



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3, 4
Семестр	6, 7

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем

17.01.2023 г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 С.В. Осколков

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",  
канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообменное оборудование предприятий» являются: ознакомление с историей и тенденциями в развитии технологий и конструкций тепломассообменных 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 тепломассообменных 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 (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Тепломассообменное оборудование предприятий входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Проектная деятельность

Системы промышленного теплоснабжения

Технологические энергоносители предприятий

Конструкционные материалы промышленной теплоэнергетики

Тепломассообмен

Энергобалансы предприятий

Техническая термодинамика

Введение в направление

Математика

Физика

Химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная-технологическая практика

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Высокотемпературные процессы и установки

Курсовая научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Тепловые электрические станции

Производственная-преддипломная практика

Холодильные и криогенные установки

Энергосбережение и вторичные энергоресурсы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообменное оборудование предприятий» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц 288 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 130,45 академических часов;
- аудиторная – 124 академических часов;
- внеаудиторная – 6,45 академических часов;
- самостоятельная работа – 121,85 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект, зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Тема 1. Теплообменное оборудование предприятий								
1.1 Введение	6	1			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Приложение 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Приложение 1.	– лабораторные работы; Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2

1.2	Классификация теплообменного оборудования		2			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Приложение 1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
1.3	Рекуперативные теплообменники непрерывного действия.		6	2		4	Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); – лабораторные работы; Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
1.4	Рекуперативные теплообменники периодического действия		5	4		4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Приложение 1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
1.5	Регенеративные теплообменники		4			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу			18	6		20			
2. Тема 2. Контактные теплоемкообменные установки предприятий									
2.1	Классификация по назначению и конструкции		2			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
2.2	“Н-d” влажного газа. Построение процессов теплоемкообмена на диаграмме	6	4			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
2.3	Деаэраторы		2			6	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2

2.4 Газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные (контактные) теплообменники		4	3		6	Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); – лабораторные работы; Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		12	3		20			
3. Тема 3. Термические производственные тепломассобменные процессы и установки								
3.1 Выпарные, опреснительные и кристаллизационные установки.		3			5	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2 Перегонные и ректификационные установки		6	4		4,45	Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); – лабораторные работы; Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
3.3 Сушильные установки	6	6	4		4	Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Поиск дополнительной информации по заданной теме. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); – лабораторные работы; Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
3.4 Абсорбционные и адсорбционные аппараты		3			6	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		18	8		19,45			
4. Тема 4. Теплообменники-утилизаторы								



4.1 Теплообменники-утилизаторы	6	2			6	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		2			6			
5. Тема 5. Выбор стандартного оборудования								
5.1 Выбор стандартного оборудования	6	1			6	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Наличие конспектов лекций	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		1			6			
Итого за семестр		51	17		71,45		экзамен	
6. Тема 6. Расчет рекуперативного теплообменника непрерывного действия								
6.1 Расчет рекуперативного теплообменника непрерывного действия	7			10	10	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями. Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу				10	10			
7. Тема 7. Расчет регенеративного теплообменника периодического действия								

7.1 Расчет регенеративного теплообменника периодического действия	7			10	10	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу				10	10			
8. Тема 8. Расчет насадочного скруббера. Построение процессов тепломассообмена между воздухом и водой на H-d диаграмме влажного газа.								
8.1 Расчет насадочного скруббера. Построение процесса тепломассообмена между воздухом и водой на H-d диаграмме влажного воздуха.	7			10	8	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу				10	8			
9. Тема 9. Расчет процесса ректификации бинарной смеси.								
9.1 Построение рабочей и равновесной линии концентраций.	7			8	7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями) Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-1.1, ПК-1.2

9.2	Расчет ректификационного аппарата			8	7,4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу				16	14,4			
10. Тема 10. Тепловой расчет конвективной сушилки на «Н-d» диаграмме влажного газа.								
10.1	Тепловой расчет конвективной сушилки на «Н-d» диаграмме влажного газа.	7		10	8	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями Подготовка к практическому занятию. Приложение 1.	– устный опрос (собеседование); Выполнение раздела курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу				10	8			
Итого за семестр				56	50,4		зачёт, кп	
Итого по дисциплине		51	17	56	121,8 5		экзамен, курсовой проект, зачет	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе изучения курса «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 от-дельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются элек-тронные 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 ин-терес к осваиваемой дисциплине), подготовительная (готовящая студентов к более слож-ному 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 фор-мирование у студентов соответствующих компетенций и соотноситься с выбранными преподавателем методами контроля и оценкой их усвоения.

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа. Самостоятельная работа вы-полняется студентом в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах и лабораториях, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Организация самостоятельной ра-боты 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 кон-сультаций 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.

Лабораторная работа. Лабораторная работа должна помочь практическому освоению научно - теоретических основ изучаемой дисциплины, приобретению навыков экспериментальной работы. При проведении лабораторных работ используются тесты по разделам в интерактивной форме.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **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 тек-стильной 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. - Красно-яр.: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. Осколков С.В., Матвеев С.В. Экспериментальное исследование тепломассообменных процессов и установок / практикум: Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Браузер Mozilla	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
база данных патентного поиска - база данных Orbit Premium edition	<a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- мультимедийное оборудование, система автоматического зашторивания с экраном, доска

Аудитория для проведения практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- мультимедийное оборудование (проектор, экран), доска интерактивная.

Лаборатория-Аудитория для проведения лабораторных, практических и лекционных занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- лаборатория тепломассообменных установок и парогенераторов, лабораторный стенд по изучению процесса сушки пористого материала; лабораторные стенды по исследованию тепловых и гидравлических характеристик теплообменных аппаратов; стенд по изучению основ трансформации теплоты; лабораторная установка по теплообмену; парогенераторы, потенциометры, микроанометр; сушильный шкаф.

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

**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. Азеотропические 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, сушила конвективные и терморрадиационные, выпарные установки.

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.

## Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС</b>		
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования	<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> 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>\omega_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>\omega_2</math>. Заданы расположение</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>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>Потери теплоты составляют <math>\Delta</math> %.</p> <p>Определить необходимую поверхность нагрева, длину труб в одном ходе и количество труб, расположенных поперек и вдоль потока холодного теплоносителя.</p>
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования	<p style="text-align: center;"><b>Курсовой проект по дисциплине</b></p> <p>Тема курсового проекта: Конструктивный тепловой расчет тепломассообменной установки.</p> <p>Курсовой проект выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде.</p> <p>Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков проектирования и особенностей эксплуатации тепломассообменных 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 style="padding-left: 40px;">Рекуперативные теплообменники непрерывного действия: кожухотрубные, пластинчатые, ребристые, секционные,</p> <p style="padding-left: 40px;">периодического действия: водонагреватели-аккумуляторы,</p> <p style="padding-left: 40px;">регенеративные теплообменные аппараты,</p> <p style="padding-left: 40px;">ректификационные установки,</p> <p style="padding-left: 40px;">сушила конвективные и терморadiационные,</p> <p style="padding-left: 40px;">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 (экзамен, зачет, курсовой проект).**  
Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – 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.

### **Показатели и критерии оценивания зачета:**

- на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций:
- всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«незачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.