



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Направление подготовки

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль программы

**Энергообеспечение предприятий**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Теплотехнических и энергетических систем  
5

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем «25» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель \_\_\_\_\_ / С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС

\_\_\_\_\_ / С.В. Осколков /

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО «ММК», к.т.н.

\_\_\_\_\_ / В.Н. Михайловский /



## **1 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообменное оборудование предприятий» являются: ознакомление с историей и тенденциями в развитии технологий и конструкций теплообменных установок; ознакомление с основными видами и классификацией теплообменного оборудования предприятий; изучение конструкций ТМОУ, способов управления с целью создания неэнергоёмких высокопроизводительных и экономичных ТМОУ; обучение студента рациональному выбору конструкций и технологическому расчету теплообменных установок для определенных процессов; обучение методам целесообразной промышленной эксплуатации их, направленных на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции; приобретение профессиональных навыков и умения исследования, расчета и проектирования ТМОУ с учетом ЕСКД, опыта пуска, наладки и эксплуатации, основ теории тепло-массообмена, свойств применяемых материалов, в том числе изоляционных в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра**

Дисциплина Б1.В.07 «Тепломассообменное оборудование предприятий» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения

Б1.Б.09 Математика (основы мат. анализа, диф. и интегральное исчисление, основные понятия мат. статистики);

Б1.Б.10 Физика (механика жидкостей и газов, молекулярная физика и термодинамика);

Б1.Б.11 Общая и неорганическая химия (растворы, дисперсные системы, химическая термодинамика и кинетика, химическое и фазовое равновесие);

Б1.Б.17 Гидрогазодинамика (основные физические свойства жидкостей и газов, подобие гидромеханических процессов, уравнение движения вязкой жидкости, режимы движения, пограничный слой);

Б1.Б.16 Техническая термодинамика (первый и второй закон термодинамики, идеальные и реальные газы, водяной пар, фазовые диаграммы);

Б1.Б.19 Теплообмен (конвективный и радиационный теплообмен, теплопроводность, массообмен).

Б1.В.05 Источники и системы теплоснабжения (оборудование источников теплоснабжения и тепловых пунктов).

Знания (умения, владения), полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы для сбора и обработки материала при подготовке отчета по производственной – преддипломной практике, а также для сдачи государственного экзамена и выполнения и защиты ВКР.

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприя-

тий» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Результаты освоения компетенций
ПК-1	способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию и основные виды теплообменного оборудования предприятий</li> <li>- особенности конструкций различных видов теплообменного оборудования с целью создания неэнергоёмких высокопроизводительных и экономичных ТМОУ</li> <li>- основные методы исследований, используемые в процессах теплообмена для обеспечения экозащитных мероприятий и мероприятий по энерго-ресурсосбережению на производстве</li> </ul>
Уметь:.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- рационально выбирать конструкции теплообменных установок для определенных процессов</li> <li>- применять знания по теплообменному оборудованию в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне</li> <li>- применять способы эффективного решения по выбору различных видов теплообменного оборудования с учетом экологических аспектов</li> </ul>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками сбора исходных данных для проектирования теплообменных установок для проектирования энергосберегающих энергообъектов и их элементов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</li> <li>- основными методами исследования в вопросах теплообмена, практическими умениями и навыками их использования</li> </ul>
ПК-2	способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виды тепловых расчетов теплообменного оборудования предприятий, их особенности и исходные данные</li> <li>- специфику того как обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, и осваивать вводимое оборудование для осуществления необходимых теплообменных процессов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования, в соответствии с техническим заданием</li> </ul>

Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять основные расчеты при проектировании тепломассообменного оборудования в соответствии с нормативной документацией</li> <li>- применять современные технологии для формирования технического оснащения рабочих мест с размещением технологического оборудования, осваивать вводимое оборудование, используемое в тепломассообменных термических процессах</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- приемами и навыками выбора и оснащения технологическим оборудованием тепломассообменных производственных процессов в соответствии с нормативной документацией и техническим заданием</li> <li>- приемами и методами анализа технического оснащения рабочих мест с размещением технологического оборудования при эксплуатации производственных тепломассообменных установок</li> </ul>
ПК-3	способностью участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методы предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок тепломассообменных установок и их элементов по стандартным методикам с учетом их доводки к условиям эксплуатации</li> <li>- специфику того как участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки к эксплуатации новых тепломассообменных установок, как проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов</li> </ul>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений и их элементов по стандартным методикам и анализировать их</li> <li>- применять современные технологии для проведения предварительного технико-экономического обоснования при выполнении работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки к эксплуатации тепломассообменных установок</li> </ul>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основными методами математического аппарата обработки предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения с использованием современных образовательных и информационных технологий</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) “Тепломассообменное оборудование предприятий”

