

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.08 Тепломассообменное оборудование предприятий

Закреплена за кафедрой **Промышленной теплоэнергетики**

Учебный план bz130301_21_ПТЭplx

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Виды контроля на курсах:

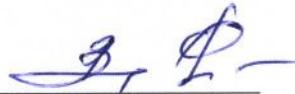
Курсовой проект 4, Экзамен 4

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	4		Итого
	УП	РП	
Лекции	8	8	8
Лабораторные	4	4	4
Практические	10	10	10
В том числе инт.	6	6	6
Итого ауд.	22	22	22
Контактная работа	22	22	22
Сам. работа	257	257	257
Часы на контроль	9	9	9
Итого	288	288	288

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Федяева В.Н.



Рабочая программа дисциплины

Тепломассообменное оборудование предприятий

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018г. №143)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
утверженного приказом ректора от 01.03.2021 протокол № 80.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной теплоэнергетики

Протокол от 19.04. 2021 г. № 11

Срок действия программы: 2021-2026 уч.г.

Зав. кафедрой Федяев А. А.

Председатель МКФ

18.04.2021 2021 г.  Матухин С.В.

Ответственный за реализацию ОПОП

(подпись)

 Федяев А.Н.

Директор библиотеки

 Сотников Ю.П.

(подпись)

(ФИО)

№ регистрации

407

(методический отдел)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Получить материал необходимый для проектирования и эксплуатации, современных тепломассообменных установок. Материал дает основу для дипломного проектирования. Научить будущих бакалавров владеть методами расчета теплотехнологических схем, процессов и аппаратов; источниками и методами использования вторичных энергоресурсов; системами для защиты окружающей среды; правилами по оформлению проектно-конструкторской документации.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.08
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Источники теплоснабжения
2.1.2	Тепломассообмен
2.1.3	Математическое моделирование на ЭВМ
2.1.4	Теоретическая и прикладная механика
2.1.5	Физика
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ
2.2.2	Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-1: готовность к участию в работах по освоению схем размещения ОПД и их систем, доводке технологических процессов, выполнении специальных расчетов

Индикатор 1 ПК-1.1. Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства.

ПК-3: готовность к участию в контроле и управлении метрологическим обеспечением технологических процессов ОПД

Индикатор 1 ПК-3.1. Демонстрирует знание метрологического обеспечения технологических процессов ОПД.

Индикатор 2 ПК-3.2. Использует типовые методы расчета и схемы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	источники информации для самообразования в рамках выбранного направления; информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики в своей предметной области.
3.2 Уметь:	
3.2.1	организовать процесс самообразования; применять методы и средства самоорганизации и самообразования; анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.
3.3 Владеть:	
3.3.1	методами самоорганизации; навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности; обобщением, анализом, восприятием информации, постановкой цели и выбором путей ее достижения.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	Раздел 1. Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий						

1.1	Лек	Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
1.2	Ср		4	8	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 2. Теплоносители, их свойства, область применения						
2.1	Лек	Теплоносители: основные свойства, области рационального применения.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
2.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 3. Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия						
3.1	Лек	Рекуперативные аппараты периодического действия; их тепловые балансы, графики температур и нагрузки. Методы интенсификации теплообмена. Тепловые трубы и термосифоны; область их применения.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
3.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
3.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 4. Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные						
4.1	Лек	Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
4.2	Лаб	Определение времени нагрева твердых тел различной тепловой массивности	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
4.3	Лаб	Тепловой баланс муфельной электропечи	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
4.4	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
4.5	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 5. Смесительные теплообменники: конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации						

5.1	Лек	Смесительные теплообменные аппараты и установки: конденсаторы смешения, скруббера полые и насадочные, кондиционеры, градирни. Конструкции аппаратов. Адиабатные установки, испарители с гидрофобным теплоносителем, барботажнопенные установки, установки с погружными горелками. Конструкций аппаратов.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
5.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
5.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 6. Тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников						
6.1	Лек	Тепловой, конструктивный и поверочный расчеты теплообменников. Основные элементы и узлы теплообменников. Гидравлический расчет аппаратов. Аппараты с развитыми поверхностями теплообмена, способы их изготовления.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
6.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
6.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 7. Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки; принцип действия						
7.1	Лек	Физические основы процессов выпаривания. Свойства растворов. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа: прямоточные, противоточные, смешанные, непрерывного и периодического действия; с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с тепловым насосом. Выпарные установки: адиабатные, с контактными нагревателями и погружными горелками.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
7.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
7.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2

