

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Парлюк Екатерина Петровна
Должность: Заместитель директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 18.07.2023 10:25:42
Уникальный программный ключ:
7823a3d3181287ca51a86a4c69d35e1779345d45



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

Н.А. Шевкун

2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.03 «ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ»

для подготовки бакалавров:

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность: «Энергообеспечение предприятий»

Курс 4

Семестр 8

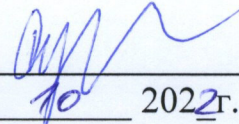
Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик (и): Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


«14» 10 2022г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«14» 10 2022г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению/специальности подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» протокол № 3 от «14» 10 2022 г.

И.о. зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«14» 10 2022г.

Согласовано:

/ Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., академик РАН, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«18» 10 2022г.

Заведующий выпускающей кафедрой Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«18» 10 2022г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись)

Содержание

Аннотация.....	4
1. Цель освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в учебном процессе.....	5
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	8
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	8
4.2 Содержание дисциплины.....	9
4.3 Лекции/практические/лабораторные занятия.....	12
4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины.....	17
5. Образовательные технологии.....	19
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	21
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы.....	22
6.1.1. Пример вопросов и задания для защиты практических занятий.....	22
6.1.2. Пример вопросов и задания для защиты лабораторных работ.....	26
6.1.3. Пример тестирования.....	29
6.1.3. Тематика примерных задач.....	36
6.1.4. Тематика заданий на курсовую работу.....	39
6.1.5. Перечень вопросов для защиты курсовой работы.....	40
6.1.6. Перечень вопросов к экзамену.....	42
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	45
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	48
7.1 Основная литература.....	48
7.2 Дополнительная литература.....	48
7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	48
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	49
9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	49
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	50
11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	51
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	51
12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине.....	52

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины

**Б1.В.01.03 «Тепломассообменное оборудование предприятий»
для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и
теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий»**

Цель освоения дисциплины научиться:

– ознакомить студентов с формированием у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к организации монтажа, наладки, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования;

– разрабатывать с использованием информационных технологий к производственно-технологической профессиональной деятельности с использованием информационных технологий, современных цифровых инструментов Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлении коммуникации посредством Webinar, Zoom, Mentimeter.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в часть, формируемая участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируется следующая компетенция: ПКос-2 (индикаторы достижения компетенций: ПКос-2.1, ПКос-2.3).

Краткое содержание дисциплины: теплообменное оборудование предприятий: рекуперативные, регенеративные и смесительные теплообменники, конденсаторы, выпарные аппараты, массообменное оборудование предприятий: абсорберы, ректификационные колонны, сушилки, адсорберы, экстракторы для систем «твердая фаза-жидкость», установки для мембранного разделения растворов.

Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка: 7 зач. единиц (252 часа/в том числе 4 ч. практической подготовки).

Промежуточный контроль: экзамен, курсовой проект.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к:

– навыкам организации монтажа, наладки, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования;

– готовности к производственно-технологической профессиональной деятельности с использованием информационных технологий, современных цифровых инструментов Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлении коммуникации посредством Webinar, Zoom, Mentimeter.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части блока Б1.В.01. Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий». Согласно учебному плану изучается в седьмом семестре.

Предшествующими дисциплинами являются курсы: Техническая термодинамика (3 курс, 5 семестр), Основы водоподготовки (3 курс, 5 семестр), Начертательная геометрия и инженерная графика (2 курс, 3 семестр), Теоретическая механика (2 курс, 3 семестр), Прикладная механика (2 курс, 4 семестр).

Сопутствующими дисциплинами являются курсы: Процессы и аппараты (3 курс, 5 семестр), Применение теплоты в АПК (3 курс, 5 семестр), Источники и системы теплоснабжения предприятий (3 курс, 5 семестр).

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Источники и системы теплоснабжения предприятий (4 курс, 7 семестр), Системы отопления и вентиляции (4 курс, 8 семестр), Применение теплоты в АПК (4 курс, 7 семестр).

Усвоению дисциплины способствует учебная практика в котельных, на тепловых пунктах, на предприятиях, изготавливающих и эксплуатирующих теплотехническое оборудование, в энергосбытовых компаниях, в компаниях, занимающихся монтажом теплотехнического оборудования.

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Источники и системы теплоснабжения предприятий», «Тепловые двигатели и нагнетатели «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях», «Применение теплоты в АПК».

Особенностью дисциплины является то, что она базируется на фундаментальных законах и положениях технической термодинамики, тепломассообмена, гидрогазодинамики, теории подобия, позволяющей правильно обрабатывать и обоснованно обобщать опытные данные, инженерном оформлении теплотехнического оборудования.

Рабочая программа дисциплины «Тепломассообменное 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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, в том числе цифровых, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-2	Способен организовать монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнологического оборудования	ПКос-2.1 Демонстрирует знания организации монтажа, наладки, технического обслуживания энергетического и теплотехнологического оборудования	конструкции, принцип действия энергетического и теплотехнологического оборудования, основы его теплотехнического устройства, методы его теплотехнического расчета с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	осуществлять теплотехнический расчет энергетического и теплотехнологического оборудования с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	навыками анализа и теплотехнического расчета энергетического и теплотехнологического оборудования с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
			ПКос-2.3 Организует монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнологического оборудования	Правила монтажа, наладки, эксплуатации энергетического и теплотехнического оборудования, с использова-	Осуществлять монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнического оборудования,	Навыками монтажа, наладки, эксплуатации энергетического и теплотехнического оборудования, навыками об-

				<p>нием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)</p>	<p>в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов</p>	<p>работки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.</p>
--	--	--	--	--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 8 семестре

