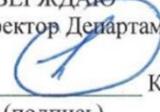




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
Политехнический институт (Школа)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

Е.Ю. Дорогов
(подпись)

УТВЕРЖДАЮ
Директор Департамента энергетических систем

К.А. Штым
(подпись)
22 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Тепломассообменные аппараты различного назначения
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль «Инжиниринг теплоэнергетических систем»

Форма подготовки: очная

курс 4 семестр 7
лекции 36 час.
практические занятия 36 час.
лабораторные работы не предусмотрены
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
самостоятельная работа 36 час.
в том числе на подготовку к экзамену не предусмотрено
зачет предусмотрен
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 143 от 28.02.2018.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента энергетических систем от 29 декабря 2021 протокол № 4.

Директор Департамента энергетических систем: д.т.н., профессор Штым К.А.

Составитель: к.т.н., доцент Гончаренко Ю.Б.

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 2021 г. № _____

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 2021 г. № _____

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 2021 г. № _____

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 2021 г. № _____

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 2021 г. № _____

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

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

Задачами дисциплины является формирование у студентов следующих навыков:

иметь представление:

- о роли и месте знаний по дисциплине при освоении основной профессиональной образовательной программы по специальности и в сфере профессиональной деятельности;
- об основных научно-технических проблемах, о состоянии и перспективах развития энергетики;
- о подходах к проектированию проектирования и использованию тепломассообменного оборудования предприятий;

знать:

- основные типы и конструкции тепломассообменного оборудования предприятий и области их применения;
- основные физико-химические процессы протекающих в элементах тепломассообменного оборудования;
- основные свойства и характеристики теплоносители применяемые в тепломассообменном оборудовании;
- основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий.

уметь:

- разбираться в нормативных методиках расчета тепломассообменного оборудования и применять их на практике для решения поставленной задачи;
- проводить подбор тепломассообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками;

- анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования;
- проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов.

владеть

- методиками проведения тепловых, гидравлических и конструктивных расчетов теплообменного оборудования;
- методикой расчёта уравнений теплового баланса для теплообменного оборудования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-2. Способен к определению норм расхода топлива и всех видов энергии, определению технико-экономических показателей работы основного и вспомогательного теплоэнергетического и электроэнергетического оборудования	ПК-2.1. Оперативно отслеживает, систематизирует и анализирует поступающую информацию о нормах расхода топлива и всех видов энергии; определяет технико-экономические показатели работы основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования
	ПК-2.2. Определяет состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены ТЭС для соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии
	ПК-2.3. Знает нормы расхода топлива и всех видов энергии в зависимости от конструктивных и эксплуатационных характеристик оборудования; особенности эксплуатации в нормальных и аварийных режимах

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 академических часов), (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам). Учебным планом предусмотрены: лекционные занятия - 36 часов, практические занятия - 36 часов, самостоятельная работа - 36 часов, лабораторная работа – 0 часов. Дисциплина реализуется в 7 семестре 4 курса. Форма контроля зачет.

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР:	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
в том числе контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Формы промежуточной аттестации					
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контр оль	Формы промежуточной аттестации
1	Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	7	4		4	4		УО-1, тема 1. Вопросы 1-7
2	Рекуперативные теплообменные аппараты	7	4		4	4		УО-1, тема 2. Вопросы 1-10
3	Регенеративные теплообменные аппараты	7	4		4	4		УО-2, тема 1. Вопросы 1-6
4	Выпарные установки	7	4		4	4		УО-2, тема 2. Вопросы 1-10
5	Смесительные теплообменники	7	4		4	4		УО-2, тема 3. Вопросы 1-5
6	Сушильные установки	7	4		4	4		УО-2, тема 4. Вопросы 1-6
7	Перегонные и ректификационные установки	7	4		4	4		УО-2, тема 5. Вопросы 1-9
8	Сорбционные процессы и установки	7	4		4	4		УО-2, тема 6. Вопросы 1-4
9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок	7	4		4	4		УО-2, тема 7. Вопросы 1-5
	Итого:		36		36	36		

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

36 часов аудиторных занятий

Раздел 1. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок (4 часа) с использованием интерактивного метода "Групповое обсуждение"

Основные виды теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования промышленных предприятий. Наиболее распространенные промышленные теплообменные процессы, их теплофизическая сущность. Теплообменные и теплообменные аппараты и установки. Классификация теплообменных аппаратов. Перспективные типы теплообменников: тепловые трубы, двухфазные термосифоны.

Теплоносители, требования, предъявляемые к ним, основные свойства, области рационального применения. Тепловые процессы в очистке промстоков и выбросов.

Групповое обсуждение какого-либо вопроса направлено на нахождение истины или достижение лучшего взаимопонимания. Групповые обсуждения способствуют лучшему усвоению изучаемого материала.

На первом этапе группового обсуждения перед студентами ставится проблема, связанная с теплообменными процессами, аппаратами и установками. Студенты делятся на три-четыре большие подгруппы и каждой подгруппе выделяется определенное время (25-30 минут), в течение которого студенты должны подготовить аргументированный развернутый ответ. Преподаватель может устанавливать определенные правила проведения группового обсуждения. На втором этапе группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем.

Тематика для группового обсуждения:

Основные виды теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования промышленных предприятий. Наиболее распространенные промышленные теплообменные процессы, их теплофизическая сущность. Теплообменные и теплообменные аппараты и установки. Классификация теплообменных аппаратов. Перспективные типы теплообменников: тепловые трубы, двухфазные

термосифоны.

Теплоносители, требования, предъявляемые к ним, основные свойства, области рационального применения. Тепловые процессы в очистке промстоков и выбросов.

