

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 17.07.2023 10:21:52

Уникальный программный ключ:

7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики и
энергетики имени В.П. Горячкина

И.Ю. Игнаткин

2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.8.01.03 «Тепломассообменное оборудование предприятий»

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров:

ФГОС ВО

Направление подготовки (специальность): 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность: «Энергообеспечение предприятий»

ФГОС ____

Год начала подготовки: 2021 г.

Москва 2021

Разработчик: Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«20» 09 2021 г.

Рецензент:

Андреев С.А.

К.Т.Н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«21» 09 2021 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»
протокол № 3 от «23» 09 2021 г.

Зав. кафедрой Кожевникова Наталья Георгиевна, к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«23» 09 2021 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Чистова Я.С., к.п.н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18» 10 2021 г.

Заведующий выпускающей кафедрой

Кожевникова Н.Г. к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«23» 09 2021 г.

Зав.отдела комплектования ЦНБ

Чистова Я.С.
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	12
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	18
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	20
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ 35	
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	38
7.1 Основная литература	38
7.2 Дополнительная литература	38
7. ОСМОНОВ, ОРОЗМАМАТ МАМАСАЛИЕВИЧ. ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ / О. М. ОСМОНОВ; РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА (МОСКВА). — ЭЛЕКТРОН. ТЕКСТОВЫЕ ДАН. — МОСКВА: РГАУ-МСХА ИМ. К. А. ТИМИРЯЗЕВА, 2015 — 98 С.: РИС., ТАБЛ. — КОЛЛЕКЦИЯ: УЧЕБНАЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА. — РЕЖИМ ДОСТУПА : HTTP://ELIV.TIMACAD.RU/DL/LOCAL/186.PDF	39
7.3 Нормативные правовые акты	39
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	39
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	40
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	40
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	40
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	42
Виды и формы отработки пропущенных занятий	42
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	43

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.8.01.03 «Тепломассообменное оборудование предприятий» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий»

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к решению производственно-технологических и расчетно-проектных задач профессиональной деятельности, а именно: формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение, определять ожидаемые результаты; проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время; использовать знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в области эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин; использовать современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности; под руководством специалиста более высокой квалификации участвовать в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной деятельности.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в вариативную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» цикл Б1.О, дисциплина осваивается в 8 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируется следующая компетенция: ПКос-2.1.

Краткое содержание дисциплины: Теплообменное оборудование предприятий - назначение и классификация теплообменных аппаратов, конструкции и расчет рекуперативных теплообменников, конденсаторы, выпарные установки. Массообменное оборудование предприятий - абсорберы, аппараты для простой перегонки, ректификационные установки, сушильные установки, адсорбционные установки, экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы), мембранные установки.

Общая трудоемкость дисциплины: 7 зач. единиц (252 часа).

Промежуточный контроль: экзамен, КП.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к решению производственно-технологических и расчетно-проектных задач профессиональной деятельности, а именно: формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение, определять ожидаемые результаты; проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время; использовать знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в области эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин; использовать современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности; под руководством специалиста более высокой квалификации участвовать в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Теплообменное оборудование предприятий» включена в вариативную часть учебного плана, реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» направленность «Энергообеспечение предприятий».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теплообменное оборудование предприятий» являются математика (1, курс, 1, 2 и 3 семестры), химия (1 курс, 2 семестр), начертательная геометрия и инженерная графика (1 курс, 1 и 2 семестры) физика (2 курс, 3 и 4 семестры), теоретическая механика (2 курс, 3 семестр), гидрогазодинамика (2 курс, 4 семестр), техническая термодинамика (3 курс, 5 семестр), тепло-массообмен (3 курс, 6 семестр), нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (3 курс, 5 семестр), процессы и аппараты (3 курс, 6 семестр), источники и системы теплоснабжения предприятий (3 курс, 6 семестр), тепловые двигатели и нагнетатели (4 курс, 7 семестр), применение теплоты в АПК (4 курс, 7 семестр).

Дисциплина «Теплообменное оборудование предприятий» является основополагающей для изучения следующей дисциплины: энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях (4 курс, 8 семестр),

Особенностью дисциплины является ее прикладное значение при подготовке бакалавров данного профиля. Знания, полученные в ходе освоения дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» необходимы для реализации производственно-технологического и расчетно-проектного видов деятельности, а именно формулирования в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение,

определения ожидаемых результатов; проектирования решения конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; решения конкретных задач проекта заявленного качества и за установленное время; использования знаний основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в области выполнения теплотехнических расчетов и эффективной эксплуатации теплоэнергетического и тепло-технологического оборудования различного назначения, использования современных методов экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности; под руководством специалиста более высокой квалификации участия в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной деятельности.

Рабочая программа дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. единиц (252 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1	ПКос-2.1	Способен организовать монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнологического оборудования	ПКос-2.1 Способен организовать монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнологического оборудования	устройство, принцип действия, технические характеристики энергетического и теплотехнологического оборудования и условия его эксплуатации	применять знания устройства, принципа действия, технических характеристик, условий эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования для организации его монтажа, наладки и эксплуатации	методами монтажа и эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Таблица 2 Вид учебной работы	Трудоемкость	
	час.	семестр
		№ 8
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	252	252
1. Контактная работа:	81,4	81,4
Аудиторная работа:	81,4	81,4
в том числе		
<i>лекции (Л)</i>	22	22
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	54	54
<i>Курсовой проект (консультации, защита)</i>	3	3
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
Самостоятельная работа (СРС)	170,6	170,6
<i>курсовая работа (КП) (подготовка)</i>	36	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	101	101
<i>Подготовка к экзамену</i>	33,6	33,6
Вид промежуточного контроля:	КП, экзамен	

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1. «Теплообменное оборудование предприятий»	91	12	24	4		51
Тема 1. Теплообменники: назначение, классификация, сравнительная характеристика, интенсификация теплообмена, расчет.	19	2	4	4		9
Тема 2. Конденсаторы: назначение, классификация, конструкции, интенсификация теплообмена, тепловой и гидравлический расчет. Барометрический конденсатор.	14	2	4			8
Тема 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	14	2	4			8
Тема 4. Простое выпаривание.	15	2	4			9
Тема 5. Многократное выпаривание.	15	2	4			9
Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	14	2	4			8
Раздел 2. «Массообменное оборудование предприятий»	86	10	20	6		50
Тема 7. Абсорберы	16	2	4			10
Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	18	2	4	2		10
Тема 9. Сушка.	16	2	4			10
Тема 10. Сушильные установки.	20	2	4	4		10
Тема 11. Адсорбционные и экстракционные установки. Хемосорбция.	16	2	4			10
Курсовой проект (КП) (консультация, защита)	3				3	
Курсовой проект (КП) (подготовка)	36					36
Консультации перед экзаменом	2				2	
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Контроль (подготовка к экзамену)	33,6					33,6
Всего за 8 семестр	252	22	44	10	5,4	170,6
Итого по дисциплине	252	22	44	10	5,4	170,6

4.2 Содержание дисциплины

Раздел 1 Теплообменное оборудование предприятий

Тема 1. Теплообменники.

Назначение теплообменников. Теплообменники рекуперативные, регенеративные, смесительные, их применение в АПК. Конструкции рекуперативных теплообменников: «труба в трубе», кожухотрубные, пластинчатые, спиральные, змеевиковые, рубашечные, с ребристой поверхностью, оросительные. Сравнительная характеристика рекуперативных теплообменников. Интенсификация теплообмена. Компенсация температурных напряжений в рекуперативных теплообменниках. Тепловой расчет. Тепловая изоляция.