Вид учебной работы	час.	Трудоёмкость
		в т.ч. в семестре
		№ 8
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	252/4	252/4
1. Контактная работа	81,4/4	81,4/4
Аудиторная работа	81,4/4	81,4/4
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	22	22
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	10	10
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	44/4	44/4
<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
2. Самостоятельная работа (СРС)	170,6	170,6
<i>курсовой проект (КП) (подготовка)</i>	36	36
<i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам, рубежному контролю и т.д.)</i>	110	110
<i>подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
Вид контроля:	КП, экзамен	

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Введение	0,5	0,5				
Раздел 1. «Теплообменное оборудование предприятий»	69,5/2	7,5	18/2	4		40
Тема 1. Рекуперативные теплообменники	23,5	1,5	8	4		10
Тема 2. Конденсаторы	14	2	2			10
Тема 3. Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание.	18/2	2	6/2			10
Тема 4. Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов.	14	2	2			10
Раздел 2. «Массообменное	116/2	14	26/2	6		70

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
оборудование предприятий»						
Тема 5. Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции.	16	2	4			10
Тема 6. Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, ректификация.	22/2	2	8/2	4		10
Тема 7. Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет.	16	2	2			10
Тема 8. Сушка: свойства влажных материалов. Способы сушки. Сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки.	16	2	4	2		10
Тема 9. Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки.	16	2	4			10
Тема 10. Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы).	14	2	2			10
Тема 11. Мембранные установки.	14	2	2			10
<i>Курсовой проект (КП) (консультация, защита)</i>	3				3	
<i>Курсовой проект (КП) (подготовка)</i>	36					36
<i>Консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Контроль (подготовка к экзамену)</i>	24,6					24,6
Всего за 8 семестр	252/4	22	44/4	10	5,4	170,6
Итого по дисциплине	252/4	22	44/4	10	5,4	170,6

4.2 Содержание дисциплины

Введение. Роль теплообменного оборудования в теплотехнологиях АПК.

Раздел 1 Теплообменное оборудование предприятий

Тема 1. Рекуперативные теплообменники

Классификация теплообменных аппаратов. Классификация, свойства и область применения теплоносителей. Рекуперативные теплообменники: «труба в трубе», кожухотрубные, пластинчатые, оросительные, змеевиковые, рубашечные, блочные, шнековые, с ребристой поверхностью. Сравнительная характеристика рекуперативных теплообменников. Пути интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменных аппаратах. Последовательность теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов. Смесительные теплообменники. Тепловая изоляция.

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.

Тема 3. Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание

Теплоемкость, интегральная теплота растворения, закон Гесса и его применение для расчета теплового эффекта выпаривания, температурная депрессия и ее расчет в условиях выпаривания.

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.

Прямоточная и противоточная схемы. Материальный и тепловой балансы многократного выпаривания. Распределение полезной разности температур по корпусам. Предельное и оптимальное число корпусов в установках многократного выпаривания.

Тема 4. 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.

Раздел 2 Массообменное оборудование предприятий

Тема 5. Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции

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.

Материальный и тепловой балансы при прямотоке и противотоке, уравнения рабочих линий. Схемы с рециркуляцией жидкости и газа, их преимущества и недостатки. Влияние схемы абсорбции на среднюю движущую силу процесса и на коэффициент массопередачи.

Тема 6. Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, ректификация

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. Материальные балансы этих процессов. Ректификация: принцип ректификации. Схема непрерывно действующей ректификационной

установки. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий процесса непрерывной ректификации для верха и низа ректификационной колонны.

Тема 7. Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет

Пленочные, насадочные и тарельчатые абсорберы и ректификационные колонны. Типы насадок. Типы тарелок. Гидродинамические режимы работы насадочных и тарельчатых колонн. Расчет насадочных колонн. Расчет числа тарелок и диаметра тарельчатых колонн, выбор межтарельчатого расстояния.

Тема 8. Сушка: свойства влажных материалов, способы сушки, сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки

Назначение сушки. Способы сушки. Классификация влажных материалов как объектов сушки. Способы сушки. Сушильные агенты.

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.

Тема 9. Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки

Сушилки для проведения процесса конвективной сушки: шахтные, конвейерные, с псевдоожиженным (кипящим) и виброожиженным слоем. Кинетика сушки, цель кинетического расчета сушилок. Эмпирические, полуэмпирические и математические методы кинетического расчета сушилок. Энергозатраты при сушке. Способы их снижения: улучшение структуры потока твердой фазы, интенсификация процесса, частичная рециркуляция сушильного агента, рекуперация теплоты сушильного агента и высушенного материала, теплоизоляция корпуса сушилки, применение тепловых насосов.

Тема 10. Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы)

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». Материальный баланс экстрактора. Кинетический расчёт экстракторов.

Тема 11. Мембранные установки

Назначение и классификация мембранных установок для разделения растворов. Физическая сущность мембранного метода разделения растворов. Конструкции мембранных установок. Технологические параметры работы мембранных установок и их конструктивный расчет.