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц - 252 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 30,3 акад. часов;
- аудиторная работа - 24 акад. часов;
- внеаудиторная работа – 6,3 акад. часов
- самостоятельная работа – 209,1 акад. часов;
- подготовка к зачету – 3,9 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часов.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел. Теплообменное оборудование предприятий	5							
Тема 1.1. Введение в курс тепломассообменного оборудования	5				8	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). П. 6. Тема 1.1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема 1.2. Классификация теплообменного оборудования	5	0,5			9	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). П. 6. Тема 1.2.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 1.3. Рекуперативные теплообменники непрерывного действия.	5	0,5			9	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 1.3.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 1.4. Рекуперативные теплообменники периодического действия	5	0,5			9	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). П. 6. Тема 1.4.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 1.5. Регенеративные теплообменники, методика расчета	5	0,5			9	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 1.5.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
<b>Итого по разделу 1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>44</b>			
2. Раздел. Контактные тепломассообменные установки предприятий	<b>5</b>							

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема 2.1. Классификация по назначению и конструкции	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 2.1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 2.2. “Н-d” влажного газа. Построение процессов тепломассообмена на диаграмме	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 2.2.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 2.3. Деаэраторы	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 2.3.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 2.4. Газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные (контактные) теплообменники	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 2.4.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
<b>Итого по разделу 2.</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>44</b>			
3. Раздел. Термические производственные тепломассообменные процессы и установки	5							
Тема 3.1. Выпарные, опреснительные и кристаллизационные установки.	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 3.1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 3.2. Перегонные и ректификационные установки	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 3.2.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема 3.3. Сушильные установки	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме. П. 6. Тема 3.3.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
Тема 3.4. Абсорбционные и адсорбционные аппараты	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. П. 6. Тема 3.3.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-2-зுவ ПК-3-зுவ
<b>Итого по разделу 3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>44</b>			
4 Раздел. Выбор теплообменного оборудования	<b>5</b>							
Тема 4.1. Теплообменники-утилизаторы	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. П. 6. Тема 4.1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ
4.2. Выбор стандартного оборудования	5	0,5			11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, слова-	Наличие конспектов лекций	ПК-1-зுவ ПК-3-зுவ

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						рями, энциклопедиями. П. 6. Тема 4.2.		
<b>Итого по разделу 4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>			<b>22</b>			
5. Расчет рекуперативного теплообменника непрерывного действия	5	2		1/1И	11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. П. 6. Курсовой проект.	Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-2-зув
<b>Итого по разделу 5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>1/1И</b>	<b>11</b>			
6. Расчет регенеративного теплообменника периодического действия	5	1		1/1И	11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. П. 6. Курсовой проект.	Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-2-зув
<b>Итого по разделу 6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>		<b>1/1И</b>	<b>11</b>			

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
7. Расчет насадочного скруббера. Построение процесса тепломассообмена между воздухом и водой на H-d диаграмме влажного воздуха.	5	2		2/2И	11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. П. 6. Курсовой проект.	Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-2-зув
<b>Итого по разделу 7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>2/2И</b>	<b>11</b>			
8. Расчет процесса ректификации бинарной смеси: а) построение рабочей и равновесной линии б) расчет ректификационного аппарата	5	2		2/2И	11,1	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. П. 6. Курсовой проект.	Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-2-зув
<b>Итого по разделу 8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>2/2И</b>	<b>11,1</b>			
9. Тепловой расчет конвективной сушилки на «H-d» диаграмме влажного газа.	5	2		2/2И	11	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями)	Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-2-зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						Подготовка к практическому занятию. П. 6. Курсовой проект.		
<b>Итого по разделу 9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>2/2И</b>	<b>11</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>5</b>	<b>16</b>		<b>8/8И</b>	<b>209,1</b>		<b>Промежуточная аттестация (зачет / экзамен / курсовой проект)</b>	

## **5. Образовательные технологии**

В процессе изучения курса Б1.В.07 «Тепломассообменное оборудование предприятий» применяются следующие образовательные технологии:

1. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций и расчетно-графической работы.

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

Формы, методы и средства организации и проведения образовательного процесса

а) формы, направленные на теоретическую подготовку:

Лекция. Используются типы лекций: вводная, мотивационная (возбуждающая интерес к осваиваемой дисциплине), подготовительная (готовящая студентов к более сложному материалу), интегрирующая (дающая общий теоретический анализ предшествующего материала), установочная (направляющая студентов к источникам информации для дальнейшей самостоятельной работы). Часть занятий лекционного типа проводятся в виде презентации.