Тема 2. Конденсаторы.

Назначение и классификация конденсаторов. Поверхностные конденсаторы. Конденсаторы смешения. Интенсификация теплообмена и повышение эффективности работы конденсаторов. Тепловой и гидравлический расчет конденсаторов. Барометрический конденсатор и его расчет.

Тема 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.

Свойства растворов нелетучих веществ: температурная депрессия, теплостойкость растворов, тепловой эффект выпаривания, интегральная теплота растворения и ее применение для расчета теплового эффекта выпаривания.

Тема 4. Простое выпаривание.

Определение, способы выпаривания. технологическая схема непрерывно действующей выпарной установки, материальный и тепловой балансы, общая и полезная разность температур, расход греющего пара, поверхность нагрева выпарного аппарата.

Тема 5. Простое выпаривание.

Определение. Прямоточная и противоточная схемы многократного выпаривания. Материальный и тепловой балансы, распределение полезной разности температур по корпусам. Предельное и оптимальное число корпусов. Материальный и тепловой балансы многократного выпаривания. Поверхность нагрева выпарного аппарата при многократном выпаривании.

Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.

Физическая сущность выпаривания с применением теплового насоса. Схемы выпарных установок с турбокомпрессорным тепловым насосом и с инжекторным тепловым насосом. Экономия греющего пара при выпаривании с тепловым насосом. Конструкции выпарных аппаратов.

Раздел 2 Массообменное оборудование предприятий

Тема 7. Абсорберы.

Физическая сущность. Область применения. Тепловой эффект. Принципиальные схемы абсорбции. Материальный баланс. Конструкции абсорберов и их расчет. Деаэраторы как разновидность десорберов. Конструкции абсорберов и их расчет.

Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.

Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки. Однократное испарение, простая перегонка: физическая сущность процессов, аппаратное оформление. Ректификация: принцип ректификации, аппаратное оформление. Схема непрерывно действующей ректификационной установки. Материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Конструкции ректификационных установок и их расчет. Интенсификация массообмена при ректификации и повышение эффективности работы ректификационных установок.

Тема 9. Сушка.

Назначение сушки. Способы сушки. Классификация влажных материалов. Материальный и тепловой балансы сушилки.

Тема 10. Сушильные установки.

Принципиальные схемы сушки и их анализ. Кинетика сушки. Конструкции сушилок и их расчет.

Тема 11. Адсорбционные, экстракционные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.

Назначение адсорбции. Промышленные адсорбенты. Материальный баланс адсорберов. Технологические схемы адсорбции. Конструкции адсорберов и их расчёт. Регенерация адсорбента. Назначение экстрагирования. Конструкции экстракторов для систем «твёрдая фаза-жидкость». Материальный баланс экстрактора. Кинетический расчёт экстракторов. Хемосорбция, хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.

4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций и практических занятий, контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. «Теплообменное оборудование предприятий»				38
	Тема 1. Теплообменники.	Лекция № 1. Теплообменники.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 1. Испытание кожухотрубного теплообменника	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	защита лабораторных работ	2
		Лабораторная работа № 2 Испытание пластинчатого теплообменника		защита лабораторных работ	2
		Практическое занятие № 1. Определение поверхности теплообмена рекуперативного теплообменника	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач	2
		Практическое занятие № 2. Определение теплового потока и КПД рекуперативного теплообменника.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос Решение задач	2
	Тема 2. Конденсаторы.	Лекция № 2. Конденсаторы.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 3. Расчет поверхности теплообмена поверхностного конденсатора.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Решение зад Устный опрос ач.	2
		Практическое занятие № 4. Расчет барометрической трубы в барометрическом конденсаторе смешения.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Решение задач.	2
	Тема 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	Лекция № 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 5. Расчет температурной депрессии.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач.	2
		Практическое занятие	ПКос-2.1	Устный	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		№ 6. Определение теплового эффекта выпаривания.	(ПКос-2.1)	опрос Решение задач.	
	Тема 4. Простое выпаривание.	Лекция № 4. Простое выпаривание.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 7. Расчет материального баланса выпарной установки при простом выпаривании.		Устный опрос. Решение задач	2
		Практическое занятие № 8. Расчет расхода греющего пара при простом выпаривании.		Устный опрос. Решение задач	2
	Тема 5. Многократное выпаривание.	Лекция № 5. Многократное выпаривание.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 9. Расчет общей и полезной разности температур при многократном выпаривании.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач	2
		Практическое занятие № 10. Распределение полезной разности температур по корпусам.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач	2
	Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	Лекция № 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 11. Расчет расхода греющего пара при применении турбокомпрессора в качестве теплового насоса.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач.	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическое занятие № 12. Расчет расхода греющего пара при применении эжектора в качестве теплового насоса.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Решение задач.	2
2.	Раздел 2. «Массообменное оборудование предприятий»				36
	Тема 7. Абсорберы	Лекция № 7. Абсорберы.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 13.. Расчет расхода воды при абсорбции.		Устный опрос. Решение задач.	2
		Практическое занятие № 14. Расчет рабочего объема насадочной абсорбционной колонны.		Устный опрос. Решение задач.	2
	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки	Лекция № 8. Перегонные и ректификационные установки.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Практическое занятие № 15. Расчет процесса простой перегонки.		Устный опрос. Решение задач.	2
		Лабораторная работа № 3. Испытание ректификационной установки.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	защита лабораторных работ	2
		Практическое занятие № 16. Расчет ректификационной колонны.		Устный опрос. Решение задач	2
	Тема 9.. Сушка	Лекция № 9. Сушка	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Лабораторная работа № 4. Кинетика сушки.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	защита лабораторных работ	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическое занятие № 17. Определение расхода воздуха на сушку.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Решение задач	2
		Практическое занятие № 18. Расчет теплового баланса конвективной сушки.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	Устный опрос. Решение задач	2
	Тема 10. Сушильные установки.	Лекция № 10. Сушильные установки.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)		2
		Лабораторная работа № 5. Инфракрасная сушка.		защита лабораторных работ	2
		Практическое занятие № 19. Расчет кинетики сушки через коэффициент сушки.		Устный опрос. Решение задач.	2
		Практическое занятие № 20. Расчет кинетики сушки через коэффициент массопроводности		Устный опрос. Решение задач.	2
		Тема 11. Адсорбционные, экстракционные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.	Лекция № 11. Адсорбционные, экстракционные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.	ПКос-2.1 (ПКос-2.1)	
		Практическое занятие № 21.		Устный опрос. Решение задач	2
		Практическое занятие № 22. Расчет мембранно-дистилляционной установки.		Устный опрос. Решение задач	2

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
-------	------------------	---