4.3 Лекции/практические/лабораторные занятия

Таблица 4

Содержание лекций, лабораторных работ, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Введение				0,5
2.	Раздел 1. «Теплообменное оборудование предприятий»				29,5
	Тема 1 <i>Рекуперативные теплообменники</i>	Лекция № 1 Рекуперативные теплообменники: конструкции, интенсификация теплообмена, тепловая изоляция, расчет	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1,5
		Практическое занятие № 1 Расчет рекуперативного теплообменника. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Лабораторная работа № 1 Испытание кожухотрубного теплообменника. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Защита лабораторной работы № 1 COUNT.EXE	2
		Лабораторная работа № 2 Испытание пластинчатого теплообменника	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Защита лабораторной работы № 2 COUNT.EXE	2/2
		Практическое занятие № 2 Расчет емкостного водонагревателя. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 3 Расчет воздушной завесы. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 4 Расчет биметаллического отопительного прибора. Расчет и представление результатов с	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)			
	Тема 2 <i>Конденсаторы</i>	Лекция № 2 Конденсаторы	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 5 Расчет поверхностного конденсатора. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 3 <i>Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание</i>	Лекция № 3 Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание.	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 6 Определение теплоемкости раствора. Определение температурной депрессии. Определение теплового эффекта выпаривания. . Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 7 Расчет установки для простого выпаривания. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 8 Определение числа корпусов при многократном выпаривании. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 4 <i>Выпаривание с применением</i>	Лекция № 4 Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	<i>теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов</i>	Практическое занятие № 9 Определение расхода греющего пара при выпаривании с тепловым насосом. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot Тестирование timacad.ru	2
3.	Раздел 2. «Массообменное оборудование предприятий»				46
	Тема 5. <i>Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции</i>	Лекция № 7 Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции.	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 10 Расчет равновесия при абсорбции.	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 11 Расчет противоточного насадочного абсорбера. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 6 <i>Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, ректификация</i>	Лекция № 6 Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, ректификация.	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 12 Построение равновесной зависимости. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Лабораторная работа № 3 Испытание ректификационной установки. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Защита лабораторной работы № 3 COUNT.EXE	4/2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическое занятие № 13 Расчет перегонного куба. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Практическое занятие № 14 Расчет ректификации. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 7 <i>Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет</i>	Лекция № 7 Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 15 Расчет числа тарелок ректификационной колонны. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	4
	Тема 8 <i>Сушка: свойства влажных материалов, способы сушки, сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки</i>	Лекция № 8 Сушка: свойства влажных материалов. Способы сушки. Сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 16 Анализ структуры влажных материалов. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
		Лабораторная работа № 4 Инфракрасная сушка. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Защита лабораторной работы № 4 COUNT.EXE	2
		Практическое занятие № 17 Определение расхода сушиль-	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		ного агента. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)		Kahoot	
	Тема 9 <i>Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки</i>	Лекция № 9 Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 18 Расчет времени сушки. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot Тестирование timacad.ru	2
		Практическое занятие № 19 Кинетика сушки. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 10 <i>Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы)</i>	Лекция № 15 Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 20 Расчет продолжительности экстрагирования. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2
	Тема 1 <i>Мембранные установки</i>	Лекция № 11 Мембранные установки для разделения растворов	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 22 Расчет процесса мембранной дистилляции. Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ПКос-2.1, ПКос-2.3	Решение типовых задач Kahoot	2

4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1 Теплообменное оборудование предприятий		
1.	Тема 1 Рекуперативные теплообменники.	Рекуперативные теплообменники: конструкции, интенсификация теплообмена, тепловая изоляция, расчет (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))
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, ПКос-2.3))
3.	Тема 3 Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание.	1) Теплосодержание, 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, ПКос-2.3)) 2) 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, ПКос-2.3)) 3) 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, ПКос-2.3))
4.	Тема 4 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, ПКос-2.3))
Раздел 2 Раздел 2. «Массообменное оборудование предприятий»		
5.	Тема 5 Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции	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, ПКос-2.3))

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
6.	<p>Тема 6 Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, ректификация</p>	<p>1) Материальный и тепловой балансы при прямотоке и противотоке, уравнения рабочих линий. Схемы с рециркуляцией жидкости и газа, их преимущества и недостатки. Влияние схемы абсорбции на среднюю движущую силу процесса и на коэффициент массопередачи (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p> <p>2) 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 (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p> <p>3) Физическая сущность и принципиальная схема простой перегонки и однократного испарения. Материальные балансы этих процессов. Ректификация: принцип ректификации. Схема непрерывно действующей ректификационной установки. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий процесса непрерывной ректификации для верха и низа ректификационной колонны (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p>
7.	<p>Тема 7 Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет</p>	<p>Пленочные, насадочные и тарельчатые абсорберы и ректификационные колонны. Типы насадок. Типы тарелок. Гидродинамические режимы работы насадочных и тарельчатых колонн. Расчет насадочных колонн. Расчет числа тарелок и диаметра тарельчатых колонн, выбор межтарельчатого расстояния (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p>
8.	<p>Тема 8 Сушка: свойства влажных материалов, способы сушки, сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки</p>	<p>1) Назначение сушки. Способы сушки. Классификация влажных материалов как объектов сушки. Способы сушки. Сушильные агенты (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p> <p>2) 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 (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p>
9.	<p>Тема 9 Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки</p>	<p>Сушилки для проведения процесса конвективной сушки: шахтные, конвейерные, с псевдоожиженным (кипящим) и виброожиженным слоем. Кинетика сушки, цель кинетического расчета сушилок. Эмпирические, полуэмпирические и математические методы кинетического расчета сушилок. Энергозатраты при сушке. Способы их снижения: улучшение структуры потока твердой фазы, интенсификация процесса, частичная рециркуляция сушильного агента, рекуперация теплоты сушильного агента и высушенного материала, теплоизоляция корпуса сушилки, применение тепловых насосов (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))</p>

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
10	Тема 10 Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы)	1) 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 (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3)) 2) Назначение экстрагирования. Физическая сущность экстрагирования из твердой фазы. Конструкции экстракторов для систем «твёрдая фаза-жидкость». Материальный баланс экстрактора. Кинетический расчёт экстракторов (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))
11	Тема 11 Мембранные установки	Назначение и классификация мембранных установок для разделения растворов. Физическая сущность мембранного метода разделения растворов. Конструкции мембранных установок. Технологические параметры работы мембранных установок и их конструктивный расчет (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых плат-форм (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, экзамен;
- *основные формы практического обучения:* лабораторные работы и практические занятия;
- *дополнительные формы организации обучения:* курсовая работа (КР);
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциями и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении лабораторных работ и практических занятий;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