Содержание и структура лекционного материала должны быть направлены на формирование у студентов соответствующих компетенций и соотноситься с выбранными преподавателем методами контроля и оценкой их усвоения.

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа. Самостоятельная работа выполняется студентом в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах и лабораториях, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Организация самостоятельной работы студента предусматривает контролируемый доступ к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсу Интернет.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное программное обеспечение.

Консультация. Предусматривается получение студентами профессиональных консультаций и помощи со стороны преподавателя.

б) формы, направленные на практическую подготовку:

Практическое занятие. Эта форма обучения направлена на практическое освоение и закрепление теоретического материала, изложенного на лекциях.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Вопросы для самостоятельной работы обучающихся по темам.

Тема 1.1.

1. Виды тепломассообменного оборудования
2. Значение тепломассообменного оборудования для промышленности
3. Потребность в тепломассообменном оборудовании промышленности.

#### Тема 1.2.

1. Классификация тепломассообменных установок.
2. Наиболее распространенные теплоносители, их свойства, область применения.

#### Тема 1.3.

1. Классификация рекуперативных теплообменников.
2. Конструктивные особенности кожухотрубчатых теплообменников.
3. Конструктивные особенности пластинчатых и спиральных теплообменников.
4. Тепловой конструктивный и тепловой поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их особенности.
5. Испарительные установки. Их конструктивные особенности.
6. Классификация высокотемпературных рекуперативных теплообменников.
7. Конструктивные особенности металлических высокотемпературных рекуператоров.
8. Конструктивные особенности керамических высокотемпературных рекуператоров.
9. Особенности теплового расчета высокотемпературных рекуператоров.
10. Тепловые трубы. Классификация, конструктивные особенности.
11. Особенности теплового расчета тепловых труб.

#### Тема 1.4.

1. Рекуперативные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.
2. Особенности теплового расчета теплообменников периодического действия.
3. Гидравлический и прочностной расчеты рекуперативных теплообменников.
4. Регенеративные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.

#### Тема 1.5.

1. Особенности теплового расчета регенераторов периодического действия.
2. Конструктивные особенности регенераторов непрерывного действия.

#### Тема 2.1.

1. Классификация и конструктивные особенности контактных тепломассообменных установок.
2. Особенности работы контактных теплообменных аппаратов.

#### Тема 2.2.

1. Свойства влажного воздуха на « H-d » диаграмме.
2. Изображение процессов теплообмена на « H-d » диаграмме.
3. Тепловой конструктивный расчет скруббера.
4. Тепловой баланс контактного теплообменника и изображение процессов в нем на « H-d » диаграмме.

#### Тема 2.3.

1. Физико-химические особенности процессов выпаривания. Температурная депрессия.
2. Конструкции выпарных аппаратов с естественной и принудительной циркуляцией выпариваемого раствора.

#### Тема 2.4.

1. Особенности работы газожидкостных теплообменников
2. Назначение контактных теплообменников
3. Конструктивные контактных теплообменных аппаратов

#### Тема 3.1.

4. Конструктивные особенности контактных выпарных аппаратов.
5. Конструктивные особенности кристаллизационных установок.
6. Принцип действия и конструктивные особенности опреснительных установок.
7. Многокорпусные выпарные установки. Их конструктивные особенности.
8. Многокорпусные вакуум-испарительные установки. Их конструктивные особенности.
9. Тепловой расчет выпарных установок.
10. Тепловой баланс выпарной установки непрерывного действия.
11. Основные физико-химические свойства бинарных смесей. Бинарные смеси из взаимно растворимых и взаимнонерастворимых компонентов.
12. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей.
13. Азеатропические смеси. Их особенности.
14. Дисцилляционные установки, их особенности. Процессы разделения бинарных смесей на  $t$ - $x$ ,  $y$  диаграмме.

#### Тема 3.2.

1. Ректификационные установки. Процессы массообмена в колпачковой ректификационной колонне.
2. Определение теоретического и действительного числа тарелок в ректификационной колонне.

#### Тема 3.3.

1. Механизм процесса сушки влажных материалов. Виды связанной влаги.
2. Анализ I и II периодов сушки материалов.
3. Определение расхода сушильного агента в процессе сушки.
4. Процесс сушки в теоретическом сушиле на «H-d» диаграмме.
5. Тепловой баланс действительного сушила.
6. Особенности процессов сушки с рециркуляцией сушильного агента. Построение процесса сушки на «H-d» диаграмме.
7. Особенности процессов сушки с промежуточным подогревом сушильного агента.
8. Конвективная сушка на дымовых газах. Сушка с рециркуляцией топочных газов.