	Раздел	Раздел 8. Основные конструкции аппаратов, тепловые схемы и установки						
8.1	Лек	Схемы подогрева раствора. Оптимальное число ступеней установки. Рациональные схемы использования вторичного тепла. Конструкции выпарных аппаратов. Сепараторы и брызгоотделители. Перспективы развития выпарных аппаратов и установок.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
8.2	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
8.3	Экзамен		4	2	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 9. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации; основы теплового расчета						
9.1	Лек	Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации; основы теплового расчета	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
9.2	Лаб	Определение физико-химической температурной депрессии растворов	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
9.3	Пр	Тепловой расчет трехкорпусной выпарной установки.	4	4	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	2	Работа в малых группах ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
9.4	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
9.5	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
9.6	КП		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 10. Перегонные и ректификационные установки; конструкции и принцип действия аппаратов; физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации						
10.1	Лек	Общие сведения о перегонке и ректификации. Физико-химические свойства бинарных смесей. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей. Азеотропные смеси. Дистилляция.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0,5	лекция с разбором конкретных ситуаций ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2

10.2	Лаб	Изучение процесса непрерывной ректификации бинарной смеси	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
10.3	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
10.4	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 11. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей: основы кинематики массообмена; материальный и тепловой расчет установки						
11.1	Лек	Диаграмма состояния t-у-х и диаграмма равновесия у-х бинарных смесей. Процессы в ректификационных установках и их изображение на t-у-х и у-х диаграммах. Дефлегмация и ректификация. Схемы ректификационных установок для двойных и тройных смесей. Экстрактивная ректификация.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0,5	лекция с разбором конкретных ситуаций ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
11.2	Лек	Конструкция тарельчатых, ситчатых и насадочных колонн. Определение числа тарелок в колонне. Влияние флегмового числа на экономику при проектировании и эксплуатации колонны. Тепловой баланс ректификационных установок. Охрана труда и противопожарная техника при ректификации. Перегонка в процессах обезвреживания промстоков.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	0,5	лекция с разбором конкретных ситуаций ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
11.3	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
11.4	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 12. Сушильные установки, понятие о процессе сушки, формы связи влаги с материалом, основы кинетики и динамики сушки, принципиальные схемы и конструкции сушильных установок						
12.1	Лек	Сушильные установки, понятие о процессе сушки, формы связи влаги с материалом. Основы кинетики и динамики сушки. Принципиальные схемы и конструкции сушильных установок	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0,5	лекция с разбором конкретных ситуаций ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2

12.2	Лаб	Изучение процесса сушки длинномерных материалов на примере действующей лесосушилки	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.3	Лаб	Исследование кинетики сушки влажных материалов инфракрасными лучами.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.4	Лаб	Изучение процесса конвективной сушки влажных материалов	4	1	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.5	Пр	Расчет барабанной сушильной установки для сушки сыпучего материала (с использованием ЭВМ).	4	3	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	2	анализ конкретных ситуаций ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.6	Ср		4	16	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.7	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
12.8	КП		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 13. Тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение процесса сушки в h-d диаграмме влажного газа						
13.1	Лек	Тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение в H-d диаграмме влажного воздуха	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
13.2	Пр	Расчет конвективных сушилок.	4	3	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
13.3	Ср		4	21	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
13.4	КП		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л3.1 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
	Раздел	Раздел 14. Теплообменники -утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов						
14.1	Лек	Оборудование для перемещения и разделения неоднородных жидкостей. Питатели. Пылеочистительные устройства. Брызгоотделители. Конденсатоотводчики. Сосуды и резервуары. Теплообменники – утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
14.2	Ср		4	26	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
14.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2

	Раздел	Раздел 15. Основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательное оборудование						
15.1	Лек	Расчет и выбор стандартного основного и вспомогательного оборудования. Основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательного оборудования.	4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
15.2	Ср		4	26	ПК-1 ПК-3	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2
15.3	Экзамен		4	0,5	ПК-1 ПК-3	Л1.2 Э1 Э2	0	ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа, лекция – дискуссия, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция – пресс-конференция, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция-консультация, занятия с применением затрудняющих условий, методы группового решения творческих задач, метод развивающейся кооперации)