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Теплообменное оборудование предприятий		
1.	Тема 1. Теплообменники.	Рекуперативные теплообменники: конструкции, интенсификация теплообмена, тепловая изоляция, расчет ПКос-2 (ПКос-2.1)
2.	Тема 2. Конденсаторы.	Назначение и классификация конденсаторов. Поверхностные конденсаторы. Конденсаторы смешения. Интенсификация теплообмена и повышение эффективности работы конденсаторов. Барометрический конденсатор. Тепловой и гидравлический расчет конденсаторов. ПКос-2 (ПКос-2.1)
3.	Тема 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	Теплоемкость, интегральная теплота растворения, закон Гесса и его применение для расчета теплового эффекта выпаривания, температурная депрессия и ее расчет в условиях выпаривания. ПКос-2 (ПКос-2.1)
4.	Тема 4. Простое выпаривание.	Определение простого выпаривания, технологическая схема непрерывно действующей выпарной установки. Материальный и тепловой балансы. Общая и полезная разность температур. Расход греющего пара. Поверхность нагрева выпарного аппарата. ПКос-2 (ПКос-2.1)
5.	Тема 5. Многократное выпаривание.	Прямоточная и противоточная схемы. Материальный и тепловой балансы многократного выпаривания. Распределение полезной разности температур по корпусам. Предельное и рациональное число корпусов в установках многократного выпаривания. ПКос-2 (ПКос-2.1)
6.	Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	Схемы тепловых потоков при выпаривании с турбокомпрессорным тепловым насосом и с инжекторным тепловым насосом. Тепловые балансы, экономия греющего пара. Конструкции выпарных аппаратов. ПКос-2 (ПКос-2.1)
Раздел 2. Массообменное оборудование предприятий		
7.	Тема 7. Абсорберы	Физическая сущность абсорбции. Абсорбция и десорбция. Область применения. Тепловой эффект. Принципиальные схемы абсорбции. Материальный баланс. Конструкции абсорберов и их расчет. Деаэраторы как разновидность десорберов. Назначение и классификация деаэраторов. Конструкции абсорберов и их расчет. ПКос-2 (ПКос-2.1)
8.	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки	Жидкие смеси: правильные и неправильные растворы. Равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Равновесие в системах «жидкость-пар» для жидкостей, нерастворимых и частично растворимых друг в друге. Азеотропные растворы. Физическая сущность и принципиальная схема простой перегонки и однократного испарения. Ректификация: принцип ректификации. Схема непрерывно действующей ректификационной установки. Материальный и тепловой балансы рек-

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		тификационной колонны ПКос-2 (ПКос-2.1)
9.	Тема 9. Сушка	Назначение сушки. Способы сушки. Классификация влажных материалов как объектов сушки. Способы сушки. Сушильные агенты. ПКос-2 (ПКос-2.1)
10.	Тема 10. Сушильные установки.	Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки. Полный и удельный расход сушильного агента. Изображение процесса в H,d- диаграмме влажного воздуха. Принципиальные схемы процесса сушки при сушке с промежуточным подогревом воздуха, схеме с его частичной рециркуляцией, сушке топочными газами и их анализ с помощью H,d- диаграммы влажного воздуха. Кинетика сушки. Конструкции сушилок. ПКос-2 (ПКос-2.1)
11.	Тема 11. Адсорбционные, экстракционные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.	Назначение адсорбции. Физическая сущность адсорбции и десорбции. Промышленные адсорбенты и их свойства. Материальный баланс адсорберов. Технологические схемы адсорбции. Конструкции адсорберов и их расчёт. Регенерация адсорбента. Назначение экстрагирования. Физическая сущность экстрагирования из твердой фазы. Конструкции экстракторов для систем «твёрдая фаза-жидкость». Хемосорбция и ее применение для умягчения воды котельных установок. ПКос-2 (ПКос).

5. Образовательные технологии

В основном применяется объяснительно-иллюстративная технология обучения, в случае вынужденного перехода на онлайн обучение применяются дистанционные образовательные технологии.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
1.	Тема 1. Рекуперативные теплообменники.	Л 1	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР 1	Текущий контроль, защита лабораторных работ.
		ЛР 2	Текущий контроль, защита лабораторных работ.
		ПЗ 1	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 2	Объяснительно-иллюстративная технология.
2.	Тема 2. Конденсаторы.	Л 2	Проблемная лекция. Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 3	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 4	Объяснительно-иллюстративная технология.
3.	Тема 3. Выпарные	Л 3	Проблемная лекция. Иллюстрация плакатов.

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	ПЗ 5	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 6	Объяснительно-иллюстративная технология.
4.	Тема 4. Простое выпаривание.	Л 4	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ПЗ 7	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 8	Объяснительно-иллюстративная технология.
5.	Тема 5. Многократное выпаривание.	Л 5	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ПЗ 9	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 10	Объяснительно-иллюстративная технология.
6.	Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	Л 6	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ПЗ 11	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 12	Объяснительно-иллюстративная технология.
7.	Тема 7. Абсорберы.	Л 7	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ПЗ 13.	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 14	Объяснительно-иллюстративная технология.
8.	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	Л 8	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР 3	Текущий контроль, защита лабораторных работ.
		ПЗ 15	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 16	Объяснительно-иллюстративная технология.
9.	Тема 9. Сушка.	Л 9	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР 4	Текущий контроль, защита лабораторных работ.
		ПЗ 17	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 18	Объяснительно-иллюстративная технология.
10.	Тема 10. Сушильные установки.	Л 10	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР 5	Текущий контроль, защита лабораторных работ.
		ПЗ 19	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 20	Объяснительно-иллюстративная технология.
11.	Тема 11. Адсорбционные, экстракци-	Л 11	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	онные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.	ПЗ 21	Объяснительно-иллюстративная технология.
		ПЗ 22	Объяснительно-иллюстративная технология.

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Курсовой проект

Учебным планом по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» предусмотрен курсовой проект. Он выполняется по теме 5 «Многokратное выпаривание». Тема курсового проекта: «Расчет и проектирование прямоточной 3-х корпусной выпарной установки для упаривания раствора NaCl».

Студенты выполняют курсовой проект в соответствии с индивидуальным заданием. Индивидуальные задания отличаются друг от друга: типом выпарного аппарата, производительностью выпарной установки по упариваемому раствору, способом циркуляции раствора через выпарной аппарат (естественная или принудительная), параметрами греющего и вторичного пара. Номер получаемого студентом задания соответствует его номеру в журнале преподавателя. Ниже представлены задания на курсовой проект.

Задание: рассчитать и спроектировать прямоточную 3-х корпусную выпарную установку производительностью G_n для упаривания раствора NaCl от начальной концентрации x_n , (кг вещества)/(кг раствора), до конечной x_k , (кг вещества)/(кг раствора). Давление греющего пара в первом корпусе $p_{г.п.}$, ати, давление вторичного пара на входе в барометрический конденсатор $p_{б.к.}$, ат.

Выполненный курсовой проект должен представлять собой расчетно-пояснительную записку объемом 30-35 страниц и 3 листа графического материала формата А4, содержащих технологическую схему установки, общий вид выпарного аппарата и лист со сборочными единицами и деталями общего вида выпарного аппарата.

Исходные данные

№ п/п	G_n , т/ч	x_n , %	x_k , %	$p_{г.п.}$, ати	$p_{б.к.}$, ат	Тип аппарата
1	5	0,5	15	8	0,05	с соосной греющей камерой
2	6	1,0	16	9	0,10	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
3	7	1,5	17	10	0,15	с выносной греющей камерой и принуди-

						тельной циркуляцией раствора
4	8	2,0	18	11	0,20	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
5	9	2,5	19	12	0,25	с соосной греющей камерой
6	10	3,0	20	8,5	0,05	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
7	11	3,5	21	9,5	0,10	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
8	12	4,0	22	10,5	0,15	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
9	13	4,5	23	11,5	0,20	с соосной греющей камерой
10	14	5,0	24	12,5	0,25	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
11	15	0,5	15	8	0,05	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
12	16	1,0	16	9	0,10	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
13	17	1,5	17	10	0,15	с соосной греющей камерой
14	18	2,0	18	11	0,20	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
15	19	2,5	19	12	0,25	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
16	20	3,0	20	8,5	0,05	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
17	21	3,5	21	9,5	0,10	с соосной греющей камерой
18	22	4,0	22	10,5	0,15	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
19	23	4,5	23	11,5	0,20	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
20	24	5,0	24	12,5	0,25	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
21	25	0,5	15	8	0,05	с соосной греющей камерой
22	26	1,0	16	9	0,10	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
23	27	1,5	17	10	0,15	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
24	28	2,0	18	11	0,20	с выносной греющей камерой и вынесенной зоной кипения
25	29	2,5	19	12	0,25	с соосной греющей камерой
26	30	3,0	20	8,5	0,05	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора
27	31	3,5	21	9,5	0,10	с выносной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора
28	32	4,0	22	10,5	0,15	с выносной греющей камерой и вынесенной