#### Тема 3.4.

1. Сорбционные процессы. Абсорбенты и адсорбенты.
2. Абсорбционные процессы и установки. Материальный баланс и принципиальные схемы.
3. Адсорбционные процессы и установки. Принципиальные схемы адсорбции

#### Тема 4.1.

1. Назначение теплообменников-утилизаторов.
2. Особенности работы теплообменников-утилизаторов.

Тема 4.2.

1. Порядок подбора стандартного оборудования
2. Каталоги основного стандартного оборудования

### **Курсовой проект**

Тема курсового проекта: **Конструктивный тепловой расчет теплообменной установки.**

Курсовой проект выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде. Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков проектирования и особенностей эксплуатации теплообменных установок предприятий, тепловых расчетов процессов, совершаемых в теплоэнергетических установках, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплоэнергетике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.

Варианты заданий:

Рекуперативные теплообменники непрерывного действия: кожухотрубные, пластинчатые, ребристые, секционные; периодического действия: водонагреватели-аккумуляторы, регенеративные теплообменные аппараты, ректификационные установки, сушилка конвективные и терморрадиационные, выпарные установки.

Графическая часть: общий вид аппарата на листе А1, заполненный не менее чем на 75%, элементы установки.

Пояснительная записка с разделами: характеристика аппарата и протекающих в нем процессов, схема установки, тепловой и конструктивный расчет, поверочный расчет при выборе типового оборудования, гидравлический (аэродинамический) расчет, компоновочный расчет, механический расчет и выбор тепловой изоляции, а также выбор вспомогательного оборудования.