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	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
2.	Тема 2 Конденсаторы	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
3.	Тема 3 Свойства растворов нелетучих веществ. Простое выпаривание. Многократное выпаривание	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
4.	Тема 4 Выпаривание с применением теплового насоса. Конструкции выпарных аппаратов	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
5.	Тема 5. Абсорбция: равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри. Материальный баланс абсорберов. Принципиальные схемы абсорбции	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
6.	Тема 6 Перегонка жидкостей: равновесие в системах «жидкость-пар». Закон Рауля. Простая перегонка, однократное испарение, рек-	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
	тификация		учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
7.	Тема 7 Конструкции абсорберов и ректификационных колонн и их расчет	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
8..	Тема 8 Сушка: свойства влажных материалов, способы сушки, сушильные агенты. Материальный и тепловой балансы процесса конвективной сушки	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
9.	Тема 9 Конструкции сушилок. Кинетический расчет сушилок. Энергосбережение при проведении процесса сушки	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
10.	Тема 10 Адсорбция и адсорберы. Экстракционные установки (экстрагирование из твердой фазы)	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
11.	Тема 11 Мембранные установки	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))

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

При изучении дисциплины «Тепломассообмен» в течение одного семестра используются следующие виды контроля самостоятельная работа студентов в виде выполнения курсовой работы.

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний включает:

4 курс, 8 семестр – защита лабораторных работ и практических занятий, задач и курсовой работы.

Промежуточный контроль знаний включает:

4 курс, 8 семестр – тестирование.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.1.1. Пример вопросов и задания для защиты практических занятий

Практическое занятие № 1. «Расчет рекуперативного теплообменника»

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. Тепловой поток, отдаваемый горячим теплоносителем в теплообменном аппарате, равен тепловому потоку, воспринимаемому холодным теплоносителем?
6. В чем преимущества и недостатки прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей в рекуперативном теплообменном аппарате?
7. Каким образом можно интенсифицировать теплообмен в рекуперативном теплообменном аппарате?

Практическое занятие № 2. «Расчет поверхностного конденсатора»

1. Какие виды конденсации вы знаете?
2. Что такое «конденсация смешением»?
3. Что такое «поверхностная конденсация»?
4. При какой конденсации – смешением или поверхностной - термическое сопротивление больше и почему?
5. Если пар поступает в поверхностный конденсатор в перегретом состоянии, а конденсат отводится при температуре ниже температуры конденсации, то расчет поверхности теплообмена ведут, разбивая ее на три зоны – почему?
6. Коэффициент теплоотдачи при поверхностной конденсации в общем случае имеет высокие или низкие значения?
7. Что создает основное сопротивление теплоотдаче при поверхностной конденсации – фазовый переход или пленка конденсата?

Практическое занятие № 3. «Определение теплоемкости раствора. Определение температурной депрессии. Определение теплового эффекта выпаривания»

Что такое теплоемкость?

1. Подчиняется теплоемкость раствора правилу аддитивности или нет?
2. Что такое «температурная депрессия»? От чего она зависит?
3. Что такое «интегральная теплота растворения»?
4. Тепловой эффект выпаривания отрицателен или положителен? От чего он зависит?
5. Сформулируйте закон Гесса для раствора.

6. Как на основе закона Гесса рассчитывается тепловой эффект выпаривания?

Практическое занятие № 4. «Расчет установки для простого выпаривания»

1. Какие способы выпаривания вы знаете?
2. Что такое «простое выпаривание»? Оно проводится периодически или непрерывно?
3. На что расходуется теплота при простом выпаривании? Какая часть расходной части теплового баланса при выпаривании является основной?
4. Что такое «общая» и «полезная» разность температур при выпаривании? Как они связаны?
5. Какие потери общей разности температур имеют место при выпаривании?
6. Почему выпаривание предпочитают вести под вакуумом?
7. Почему после выпарного аппарата ставят барометрический конденсатор?

Практическое занятие № 5. «Определение числа корпусов при многократном выпаривании»

1. Что такое «многократное выпаривание»? Что оно дает?
2. Чему равно минимальное, максимальное и оптимальное число корпусов при многократном выпаривании?
3. Как рассчитывается полезная разность температур при многократном выпаривании?
4. Какие способы распределения полезной разности температур по корпусам вы знаете? Какой из них нашел наибольшее практическое применение и почему?
5. При многократном выпаривании площадь поверхности теплообмена каждого корпуса такая же, как и при простом выпаривании, или другая?
6. Для чего организуется циркуляция раствора в корпусах выпарного аппарата?
7. Когда применяют принудительную циркуляцию раствора в выпарном аппарате?

Практическое занятие № 6. «Определение расхода греющего пара при выпаривании с тепловым насосом»

1. Что понимается под «тепловым насосом» при выпаривании? Какие применяют виды тепловых насосов?
2. Почему паровой эжектор в качестве теплового насоса при выпаривании выгоднее, чем компрессор?
3. Почему нельзя вторичный пар непосредственно смешивать с греющим паром?
4. Что дает применение выпаривания с тепловым насосом по сравнению с простым выпариванием?
5. Изменяется ли поверхность нагрева выпарного аппарата при применении теплового насоса или нет?

Практическое занятие № 7. «Расчет равновесия при абсорбции»

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?
7. Почему при расчете процесса абсорбции концентрацию поглощаемого компонента в жидкости относят к количеству чистой жидкости (инерта), а не к общему количеству жидкости?