Раздел 2. Рекуперативные теплообменные аппараты (4 часа)

Конструкции рекуперативных теплообменников (кожухотрубчатых, секционных «труба в трубе», спиральных, пластинчатых), их основные элементы и узлы. Компактные аппараты с ребристыми поверхностями теплообмена, способы их изготовления.

Последовательность проектирования теплообменных аппаратов, состав проектного расчета. Тепловой конструктивный и поверочный расчеты теплообменников, основные уравнения. Компонентный расчет кожухотрубчатых и спиральных аппаратов. Гидравлический расчет. Тепловой расчет аппаратов с ребристыми поверхностями теплообмена.

Рекуперативные аппараты периодического действия; тепловые балансы, графики температур, нагрузки. Тепловые трубы и двухфазные термосифоны, области применения, расчет передаваемого теплового потока.

Методы интенсификации теплообмена.

Раздел 3. Регенеративные теплообменные аппараты (4 часа)

Конструкции регенеративных теплообменников (с неподвижной и вращающейся насадкой, с промежуточным твердым сыпучим теплоносителем), области их применения. Типы насадок, требования, предъявляемые к ним. Перспективы развития регенеративных аппаратов.

Теплообмен и поля температур в регенераторах, коэффициент аккумуляции теплоты, тепловой расчет регенеративных теплообменников. Аппараты с кипящим слоем и особенности их теплового расчета.

Раздел 4. Выпарные установки (4 часа)

Цели и методы выпаривания. Выпарные установки с аппаратами поверхностного и контактного типов, адиабатного испарения. Области применения выпарных установок, технологические свойства растворов.

Конструкции выпарных аппаратов, сепараторы и брызгоотделители. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата, особенности теплообмена.

Схемы многоступенчатых выпарных установок. Вспомогательное оборудование. Использование вторичных энергоресурсов. Система

уравнений материального и теплового балансов. Располагаемая и полезная разности температур. Распределение полезной разности температур по ступеням. Тепловой расчет многоступенчатой выпарной установки. Техничко-экономические показатели.

Оптимальное число ступеней установки. Выпарные установки для очистки сточных вод.

Раздел 5. Смесительные теплообменники (4 часа)

Технологические процессы и установки с тепломассообменом. Физические свойства влажного воздуха, $h-d$ - диаграмма влажного воздуха, изображение на ней процессов рекуперативного нагревания и охлаждения, смешения потоков, адиабатного испарения.

Конструкции аппаратов с непосредственным контактом газов и жидкости: скрубберы (полые, насадочные, тарельчатые, пенные, с псевдооживленной насадкой, Вентури), камеры орошения систем кондиционирования воздуха. Материальные и тепловые балансы. Методы расчетов аппаратов.

Раздел 6. Сушильные установки (4 часа)

Методы обезвоживания влажных материалов. Области применения тепловой сушки. Классификация сушилок в зависимости от способа подвода теплоты. Формы связи влаги с материалом, влагосодержание. Кинетика и динамика сушки. Расчет продолжительности сушки.

Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Теплотехнологические схемы установок. Расчет расхода воздуха и теплоты.

Аппаратурно-технологическое оформление процессов сушки. Сушка жидкотекучих, твердых, дисперсных и ленточных материалов. Перспективы развития сушильной техники, роль ее в системе защиты окружающей среды.

Раздел 7. Перегонные и ректификационные установки (4 часа)

Назначение, принцип действия и классификация перегонных и ректификационных установок. Физико-химические свойства бинарных смесей. Законы Рауля, Дальтона и Коновалова. Азеотропные смеси. Фазовая t, y, x -диаграмма и $y-x$ -диаграмма равновесия бинарных смесей.

Расчет ректификационных колонн (метод теоретических тарелок и метод числа единиц переноса). Влияние флегмового числа на экономичность колонны. Конструкции тарельчатых, сетчатых и

насадочных колонн. Схемы ректификационных установок для многокомпонентных смесей. Тепловой баланс ректификационной колонны.

Охрана труда и меры противопожарной безопасности при ректификации. Перегонка в процессах обезвреживания промстоков.

Раздел 8. Сорбционные процессы и установки (4 часа)

Виды и назначение сорбционных процессов. Абсорбционные процессы и установки. Основные законы. Материальный баланс. Процессы в y, x - диаграмме. Принципиальные схемы абсорбции.

Адсорбционные процессы и установки. Адсорбенты. Изотерма адсорбции. Принципиальные схемы адсорбции.

Сорбционные процессы в очистке газовых выбросов.

Раздел 9. Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок (4 часа)

Сифонные устройства и газлифтные подъемники. Оборудование для разделения неоднородных жидкостей. Пылеочистные устройства. Брызгоотделители. Барометрические конденсаторы. Вакуум-насосы. Конденсатоотводчики. Сосуды и резервуары. Дробилки и мельницы. Дозаторы и питатели.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (36 час.)

Занятие 1. Тепловой расчет поверхностного подогревателя (9 час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс».

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков

Вступление Преподавателем показываются основные способы теплового расчета поверхностного подогревателя с использованием графического редактора и электронных таблиц.

Основная часть Преподаватель последовательно тепловой расчет поверхностного подогревателя в электронном виде на компьютере, акцентируя внимание на возможных сложностях и этапах, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняется аналогичное построение. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся результатов проведенного занятия.

Выводы проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Темы проведения мастер-классов

- Конструкторский тепловой расчет пароводяных поверхностных подогревателей.
- Алгоритм теплового расчета пароводяного подогревателя.
- Конструирование камерного подогревателя.
- Конструирование коллекторного подогревателя.
- Расчет гидравлического сопротивления.

Занятие 2. Тепловой расчет смешивающего подогревателя (9 час.).

Конструкция смешивающего подогревателя. Конструирование струйного отсека подогревателя. Тепловой расчет струйного отсека смесительного подогревателя. Гидравлический расчет струйного отсека.