## 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-1</b>	<b>способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию и основные виды тепломассообменного оборудования предприятий</li> <li>- особенности конструкций различных видов тепломассообменного оборудования с целью создания неэнергоемких высокопроизводительных и экономичных ТМОУ</li> <li>- основные методы исследований, используемые в процессах тепломассообмена для обеспечения экозащитных мероприятий и мероприятий по энергоресурсосбережению на производстве</li> </ul>	<p>Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Классификация тепломассообменных установок.</li> <li>4. Наиболее распространенные теплоносители, их свойства, область применения.</li> <li>5. Классификация рекуперативных теплообменников.</li> <li>6. Конструктивные особенности кожухотрубчатых теплообменников.</li> <li>7. Конструктивные особенности пластинчатых и спиральных теплообменников.</li> <li>8. Тепловой конструктивный и тепловой поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их особенности .</li> <li>9. Испарительные установки. Их конструктивные особенности.</li> <li>10. Классификация высокотемпературных рекуперативных теплообменников.</li> <li>11. Конструктивные особенности металлических высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>12. Конструктивные особенности керамических высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>13. Особенности теплового расчета высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>14. Тепловые трубы. Классификация, конструктивные особенности.</li> <li>15. Особенности теплового расчета тепловых труб.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Рекуперативные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.</p> <p>17. Особенности теплового расчета теплообменников периодического действия.</p> <p>18. Гидравлический и прочностной расчеты рекуперативных теплообменников.</p> <p>19. Регенеративные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.</p> <p>20. Особенности теплового расчета регенераторов периодического действия.</p> <p>21. Конструктивные особенности регенераторов непрерывного действия.</p> <p>22. Классификация и конструктивные особенности контактных теплообменников.</p> <p>23. Свойства влажного воздуха на « H-d » диаграмме.</p> <p>24. Изображение процессов теплообмена на « H-d » диаграмме.</p> <p>25. Тепловой конструктивный расчет скруббера.</p> <p>26. Тепловой баланс контактного теплообменника и изображение процессов в нем на « H-d » диаграмме.</p> <p>27. Физико-химические особенности процессов выпаривания. Температурная депрессия.</p> <p>28. Конструкции выпарных аппаратов с естественной и принудительной циркуляцией выпариваемого раствора.</p> <p>29. Конструктивные особенности контактных выпарных аппаратов.</p> <p>30. Конструктивные особенности кристаллизационных установок.</p> <p>31. Принцип действия и конструктивные особенности опреснительных установок.</p> <p>32. Многокорпусные выпарные установки. Их конструктивные особенности.</p> <p>33. Многокорпусные вакуум-испарительные установки. Их конструктивные особенности.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>34. Тепловой расчет выпарных установок.</p> <p>35. Тепловой баланс выпарной установки непрерывного действия.</p> <p>36. Основные физико-химические свойства бинарных смесей. Бинарные смеси из взаимно растворимых и взаимнонерастворимых компонентов.</p> <p>37. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей.</p> <p>38. Азеотропические смеси. Их особенности.</p> <p>39. Дисцилляционные установки, их особенности. Процессы разделения бинарных смесей на t-x,y диаграмме.</p> <p>40. Ректификационные установки. Процессы массообмена в колпачковой ректификационной колонне.</p> <p>41. Определение теоретического и действительного числа тарелок в ректификационной колонне.</p> <p>42. Механизм процесса сушки влажных материалов. Виды связанной влаги.</p> <p>43. Анализ I и II периодов сушки материалов.</p> <p>44. Определение расхода сушильного агента в процессе сушки.</p> <p>45. Процесс сушки в теоретическом сушиле на «H-d» диаграмме.</p> <p>46. Тепловой баланс действительного сушила.</p> <p>47. Особенности процессов сушки с рециркуляцией сушильного агента. Построение процесса сушки на «H-d» диаграмме.</p> <p>48. Особенности процессов сушки с промежуточным подогревом сушильного агента.</p> <p>49. Конвективная сушка на дымовых газах. Сушка с рециркуляцией топочных газов.</p> <p>50. Сорбционные процессы. Абсорбенты и адсорбенты.</p> <p>51. Абсорбционные процессы и установки. Материальный баланс и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>принципиальные схемы. 52. Адсорбционные процессы и установки. Принципиальные схемы адсорбции.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- рационально выбирать конструкции теплообменных установок для определенных процессов</li> <li>- применять знания по теплообменному оборудованию в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне</li> <li>- применять способы эффективного решения по выбору различных видов теплообменного оборудования с учетом экологических аспектов</li> </ul>	<p>Результаты обоснования выбора теплообменного оборудования на курсовое проектирование. Преимущества и недостатки теплообменной установки по курсовому проекту. (Вводная часть курсового проекта).</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками сбора исходных данных для проектирования теплообменных установок для проектирования энергосберегающих энергообъектов и их элементов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</li> <li>- основными методами исследования в вопросах теплообмена, практическими умениями и навыками их использования</li> </ul>	<p>Тема курсового проекта: <b>Конструктивный тепловой расчет теплообменной установки.</b></p> <p>Курсовой проект выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде. Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков проектирования и особенностей эксплуатации теплообменных установок предприятий, тепловых расчетов процессов, совершаемых в теплоэнергетических установках, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплоэнергетике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.</p> <p>Варианты заданий:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Рекуперативные теплообменники непрерывного действия: кожухотрубные, пластинчатые, ребристые, секционные, периодического действия: водонагреватели-аккумуляторы, регенеративные теплообменные аппараты, ректификационные установки, сушила конвективные и терморadiационные, выпарные установки.</p> <p>Содержание:  Графическая часть: общий вид аппарата на листе А1, заполненный не менее чем на 75%, элементы установки.  Пояснительная записка с разделами: характеристика аппарата и протекающих в нем процессов, схема установки, тепловой и конструктивный расчет, поверочный расчет при выборе типового оборудования, гидравлический (аэродинамический) расчет, компоновочный расчет, механический расчет и выбор тепловой изоляции, а также выбор вспомогательного оборудования.