Практическое занятие № 8. «Расчет противоточного насадочного абсорбера»

1. Что такое абсорбция?
2. Какие принципиальные схемы абсорбции знаете?
3. Какие преимущества противоточной схемы абсорбции по сравнению с прямоточной?
4. Что дает рециркуляция жидкости при абсорбции?
5. Что является движущей силой абсорбции?
6. Чему равна средняя движущая сила при абсорбции в случае нелинейной равновесной зависимости?
7. Чему равна средняя движущая сила при абсорбции в случае линейной равновесной зависимости?

Практическое занятие № 9. «Построение равновесной зависимости»

1. Что такое равновесная линия? Для чего она нужна?
2. Что такое рабочая линия?
3. Как проходят друг относительно друга равновесная и рабочая линия при абсорбции?
5. Как проходят друг относительно друга равновесная и рабочая линии при ректификации?
6. В каких координатах строят обычно равновесную зависимость при ректификации?
7. Как влияет общее давление на равновесную зависимость при ректификации?
8. Какой способ выражения состава фаз используется обычно при расчете процесса абсорбции и какой при ректификации и почему?

Практическое занятие № 10. «Расчет перегонного куба»

1. Какие способы разделения жидких смесей вы знаете?
2. Что такое «простая перегонка»?
3. Что такое «однократное испарение»? Чем однократное испарение отличается от простой перегонки?
4. Что такое «перегонный куб»?
5. Простая перегонка проводится периодически или непрерывно?
6. Концентрация получаемого дистиллята при простой перегонке в ходе процесса увеличивается, уменьшается или остается неизменной?
7. Что такое «фракционная перегонка»? Как она проводится?

Практическое занятие № 11. «Расчет ректификации»

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?

7. В каких пределах может изменяться флегмовое число?

Практическое занятие № 12. «Расчет числа тарелок ректификационной колонны»

1. Какие типы ректификационных колонн вы знаете?

2. Назовите основные типы тарелок, применяемых в ректификационных колоннах.

3. Назовите основные виды насадок, применяемых в ректификационных колоннах.

4. Что определяется в результате кинетического расчета тарельчатой ректификационной колонны?

5. Какие гидродинамические режимы работы тарельчатой ректификационной колонны вы знаете?

6. Что определяется в результате кинетического расчета насадочной ректификационной колонны?

7. Какие гидродинамические режимы работы насадочной ректификационной колонны вы знаете?

Практическое занятие № 13. «Анализ структуры влажных материалов»

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?

Практическое занятие № 14. «Определение расхода сушильного агента»

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?

7. Можно ли применять H_d -диаграмму влажного воздуха для расчетов процессов сушки, работающих на топочных газах?

Практическое занятие № 15. «Расчет времени сушки»

1. Что понимается под кинетикой сушки?
2. Что является целью кинетического расчета сушилки?
3. Что определяют при кинетическом расчете периодически действующей сушилки и что при расчете непрерывно действующей?
4. Какие математические модели применяют в настоящее время для расчета кинетики сушки?
5. Что такое «скорость сушки»?
6. Что такое «коэффициент сушки»?
7. Что такое «интенсивность сушки»?

Практическое занятие № 16. Расчет продолжительности экстрагирования»

1. Что такое «экстрагирование»?
2. Приведите примеры экстрагирования.
3. Какие фазы взаимодействуют при экстрагировании?
4. Из какой фазы в какую переходит распределяемое вещество при экстрагировании?
5. Какие типы экстракторов вы знаете?
6. При увеличении соотношения «жидкость-твердое» в общем случае скорость экстрагирования увеличивается, уменьшается или остается неизменной?
7. Что является движущей силой процесса экстрагирования?

Практическое занятие № 17. «Расчет процесса мембранной дистилляции»

1. Какие баромембранные методы вы знаете? Что является движущей силой в баромембранных методах?
2. Какие термомембранные методы вы знаете?
3. Какие электромембранные методы вы знаете? Что является движущей силой в электромембранных методах?
4. Что такое «мембранная дистилляция»?
5. Что является движущей силой мембранной дистилляции? Чем она обусловлена?
6. Что такое «температурная поляризация»?
7. Что такое «концентрационная поляризация»?

6.1.2. Пример вопросов и задания для защиты 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 емкостного водонагревателя

1. Какие типы водонагревателей Вы знаете?

2. В чем принципиальное отличие емкостных водонагревателей от проточных?

3. В каком режиме – периодическом или непрерывном – работают емкостные водонагреватели?

4. Какие источники энергии используются в водонагревателях?

5. Каковы преимущества и недостатки емкостных и проточных водонагревателей?

6. Как рассчитать продолжительность нагрева воды в емкостном водонагревателе, если известна мощность нагревателя и объем нагреваемой воды?

7. Расскажите порядок эксперимента.

8. Какие величины измеряются в опыте и какая величина рассчитывается?

Лабораторная работа № 4 «Испытание воздушной завесы»

1. Для чего используются воздушные завесы?
2. Какие параметры воздуха можно изменять в воздушной завесе?
3. Какой радиус действия воздушной завесы?
4. Какие параметры воздуха регистрируются в лабораторной работе?
5. Какие параметры воздуха и по каким уравнениям рассчитываются в лабораторной работе?

Лабораторная работа № 5 «Испытание биметаллического радиатора»

1. Какие типы отопительных приборов Вы знаете?
2. Каковы достоинства и недостатки различных типов отопительных приборов?
3. Почему при расчете отопительного прибора используется понятие «удельной отопительной характеристики», а не поверхности нагрева?
4. Какие величины измеряются в эксперименте?
5. Какие контрольно-измерительные приборы используются в эксперименте?
6. Как в эксперименте рассчитывается тепловая мощность, передаваемая отопительным прибором воздуху помещения?