Образовательные технологии с использованием интерактивных методов обучения (круглый стол (дискуссия, дебаты), семинар - исследование, семинар «Пресс – антипресс», мозговой штурм (брейнсторм, мозговая атака), деловые, имитационные, операционные и ролевые игры, case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ), мастер класс, дидактические игры)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Контрольные вопросы и задания

Текущий контроль состоит из защиты лабораторных работ:

Лабораторная работа №1 "Определение времени нагрева твердых тел различной тепловой массивности"

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое нестационарный тепловой режим?
2. В чем заключаются граничные условия 1, 2 и 3 рода?
3. В чем особенности нагрева «тонкого» и «массивного» тел?
4. Физический смысл критерия Bi ?
5. В каком случае граничные условия 3 рода сводятся к условиям 1 рода?

Лабораторная работа №2 "Тепловой баланс муфельной электропечи"

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислите статьи расхода тепла в электропечи.
2. Перечислите статьи прихода тепла в электропечи.
3. Две садки с одинаковой массой и теплофизическими параметрами подвергаются нагреву до одной и той же температуры. В первом случае нагрев протекает без плавления, во втором случае – с плавлением образца. В каком случае полезно израсходованное тепло меньше (больше) и почему?
4. Как оказывается наличие муфеля на потери тепла через футеровку?
5. Как определить тепловые потери футеровки, если последняя работает в нестационарном режиме теплопроводности?
6. В результате расчета количества тепла, аккумулированного футеровкой за цикл нагрева, получилась отрицательная величина. Что это значит?
7. Как уменьшить тепловую инерционность печи?

Лабораторная работа №3 "Определение физико-химической температурной депрессии растворов"

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Чем отличается выпаривание водных растворов от испарения чистой воды?
2. Как изменяется теплоемкость, вязкость, плотность, температурная депрессия раствора с повышением его концентрации?
3. Как изменяется физико-химическая температурная депрессия раствора с повышением или понижением давления в надрастворном пространстве?

4. Как изменяется коэффициент теплоотдачи α от стенки к кипящему раствору с повышением концентрации раствора?
 5. Какие три вида температурных депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение?

Лабораторная работа №4 "Изучение процесса непрерывной ректификации бинарной смеси"

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В чем отличие ректификации от дистилляции?
2. Что такое флегмовое число?
3. Объясните процесс тепломассообмена между легкокипящим компонентом и тяжелым в ректификационной колонне.
4. Что понимают под бинарной смесью?

Лабораторная работа №5 "Изучение процесса сушки длинномерных материалов на примере действующей лесосушилки"

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое градиент влажности в материале? В каких случаях происходит растрескивание материалов и какие меры принимают для его устранения?
2. От каких параметров зависит интенсивность испарения влаги с поверхности материала?
3. Чем отличается действительная сушилка от теоретической?
4. Какая влага, содержащаяся в материале, не замерзает при низких температурах?

Лабораторная работа №6 "Исследование кинетики сушки влажных материалов инфракрасными лучами."

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Укажите области рационального применения естественной и искусственной сушки материалов.
 2. Чем отличается испарение от процесса кипения или выпаривания? Какая влага имеет наибольшую и какая наименьшую энергию связи с металлом?
 3. Как называются периоды сушки материала? Объясните, как изменяются влажность и температура материала в эти периоды?
 4. Что такая критическая влажность материала? Какую конечную влажность должен иметь материал?
- Лабораторная работа №7 "Изучение процесса конвективной сушки влажных материалов"
- Контрольные вопросы для самопроверки:
1. Какой технологический процесс называется сушкой?
 2. Что является движущей силой процесса сушки?
 3. Что называется скоростью сушки?
 4. Чем определяется скорость сушки в первом периоде? Как иначе называется этот период сушки? При каких условиях скорость сушки в первом периоде постоянна?
 5. Чем определяется скорость сушки во втором периоде? Как иначе называют этот период сушки?
 6. Что такое равновесное влагосодержание материала и от чего зависит его величина? Что такое критическое влагосодержание материала?
 7. Что такая относительная влажность воздуха?
 8. По показаниям каких приборов и как можно найти относительную влажность воздуха, пользуясь диаграммой Рамзина?

