	Сушильные установки	12.7	5	-	3	-	-	-	-	-	4.7	-	
3.3	Перегонные и ректификационные	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	

	установки												к контрольной работе <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "3. Теплоиспользующие установки" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теплопередающие установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 104 - 142; 166 - 258 [2], 88 - 225 [4], 177 - 240
4	Специальные вопросы	15	2	-	2	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Специальные вопросы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 74 - 87 [5], глава 25
4.1	Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования.	7	2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4.2	Микроканальные теплообменные аппараты	8	-	-	1	-	-	-	-	-	7	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	Всего за семестр	216.0	48	-	32	16	2	4	-	0.8	79.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	48	-	32	18		4		0.8	113.2		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КНР – 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. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету

1.1. Области применения и классификация теплообменного оборудования тепловых электростанций, тепловых сетей, промышленных технологических установок, инженерных систем зданий.

Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смесительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах..

#### 1.2. Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования

Виды расчета теплообменников: тепловой конструктивный, поверочный, гидравлический, прочностной, технико-экономический. Классификация методов расчета теплообменных аппаратов. Основные инженерные методы расчета теплообменных аппаратов. Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования..

#### 2. Теплопередающие установки

##### 2.1. Рекуперативные теплообменные аппараты

Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные теплообменники, теплообменники с оребренными трубами, пластинчатые теплообменники, их виды, змеевиковые и спиральные теплообменники. Конструкции теплообменного оборудования тепловых электростанций. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя. Особенности расчета теплообменников в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности теплообмена. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных теплообменников периодического действия. Тепловые трубы. Теплообменные аппараты на тепловых трубах. Методы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках.

##### 2.2. Регенеративные теплообменные аппараты

Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды применяемых насадок. Изменение температур в насадке регенеративного теплообменника. Коэффициент аккумуляции насадки. Тепловой расчет регенеративных теплообменников. Виды теплообмена в регенераторе. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Сравнение тепловой эффективности работы регенератора и рекуператора. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора...

### 2.3. Смесительные теплообменники

Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Полые, насадочные, пенные скрубберы. Смесительные теплообменники со взвешенным слоем насадки. Скрубберы Вентури. Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН). Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры центральных кондиционеров. Расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» (H-d) влажного воздуха. Основные процессы обработки воздуха в H-d диаграмме. Процессы обработки воздуха в прямоточных и противоточных скрубберах. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике. Средняя разность температур в смесительном теплообменнике. Коэффициенты теплопередачи в смесительных теплообменниках. Конденсационные теплообменники для глубокой утилизации теплоты влажных газов: продуктов сгорания, вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента; конструкции, принцип действия, методы расчета. Системы оборотного водоснабжения тепловых электростанций и промышленных предприятий. Вентиляторные, башенные, атмосферные и радиаторные градирни. Их конструкции и сравнение. Методы и особенности расчета градирен. Аппараты воздушного охлаждения...

## 3. Теплоиспользующие установки

### 3.1. Выпарные установки

Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Свойства растворов. Тепловые схемы выпарных и опреснительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы. Температурные депрессии. Располагаемая и полезная разности температур и ее распределение по ступеням многоступенчатой выпарной установки. Особенности расчета греющих камер. Выпарные аппараты адиабатного вскипания. Аппараты погружного горения. Область их применения...

### 3.2. Сушильные установки

Сушильные установки. Понятие о процессе сушки. Виды сушки материалов. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия. Сушильные агенты. Формы связи влаги с материалом. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки. Основы кинетики и динамики сушки. Первый и второй периоды сушки материалов. Равновесное и критическое влагосодержание. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. Построение процесса сушки в H-d диаграмме влажного газа. Способы интенсификации процесса сушки...

### 3.3. Перегонные и ректификационные установки

Перегонные и ректификационные установки. Конструкции и принцип действия Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Виды смесей жидких компонентов. Идеальные смеси. Закон Рауля. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Азеотропия. Простая и непрерывная перегонка. Уравнение простой перегонки. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Рабочие линии ректификационной колонны. Определение затрат энергии на разделение смеси в колонне. Определение числа тарелок в колонне...

#### 4. Специальные вопросы

4.1. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования.

Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Назначение и основные виды конденсатоотводчиков, принцип действия. Оборудование для перемещения газов и жидкостей, его виды и характеристики. Выбор вспомогательного оборудования. Основы подбора и расчета стандартного оборудования. Порядок выбора оборудования из каталогов. Поверочный расчет теплообменного оборудования.

4.2. Микроканальные теплообменные аппараты

Области применения микроканальных устройств: устройства с и без переноса теплоты. Особенности микроканальных технических устройств и процессов в них. Характерные задачи теплообмена при течении в микроканалах: влияние теплопроводности жидкости и стенки вдоль оси канала, влияние термического сопротивления стенки. Оптимизация микроканальных теплообменников...

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

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

### **3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено**

### **3.5 Консультации**

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "2. Теплопередающие установки"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2. Теплопередающие установки"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3. Теплоиспользующие установки"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Специальные вопросы"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Консультации проводятся по разделу "2. Теплопередающие установки"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчет и разработка конструкции рекуперативного теплообменного аппарата

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 14	15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	30	30	10	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	30	60	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Тепловой расчет
2	Компоновочный и гидравлический расчет
3	Подготовка РПЗ
4	Подготовка чертежей

### 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>						
основные методы расчета теплообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-3ПК-1	+	+			Тестирование/Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия»
основные термины, определения и понятия (применительно к теплообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в теплообменном оборудовании, их свойства и характеристики	ИД-3ПК-1	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов»
<b>Уметь:</b>						
составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения	ИД-3ПК-1	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов»
рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха	ИД-3ПК-1	+	+			Тестирование/Тест №2 «Параметры влажного воздуха»
проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их функциональным назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов	ИД-3ПК-1	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников»,
рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего теплообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн)	ИД-3ПК-1	+		+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок»
использовать программы расчетов характеристик	ИД-3ПК-1	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум «Основы

теплообменного оборудования						проектирования и расчета теплообменных аппаратов»
анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования	ИД-ЗПК-1	+	+	+		Коллоквиум/Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов»

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников», (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
3. Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
4. Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовой проект

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовой проект

В диплом выставляется оценка за 7 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. Расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов : учебное пособие по курсу "Теплообменное оборудование предприятий" по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Б. Гаряев, Е. П. Валуева, А. Ю. Маскинская, О. Е.



Прун, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2199-7 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10983>;

4. 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.;

5. 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/elib/view.php?id=6989>;

6. Аверкин А. Г.- "I-d-диаграмма влажного воздуха и ее применение при проектировании технических устройств", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (192 с.)

<https://e.lanbook.com/book/222629>.

## **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).

## **5.3 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	Г-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для	Г-406, Учебная	парта, стол преподавателя, стул, доска

проведения практических занятий, КР и КП	аудитория	меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
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-104-1, Кабинет сотрудников каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, многофункциональный центр, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-02, Архив	стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Тепломассообменное оборудование

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников», (Контрольная работа)
- КМ-3 Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
- КМ-5 Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	14	15
1	Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету						
1.1	Области применения и классификация теплообменного оборудования тепловых электростанций, тепловых сетей, промышленных технологических установок, инженерных систем зданий.		+	+	+	+	+
1.2	Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования		+	+	+		+
2	Теплопередающие установки						
2.1	Рекуперативные теплообменные аппараты		+	+			+
2.2	Регенеративные теплообменные аппараты		+	+			+
2.3	Смесительные теплообменники				+		+
3	Теплоиспользующие установки						
3.1	Выпарные установки					+	+
3.2	Сушильные установки					+	+
3.3	Перегонные и ректификационные установки					+	+
4	Специальные вопросы						

4.1	Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования.				+	+
4.2	Микроканальные теплообменные аппараты					+
Вес КМ, %:		15	25	15	20	25

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Тепломассообменное оборудование

(название дисциплины)

7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Контроль выполнения теплового расчета
- КМ-2 Компоновочный и гидравлический расчет
- КМ-3 Подготовка РПЗ
- КМ-4 Подготовка чертежей

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	12	14	15
1	Тепловой расчет		+			
2	Компоновочный и гидравлический расчет			+		
3	Подготовка РПЗ				+	
4	Подготовка чертежей					+
Вес КМ, %:			30	30	10	30