						зоной кипения
29	33	4,5	23	11,5	0,20	с соосной греющей камерой
30	34	5,0	24	12,5	0,25	с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора

Контрольные вопросы при защите курсового проекта

1. Дайте определение процессу выпаривания. Чем выпаривание отличается от перегонки жидкостей – ведь там и там разделяют растворы методом кипячения?
2. Приведите примеры выпаривания растворов в технике и конкретно в АПК.
3. Какие свойства растворов специфичны для выпаривания?
4. Что такое температурная депрессия и как Вы ее учитывали в расчете?
5. Что такое «интегральная теплота растворения» и какую роль она играет при выпаривании?
6. Как Вы рассчитывали тепловой эффект процесса выпаривания?
7. Какие способы выпаривания Вы знаете? Каковы их преимущества и недостатки.
8. Поясните изображенную Вами технологическую схему выпарной установки.
9. Для чего создается вакуум при выпаривании?
10. Для чего нужен барометрический конденсатор? Как он работает?
11. Какова должна быть высота тубы барометрического конденсатора?
12. Объясните конструкцию изображенного на общем виде выпарного аппарата. Где подводится теплота к выпариваемому раствору? Для чего нужен сепаратор?
13. Какие преимущества и недостатки прямоточной и противоточной схем многократного выпаривания? Какая из них нашла преимущественное распространение на практике и почему?
14. По какому уравнению рассчитывается поверхность теплообмена выпарного аппарата?
15. Какие потери полезной разности температур при выпаривании Вы знаете? Объясните их.
16. Что такое общая и полезная разность температур?
17. Какие способы распределения полезной разности температур по корпусам Вы знаете? Какой способ нашел преимущественное распространение на практике и почему?
18. На что расходуется теплота при выпаривании?
19. С помощью какого источника теплоты осуществляется подвод теплоты к упариваемому раствору?
20. Что такое «вторичный пар»?
21. Каково минимальное, максимальное и оптимальное число корпусов при многократном выпаривании?

22. Для чего применяют тепловой насос при выпаривании?
23. Почему нельзя использовать вторичный пар для выпаривания раствора в том же самом выпарном аппарате без теплового насоса?
24. В чем преимущество и недостаток многократного выпаривания по сравнению с простым выпариванием?
25. Как соотносятся поверхности нагрева выпарных аппаратов при простом и многократном выпаривании?
26. Сопоставьте простое выпаривание с выпариванием с применением теплового насоса – в чем преимущества и недостатки того и другого?
27. Какие конструкции выпарных аппаратов Вы знаете?
28. Когда применяют выпаривание с принудительной циркуляцией раствора?
29. Для чего нужна циркуляционная труба в выпарном аппарате?
30. Почему диаметр штуцера для ввода пара больше диаметра штуцера для вывода конденсата?

Лабораторные работы (ЛР) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий». В результате студент должен знать основные положения теплообмена, составляющие основу расчета теплообменных аппаратов; устройство и принцип действия теплообменных аппаратов; **уметь** применять средства измерения основных теплофизических параметров; использовать нормативные и справочные документы; применять полученные знания и навыки при изучении специальных дисциплин; владеть методами расчета теплотехнических процессов и подбора теплотехнического оборудования; навыками выполнения теплотехнических исследований, обработки и анализа их результатов. В курсе «Тепломассообменное оборудование предприятий» предполагается выполнение 5 лабораторных работ.

Допуск к выполнению ЛР происходит при условии освоения материала и наличия у студента заполненной таблицы опытных данных в журнале лабораторных работ. Отчет по лабораторной работе представляется с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Контрольные вопросы при защите лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 1 «Испытание кожухотрубного теплообменника»:

1. Какие типы теплообменных аппаратов Вы знаете? Поясните их.
2. Расскажите конструкцию кожухотрубного теплообменного аппарата.
3. Какими достоинствами и недостатками обладает кожухотрубный теплообменник?
4. В какие пространства кожухотрубного теплообменника (трубное или межтрубное) направляют такие теплоносители, как насыщенный водяной пар, вода, воздух и какими соображениями при этом руководствуются?

5. Расскажите порядок выполнения данной лабораторной работы. Какие в ней осуществляются замеры?
6. Поясните как рассчитывалось количество теплоты, отдаваемое в теплообменнике горячим теплоносителем в единицу времени. На что затрачена эта теплота?
7. Как рассчитывается тепловой поток, передаваемый горячим теплоносителем холодному?
8. Напишите формулу для расчета средней разности температур в испытуемом теплообменном аппарате и поясните ее.
9. Оцените полученное значение коэффициента теплопередачи в опыте – велик он или нет?
10. Каким способом можно увеличить коэффициент теплопередачи в испытуемом теплообменном аппарате?

Лабораторная работа № 2 «Испытание пластинчатого теплообменника»:

1. Что такое рекуперативный теплообменник? Какие другие типы теплообменных аппаратов Вы знаете?
2. Нарисуйте схему пластинчатого теплообменника и расскажите принцип его действия.
3. Объясните, почему пластины пластинчатого теплообменника выполняют гофрированными.
4. Назовите достоинства и недостатки пластинчатых теплообменников.
5. Напишите уравнение теплопередачи для пластинчатого теплообменника и поясните, как рассчитывается средняя разность температур в нем.
6. Напишите тепловой баланс между теплоносителями для пластинчатого теплообменника.
7. Нарисуйте схему лабораторной установки и объясните ее. Какие параметры измеряются при проведении опыта?
8. Расскажите, какие параметры и по каким формулам рассчитывались по результатам измерений?

Лабораторная работа № 3 «Испытание ректификационной установки».

1. Что такое ректификация, как она осуществляется?
2. Объясните принципиальное устройство и принцип действия ректификационной установки.
3. Напишите материальный баланс ректификационной колонны – общий и по низкокипящему компоненту.
4. Что такое «флегмовое число»?
5. Напишите уравнение рабочей линии при периодической ректификации.
6. Что такое «число единиц переноса», как оно вычисляется?

7. Что такое «высота единицы переноса», как она вычисляется?
8. Поясните устройство лабораторной ректификационной колонны, порядок выполнения работы.

Лабораторная работа № 4. Кинетика сушки:

1. Какие способы сушки Вы знаете? Каковы их преимущества, недостатки, область применения?
2. Охарактеризуйте инфракрасную сушку. Какова ее сущность, преимущества и недостатки?
3. Дайте описание экспериментальной установки.
4. Расскажите порядок проведения эксперимента.
5. Что такое кривая сушки, в каких координатах она строится?
6. Что такое «скорость сушки»?
7. Что такое «равновесная влажность», «приведенная начальная влажность»?
8. Что такое «коэффициент сушки». В какое уравнение он входит?
9. Как рассчитать рабочий объем сушилки, зная необходимое время сушки?

Лабораторная работа № 5. Инфракрасная сушка:

1. Охарактеризуйте инфракрасную сушку. Какова ее сущность, преимущества и недостатки?
2. Дайте описание экспериментальной установки.
3. Расскажите порядок проведения эксперимента.
4. Какой диапазон длин волн соответствует инфракрасной сушке?
5. Какая зависимость связывает частоту и длину волны излучения?
6. В чём проявляется двойственный физический характер излучения?
7. Какие законы излучения Вы знаете? Сформулируйте их.
8. По каким спектральным характеристикам надо подбирать излучатель для инфракрасной сушки?
9. Как спектральные характеристики излучателя должны соотноситься с таковыми высушиваемого материала?
6. Что такое «коэффициент поглощения», «коэффициент отражения» и «коэффициент пропускания»?