Лабораторная работа № 6 «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.
9. Какие величины измеряются и какие величины вычисляются при выполнении лабораторной работы?
10. Какие допущения принимаются при анализе работы ректификационной колонны?
11. Почему рабочие линии процесса при ректификации принято строить при выражении составов фаз в мольных долях?
12. Как проходит рабочая линия при периодической ректификации при минимальном и максимальном флегмовом числе? Чему равно при этом флегмовое число?
13. Почему при обработке результатов измерений объемные доли НК были пересчитаны в мольные?

14. Как при обработке результатов измерений рассчитывался массовый расход пара по колонне?

15. Чему равен максимально допустимый расход пара по колонне с насадкой «Зульцер»? Чем он лимитируется?

Лабораторная работа № 7 «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?

10. Что такое «коэффициент поглощения», «коэффициент отражения» и «коэффициент пропускания»?

Лабораторная работа № 8 «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?

6.1.3. Пример тестирования

Задание 1. Теплообменник это:

1. Устройство для обогрева зданий.

2. Устройство для охлаждения продуктов.

3. Устройство для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому.

4. Устройство для превращения одного вида энергии в другой.

Задание 2. Рекуперативный теплообменник это:

1. Теплообменник, в котором горячий и холодный теплоноситель непосредственно смешиваются.

2. Теплообменник, в котором теплота передаётся от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку

3. Теплообменник, в котором теплота передаётся от горячего теплоносителя сначала к промежуточному теплоносителю (насадке), а затем от него – к холодному теплоносителю

4. Теплообменник, в котором подвод теплоты к теплоносителю осуществляется с помощью электричества.

Задание 3. Регенеративный теплообменник это:

1. Теплообменник, в котором горячий и холодный теплоноситель непосредственно смешиваются.

2. Теплообменник, в котором теплота передаётся от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку

3. Теплообменник, в котором горячий и холодный теплоносители движутся навстречу друг другу.

4. Теплообменник, в котором теплота передаётся от горячего теплоносителя сначала к промежуточному теплоносителю (насадке), а затем от него – к холодному теплоносителю.

Задание 4. В регенеративном теплообменнике:

1. Процесс теплообмена между теплоносителями циклически повторяется.

2. Температура горячего теплоносителя постоянна во времени.

3. Температура холодного теплоносителя постоянна во времени.

4. Разность температур теплоносителей постоянна.

Задание 5. В смесительном теплообменнике:

1. Оба теплоносителя (горячий и холодный) обязательно представляют собой воду.

2. Оба теплоносителя (горячий и холодный) обязательно являются газами.

3. Теплоносители могут быть жидкими или газообразными (парообразными) при условии допустимости их смешения.

4. Один из теплоносителей должен обязательно представлять собой конденсирующийся пар.

Задание 6. Компенсация температурных удлинений в кожухотрубном аппарате проводится:

1. Путём сборки теплообменника в рабочем состоянии – при фактических температурах теплоносителя.

2. Путём специального перераспределения теплоносителей.

3. Путём ограничения температур теплоносителей.

4. Путём специальных конструктивных решений, устраняющих или уменьшающих температурные деформации в трубках и корпусе теплообменника.

Задание 7. Конденсация пара проводится:

1. Путём отбора от него теплоты в результате контакта с холодной поверхностью или путём впрыскивания в поток пара холодной жидкости.

2. В результате направления пара в электрический конденсатор.

3. Путём закручивания потока пара в циклоне.

4. Путём ионизации пара.

Задание 8. Поверхностный конденсатор это:

1. Аппарат, в котором конденсация пара происходит на поверхности капель распыляемой в нём жидкости.
2. Аппарат, поверхность которого теплоизолирована.
3. Аппарат, поверхность которого не теплоизолирована.
4. Аппарат, в котором конденсация пара происходит за счёт его контакта с холодной поверхностью (стенкой).

Задание 9. Смесительный конденсатор это:

1. Аппарат, в котором поток пара большего давления вводится в поток пара меньшего давления.
2. Аппарат, в котором пар смешивается со льдом.
3. Аппарат, в котором пар смешивается с холодными твёрдыми частицами.
4. Аппарат, в котором в поток пара впрыскивается холодная жидкость.

Задание 10. Барометрический конденсатор это:

1. Конденсатор, на корпусе которого установлен барометр.
2. Конденсатор, в котором давление выше атмосферного.
3. Конденсатор, в котором давление ниже атмосферного.
4. Конденсатор, давление в котором равно атмосферному.

Задание 11. Сухой конденсатор смешения это:

1. Конденсатор, в котором неконденсирующиеся газы отводятся отдельно от воды и конденсата.
2. Конденсатор, в котором осуществляется осушение отводимых неконденсирующихся газов.
3. Конденсатор, в который подаётся сухой охладитель для конденсации пара.
4. Конденсатор, в котором неконденсирующиеся газы отводятся совместно с водой и конденсатом.

Задание 12. Выпаривание это:

1. Испарение жидких смесей путём их кипячения.
2. Концентрирование раствора твёрдых нелетучих веществ путём испарения растворителя и отвода образующихся паров.
3. Концентрирование раствора твёрдых летучих веществ путём испарения раствора и отвода образующихся паров.
4. Испарение чистой жидкости путём её кипячения.

Задание 13. Температурная депрессия при выпаривании это:

1. Понижение температуры кипения раствора с уменьшением давления в выпарном аппарате.
2. Разность температур кипения раствора при фактическом давлении в аппарате и атмосферном давлении.
3. Разность температур кипения раствора и чистого растворителя.
4. Разность температур кипения растворителя при разных давлениях.