</p>
<p><b>ПК-2 способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием</b></p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виды тепловых расчетов тепломассообменного оборудования предприятий, их особенности и исходные данные</li> <li>- специфику того как обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с</li> </ul>	<p>Вопросы для контроля:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тепловой конструктивный и тепловой поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их особенности.</li> <li>2. Определение расхода сушильного агента в процессе сушки.</li> <li>3. Процесс сушки в теоретическом сушиле на «Н-d» диаграмме.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	размещением технологического оборудования, и осваивать вводимое оборудование для осуществления необходимых тепломассообменных процессов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования, в соответствии с техническим заданием	<p>4. Тепловой расчет выпарных установок.</p> <p>5. Тепловой баланс выпарной установки непрерывного действия.</p> <p>6. Абсорбционные процессы и установки. Материальный баланс и принципиальные схемы.</p> <p>7. Ректификационные установки. Процессы массообмена в колпачковой ректификационной колонне.</p> <p>8. Определение теоретического и действительного числа тарелок в ректификационной колонне.</p>
Уметь	<p>- выполнять основные расчеты при проектировании тепломассообменного оборудования в соответствии с нормативной документацией</p> <p>- применять современные технологии для формирования технического оснащения рабочих мест с размещением технологического оборудования, осваивать вводимое оборудование, используемое в тепломассообменных термических процессах</p>	<p>Задача 1. Тепловой расчет водяного экономайзера</p> <p>Змеевиковый экономайзер парового котла предназначен для подогрева питательной воды в количестве <math>G_2</math> от температуры <math>t_2'</math> до <math>t_2''</math>. Вода движется вверх по трубам диаметром <math>d_2/d_1</math>. Коэффициент теплопроводности материала стенки <math>\lambda</math>. Средняя скорость движения воды <math>\omega_2</math>.</p> <p>Дымовые газы (13 % <math>CO_2</math> и 11 % <math>H_2O</math>) движутся сверху вниз в межтрубном пространстве со средней скоростью в узком сечении трубного пучка <math>\omega_1</math>. Расход газов <math>G_1</math>. Температура газов на входе в экономайзер <math>t_1'</math>, на выходе <math>t_1''</math> (одна из четырех температур неизвестна). Задано расположение труб в пучке (шахматное или коридорное) и относительные шаги: поперечный <math>\sigma_1 = S_1/d_2</math> и продольный <math>\sigma_2 = S_2/d_2</math>. Со стороны газов поверхность труб покрыта слоем сажи толщиной <math>\delta_c</math>, со стороны воды - слоем накипи толщиной <math>\delta_n</math>. Коэффициенты теплопроводности принять: для сажи <math>\lambda_c = 0,07 - 0,12</math> Вт/м·град, для накипи <math>\lambda_n = 0,7 - 2,3</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Вт/м·град. Определить поверхность нагрева и длину отдельных секций (змеевиков).</p> <p>Задача 2. Расчет двухходового трубчатого воздухоподогревателя</p> <p>В трубчатом двухходовом теплообменнике холодный теплоноситель (воздух) в количестве <math>G_2</math> должен нагреваться от <math>t_2'</math> до <math>t_2''</math>.</p> <p>Горячий теплоноситель (дымовые газы) в количестве <math>G_1</math> движется внутри труб диаметром <math>d_2/d_1</math> со средней скоростью <math>w_1</math>, <math>\lambda</math> - коэффициент теплопроводности материала, из которого изготовлены трубки. Температура дымовых газов на входе в теплообменник <math>t_1'</math>, на выходе <math>t_1''</math>, (одна из четырех температур неизвестна).</p> <p>Воздух движется поперек трубного пучка со средней скоростью в узком сечении пучка <math>w_2</math>. Заданы расположение труб в пучке и относительные шаги: поперечный <math>\sigma_1 = S_1/d_2</math> и продольный <math>\sigma_2 = S_2/d_2</math>.</p> <p><i>Потери теплоты составляют <math>\Delta</math> %.</i></p> <p>Определить необходимую поверхность нагрева, длину труб в одном ходе и количество труб, расположенных поперек и вдоль потока холодного теплоносителя.</p>
Владеть	- приемами и навыками выбора и оснащения технологическим оборудованием теплообменных производственных процессов в соответствии с нормативной документацией и техническим заданием	<p align="center"><b>Курсовой проект по дисциплине</b></p> <p>Тема курсового проекта: <b>Конструктивный тепловой расчет теплообменной установки.</b></p> <p>Курсовой проект выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде. Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков проектирования и особенностей эксплуатации теплооб-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>- приемами и методами анализа технического оснащения рабочих мест с размещением технологического оборудования при эксплуатации производственных тепломассообменных установок</p>	<p>менных установок предприятий, тепловых расчетов процессов, совершаемых в теплоэнергетических установках, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплоэнергетике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.</p> <p><i>Варианты заданий:</i></p> <p>Рекуперативные теплообменники непрерывного действия: кожухотрубные, пластинчатые, ребристые, секционные, периодического действия: водонагреватели-аккумуляторы, регенеративные теплообменные аппараты, ректификационные установки, сушилка конвективные и терморadiационные, выпарные установки.</p> <p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Графическая часть: общий вид аппарата на листе А1, заполненный не менее чем на 75%, элементы установки.</li> <li>- Пояснительная записка с разделами: характеристика аппарата и протекающих в нем процессов, схема установки, тепловой и конструктивный расчет, поверочный расчет при выборе типового оборудования, гидравлический (аэродинамический) расчет, компоновочный расчет, механический расчет и выбор тепловой изоляции, а также выбор вспомогательного оборудования.</li> </ul>
ПК-3	<p><b>способностью участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам</b></p>	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать	<p>- методы предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок теплообменных установок и их элементов по стандартным методикам с учетом их доводки к условиям эксплуатации</p> <p>- специфику того как участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки к эксплуатации новых теплообменных установок, как проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов</p>	<p>Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация теплообменных установок.</li> <li>2. Наиболее распространенные теплоносители, их свойства, область применения.</li> <li>3. Классификация рекуперативных теплообменников.</li> <li>4. Конструктивные особенности кожухотрубчатых теплообменников.</li> <li>5. Конструктивные особенности пластинчатых и спиральных теплообменников.</li> <li>6. Тепловой конструктивный и тепловой поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их особенности .</li> <li>7. Испарительные установки. Их конструктивные особенности.</li> <li>8. Классификация высокотемпературных рекуперативных теплообменников.</li> <li>9. Конструктивные особенности металлических высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>10. Конструктивные особенности керамических высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>11. Особенности теплового расчета высокотемпературных рекуператоров.