Примеры решаемых задач по разделу «Теплообменное оборудование предприятий»:

Задача 1.1.

Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ с начальной температурой 600 °С и конечной 300 °С. Необходимо нагреть 40 000 м³/ч воздуха (объем при нормальных физических условиях) от 30 до 250 °С. Принять коэффициент теплопередачи 20 Вт/(м²·К), теплоемкость воздуха постоянная.

Задача 1.2.

В прямоточном теплообменнике вода охлаждает жидкость. Расход воды и ее начальная температура 0,25 кг/с и 15 °С. Те же величины для жидкости соответственно 0,07 кг/с и 140 °С. Коэффициент теплопередачи 35 Вт/(м²·К), и поверхность теплообмена 8 м². Теплоемкость жидкости 3 кДж/(кг·К). Найти конечные температуры воды и жидкости и переданный тепловой поток, если принять линейное изменение температур теплоносителей по длине теплообменника. Определить эффективность (КПД) охладителя.

Задача 1.3

По условию предыдущей задачи определить конечные температуры жидкости и воды и переданный тепловой поток, если принять экспоненциальное изменение температурного напора по длине теплообменника.

Задача 1.4.

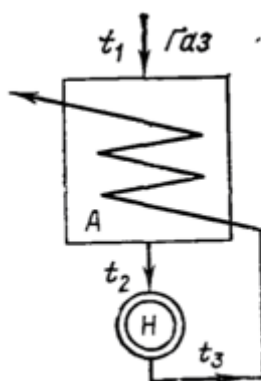
В противоточном теплообменнике охлаждается 0,5 м³/ч трансформаторного масла от 95 до 40 °С. Охлаждающая вода нагревается от 12 до 50 °С, коэффициенты теплоотдачи со стороны масла 200, со стороны воды 800 Вт/(м² К). Толщина стальной стенки 3 мм. Стенка покрыта слоями ржавчины и накипи толщиной по 0,5 мм. Определить расход охлаждающей воды и необходимую поверхность теплообмена.

Задача 1.5

Трубчатый теплообменник имеет поверхность теплообмена 48 м². В нем нагревается 85,5 т/ч воды от 77 до 95 °С. Греющим теплоносителем является насыщенный водяной пар при избыточном давлении 0,43 · 10⁵ Па. Найти коэффициент теплопередачи.

Задача 1.6

В межтрубное пространство аппарата *A* (рис. 1) поступает газ с температурой $t_1 = 300^\circ\text{C}$. На выходе из аппарата газ имеет температуру $t_2 = 430^\circ\text{C}$, проходит через нагреватель *H* и возвращается в трубы аппарата *A* при температуре $t_3 = 560^\circ\text{C}$. Найти коэффициент теплопередачи в аппарате, если его поверхность нагрева составляет 360 м², расход газа равен 10 т/ч, средняя теплоемкость газа 1,05 кДж/(кг К), а потери в окружающую среду составляют 10% теплоты, полученной газом в аппарате. Можно ли в данных условиях осуществить прямоточную схему движения газа?



Примеры решаемых задач по разделу «Массообменное оборудование предприятий»:

Задача 2.1.

Дано:

Воздух с параметрами $t_0 = 18\text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi_0 = 45\%$ нагревается в калорифере перед теоретической сушилкой до $t_1 = 120\text{ }^\circ\text{C}$. Из сушилки сушильный агент (воздух) выходит с $\varphi_2 = 45\%$.

Необходимо снизить температуру сушильного агента перед входом в сушилку до $80\text{ }^\circ\text{C}$, применив частичную рециркуляцию сушильного агента. Определить кратность циркуляции сушильного агента.

Задача 2.2.

Расход исходной смеси (бензол-толуол) $G_f = 10\text{ т/ч}$, концентрация бензола в исходной смеси $a_f = 20\%$ мас. в дистилляте $a_p = 98\%$ мас. в кубовом остатке $a_w = 2\%$ мас. Средняя скорость паровой фазы в свободном сечении колонны $w_n = 0,8\text{ м/с}$, средняя плотность паровой фазы $\rho_n = 2,8\text{ кг/м}^3$. Для определения рабочего значения флегмового числа R использовать уравнение $R = 1,3R_{\min} + 0,3$.

Определить массовые расходы дистиллята и кубового остатка, минимальное значение флегмового числа. Составить уравнения рабочих линий обогащающей и исчерпывающей частей ректификационной колонны непрерывного действия. Найти также диаметр колонны и изобразить рабочие линии в x - y диаграмме. Найти массовые расходы паровой и жидкой фаз в колонне.

Задача 2.3.

Дано:

Воздух с параметрами $t_0 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\phi_0 = 45 \%$ нагревается в калорифере перед теоретической сушилкой до $t_1 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$. Из сушилки сушильный агент (воздух) выходит с $\phi_2 = 45 \%$.

Необходимо снизить температуру сушильного агента перед входом в сушилку до $80 \text{ }^\circ\text{C}$, применив частичную рециркуляцию сушильного агента. Определить кратность циркуляции сушильного агента.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Текущее тестирование

Текущее тестирование необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала. Рабочая программа предусматривает проведение двух тестирований: первое тестирование выполняется по разделу 1 «Теплообменное оборудование предприятий», второе тестирование - по разделу 2 «Массообменное оборудование предприятий».

Перечень вопросов по первому тестированию

РАЗДЕЛ 1. «Основные закономерности технической термодинамики»		
№ п/п	Тема	Вопросы
1.	Тема 1. Рекуперативные теплообменники.	<ol style="list-style-type: none">1. Какие типы теплообменников вы знаете?2. Что такое «рекуперативный теплообменник»?3. Какие виды рекуперативных теплообменников вы знаете?4. Как вычисляется средняя разность температур в рекуперативном теплообменнике?5. В чем преимущества и недостатки прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей в рекуперативном теплообменном аппарате?
2.	Тема 2. Конденсаторы.	<ol style="list-style-type: none">1. Какие виды конденсации вы знаете?2. Что такое «конденсация смешением»?3. Что такое «поверхностная конденсация»?

		<p>4. При какой конденсации – смешением или поверхностной - термическое сопротивление больше и почему?</p> <p>5. Коэффициент теплоотдачи при поверхностной конденсации в общем случае имеет высокие или низкие значения?</p>
3.	Тема 3. Выпарные установки: физико-химические и термодинамические основы процесса выпаривания.	<p>1. Подчиняется теплоемкость раствора правилу аддитивности или нет?</p> <p>2. Что такое «температурная депрессия»? От чего она зависит?</p> <p>3. Что такое «интегральная теплота растворения»?</p> <p>4. Тепловой эффект выпаривания отрицателен или положителен? От чего он зависит?</p> <p>5. Сформулируйте закон Гесса для раствора.</p>
4.	Тема 4. Простое выпаривание.	<p>1. Какие способы выпаривания вы знаете?</p> <p>2. Что такое «простое выпаривание»? Оно проводится периодически или непрерывно?</p> <p>3. На что расходуется теплота при простом выпаривании? Какая часть расходной части теплового баланса при выпаривании является основной?</p> <p>4. Что такое «общая» и «полезная» разность температур при выпаривании? Как они связаны между собой?</p> <p>5. Какие потери общей разности температур имеют место при выпаривании?</p>
5.	Тема 5. Многократное выпаривание.	<p>1. Что такое «многократное выпаривание»? Что оно дает?</p> <p>2. Чему равно минимальное, максимальное и оптимальное число корпусов при многократном выпаривании?</p> <p>3. Как рассчитывается полезная разность температур при многократном выпаривании?</p> <p>4. Какие способы распределения полезной разности температур по корпусам вы знаете? Какой из них нашел наибольшее практическое применение и почему?</p> <p>5. При многократном выпаривании площадь поверхности теплообмена каждого корпуса такая же, как и при простом выпаривании, или другая?</p>
6.	Тема 6. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	<p>1. Что понимается под «тепловым насосом» при выпаривании? Какие применяют виды тепловых насосов?</p> <p>2. Почему паровой эжектор в качестве теплового насоса при выпаривании выгоднее, чем компрессор?</p> <p>3. Почему нельзя вторичный пар непосредственно</p>

