

**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: Цифровые двойники технических систем

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

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

<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.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 7;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</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 - 149,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>7 семестр - 51,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Решение задач Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2024**

**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	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

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 проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, в том числе с применением информационных технологий	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - основные термины, определения и понятия (применительно к тепломассообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики.  уметь: - анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, в том числе с применением информационных технологий	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники.  уметь: - составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения; - рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего тепломассообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн); - рассчитывать процессы смешения в

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		смесительных теплообменниках и аппаратах 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; - использовать программы расчетов характеристик теплообменного оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровые двойники технических систем (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, теплообмена и гидрогазодинамики
- знать основы технологии конструкционных материалов
- уметь выполнять чертежи основных элементов конструкции промышленных 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 7 зачетных единиц, 252 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	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 "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 Виды теплообменного оборудования и общие</p>
1.1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий	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 "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 [2], 142 [4], 6-19</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 "Теплопередающие установки"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Теплопередающие установки и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "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], 152-171 [3], 12-73 [4], 20-57 [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 "Теплоиспользующие установки"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 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 "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], 177-240 [3], 88-225
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> [3], 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	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Всего за семестр	252.0	48	-	32	16	2	4	-	0.8	115.7	33.5	
	Итого за семестр	252.0	48	-	32	18		4		0.8	149.2		

**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. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету

1.1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий

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

### 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 "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 "Теплопередающие установки"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

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

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

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

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 7 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Расчет 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 термины, определения и понятия (применительно к теплообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в теплообменном оборудовании, их свойства и характеристики	ИД-1ПК-1	+	+			Тестирование/Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия»
основные методы расчета теплообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2ПК-1	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов»
<b>Уметь:</b>						
анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования	ИД-1ПК-1	+	+	+		Тестирование/Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям
использовать программы расчетов характеристик теплообменного оборудования	ИД-2ПК-1	+	+	+	+	Решение задач/Расчетное задание «Теплообменные аппараты - решение практических задач»
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-2ПК-1	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников»
рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха	ИД-2ПК-1	+	+			Тестирование/Тест №2 «Параметры влажного воздуха»
рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего теплообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных	ИД-2ПК-1	+		+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок»

колонн)						
составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения	ИД-2ПК-1	+	+	+	+	Решение задач/Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач»

## **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. Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (Решение задач)
4. Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
5. Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)
6. Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта 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

*Курсовой проект (КП) (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 тепломассообменные процессы и установки : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Ред. А. М. Бакластов . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 328 с.;



2. 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.;
3. 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.;
4. Расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов : учебное пособие по курсу "Тепломассообменное оборудование предприятий" по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Б. Горяев, 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10983>;
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://elibr.mpei.ru/elibr/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. Latex;
6. Notepad++;
7. Python.

## **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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
12. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

14. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

15. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

16. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

17. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-400, Учебная аудитория	парта, скамья, стол преподавателя, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-405, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-405, 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-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия
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 предприятий

(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 Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (Тестирование)
- КМ-5 Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
- КМ-6 Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (Решение задач)
- КМ-7 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	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	15	15
1	Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету								
1.1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий		+	+	+	+	+	+	+
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, %:		12	20	10	12	20	1	25

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

### Тепломассообменное оборудование предприятий

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 Контроль выполнения теплового расчета

КМ-2 Контроль выполнения компоновочного и гидравлического расчетов, эскизов чертежей

КМ-3 Контроль выполнения РПЗ

КМ-4 Контроль выполнения чертежей

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

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