Задание 14. Тепловой эффект растворения твёрдых веществ в растворителе:

1. Всегда отрицателен (при растворении вещества теплота поглощается).
2. Всегда положителен (при растворении вещества теплота выделяется).

3. Может быть как положительным, так и отрицательным – в зависимости от свойств вещества и растворителя.

4. Отсутствует.

Задание 15. Простое выпаривание это:

1. Выпаривание, проводимое периодически.

2. Выпаривание, проводимое непрерывно.

3. Выпаривание, проводимое периодически или непрерывно в одном аппарате.

4. Выпаривание, проводимое без подвода теплоты.

Задание 16. Многократное выпаривание проводится с целью:

1. Получения более высокой концентрации раствора.

2. Экономии греющего пара.

3. Увеличения выхода вторичного пара.

4. Уменьшения металлоёмкости выпарной установки.

Задание 17. Общая разность температур в выпарном аппарате это:

1. Разность между температурой греющего пара и температурой окружающей среды.

2. Разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора у середины греющих труб.

3. Разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора в его верхнем уровне в выпарном аппарате.

4. Разность между температурой греющего пара и температурой вторичного пара на входе в барометрический конденсатор.

Задание 18. Полезная разность температур в выпарном аппарате это:

1. Разность между температурой греющего пара и температурой вторичного пара на входе в барометрический конденсатор.

2. Разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора в его верхнем уровне в выпарном аппарате.

3. Разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора в его нижнем уровне в выпарном аппарате.

4. Разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора у середины греющих труб.

Задание 19. Циркуляцию раствора в выпарных аппаратах создают для:

1. Увеличения полезной разности температур.

2. Увеличения коэффициента теплопередачи.

3. Устранения снижения качества термолабильных (термически нестойких) растворов.

4. Устранения перегрева раствора.

Задание 20. Поверхность теплообмена выпарного аппарата рассчитывают по:

1. Уравнению теплопередачи.

2. Уравнению теплоотдачи.

3. Уравнению теплопроводности.

4. Уравнению теплового баланса аппарата.

Задание 21. Абсорбция это:

1. Поглощение газов и паров твёрдыми поглотителями.
2. Поглощение газов и паров жидкими поглотителями.
3. Выделение растворённого вещества из жидкости с помощью другой жидкости.
4. Разделение жидкой смеси путём её частичного испарения и конденсации образующихся паров.

Задание 22. Закон Генри описывает:

1. Фазовое концентрационное равновесие в системах «жидкость – пар».
2. Фазовое концентрационное равновесие в системах «жидкость – жидкость».
3. Состояние газовой смеси.
4. Фазовое концентрационное равновесие в системах «жидкость – газ».

Задание 23. Рабочая линия при абсорбции на графике в концентрационных координатах располагается:

1. Выше линии фазового концентрационного равновесия.
2. Ниже линии фазового концентрационного равновесия.
3. Совпадает с ней.
4. Совпадает с осью абсцисс.

Задание 24. Движущая сила процесса абсорбции при прямотоке:

1. Больше, чем при противотоке.
2. Меньше, чем при противотоке.
3. Равна таковой при противотоке.
4. Может быть и больше и меньше, чем при противотоке - в зависимости от конкретных условий.

Задание 25. Схему абсорбции с рециркуляцией жидкости применяют:

1. Для хорошо растворимых газов.
2. Для плохо растворимых газов.
3. Независимо от растворимости газа в жидкости.
4. Для систем «газ – жидкость», подчиняющихся закону Генри.

Задание 26. Кинетический расчёт абсорбера проводят по уравнению:

1. Массопередачи.
2. Массоотдачи.
3. Массопроводности.
4. Диффузии Фика.

Задание 27. Теплота, выделяющаяся при абсорбции:

1. Положительно влияет на процесс абсорбции.
2. Отрицательно влияет на процесс абсорбции.
3. Никак не влияет на процесс абсорбции.
4. В зависимости от конкретных условий может влиять положительно или отрицательно.

Задание 28. Какой гидродинамический режим работы насадочного абсорбера наиболее эффективен:

1. Плёночный?
2. Переходный от пленочного режима к режиму эмульгирования?
3. Режим эмульгирования?

4. Все режимы равноценны.

Задание 29. Какой гидродинамический режим работы тарельчатого абсорбера наиболее эффективен:

1. Пузырьковый?

2. Пенный?

3. Факельный?

4. Все режимы равноценны.

Задание 30. Правильные растворы это:

1. Смесь жидкостей, полностью растворимых друг в друге.

2. Смесь жидкостей, частично растворимых друг в друге.

3. Смесь жидкостей, образующих максимум давления паров.

4. Смесь жидкостей, подчиняющихся закону Рауля.

Задание 31. Закон Рауля устанавливает закономерность фазового концентрационного равновесия:

1. Для систем «жидкость – пар».

2. Для систем «жидкость – газ».

3. Для систем «жидкость – жидкость».

4. Для систем «жидкость – твёрдое тело».

Задание 32. Простая перегонка это:

1. Периодический процесс разделения жидких смесей в перегонном кубе.

2. Непрерывный процесс разделения жидких смесей в перегонном кубе.

3. Периодический процесс разделения жидких смесей в колонне при противоточном движении потоков пара и жидкости.

4. Непрерывный процесс разделения жидких смесей в колонне при противоточном движении потоков пара и жидкости.

Задание 33. Ректификация это:

1. Периодический процесс разделения жидких смесей в перегонном кубе.

2. Непрерывный процесс разделения жидких смесей в перегонном кубе.

3. Разделение жидких однородных смесей путём их частичного многократного испарения и конденсации при противоточном движении потоков пара и жидкости.