6.2. Темы письменных работ

Курсовой проект:

Расчет барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов

Цель курсового проекта:

1. Освоить и закрепить методику расчёта барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов;
2. По полученным данным научиться выбирать тип и конструкцию барабанной сушильной установки.

Задание:

Рассчитать, выбрать тип и конструкцию барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов.

Порядок выполнения:

Для выполнения курсового проекта обучающимся выдаётся индивидуальное задание по расчету барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов.

Готовый курсовой проект сдается преподавателю на проверку за 2 недели до начала экзаменационной сессии.

Результатом проверки могут быть:

- «допущен к защите»;
- «допущен к защите после доработки по замечаниям»;
- «не допущен к защите».

Если после проверки курсовой проект рекомендован преподавателем к защите, то следует подготовиться к ее защите.

В случае выявления при проверке ошибок и неточностей, обучающиеся допускаются к защите курсового проекта только после их устранения.

В последнем случае требуется переделать курсовой проект в соответствии с предъявляемыми требованиями. Если курсовой проект не рекомендован преподавателем к защите, то после переработки работа вновь сдается на проверку. Без защиты курсового проекта обучающиеся не допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

Защита курсового проекта производится в часы, определенные в соответствии с расписанием занятий.

На защите курсового проекта обучающиеся в краткой форме излагают основные результаты, полученные в ходе его выполнения и практическую значимость выполненного проекта, отвечает на возникшие в ходе защиты вопросы.

Рекомендации по выполнению курсового проекта.

Структура расчетно-пояснительной записки может варьироваться в зависимости от темы курсового проекта, но в общем

случае она состоит из следующих частей и разделов:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовое проектирование;
- 3) содержание;
- 4) введение.
- 5) тепловой и материальный расчет сушильной установки.
- 6) конструктивный расчет.
- 7) механический расчет.
- 8) расчет тепловой изоляции.
- 9) аэродинамический расчет.
- 10) выбор вспомогательного оборудования.
- 11) техника безопасности при эксплуатации сушильных установок.
- 12) расчет на ПВМ.
- 13) заключение.
- 14) список использованной литературы.
- 15) спецификация на компоновочный чертеж,
- 16) заключение;
- 17) список использованной литературы.

Исходные данные: указывается тип сушилки – барабанная; высушиваемый материал; производительность цеха; топливо (теплоноситель); влагосодержание материала (начальное и конечное, %); сушильный агент - смесь топочных газов с воздухом; температура сушильного агента (на входе в сушилку и на выходе из сушилки, оС); напряженность во влаге (кг/м³хч); место работы сушильного (цеха, город); рекомендуемый тип насадки.

В введении указать область применения конвективных сушильных установок, особенности, достоинства и недостатки данного типа сушилок; более подробно остановиться на конструкции конвективной барабанной сушильной установки.

Основная часть: Тепловой расчет сушилки необходимо выполнить графо-аналитическим методом с помощью Н-д (диаграммы Рамзина) и нанести процесс действительной сушилки на диаграмму с учетом потерь тепла ($\Delta < 0$), определяют удельный расход воздуха, удельный расход тепла и из уравнения теплового баланса определяют расход топлива.

Механический расчет сушилок сводится к проверке на прочность корпуса сушилки, а также основных ее узлов и деталей под действием различных нагрузок. В разделе «Расчет тепловой изоляции» дается описание и обоснование выбора материала тепловой изоляции и приводится расчет ее толщины. При расчете данной барабанной сушилки необходимо выбрать вентилятор для отсасывания сушильного агента, что является задачей аэродинамического расчета. В выборе вспомогательного оборудования необходимо привести расчет циклона для очистки уходящих газов, сделать выбор транспортных устройств и топки. После раздела «Техника безопасности при эксплуатации сушильных установок» необходимо в заключении кратко остановиться на цели данного курсового проекта и тех разделах, что были выполнены в пояснительной записке, причем в каждом разделе указать, какое серийное оборудование было выбрано.

В заключении необходимо провести анализ выполненной работы. Сделать выводы по работе.