</li> <li>12. Тепловые трубы. Классификация, конструктивные особенности.</li> <li>13. Особенности теплового расчета тепловых труб.</li> <li>14. Рекуперативные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.</li> <li>15. Особенности теплового расчета теплообменников периодического действия.</li> <li>16. Гидравлический и прочностной расчеты рекуперативных теплообменников.</li> <li>17. Регенеративные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности.</li> <li>18. Особенности теплового расчета регенераторов периодического действия.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>19. Конструктивные особенности регенераторов непрерывного действия.</p> <p>20. Классификация и конструктивные особенности контактных теплообменников.</p> <p>21. Свойства влажного воздуха на « Н-d » диаграмме.</p> <p>22. Изображение процессов теплообмена на « Н-d » диаграмме.</p> <p>23. Тепловой конструктивный расчет скруббера.</p> <p>24. Тепловой баланс контактного теплообменника и изображение процессов в нем на « Н-d » диаграмме.</p> <p>25. Физико-химические особенности процессов выпаривания. Температурная депрессия.</p> <p>26. Конструкции выпарных аппаратов с естественной и принудительной циркуляцией выпариваемого раствора.</p> <p>27. Конструктивные особенности контактных выпарных аппаратов.</p> <p>28. Конструктивные особенности кристаллизационных установок.</p> <p>29. Принцип действия и конструктивные особенности опреснительных установок.</p> <p>30. Многокорпусные выпарные установки. Их конструктивные особенности.</p> <p>31. Многокорпусные вакуум-испарительные установки. Их конструктивные особенности.</p> <p>32. Тепловой расчет выпарных установок.</p> <p>33. Тепловой баланс выпарной установки непрерывного действия.</p> <p>34. Основные физико-химические свойства бинарных смесей. Бинарные смеси из взаимно растворимых и взаимнонерастворимых компонентов.</p> <p>35. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей.</p> <p>36. Азеотропические смеси. Их особенности.</p> <p>37. Дисцилляционные установки, их особенности. Процессы разделения бинарных</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>смесей на t-x,y диаграмме.</p> <p>38. Ректификационные установки. Процессы массообмена в колпачковой ректификационной колонне.</p> <p>39. Определение теоретического и действительного числа тарелок в ректификационной колонне.</p> <p>40. Механизм процесса сушки влажных материалов. Виды связанной влаги.</p> <p>41. Анализ I и II периодов сушки материалов.</p> <p>42. Определение расхода сушильного агента в процессе сушки.</p> <p>43. Процесс сушки в теоретическом сушиле на «H-d» диаграмме.</p> <p>44. Тепловой баланс действительного сушила.</p> <p>45. Особенности процессов сушки с рециркуляцией сушильного агента. Построение процесса сушки на «H-d» диаграмме.</p> <p>46. Особенности процессов сушки с промежуточным подогревом сушильного агента.</p> <p>47. Конвективная сушка на дымовых газах. Сушка с рециркуляцией топочных газов.</p> <p>48. Сорбционные процессы. Абсорбенты и адсорбенты.</p> <p>49. Абсорбционные процессы и установки. Материальный баланс и принципиальные схемы.</p> <p>50. Адсорбционные процессы и установки. Принципиальные схемы адсорбции.</p>
Уметь	- проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений и их элементов по стандартным методикам и анализировать их	<p>Задача 1. Тепловой расчет пароперегревателя</p> <p>В пароперегреватель поступает сухой насыщенный водяной пар. Пар движется по стальным трубам диаметром <math>d_2/d_1</math>. Коэффициент теплопроводности стали <math>\lambda</math>.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>- применять современные технологии для проведения предварительного технико-экономического обоснования при выполнении работ по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки к эксплуатации теплообменных установок</p>	<p>Средняя скорость движения пара <math>\omega_2</math>, расход пара <math>G_2</math>, давление <math>P</math>. Температура и энтальпия перегретого пара соответственно <math>t_2''</math> и <math>h_2^k</math>. Дымовые газы (13% <math>CO_2</math> и 11% <math>H_2O</math>) в количестве <math>G_1</math> движутся поперек трубного пучка. Температура газов на входе <math>t_1'</math>. Средняя скорость газов в узком сечении пучка <math>\omega_1</math>.</p> <p>Заданы расположение труб (шахматное или коридорное) и относительные шаги: поперечный <math>\sigma_1 = S_1/d_2</math> и продольный <math>\sigma_2 = S_2/d_2</math>.</p> <p>Изменением давления по длине пароперегревателя в расчетах можно пренебречь. Со стороны газов трубы пароперегревателя покрыты слоем сажи толщиной <math>\delta_c</math>. Теплопроводность сажи можно принять <math>\lambda_c = 0,07 - 0,12</math> Вт/м·град.</p> <p>Определить поверхность нагрева, количество и длину змеевиков пароперегревателя парового котла. Схема движения теплоносителей в пароперегревателе показана на рисунке.</p>
Владеть	<p>- основными методами математического аппарата обработки предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок</p> <p>- навыками и методиками обобщения результатов решения с использованием современных образовательных и информационных технологий</p>	<p style="text-align: center;"><b>Курсовой проект по дисциплине</b></p> <p>Тема курсового проекта: <b>Конструктивный тепловой расчет теплообменной установки.</b></p> <p>Курсовой проект выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде. Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков проектирования и особенностей эксплуатации теплообменных установок предприятий, тепловых расчетов процессов, совершаемых в теплоэнергетических установках, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплоэнергетике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.</p> <p><i>Варианты заданий:</i></p> <p>Рекуперативные теплообменники непрерывного действия: кожухотрубные,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>пластинчатые, ребристые, секционные, периодического действия: водонагреватели-аккумуляторы, регенеративные теплообменные аппараты, ректификационные установки, сушила конвективные и терморadiационные, выпарные установки.</p> <p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Графическая часть: общий вид аппарата на листе А1, заполненный не менее чем на 75%, элементы установки.</li> <li>- Пояснительная записка с разделами: характеристика аппарата и протекающих в нем процессов, схема установки, тепловой и конструктивный расчет, поверочный расчет при выборе типового оборудования, гидравлический (аэродинамический) расчет, компоновочный расчет, механический расчет и выбор тепловой изоляции, а также выбор вспомогательного оборудования.</li> </ul>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. обладает приемами и навыками выбора и оснащения технологическим оборудованием систем теплоснабжения в соответствии с нормативной документацией и техническим заданием ;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. знает основные определения, основы классификации и выбора систем теплоснабжения, умеет выполнять основные расчеты сетей (контрольная работа) ;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