Занятие 3. Расчет деаэратора (9 час.).

Расчет струйного отсека. Расчет барботажного отсека.

Занятие 4. Расчет испарителя (9 час.).

Тепловой расчет испарителя. Расчет устройств очистки пара.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения» включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 1. Регенеративные теплообменные аппараты	5	УО-2
2	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 2. Выпарные установки	5	УО-2
3	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 3. Смесительные теплообменники	5	УО-2
4	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 4. Сушильные установки	5	УО-2
5	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 5. Перегонные и ректификационные установки	3	УО-2
6	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 6. Сорбционные процессы и установки	4	УО-2
7	7 семестр	Самостоятельное изучение: Тема 7.	4	УО-2

		Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок		
8	7 семестр	Подготовка к зачету	5	Зачет Вопросы 1-65

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Тема 1. Регенеративные теплообменные аппараты.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Конструкции регенеративных теплообменников (с неподвижной и вращающейся насадкой, с промежуточным твердым сыпучим теплоносителем), области их применения. Типы насадок, требования, предъявляемые к ним. Перспективы развития регенеративных аппаратов.

Теплообмен и поля температур в регенераторах, коэффициент аккумуляции теплоты, тепловой расчет регенеративных теплообменников. Аппараты с кипящим слоем и особенности их теплового расчета

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 2. Выпарные установки.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Цели и методы выпаривания. Выпарные установки с аппаратами поверхностного и контактного типов, адиабатного испарения. Области применения выпарных установок, технологические свойства растворов.

Конструкции выпарных аппаратов, сепараторы и брызгоотделители. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата, особенности теплообмена.

Схемы многоступенчатых выпарных установок. Вспомогательное оборудование. Использование вторичных энергоресурсов. Система уравнений материального и теплового балансов. Располагаемая и полезная разности температур. Распределение полезной разности температур по ступеням. Тепловой расчет многоступенчатой выпарной установки. Технико-экономические показатели.

Оптимальное число ступеней установки. Выпарные установки для очистки сточных вод.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 3. Смесительные теплообменники.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Технологические процессы и установки с тепломассообменом. Физические свойства влажного воздуха, $h-d$ - диаграмма влажного воздуха, изображение на ней процессов рекуперативного нагревания и охлаждения, смешения потоков, адиабатного испарения.

Конструкции аппаратов с непосредственным контактом газов и жидкости: скрубберы (полые, насадочные, тарельчатые, пенные, с псевдооживленной насадкой, Вентури), камеры орошения систем кондиционирования воздуха. Материальные и тепловые балансы. Методы расчетов аппаратов.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 4. Сушильные установки.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Методы обезвоживания влажных материалов. Области применения тепловой сушки. Классификация сушилок в зависимости от способа подвода теплоты. Формы связи влаги с материалом, влагосодержание. Кинетика и динамика сушки. Расчет продолжительности сушки.

Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Теплотехнологические схемы установок. Расчет расхода воздуха и теплоты.

Аппаратурно-технологическое оформление процессов сушки. Сушка жидкотекучих, твердых, дисперсных и ленточных материалов. Перспективы развития сушильной техники, роль ее в системе защиты окружающей среды.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 5. Перегонные и ректификационные установки.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Назначение, принцип действия и классификация перегонных и ректификационных установок. Физико-химические свойства бинарных смесей. Законы Рауля, Дальтона и Коновалова. Азеотропные смеси. Фазовая t, y, x - диаграмма и $y-x$ - диаграмма равновесия бинарных смесей.

Расчет ректификационных колонн (метод теоретических тарелок и метод числа единиц переноса). Влияние флегмового числа на экономичность колонны. Конструкции тарельчатых, сетчатых и насадочных колонн. Схемы ректификационных установок для многокомпонентных смесей. Тепловой баланс ректификационной колонны.

Охрана труда и меры противопожарной безопасности при ректификации. Перегонка в процессах обезвреживания промстоков.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 6. Сорбционные процессы и установки.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Виды и назначение сорбционных процессов. Абсорбционные процессы и установки. Основные законы. Материальный баланс. Процессы в y, x - диаграмме. Принципиальные схемы абсорбции.

Адсорбционные процессы и установки. Адсорбенты. Изотерма адсорбции. Принципиальные схемы адсорбции.

Сорбционные процессы в очистке газовых выбросов.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Тема 7. Вспомогательное оборудование теплообменных установок.

При изучении темы необходимо самостоятельно ознакомиться со следующими вопросами:

Сифонные устройства и газлифтные подъемники. Оборудование для разделения неоднородных жидкостей. Пылеочистные устройства. Брызгоотделители. Барометрические конденсаторы. Вакуум-насосы. Конденсатоотводчики. Сосуды и резервуары. Дробилки и мельницы. Дозаторы и питатели.

При изучении темы следует использовать учебную и справочную литературу [осн. лит. 1,2, доп. лит. 6,7].

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Задания №1÷7. Задания готовятся устно и представляются в виде ответов при проведении собеседования. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля УО-2, приведенные в ФОС.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании

100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов (хорошо)- ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов (неудовлетворительно)– ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки при ответе (письменный ответ) на зачетные/экзаменационные вопросы

100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

85-76 баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75-61 балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определено и последовательно изложить ответ.

60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные виды	ПК-2	знает	УО-1	УО-1, тема 1.

	промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок		умеет	ПР-1	Вопросы 1-7
			владеет	ПР-1	
2	Рекуперативные теплообменные аппараты	ПК-2	знает	УО-1	УО-1, тема 2. Вопросы 1-10
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
3	Регенеративные теплообменные аппараты	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 1. Вопросы 1-6
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
4	Выпарные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 2. Вопросы 1-10
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
5	Смесительные теплообменники	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 3. Вопросы 1-5
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
6	Сушильные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 4. Вопросы 1-6
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
7	Перегонные и ректификационные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 5. Вопросы 1-9
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
8	Сорбционные процессы и установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 6. Вопросы 1-4
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 7. Вопросы 1-5
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Теплообменные аппараты ТЭС: справочник: в 2 кн. Книга 1 [Электронный ресурс] : справ. / Даминов А.З. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 490 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72297>. — Загл. с экрана.

2. Теплообменные аппараты ТЭС. В 2 книгах. Книга 2 [Электронный ресурс] : справ. / Кирсанов Ю.А. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 434 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72298>. — Загл. с экрана.

3. Тепломеханическое оборудование теплоэлектростанций: лабораторные работы для студентов специальности 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» очной и заочной форм обучения: практикум [Электронный ресурс] / сост. Ю.Б. Гончаренко; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2018. – [47 с.]. – 1 CD. https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/c16/Goncharenko_Yu.B._Tepломеханическое_оборудование_теплоэлектростанций.pdf

4. Конструирование и эксплуатация теплообменных аппаратов : учебное пособие / Б. В. Шишкин ; Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет., 2011. – 128 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:425831&theme=FEFU>

5. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: Учебное пособие / Сазанов Б.В. Ситас В.И. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 275, с.: ил. <http://www.nelbook.ru/?book=221>

6. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Логинов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/112072>. — Загл. с экрана.

7. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика: учебник для вузов / Трухний А.Д. Поваров О.А. Изюмов М.А. Малышенко С.П. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 472 с., ил. <http://www.nelbook.ru/?book=83>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Лавыгин В.М., Теплообменные аппараты ТЭС: учеб. пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Лавыгин В.М., Назмеев Ю.Г.. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2007. — 269 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72296>. — Загл. с экрана.

2. Банных, О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2012. — 42 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/40719>. — Загл. с экрана.

3. Таранова, Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2009. — 152 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/28331>. — Загл. с экрана.

4. Соловьев, Ю.Н. Вспомогательное оборудование паротурбинных электростанций/Ю.П. Соловьев.-М.: Энергоатомиздат, 1983.-450 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:412759&theme=FEFU>

5. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок/Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, М.А. Ниренштейн.; под общ. ред. Ю.М. Бродова.- Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006.-586 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:414588&theme=FEFU>

6. Промышленные теплообменные процессы и установки / Под ред. Бак-ластова А. М. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 328 с.

7. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1972. - 320 с.

8. Зысин Л. В., Филатов В. В. Теплообменные промышленные установки; Учеб. пособие. - Л.: СЗПИ, 1986. - 75 с.

9. Григорьев В. А., Крохин Ю. И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники. - М.: Энергоиздат, 1982. - 312 с.

10. Промышленная теплоэнергетика; Справочник / Под общ. ред. Григорьева В. А. и Зорина В. Н. - М.: Энергоиздат, 1983. - 552 с.

11. Лебедев П. Д., Шукин Л. А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: Курсовое проектирование. -М.: Энергия, 1970. - 408 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная библиотека ДВФУ. Публичный онлайн каталог <https://lib.dvfu.ru:8443/search/query?theme=FEFU>

2. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com/>

3. Информация о библиотеке НЭЛБУК <http://www.nelbook.ru/>

4. Каталог научно-технической литературы <http://techlibrary.ru/>

5. Расчетный сервер НИУ МЭИ. Интерактивный интернет-справочник МЭИ http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При чтении лекций по всем темам активно используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программного приложения Microsoft Power Point и Adobe Reader. Для показа видеофильмов по тематике

изучаемой дисциплины используется VLC media player, — бесплатный и свободный кросс-платформенный медиаплеер и медиаплатформа с открытым исходным кодом.

На практических занятиях студенты используют тренажеры с динамическими компьютерными мнемосхемами "Котел БКЗ-75-39" и "Блок 200 МВт Приморской ГРЭС".

Для самостоятельного изучения учебных пособий студентами используются приложения: Adobe Reader, WinDjView.

Для проверки знаний по различным темам и разделам изученных в ходе аудиторных занятий, а так же в процессе самостоятельной работы используется система программ для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа их результатов MyTestX.

Для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем используется электронная почта, технология и предоставляемые ею услуги по пересылке и получению электронных сообщений, называемых «письма» или «электронные письма», по распределённой, в том числе глобальной, компьютерной сети, преподавателя и обучающихся

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное усвоение курса предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как допуск к

заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса.

Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплектует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в

соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);

доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Кафедра:

обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;

методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;

задания для самостоятельной работы;

темы рефератов и докладов;

вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение дисциплины заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация, зачеты и экзамены. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе обучения по курсу «Тепломассообменные аппараты различного назначения» используются следующие средства:

а) мультимедийные аудитории оснащенные проектором и динамиками для проведения аудиовизуальных презентаций;

б) аудитории оснащенные компьютерами для проведения практических занятий;

в) система программ для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа их результатов MyTestX.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Паспорт

фонда оценочных средств

по дисциплине Тепломассообменные аппараты различного назначения

Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-2. Способен к определению норм расхода топлива и всех видов энергии, определению технико-экономических показателей работы основного и вспомогательного теплоэнергетического и электроэнергетического оборудования	ПК-2.1. Оперативно отслеживает, систематизирует и анализирует поступающую информацию о нормах расхода топлива и всех видов энергии; определяет технико-экономические показатели работы основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования
	ПК-2.2. Определяет состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены ТЭС для соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии
	ПК-2.3. Знает нормы расхода топлива и всех видов энергии в зависимости от конструктивных и эксплуатационных характеристик оборудования; особенности эксплуатации в нормальных и аварийных режимах