		<p>смешивать с греющим паром?</p> <p>4. Что дает применение выпаривания с тепловым насосом по сравнению с простым выпариванием?</p> <p>5. Изменяется ли поверхность нагрева выпарного аппарата при применении теплового насоса или нет?</p>
--	--	---

Перечень вопросов по второму тестированию

Раздел 2. «Массообменное оборудование предприятий»		
№ п/п	Тема	Вопросы
1.	Тема 7. Абсорберы.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое абсорбция? 2. Что понимается под равновесием при абсорбции? 3. Сформулируйте закон Генри для равновесия при абсорбции. 4. Что такое «коэффициент распределения»? 5. Как влияют температура и общее давление на равновесие при абсорбции? 6. Что такое десорбция? Где используется десорбция в теплоэнергетике?
2.	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое ректификация? 2. Ректификация проводится периодически или непрерывно? Или может проводиться и так, и так? 3. При ректификации температура пара в каждом сечении колонны выше температуры жидкости, ниже ее или они равны и почему? 4. Какие три допущения принимаются при анализе работы ректификационной колонны? 5. Количество пара, поднимающегося по ректификационной колонне постоянно или нет? 6. Что такое флегмовое число?
3.	Тема 9. Сушка.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация влажных материалов по их структуре. 2. В каком виде находится влага в непористых полимерах и каким образом происходит ее перенос в них? 3. Дайте определение капиллярно-пористого материала. 4. Дайте определение коллоидного капиллярно-пористого материала. 5. Классификация высушиваемых материалов по физико-механическим характеристикам.

		6. К какому классу относятся растительные материалы как объекты сушки и почему?
4.	Тема 10. Сушильные установки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что используется в качестве сушильного агента в сушилках? 2. Из какого уравнения определяют расход сушильного агента? 3. Что такое «удельный расход сушильного агента»? 4. Как изменяется средняя температура сушильного агента в сушилке с увеличением его расхода? 5. Можно ли применять перегретый пар в качестве сушильного агента? 6. Какой сушильный агент применяют наиболее часто?
15	Тема 11. Адсорбционные, экстракционные и хемосорбционные установки. Мембранное разделение смесей.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое «экстрагирование»? 2. Что такое адсорбция? 3. Какие фазы взаимодействуют при адсорбции? 4. Из какой фазы в какую переходит распределяемое вещество при экстрагировании? 5. Какие типы экстракторов вы знаете? 6. Какие виды мембранного разделения растворов вы знаете?

Первое тестирование проводится на 6-й неделе учебного семестра, второе тестирование - на 10-й неделе учебного семестра.

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине

1. Классификация теплообменных аппаратов.
2. Конструкции рекуперативных теплообменников.
3. Теплоносители, применяемые в рекуперативных теплообменных аппаратах.
4. Прямой конструктивный расчёт рекуперативного теплообменного аппарата.
5. Расчёт средней разности температур в рекуперативном теплообменном аппарате.
6. Преимущества и недостатки рекуперативного теплообменника, работающего по схеме прямотока и противотока.
7. Интенсификация теплообмена в рекуперативных теплообменных аппаратах.

8. Оребрение поверхности теплообмена. Ее роль и учет при теплотехническом расчете аппарата.
9. Компенсация температурных удлинений в кожухотрубных теплообменниках.
10. Насадочные тела в смесительных теплообменниках и их характеристики.
11. Типы конденсаторов. Сухой и мокрый конденсатор смешения.
12. Конструкции поверхностных конденсаторов. Тепловой баланс. Определение поверхности теплообмена.
13. Устройство и классификация смесительных конденсаторов.
14. Тепловой баланс смесительных конденсаторов.
15. Барометрический конденсатор. Высота и диаметр барометрической трубы.
16. Выпаривание: теплоемкость раствора. Температурная депрессия.
17. Выпаривание: тепловой эффект процесса. Закон Гесса. Интегральная теплота растворения и ее применение для расчета теплового эффекта при выпаривании.
18. Способы выпаривания, их преимущества и недостатки.
19. Схема непрерывно действующей выпарной установки простого выпаривания.
20. Материальный баланс простого выпаривания.
21. Тепловой баланс при простом выпаривании. Расход греющего пара.
22. Определение поверхности теплообмена при простом выпаривании. Общая и полезная разность температур.
23. Многократное выпаривание. Прямоточная и противоточная схемы. Преимущества и недостатки прямоточной и противоточной схем.
24. Материальный баланс при многократном выпаривании.
25. Тепловой баланс при многократном выпаривании.
26. Определение полезной разности температур при многократном выпаривании.
27. Распределение полезной разности температур по корпусам при многократном выпаривании, обеспечивающее равенство поверхностей нагрева по корпусам.
28. Распределение полезной разности температуры по корпусам при многократном выпаривании, обеспечивающие минимальную общую поверхность нагрева.
29. Минимальное, максимальное и оптимальное число корпусов при многократном выпаривании.
30. Выпаривание с применением теплового насоса в виде компрессора.
31. Выпаривание с применением теплового насоса в виде эжектора.
32. Конструкции выпарных аппаратов.

33. Сущность абсорбции. Фазовое равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри.
34. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий при прямотоке и противотоке.
35. Принципиальные схемы абсорбции (прямоточная, противоточная, схемы с рециркуляцией).
36. Насадочные абсорберы. Типы насадок.
37. Режимы работы насадочных абсорберов.
38. Фазовое равновесие в системах «жидкость-пар» (идеальные смеси). Закон Рауля. « t - x » и « x - y » диаграммы для двухкомпонентных систем «жидкость-пар».
39. Фазовое равновесие в системах «жидкость-пар» (неидеальные смеси - жидкости с максимумом и минимумом давления паров, жидкости, нерастворимые и частично растворимые друг в друге). Азеотропные смеси.
40. Простая перегонка.
41. Принцип ректификации. Схема непрерывно действующей ректификационной колонны.
42. Материальный баланс при ректификации. Флегмовое число. Расход пара через колонну.
43. Допущения, принимаемые при анализе работы ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий для верха и низа ректификационной колонны.
44. Минимальное и максимальное флегмовое число при ректификации.
45. Типы абсорбционных и ректификационных колонн. Конструкции тарелок.
46. Определение числа тарелок в абсорбционной и ректификационной колонне.
47. Способы обезвоживания влажных материалов. Применение сушки в сельскохозяйственном производстве.
48. Способы сушки.
49. Классификация влажных материалов. Сушительные агенты.
50. Материальный баланс сушки: общий, а также по твёрдой и газовой фазам.
51. Тепловой баланс конвективной сушилки. Изображение процесса сушки в H, d – диаграмме влажного воздуха. Общий и удельный расход сушильного агента.
52. Принципиальные схемы сушки.
53. Определение тепловой мощности калорифера при калориферной сушке и расхода топлива при сушке топочными газами.
54. Кинетика сушки и кинетический расчёт сушилок.
55. Конструкции сушилок.