6.3. Фонд оценочных средств

Экзаменационные вопросы:

Раздел №1 "Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий"

1. Процессы: нагревание, охлаждение, кипение, сублимация, выпаривание, конденсация, испарения, плавление, сушка, разделение; их теплофизическая сущность, принципы расчета.

2. Теплообменные аппараты и их классификация: по способу теплообмена (рекуперативные, регенеративные, контактные); по времени действия; по назначению.

3. Термовакуумные трубы и термосифоны, эжекторы, вихревые трубы.

4. Теплоносители: основные свойства, области рационального применения.

Раздел №2 "Теплоносители, их свойства, область применения"

5. Роль отечественных ученых в развитии промышленных тепломассообменных установок.

6. Перспективы развития регенеративных аппаратов.

7. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Общие сведения о процессе сушки.

8. Кинетика и динамика сушки.

Раздел №3 "Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия"

9. Аппараты с развитыми поверхностями теплообмена, способы их изготовления.

10. Физические основы процессов выпаривания. Свойства растворов.

11. Перспективы развития выпарных аппаратов и установок.

12. Физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания и кристаллизации.

Раздел №4 "Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные"

13. Общие сведения о перегонке и ректификации.

14. Физико-химические свойства бинарных смесей.

15. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей.

16. Сушильные установки, понятие о процессе сушки, формы связи влаги с материалом.

Раздел №5 "Смесительные теплообменники: конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации"

17. Основы кинетики и динамики сушки.

18. Оборудование для перемещения и разделения неоднородных жидкостей. Питатели. Пылеочистительные устройства. Брызгоотделители. Конденсатоотводчики. Сосуды и резервуары.

19. Теплообменные и тепломассообменные установки: тепловые пункты (бойлерные); подогревательные, конденсационные и холодильные, выпарные, опреснительные, дистилляционные, ректификационные, сушильные и другие установки.
20. Методы интенсификации теплообмена.
- Раздел №6 "Тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников"
21. Перспективы развития сушильной техники.
22. Сушильная техника в системе защиты окружающей среды.
23. Рациональные схемы использования вторичного тепла.
24. Конструкции выпарных аппаратов.
- Раздел №7 "Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки; принцип действия"
25. Технико-экономические показатели МВУ.
26. Теплотехнологические выбросы.
27. Выпарные установки в схемах очистки сточных вод.
28. Охрана труда и противопожарная техника при ректификации.
- Раздел №8 "Основные конструкции аппаратов, тепловые схемы и установки"
29. Перегонка в процессах обезвреживания промстоков.
30. Теплообменники – утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов.
31. Конструкции рекуперативных теплообменников (трубчатых, кожухотрубчатых, пластинчатых, спиральных).
32. Рекуперативные аппараты периодического действия; их тепловые балансы, графики температур и нагрузки.
- Раздел №9 "Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации; основы теплового расчета"
33. Тепловые трубы и термосифоны; область их применения.
34. Регенеративные теплообменные аппараты и установки. Аппараты с неподвижной насадкой и подвижной насадкой.
35. Роторные аппараты, с кипящим слоем, с активной насадкой, контактные.
36. Особенности теплообмена, температурные режимы, поля температур.
- Раздел №10 "Перегонные и ректификационные установки; конструкции и принцип действия аппаратов; физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации"
37. Тепловой расчет регенеративных теплообменников.
38. Методика расчета аппаратов с кипящим слоем.
39. Назначение и виды обезвоживания. Области применения сушки.
40. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок.
- Раздел №11 "Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей: основы кинематики массообмена; материальный и тепловой расчет установки"
41. Теплотехнологические схемы установок.
42. Построение процессов сушки в h-d диаграмме.
43. Аппаратурно-технологическое оформление процессов сушки.
44. Сушка жидкотекучих, твердых, дисперсных, ленточных материалов.
- Раздел №12 "Сушильные установки, понятие о процессе сушки, формы связи влаги с материалом, основы кинетики и динамики сушки, принципиальные схемы и конструкции сушильных установок"
45. Смесительные теплообменные аппараты и установки: конденсаторы смешения, скруббера полые и насадочные, кондиционеры, градирни. Конструкции аппаратов.
46. Адиабатные установки, испарители с гидрофобным теплоносителем, барботажно-пенные установки, установки с погружными горелками. Конструкции аппаратов.
47. Материальные и тепловые балансы. Методы и алгоритмы расчета аппаратов.
48. Конвективная сушка.
- Раздел №13 "Тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение процесса сушки в h-d диаграмме влажного газа"
49. Тепловой, конструктивный и поверочный расчеты теплообменников.
50. Основные элементы и узлы теплообменников.
51. Гидравлический расчет аппаратов.
52. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа: прямоточные, противоточные, смешанные, непрерывного и периодического действия; с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с тепловым насосом.
- Раздел №14 "Теплообменники-utiлизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов"
53. Выпарные установки: адиабатные, с контактными нагревателями и погружными горелками.
54. Схемы подогрева раствора. Оптимальное число ступеней установки.
55. Сепараторы и брызгоотделители.
56. Материальный баланс, определение количества выпаренной влаги и концентрации раствора; тепловой расчет многоступенчатой выпарной установки (МВУ).
- Раздел №15 "Основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательное оборудование"
57. Располагаемая и полезная разности температур.
58. Азеотропные смеси.
59. Дистилляция.
60. Диаграмма состояния t-y-x и диаграмма равновесия y-x бинарных смесей. Процессы в ректификационных установках и их изображение на t-y-x и y-x диаграммах.
61. Дефлгмация и ректификация.