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

1	Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	ПК-2	знает	УО-1	УО-1, тема 1. Вопросы 1-7
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
2	Рекуперативные теплообменные аппараты	ПК-2	знает	УО-1	УО-1, тема 2. Вопросы 1-10
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
3	Регенеративные теплообменные аппараты	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 1. Вопросы 1-6
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
4	Выпарные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 2. Вопросы 1-10
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
5	Смесительные теплообменники	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 3. Вопросы 1-5
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
6	Сушильные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 4. Вопросы 1-6
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
7	Перегонные и ректификационные установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 5. Вопросы 1-9
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
8	Сорбционные процессы и установки	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 6. Вопросы 1-4
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	
9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок	ПК-2	знает	УО-1	УО-2, тема 7. Вопросы 1-5
			умеет	ПР-1	
			владеет	ПР-1	

Зачетно-экзаменационные материалы

Список вопросов к зачету

- 1 Дайте определение рекуперативного, регенеративного и

смесительного теплообменников.

2 Назовите основные типы аппаратов с промежуточным теплоносителем.

3 Перечислите режимы работы теплообменников.

4 Перечислите оборудование теплообменной установки.

5 Дайте сравнительную оценку воды, водяного пара и дымовых газов как теплоносителей и ориентировочный диапазон их скоростей в теплообменных аппаратах.

6 Для каких теплоносителей выше затраты мощности на перемещение в каналах - газообразных или капельных жидкостей?

7 Какими свойствами должны обладать высокотемпературные теплоносители, и в каких случаях рационально применять их в теплообменниках?

8 В каком из теплообменников - кожухотрубчатом или подогревателе-аккумуляторе - выше коэффициент теплопередачи при использовании одних и тех же теплоносителей с одинаковыми начальными температурами?

9 Перечислите способы компенсации температурных удлинений в кожухотрубчатых теплообменниках.

10 Если теплоноситель может загрязнить поверхность теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике, куда его следует направлять - в трубки или в межтрубное пространство?

11 Какой из теплообменников удобней чистить: кожухотрубчатый, спиральный или пластинчатый?

12 Какие достоинства и недостатки имеют спиральные и пластинчатые теплообменники по сравнению с кожухотрубчатыми?

13 В каких случаях в теплообменниках целесообразно применять ребристые трубы?

14 Влияет ли технология изготовления ребристой трубы на коэффициент теплопередачи?

15 Какие достоинства и недостатки имеют тепловые трубы и двухфазные термосифоны?

16 Как влияет присутствие неконденсирующегося газа в тепловой трубе на ее теплопередающую способность?

17 Какими факторами ограничивается максимальный тепловой поток для тепловой трубы?

18 Какие преимущества и недостатки имеют регенеративные аппараты по сравнению с рекуперативными?

19 Какие насадки обладают большим значением коэффициента аккумуляции теплоты, керамические или металлические?

20 Когда выше средняя температура поверхности насадки в течение цикла: в период нагревания или в период охлаждения?

21 В каком случае следует учитывать лучистый теплообмен: при передаче теплоты от горячих газов к насадке или при передаче от насадки к нагреваемому воздуху?

- 22 Какие преимущества и недостатки псевдооживления?
- 23 Объясните физическую сущность образования кипящего слоя.
Как происходит изменение перепада давления, высоты материала и коэффициента теплоотдачи с повышением скорости газа?
- 24 Чем отличается выпаривание водных растворов от испарения чистой воды?
- 25 Как изменяется коэффициент теплоотдачи от стенки кипящему раствору с повышением концентрации раствора?
- 26 Назовите основные методы выпаривания растворов.
- 27 Какие три вида депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение?
- 28 Какие преимущества имеет применение вакуума в выпарной установке?
- 29 Для каких целей применяют выпарные установки с тепловыми насосами?
- 30 Какое значение имеет многоступенчатый принцип выпаривания?
- 31 Назовите источники вторичной теплоты в выпарных установках и пути ее использования.
- 32 Как определить располагаемую и полезную разности температур при тепловом расчете выпарной установки?
- 33 Напишите уравнения материального и теплового балансов для выпарного аппарата.
- 34 Почему энтальпию и влагосодержание воздуха рассчитывают на 1 кг сухого воздуха?
- 35 При какой относительной влажности воздуха температура мокрого термометра равна температуре сухого термометра?
- 36 Какую воду, холодную или горячую, следует применять для осушения воздуха, какую для его увлажнения?
- 37 Какая температура является пределом нагревания или охлаждения воздуха в скруббере?
- 38 Перечислите достоинства и недостатки скрубберов с насадкой и без нее.
- 39 Удаляется ли из материалов при сушке химически связанная влага?
- 40 Какое конечное влагосодержание должен иметь материал, чтобы отсутствовал период падающей скорости сушки?
- 41 Что такое равновесное влагосодержание материала и как оно изменяется с повышением и понижением температуры и относительной влажности сушильного агента?
- 42 От каких параметров зависит интенсивность испарения влаги с поверхности материала?
- 43 Напишите дифференциальное уравнение стационарного переноса влаги в материале при низкотемпературной сушке.
- 44 Чем отличается действительная сушилка от теоретической?
- 45 Изобразите в $h-d$ - диаграмме процессы в действительной сушилке

с однократным использованием сушильного агента при различном соотношении величин теплопотерь и теплопритоков.

46 Какие преимущества и недостатки имеют сушилки на горячем воздухе с рециркуляцией и промежуточным подогревом по сравнению с сушилкой с однократным использованием сушильного агента?

47 Укажите, какие материалы целесообразно сушить в барабанных и распылительных сушилках, пневмосушилках и сушилках с кипящим слоем.

48 Чем отличается перегонка жидких смесей от выпаривания, от ректификации?

49 В чем различие перегонных и ректификационных установок?