### **Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся должен показать уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений. Так же должно быть представлено творческое задание, в котором отражены проблемы, касающиеся всех аспектов защиты окружающей среды от выбросов/сбросов объектов энергетики.

– на оценку «не зачтено» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Ларкин, Д. К. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12032-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/446682>

2. Назмеев Ю.Г., Теплообменные аппараты ТЭС : учеб. пособие для вузов. / Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01193-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011935.html> - Режим доступа : по подписке.

### **б) дополнительная литература:**

1. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112072> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Жмакин, Л. И. Тепломассообменные процессы и оборудование в легкой и текстильной промышленности : учеб. пособие / Л.И. Жмакин. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 295 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/20523](http://www.dx.doi.org/10.12737/20523). - ISBN 978-5-16-011953-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/814542> – Режим доступа: по подписке.

3. Шайхутдинова, М. К. Расчет ректификационной установки: Учебно-методическое пособие / Шайхутдинова М.К., Дерягина Н.В., Бурюкин Ф.А. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 170 с.: ISBN 978-5-7638-3590-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/978768> – Режим доступа: по подписке.

4. Бродов Ю.М., Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок / Бродов Ю.М., Аронсон К.Э. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01111-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011119.html> - Режим доступа : по подписке.

### **в) методические указания:**

1. Осколков, С. В. Тепломассообменное оборудование предприятий : методические указания по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки "Теплоэнергетика" / С. В. Осколков, Л. В. Николаев ; МГТУ, Каф. теплотехнических и энергетических систем. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1547.pdf&show=dcatalogues/1/1124725/1547.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» для студентов направления 13.03.01 (Приложение 1):

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Pascal ABC	Без ограничений	бессрочно
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обраще-

- ния: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  14. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  15. zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  16. Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
  17. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  18. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
  19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Аудитория для проведения	Мультимедийное оборудование (проектор,

<p>практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>экран), доска интерактивная</p>
<p>Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся</p>	<p>Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>	<p>Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования</p>

**СБОРНИК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЙ»**