56. Энергосбережение при сушке.
57. Адсорбция: определение, виды адсорбции, область применения. Десорбция. Изотермы сорбции.
58. Технические адсорбенты. Конструкции адсорберов.
59. Принципиальные схемы адсорбции.
60. Анализ процесса адсорбции в неподвижном слое. Уравнение Шилова.
61. Экстрагирование из твердой фазы: целевое назначение, применение в АПК.
62. Экстрагенты, применяемые при экстрагировании целевых компонентов из растительного сырья.
63. Изображение рабочих линий и линий фазового концентрационного равновесия в фазовых координатах при экстрагировании.
64. Конструкции экстракторов для систем «твёрдая фаза – жидкость».
65. Кинетика экстрагирования. Кинетический расчёт экстракторов для систем «твёрдая фаза – жидкость».
66. Виды мембранного разделения веществ. Область применения.
67. Аппаратурное оформление мембранных процессов.
68. Хемосорбция: сущность процесса, область применения.
69. Аппаратурное оформление процессов хемосорбции.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценки выполнения курсового проекта (КП)

Выполненный курсовой проект после подписи его исполнителем (студентом) и руководителем проекта защищается студентом перед кафедральной комиссией, состоящей из трех преподавателей, один из которых является руководителем курсового проекта. При защите курсового проекта студент делает краткое (5-7 мин.) сообщение по его теме и отвечает на предлагаемые членами комиссии вопросы. При выставлении оценки за курсовой проект члены комиссии оценивают качество выполнения проекта, качество сделанного доклада, ответы на поставленные вопросы.

Оценка качества курсового проекта осуществляется по четырехбалльной системе:

«**отлично**», если расчетно-пояснительная записка выполнена качественно и не содержит ошибок, студент сделал содержательный, логически стройный доклад, дал вывод по излагаемому материалу, правильно ответил на поставленные вопросы, знает авторов - исследователей (ученых) по данной проблеме;

оценка «**хорошо**», если в расчетно-пояснительной записке имеются отдельные небольшие неточности, если студент представил грамотное изложение содержания проекта по существу, дал вывод по изложенному материалу,

в целом правильно ответил на поставленные вопросы;

оценка **«удовлетворительно»**, если расчетно-пояснительная записка, в целом, удовлетворяет предъявляемым требованиям, но содержит некоторые неточности или погрешности в оформлении, студент имеет общие знания основного материала по теме курсового проекта, но без усвоения некоторых существенных положений, формулирует основные понятия с некоторой неточностью, затрудняется в ответах на поставленные вопросы;

оценка **«неудовлетворительно»**, если курсовой проект не выполнен в полном объеме или содержит существенные ошибки, студент не смог сделать доклад, поясняющий выполненный проект, допустил существенные ошибки в процессе его изложения, не умеет выделить главное и сделать вывод, приводит ошибочные определения.

Необходимым условием допуска студента к экзамену является сдача им курсового проекта.

Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ

К защите лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимых расчетных формул, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

Защита отчета по лабораторной работе проходит в форме представления студентом отчета по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае «незачета» лабораторной работы студент после дополнительной подготовки повторно представляет отчет по выполненной лабораторной работе к защите.

Таблица 7

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Отчет составлен правильно, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе и содержит все указанные в них части (краткое изложение исследования, схему экспериментальной установки, результаты измерений и их обработку, ответы на поставленные вопросы), студент дает правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя, если таковые последуют.
Не зачтено	Отчет составлен не корректно и не соответствует требованиям, изложенным в методических указаниях к лабораторной работе, студент не дает правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя, если таковые последуют.

Текущее тестирование (письменное) производится на 6 и 10 неделях учебного семестра.

Первый тест состоит из 6 заданий и содержит 30 вопросов. Каждый студент получает по одному вопросу из каждого задания, т.е. 6 вопросов.

Критерии оценивания:

- правильные ответы на 1 и менее заданий – 2 балла (неудовлетворительно),

- правильные ответы на 2 - 3 задания – 3 балла (удовлетворительно),

- правильные ответы на 4 - 5 заданий – 4 балла (хорошо),

- правильные ответы на 6 заданий – 5 баллов (отлично),

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

Второй тест состоит из 5 заданий и содержит 30 вопроса. Каждый студент получает по два вопроса из каждого задания, т.е. 10 вопросов.

Критерии оценивания:

- правильные ответы на 5 и менее вопроса – 2 балла (неудовлетворительно),

- правильные ответы на 6 вопросов – 3 балла (удовлетворительно),

- правильные ответы на 7 вопросов – 4 балла (хорошо),

- правильные ответы на 8 и более вопросов – 5 баллов (отлично).

Критерии оценивания промежуточного контроля:

К экзамену допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы и сдавший отчетные материалы.

Экзамен проводится в устной форме в виде доклада студента по каждому экзаменационному вопросу с представлением на листе ответа: уравнений, формул, расчетных схем, графиков и т.п. и ответов (если потребуется) на дополнительные вопросы преподавателя.

Качество освоения дисциплины, уровень сформированности заявленных профессиональных компетенций, знания и умения студента оцениваются в соответствии с традиционной технологией.

Таблица 8

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает студент, который излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные закономерности процессов, протекающих в теплообменном оборудовании; знает и применяет основные формулы и расчетные зависимости; владеет методами расчета теплообменного оборудования; знает устройство, принцип действия и основные характеристики работы теплообменных и массообменных аппаратов. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает студент, который излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или опуски, что в целом не вызывает сомнений в освоении дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на

	уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, который не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, который не освоил значительную часть содержания дисциплины; допускает существенные ошибки в изложении материала; не в полной мере владеет методами выполнения гидравлических расчетов; не умеет выделить главное и сделать выводы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Рудобашта С.П. Теплотехника. Изд. 2-е, доп. Допущено Минсельхозом РФ в качестве учебника для агроинженерных вузов (базовый учебник) [текст] М.: Перо. 2015. – 672 с.

2. Кузнецов А.В., Рудобашта С.П., Симоненко А.В. [текст] Основы теплотехники, топливо и смазочные материалы – М.: Колос, 2001. – 246 с.

7.2 Дополнительная литература

3. Круглов, Г.А. Теплотехника: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1017-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3900>

4. Логинов, В.С. Практикум по основам теплотехники : учебное пособие / В.С. Логинов, В.Е. Юхнов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3377-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112679>

5. Теплотехника. Практический курс: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова, М.В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96253>

6. Рудобашта, Станислав Павлович. Теплотехника. Задания для контрольной работы: практикум / С. П. Рудобашта, Е. Л. Бабичева, Ю. А. Канатников; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 114 с.: рис., табл.

— Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа :

<http://elib.timacad.ru/dl/local/umo313.pdf>.

7. Осмонов, Орозмамат Мамасалиевич. Общая энергетика: учебное пособие / О. М. Осмонов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015 — 98 с.: рис., табл. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа :

<http://elib.timacad.ru/dl/local/186.pdf>.

7.3 Нормативные правовые акты

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ".