50 Какие смеси подчиняются закону Дальтона, а какие - закону Дальтона и Рауля?

51 Что такое азеотропное состояние смеси и можно ли разделить азеотропную смесь на составляющие компоненты?

52 Составьте общее уравнение материального баланса для ректификационной колонны по низкокипящему компоненту.

53 Поясните физический смысл минимального, оптимального и рабочего флегмовых чисел.

54 Как влияет увеличение флегмового числа на число тарелок ректификационной колонны, расход пара и охлаждающей воды в дефлегматоре?

55 Составьте уравнение для каждого из членов теплового баланса ректификационной колонны.

56 Как осуществляется взаимодействие пара и жидкости в различных конструктивных типах ректификационных колонн?

57 Перечислите требования, предъявляемые к абсорбентам и адсорбентам.

58 Почему на диаграмме равновесия рабочая линия располагается выше равновесной?

59 Как влияют изменения расхода абсорбента на число ступеней в абсорбере?

60 В чем заключается преимущество применения при абсорбции многоступенчатых схем перед одноступенчатыми?

61 В каких случаях для перемещения жидкостей применяют сифоны и газлифтные подъемники?

62 Для разделения каких неоднородных смесей применяют отстойники, фильтры и центрифуги?

63 Перечислите особенности применения циклонов и батарейных циклонов.

64 Для каких целей в выпарных установках применяют брызгоотделители и барометрические конденсаторы?

65 Назовите типы конденсатоотводчиков и объясните принципы их работы.

Комплект оценочных средств для текущей аттестации

УО-1 Собеседование

Вопросы по темам/разделам дисциплины

Тема 1. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок

1. Дайте определение рекуперативного, регенеративного и смесительного теплообменников.
2. Назовите основные типы аппаратов с промежуточным теплоносителем.
3. Перечислите режимы работы теплообменников.
4. Перечислите оборудование теплообменной установки.
5. Дайте сравнительную оценку воды, водяного пара и дымовых газов как теплоносителей и ориентировочный диапазон их скоростей в теплообменных аппаратах.
6. Для каких теплоносителей выше затраты мощности на перемещение в каналах - газообразных или капельных жидкостей?
7. Какими свойствами должны обладать высокотемпературные теплоносители и в каких случаях рационально применять их в теплообменниках?

Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты

1. В каком из теплообменников - кожухотрубчатом или подогревателе-аккумуляторе - выше коэффициент теплопередачи при использовании одних и тех же теплоносителей с одинаковыми начальными температурами?
2. Перечислите способы компенсации температурных удлинений в кожухотрубчатых теплообменниках.
3. Если теплоноситель может загрязнить поверхность теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике, куда его следует направлять - в трубки или в межтрубное пространство?
4. Какой из теплообменников удобней чистить: кожухотрубчатый, спиральный или пластинчатый?
5. Какие достоинства и недостатки имеют спиральные и пластинчатые теплообменники по сравнению с кожухотрубчатыми?
6. В каких случаях в теплообменниках целесообразно применять ребристые трубы?
7. Влияет ли технология изготовления ребристой трубы на коэффициент теплопередачи?
8. Какие достоинства и недостатки имеют тепловые трубы и двухфазные термосифоны?
9. Как влияет присутствие неконденсирующегося газа в тепловой трубе на ее теплопередающую способность?

10. Какими факторами ограничивается максимальный тепловой поток для тепловой трубы?

УО-2 Собеседование

Вопросы по темам/разделам дисциплины

Тема 1. Регенеративные теплообменные аппараты.

1. Какие преимущества и недостатки имеют регенеративные аппараты по сравнению с рекуперативными?
2. Когда выше средняя температура поверхности насадки в течение цикла: в период нагревания или в период охлаждения? Какие насадки обладают большим значением коэффициента аккумуляции теплоты, керамические или металлические?
3. В каком случае следует учитывать лучистый теплообмен: при передаче теплоты от горячих газов к насадке или при передаче от насадки к нагреваемому воздуху?
4. Какие преимущества и недостатки псевдоожижения?
5. Объясните физическую сущность образования кипящего слоя. Как происходит изменение перепада давления, высоты материала и коэффициента теплоотдачи с повышением скорости газа?

Тема 2. Выпарные установки.

1. Чем отличается выпаривание водных растворов от испарения чистой воды?
2. Как изменяется коэффициент теплоотдачи от стенки кипящему раствору с повышением концентрации раствора?
3. Назовите основные методы выпаривания растворов.
4. Какие три вида депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение?
5. Какие преимущества имеет применение вакуума в выпарной установке?
6. Для каких целей применяют выпарные установки с тепловыми насосами?
7. Какое значение имеет многоступенчатый принцип выпаривания?
8. Назовите источники вторичной теплоты в выпарных установках и пути ее использования.
9. Как определить располагаемую и полезную разности температур при тепловом расчете выпарной установки?
10. Напишите уравнения материального и теплового балансов для выпарного аппарата.

Тема 3. Смесительные теплообменники.

1. Почему энтальпию и влагосодержание воздуха рассчитывают на 1 кг сухого воздуха?

2. При какой относительной влажности воздуха температура мокрого термометра равна температуре сухого термометра?
3. Какую воду, холодную или горячую, следует применять для осушения воздуха, какую для его увлажнения?
4. Какая температура является пределом нагревания или охлаждения воздуха в скруббере?
5. Перечислите достоинства и недостатки скрубберов с насадкой и без нее.

Тема 4. Сушильные установки.

1. Удаляется ли из материалов при сушке химически связанная влага?
2. Какое конечное влагосодержание должен иметь материал, чтобы отсутствовал период падающей скорости сушки?
3. Что такое равновесное влагосодержание материала и как оно изменяется с повышением и понижением температуры и относительной влажности сушильного агента?
4. От каких параметров зависит интенсивность испарения влаги с поверхности материала?
5. Напишите дифференциальное уравнение стационарного переноса влаги в материале при низкотемпературной сушке.
6. Чем отличается действительная сушилка от теоретической?