62. Схемы ректификационных установок для двойных и тройных смесей. Экстрактивная ректификация.
 63. Конструкция тарельчатых, ситчатых и насадочных колонн. Определение числа тарелок в колонне. Влияние флегмового числа на экономику при проектировании и эксплуатации колонны.
 64. Тепловой баланс ректификационных установок.
 65. Принципиальные схемы и конструкции сушильных установок
 66. Тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение в H-d диаграмме влажного воздуха
 67. Расчет и выбор стандартного основного и вспомогательного оборудования.
 68. Основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательного оборудования.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Курсовой проект, экзаменационные вопросы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Иванов В.Л., Леонтьев А.И., Манушин Э.А., Осипов М.И., Леонтьев А.И.	Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов	Москва: Машиностроени е, 2006	30	
Л1. 2	Бакластов А.М.	Промышленные тепломассообменные процессы и установки: Учебник для вузов	Москва: Энергоатомизда т, 1986	105	

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Данилов О.Л., Федяева В.Н.	Вторичные энергоресурсы. Тепломассообменное оборудование предприятий: Учебно-методическое пособие	Братск: БрГУ, 2004	98	
Л2. 2	Федяева В.Н., Федяев А.А., Данилов О.Л.	Промышленные тепломассообменные процессы и установки. Расчет барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов: Учебно- методическое пособие	Братск: БрГТУ, 2001	38	
Л2. 3	Золотоносов Я. Д., Багутдинов А. Г., Золотоносов А. Я.	Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет: монография	Санкт- Петербург: Лань, 2018	1	https://e.lanbook.com/book/112678

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Федяева В.Н.	Промышленные тепломассообменные процессы и установки: Рабочая программа, методические указания, практические и контрольные задания	Братск: БрГТУ, 2000	20	
Л3. 2	Федяев А.А., Федяева В.Н.	Системы теплоснабжения. Исследование режимов работы пластиначатого теплообменного аппарата: методические указания к выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2014	39	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная библиотека БрГУ	http://ecat.brstu.ru/catalog
Э2	Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»	http://e.lanbook.com

7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Архиватор 7-Zip
7.3.1.3	КОМПАС-3D V13

7.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
7.3.2.2	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7.3.2.3	«Университетская библиотека online»
7.3.2.4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
7.3.2.5	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
7.3.2.6	
7.3.2.7	Национальная электронная библиотека НЭБ
7.3.2.8	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

0002*	лекционная аудитория	Учебная мебель
1103	Лаборатория тепломассообменных процессов и установок	Учебная мебель Учебный стенд «Изучение холодильного оборудования», Дистиллятор ДЭ-4-2, Установка для определения физико-химической температурной депрессии, Шкаф сушильный СНОЛ-2,4, Аэродинамическая установка, Печь муфельная ПМ-8, Сушильный шкаф СНОЛ 67/350, Стенд «Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции воздуха»
0001*	аудитория для практических занятий	Учебная мебель
2201	читальный зал №1	Учебная мебель Оборудование 10- ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP Laser Jet P2055D

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина тепломассообменное оборудование предприятий направлена на ознакомление с видами и конструкцией основного тепломассообменного оборудования промышленных предприятий; на получение теоретических знаний и практических навыков по расчёту и подбору основного и вспомогательного оборудования тепломассообменных установок. Изучение дисциплины тепломассообменное оборудование предприятий предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические работы,
- курсовый проект,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий» студенты должны уяснить: основные процессы тепломассообмена, теплообменные аппараты и их классификацию.