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания к лабораторным работам

1. Методические указания к лабораторной работе № 1 «Испытание кожухотрубного теплообменника» (Рудобашта С.П.) [текст].
2. Методические указания к лабораторной работе № 2 «Испытание пластинчатого теплообменника» (Рудобашта С.П.) [текст].
3. Методические указания к лабораторной работе № 3 «Испытание емкостного водонагревателя» (Рудобашта С.П.) [текст].
4. Методические указания к лабораторной работе № 4 «Испытание воздушной завесы» (Рудобашта С.П.) [текст].
5. Методические указания к лабораторной работе № 5 «Испытание биметаллического отопительного прибора» (Рудобашта С.П.) [текст].
6. Методические указания к лабораторной работе № 6 «Испытание ректификационной установки» (Рудобашта С.П.) [текст].
7. Методические указания к лабораторной работе № 7 «Инфракрасная сушка» (Рудобашта С.П.) [текст].
8. Методические указания к лабораторной работе № 7 «Кинетика сушки» (Рудобашта С.П.) [текст].

Научно-технические журналы

1. Промышленная теплотехника. Электронный ресурс: <http://kiev.goldenpages.ua/details/449147/286/> — открытый доступ .
2. Теплоэнергетика. Электронный ресурс: <http://www.twirpx.com/files/tek/periodic/teploenergetika/> — открытый доступ .
3. Промышленная энергетика. Электронный ресурс: <http://www.promen.energy-journals.ru/> — открытый доступ .
4. Новости теплоснабжения. Электронный ресурс: <http://www.ntsн.ru/?yclid=3116444075139009561> — открытый доступ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Раздел 1. Теплообменное оборудование предприятий

1. Теплопередача: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
2. Теплообмен: <https://www.google.ru/>
3. Теплообмен: <http://elementy.ru/trefil/>
4. Теплообмен: <http://files.school-collection.edu.ru/>
5. Теплообмен: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/>
6. Теплообмен: <http://www.vedu.ru/expdic/>
7. Теплообмен излучением: <http://stringer46.narod.ru/Radiation.htm>

Раздел 2. Массообменное оборудование предприятий

1. Массообмен – ХиМиК. ru: [http://www.xumuk.ru/encyklopedia/–](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/)
2. Массообмен –БСЭ: <http://slovari.yandex.ru/>
3. Основы процессов массообмена: <http://lab5.ru/glava-ix/>
4. Массообмен: <http://tolkslovar.ru/m2376.html>
3. Массообменные процессы и аппараты: <http://www.labh.ru/index/chast-2-massoobmennye-protsessy-i-apparaty/massoobmennye-protsessy-i-apparaty/>
4. Массообменные процессы и аппараты: <http://gendocs.ru/>

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система.
2. <http://www2.viniti.ru> Базы данных ВИНТИ РАН.
3. <http://www.techgidravlika.ru> Информационно-справочная система.
4. <http://znanium.com/> Электронно-библиотечная система.
5. <http://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система

Таблица 9

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Разделы 1-2	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2

<p>Лаборатории № 1 и № 2 в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», читающая дисциплину «Тепломассообменное оборудование предприятий».</p>	<p>Лаборатория содержат следующие установки для испытания тепло- и массообменного оборудования:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пластинчатый теплообменник, 2) кожухотрубный теплообменник, 3) емкостной водонагреватель объемом 50 л, 4) три отопительных прибора различного типа, оснащенные измерителями температуры и расхода теплоносителя (воды) для их теплового испытания, 5) стенд для демонстрации фреоновой парокомпрессионной холодильной машины, 6) стенд для испытания насадочной ректификационной установки 7) стенд для исследования кинетики сушки, 8) стенд для исследования процесса инфракрасной сушки, <p>Имеется экран для слайд-презентаций.</p>
<p>Лаборатория в общем зале в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», читающая дисциплину «Тепломассообменное оборудование предприятий».</p>	<p>Лаборатория содержит:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) две воздушные завесы, 2) промышленный кожухотрубный теплообменник, предназначенный для демонстрации его конструкции.:
<p>Аудитория № 16 для проведения лекционных занятий по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий», расположенная в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», читающая дисциплину «Тепломассообменное оборудование предприятий».</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Доска аудиторная 3-х элементная (Инв.№ 210136000003573) 2 Экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938) 3 Комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка. проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798) <p>Компьютер "Абакус" (Инв.№ 410134000001484)</p>
<p>Кабинет № 15 для самостоятельных занятий по теплотехническим дисциплинам, в том числе по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий», в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», читающая дисциплину «техническая термодинамика»..</p>	<p>Кабинет имеет письменные столы и стулья.</p>
<p>Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова - читальные залы библиотеки</p>	<p>Библиотека имеет научно-техническую литературу по технической термодинамике</p>

Для самостоятельной работы студентов также предусмотрены комнаты самоподготовки студентов в общежитиях.

Плакаты по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий»

1. Плакат «Регенеративный теплообменник».
2. Плакат: настенная h,s- диаграмма водяного пара..
3. Плакат: настенная H,d-диаграмма влажного воздуха .

4. Плакат, иллюстрирующий схему работы паросиловой установки и изображение цикла ее работы в «p-v», «T-s» и «h-s» координатах.

Перечень дидактических раздаточных материалов

1. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара (10 книг).
2. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник в 4-х кн. Книга 1 / Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Изд – во МЭИ. 1999. - 528 с.
3. Каталог – справочник: Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 1 - 3. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. - 988 с.
4. Учебники, учебные пособия, методические указания по теплотехнике, имеющиеся на кафедре.
5. Рабочие тетради для выполнения лабораторных работ.

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана дисциплины, который составляется преподавателем, ответственным за дисциплину (лектором) и вывешивается на кафедре, приводимом в нём списке рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;
- получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Тепломассообменное оборудование предприятий», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- используя методические пособия, строго по темам дисциплины приступить к изучению рекомендуемой литературы;
- прорабатывать каждую тему сразу после её прочтения на лекции;
- курсовой проект выполнять сразу после прочтения лектором темы 5 «Многokrатное выпаривание» и получения задания на ее выполнение (выполнять строго свой вариант задания);
- выполненный курсовой проект после подписи ее исполнителем (студентом) и руководителем проекта защищается студентом перед кафедральной комиссией, состоящей из трех преподавателей, один из которых является руководителем проекта;

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Посещение лекционных и практических занятий является обязательным. Студент, пропустивший занятие, обязан самостоятельно проработать тему и представить преподавателю, проводящему данный вид занятия (лекция или практическое занятие), конспект занятия.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

12.1. Методические рекомендации для чтения лекций

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах. Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала. Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется слайд-презентацией, плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекции преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

12.2. Методические указания для проведения практических занятий

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единых учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить ин-

женерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами специальности.

Основная часть практического занятия должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении курсовой работы.

В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

Программу разработал:

Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины **Б1.8.01.03 «Тепломассообменное оборудование предприятий»**

ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»,

направленность «Энергообеспечение предприятий»

(квалификация выпускника – бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф.Бородина», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом технических наук проведена (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий» (уровень обучения– бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» (разработчик – Рудобашта Станислав Павлович, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.01 – «Энергообеспечение предприятий». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Тепломассообменное оборудование предприятий» закреплена **одна компетенция (1 индикатор достижения компетенций)**. Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» составляет 7 зачётных единицы (252 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» предполагает 38 занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой осуществляется в форме экзамена и защиты КП, что соответствует статусу дисциплины как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 13.03 «Теплоэнергетика и теплотехника».

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовых учебника), дополнительной литературой – 5 наименований, периодическими изданиями – 4 источника со ссылкой на электронные ресурсы Интернет-ресурсы – 11 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «**Тепломассообменное оборудование предприятий**» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «**Тепломассообменное оборудование предприятий**».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «**Тепломассообменное оборудование предприятий**» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Рудобаштой Станиславом Павловичем, профессором кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев Сергей Андреевич, доцент кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф.Бородина», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат технических наук

(подпись)

« 21 » / 03 2021 г.