Тема 5. Перегонные и ректификационные установки.

1. Чем отличается перегонка жидких смесей от выпаривания, от ректификации?
2. В чем различие перегонных и ректификационных установок?
3. Какие смеси подчиняются закону Дальтона, а какие - закону Дальтона и Рауля?
4. Что такое азеотропное состояние смеси и можно ли разделить азеотропную смесь на составляющие компоненты?
5. Составьте общее уравнение материального баланса для ректификационной колонны по низкокипящему компоненту.
6. Поясните физический смысл минимального, оптимального и рабочего флегмовых чисел.
7. Как влияет увеличение флегмового числа на число тарелок ректификационной колонны, расход пара и охлаждающей воды в дефлегматоре?
8. Составьте уравнение для каждого из членов теплового баланса ректификационной колонны.
9. Как осуществляется взаимодействие пара и жидкости в различных конструктивных типах ректификационных колонн?

Тема 6. Сорбционные процессы и установки.

1. Перечислите требования, предъявляемые к абсорбентам и адсорбентам.

2. Почему на диаграмме равновесия рабочая линия располагается выше равновесной?
3. Как влияют изменения расхода абсорбента на число ступеней в абсорбере?
4. В чем заключается преимущество применения при абсорбции многоступенчатых схем перед одноступенчатыми?

Тема 7. Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок.

1. В каких случаях для перемещения жидкостей применяют сифоны и газлифтные подъемники?
2. Для разделения каких неоднородных смесей применяют отстойники, фильтры и центрифуги?
3. Перечислите особенности применения циклонов и батарейных циклонов.
4. Для каких целей в выпарных установках применяют брызгоотделители и барометрические конденсаторы?
5. Назовите типы конденсатоотводчиков и объясните принципы их работы.

ПР-1 Тест №1 (пример теста)

Выполняется с использованием системы программ для создания и проведения компьютерного тестирования знаний MyTestX

Задание #1

Подогреватели низкого давления (ПНД) применяемые на ТЭС бывают:

- 1) только смешивающие
- 2) поверхностные и смешивающие
- 3) только поверхностные

Задание #2

В обозначении подогревателя ПНС-800-1,0-0,2 цифра 800 означает:

- 1) расход нагреваемой среды в т/ч
- 2) поверхность нагрева в м²
- 3) расход греющей среды в кг/с

Задание #3

Укажите на рисунке патрубок подвода греющего пара в ПНД:

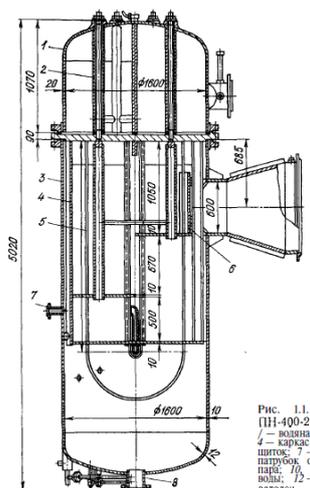
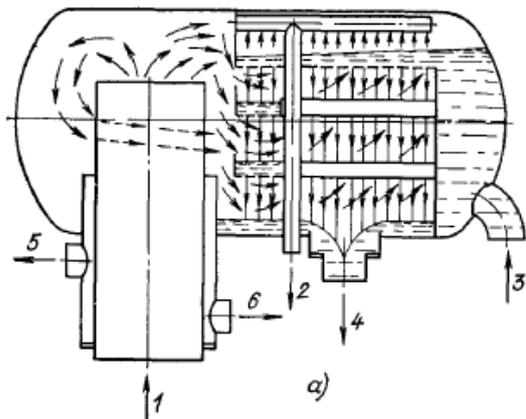


Рис. 1.1.
ПН-400-2
1 - котел
2 - горелка
3 - теплообменник
4 - теплообменник
5 - горелка
6 - горелка
7 - горелка

Задание #4

На рисунке изображен ПНД смешивающего типа. Какой цифрой обозначен выход нагретой воды



- 1) 2
- 2) 5
- 3) 4

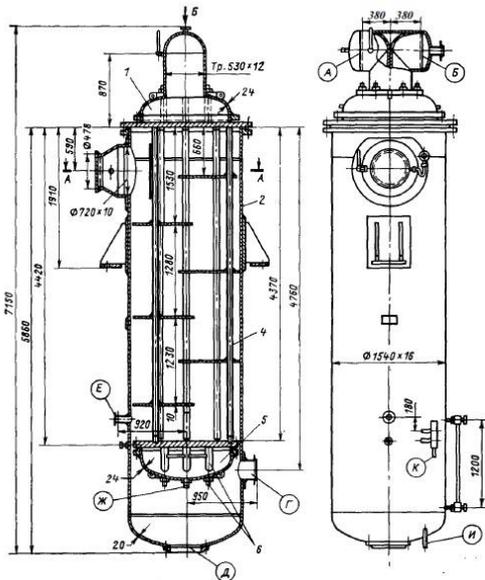
Задание #5

Какой из элементов, можно назвать первой ступеню подогрева сетевой воды?