В ходе освоения раздела 2 «Теплоносители, их свойства, область применения» студенты должны уяснить: основные свойства теплоносителей и области их применения.

В ходе освоения раздела 3 «Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия» студенты должны уяснить: понятие рекуперативных теплообменников, их конструкции и принцип действия.

В ходе освоения раздела 4 «Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные» студенты должны уяснить: понятие регенеративных теплообменников, их конструкции и принцип действия.

В ходе освоения раздела 5 «Смесительные теплообменники: конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации» студенты должны уяснить: понятие смесительных теплообменников, их конструкции и принцип действия.

В ходе освоения раздела 6 «Тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников» студенты должны уяснить: последовательность проведения теплового, гидравлического, прочностного расчетов рекуперативных теплообменников.

В ходе освоения раздела 7 «Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки; принцип действия» студенты должны уяснить: понятия испарительных, опреснительных, выпарных и кристаллизационных установок, и их принцип действия.

В ходе освоения раздела 8 «Основные конструкции аппаратов, тепловые схемы и установки» студенты должны уяснить: разобрать основные конструкции теплообменных аппаратов, ознакомиться со схемами и установками.

В ходе освоения раздела 9 «Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации; основы теплового расчета» студенты должны уяснить: физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации, а так же проработать структуру проведения теплового расчёта.

В ходе освоения раздела 10 «Перегонные и ректификационные установки; конструкции и принцип действия аппаратов; физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации» студенты должны уяснить: конструкции и принцип действия перегонных и ректификационных установок; проработать физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации.

В ходе освоения раздела 11 «Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей: основы кинематики массообмена; материальный и тепловой расчет установки» студенты должны уяснить: процесс построения фазовых диаграмм состояния смесей жидкостей; провести материальный и тепловой расчет установки; изучить основы кинематики массообмена.

В ходе освоения раздела 12 «Сушильные установки, понятие о процессе сушки, формы связи влаги с материалом, основы кинетики и динамики сушки, принципиальные схемы и конструкции сушильных установок» студенты должны уяснить: принцип и последовательность протекания процесса сушки; ознакомиться с основными видами сушильных установок.

В ходе освоения раздела 13 «Тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение процесса сушки в h-d диаграмме влажного газа» студенты должны уяснить: принцип построения теплового баланса конвективной сушильной установки и процесса сушки в h-d диаграмме влажного газа.

В ходе освоения раздела 14 «Теплообменники-утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов» студенты должны уяснить: понятия и принцип действия теплообменников-утилизаторов для использования теплоты вентиляционных выбросов.

В ходе освоения раздела 15 «Основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательное оборудование» студенты должны уяснить: основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательное оборудование.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий; основные свойства и области рационального применения теплоносителей; регенеративные теплообменные аппараты и установки; смесительные теплообменные аппараты и установки и их принцип действия; тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников; испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки и их принцип действия; перегонные и ректификационные установки их конструкции и принцип действия; фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей; сушильные установки и понятие о процессе сушки; тепловой баланс конвективной сушильной установки, построение в H-d диаграмме влажного воздуха.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний о физико-химических и термодинамических процессах выпаривания и кристаллизации; основах теплового расчета. Закрепление понятия о процессе сушки и усвоение материала о принципиальных схемах и конструкции сушильных установок. Получение знаний о построении теплового баланса конвективной сушильной установки и построение процесса сушки в h-d диаграмме влажного газа.

В процессе проведения лабораторных работ происходит формирование умений и навыков реализации представления о регенеративных теплообменниках, перегонных и ректификационных установках, сушильных установках, а так же процессах протекающих в них.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде презентаций, проблемной лекции, лекции с запланированными ошибками) в сочетании с внеаудиторной работой.