- 1) Пиковый сетевой подогреватель
- 2) Теплофикационный пучок
- 3) Пиковый водогрейный котел

Задание #6

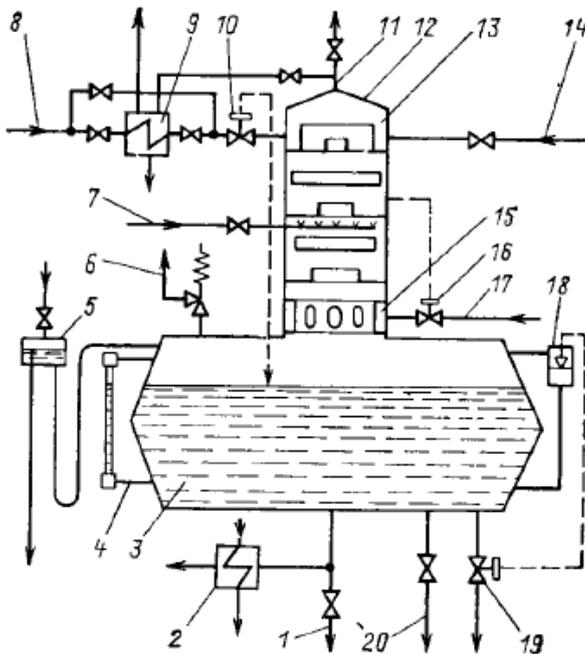
Какой из элементов на схеме ПСВ обозначены буквами А и Б (сверху, вторая картинка)?



- 1) Вход и выход дренажа с вышестоящего подогревателя
- 2) Вход и выход сетевой воды
- 3) Вход пара и выход конденсата греющего пара

Задание #7

Для чего предназначен элемент обозначенный цифрой 6 на схеме?



- 1) Предназначен для нагрева химочищенной воды
- 2) Предохраняет деаэратор от повышения давления
- 3) Позволяет удалить неконденсирующиеся газы

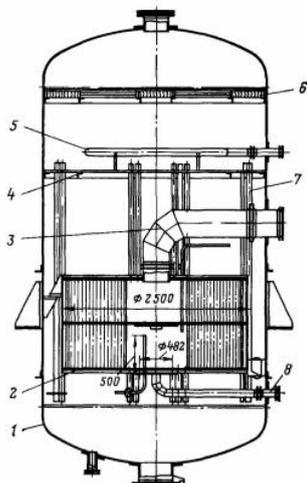
Задание #8

Почему при деаэрации питательной воды в схеме ТЭС применяют деаэратор повышенного давления?

- 1) Позволяет уменьшить количество ПВД после деаэрата
- 2) Позволяет уменьшить затраты тепла на деаэрацию
- 3) Из-за наиболее простой конструкции

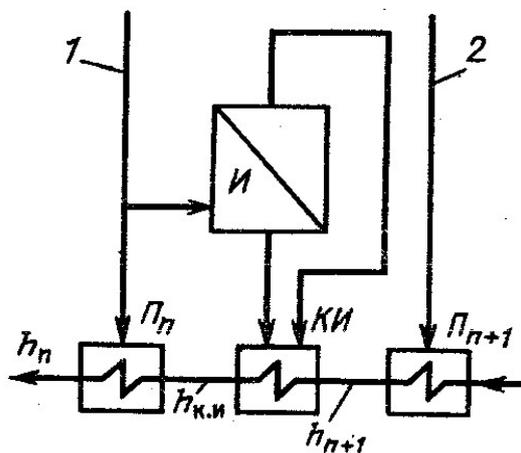
Задание #9

Укажите на рисунке жалюзийный сепаратор для сепарации вторичного пара



Задание #10

Покажите на рисунке подвод первичного пара к испарителю



Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и

последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов (хорошо)- ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно)– ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки при ответе (письменный ответ) на зачетные вопросы

✓ 100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных

проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

Методические рекомендации, определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения» проводится в форме контрольных мероприятий (собеседование) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина «Тепломассообменные аппараты различного назначения» (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения»;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения» проводится в соответствии с локальными нормативными актами

ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Тепломассообменные аппараты различного назначения» проводится в форме контрольных мероприятий (4 курс - зачет) в устной форме в виде ответов на вопросы приведенные в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине
«Тепломассообменные аппараты различного назначения»:**

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
100-86	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Уверенно знает методы контроля состояния и работы теплоэнергетического оборудования в процессе наладочных и ремонтных работ; методы оценки надежности теплоэнергетического оборудования; методы прогнозирования и предупреждения отказов и аварий в работе тепло энергетического оборудования; основные принципы эксплуатации оборудования теплоэлектростанций. Умеет работать с нормативными документами, справочной литературой и другими информационными источниками; определять причины снижения надежности оборудования; выполнять оценку надежности теплоэнергетического оборудования. Владеет методами контроля состояния и работы теплоэнергетического оборудования в процессе наладочных и ремонтных работ; методами оценки надежности теплоэнергетического оборудования; методами прогнозирования и предупреждения отказов и аварий в работе тепло энергетического оборудования.
85-76	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Знает методы контроля состояния и работы теплоэнергетического оборудования в процессе наладочных и ремонтных работ; методы оценки надежности теплоэнергетического оборудования; методы прогнозирования и предупреждения

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями.</i> <i>Привязать к дисциплине</i>
		отказов и аварий в работе тепло энергетического оборудования; основные принципы эксплуатации оборудования теплоэлектростанций. Умеет работать с нормативными документами, справочной литературой и другими информационными источниками; определять причины снижения надежности оборудования; выполнять оценку надежности теплоэнергетического оборудования.
75-61	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Частично знает методы контроля состояния и работы теплоэнергетического оборудования в процессе наладочных и ремонтных работ; методы оценки надежности теплоэнергетического оборудования; методы прогнозирования и предупреждения отказов и аварий в работе тепло энергетического оборудования; основные принципы эксплуатации оборудования теплоэлектростанций.
60-50	«не зачтено»/ «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Не знает методы контроля состояния и работы теплоэнергетического оборудования в процессе наладочных и ремонтных работ; методы оценки надежности теплоэнергетического оборудования; методы прогнозирования и предупреждения отказов и аварий в работе тепло энергетического оборудования; основные принципы эксплуатации оборудования теплоэлектростанций.