4. Концентрирование раствора твёрдых нелетучих веществ путём испарения растворителя и отвода образующихся паров.

Задание 34. Флегмовое число при ректификации это:

1. Отношение расхода исходной смеси к расходу дистиллята.

2. Отношение расхода исходной смеси к расходу кубового остатка.

3. Отношение расхода верхнего продукта, возвращаемого в ректификационную колонну, к расходу кубового остатка.

4. Отношение расхода верхнего продукта, возвращаемого в ректификационную колонну, к расходу дистиллята.

Задание 35. Рабочие линии при ректификации на фазовой диаграмме располагаются:

1. Выше равновесной кривой.

2. Ниже равновесной кривой.

3. Рабочая линия для нижней части колонны располагается ниже равновесной кривой, а для верхней части колонны – выше равновесной кривой.

4. Рабочая линия для нижней части колонны располагается выше равновесной кривой, а для верхней части колонны – ниже равновесной кривой.

Задание 36. Флегмовое число при ректификации может принимать значения в пределах:

1. От нуля до бесконечности.
2. От нуля до некоторого конечного значения.
3. От некоторого минимального значения, отличного от нуля, до некоторого максимального значения, не равного бесконечности.
4. От некоторого минимального значения, не равного нулю, до бесконечности.

Задание 37. Ректификация проводится:

1. Только непрерывно.
2. Только периодически.
3. Может проводиться как периодически, так и непрерывно.
4. В начале процесса периодически, а затем непрерывно.

Задание 38. Исходная смесь при ректификации обычно вводится:

1. В нижнюю часть ректификационной колонны.
2. В среднюю часть ректификационной колонны.
3. В верхнюю часть ректификационной колонны.
4. В дефлегматор.

Задание 39. Сушка это:

1. Удаление влаги из материала путём отжима.
2. Удаление влаги из материала путём центрифугирования.
3. Испарение влаги из материалов и удаление образующихся паров.
4. Удаление влаги из материала путём совместного проведения процессов отжима, центрифугирования и испарения влаги с удалением образующихся паров.

Задание 40. Конвективная сушка это:

1. Сушка, при которой теплота к высушиваемому материалу подводится от сушильного агента
2. Сушка, при которой теплота к высушиваемому материалу подводится от греющей поверхности.
3. Сушка материала в замороженном состоянии.
4. Сушка, при которой теплота к высушиваемому материалу подводится путём его инфракрасного нагрева.

Задание 41. В качестве сушильного агента при сушке используются:

1. Только воздух.
2. Только топочные газы.
3. Только перегретый водяной пар.
4. В зависимости от ситуации могут использоваться воздух, топочные газы, перегретый водяной пар.

Задание 42. При сушке материал высушивают до влажности:

1. Выше равновесной.
2. Ниже равновесной.
3. Равной равновесной.

4. В зависимости от ситуации до влажности выше, ниже или равной равновесной.

Задание 43. Термический КПД сушилки это:

1. Отношение затрат теплоты на испарение влаги к общим затратам теплоты на сушку.

2. Отношение затрат теплоты на испарение влаги и на нагрев материала к общим затратам теплоты на сушку.

3. Отношение затрат теплоты на испарение влаги к общим затратам теплоты на сушку за вычетом затрат теплоты на десорбцию влаги.

4. Отношение затрат теплоты на испарение влаги и на нагрев материала к общим затратам теплоты на сушку за вычетом затрат теплоты на десорбцию влаги.

Задание 44. Противоточная сушилка:

1. Обеспечивает более мягкий режим сушки, чем прямоточная сушилка.

2. Обеспечивает более жёсткий режим сушки, чем прямоточная сушилка.

3. Обеспечивает одинаковый с прямоточной сушилкой режим сушки.

4. Может иметь в зависимости от вида высушиваемого материала более мягкий или более жёсткий режим сушки.

Задание 45. Расход сушильного агента при конвективной сушке определяют:

1. Из уравнения материального баланса сушилки по твёрдой фазе.

2. Из уравнения материального баланса сушилки по газовой фазе.

3. Из уравнения теплового баланса сушилки.

4. Из кинетического уравнения.

Задание 46. Скорость сушки это:

1. Масса влаги, испаряемой из единицы объёма материала в единицу времени.

2. Масса влаги, испаряемой из единицы массы влажного материала в единицу времени.

3. Масса влаги, испаряемой по отношению к единице массы сухого материала в единицу времени.

4. Масса влаги, испаряемой с единицы поверхности материала в единицу времени.

Задание 47. Интенсивность сушки это:

1. Масса влаги, испаряемой с единицы поверхности материала в единицу времени.

2. Масса влаги, испаряемой из единицы объёма материала в единицу времени.

3. Масса влаги, испаряемой из единицы массы влажного материала в единицу времени.

4. Масса влаги, испаряемой по отношению к единице массы сухого материала в единицу времени.

6.1.3. Тематика примерных задач

Типовые индивидуальные задачи по модулю 1 «Теплообменное оборудование предприятий»

Задача 1.1

Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ с начальной температурой $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ и конечной $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Необходимо нагреть $40\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха (объем при нормальных физических условиях) от 30 до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Принять коэффициент теплопередачи $20\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, теплоемкость воздуха постоянная.

Задача 1.2

В прямоточном теплообменнике вода охлаждает жидкость. Расход воды и ее начальная температура $0,25\text{ кг}/\text{с}$ и $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Те же величины для жидкости соответственно $0,07\text{ кг}/\text{с}$ и $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплопередачи $35\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, и поверхность теплообмена 8 м^2 . Теплоемкость жидкости $3\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. 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 $0,5\text{ м}^3/\text{ч}$ трансформаторного масла от 95 до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Охлаждающая вода нагревается от 12 до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, коэффициенты теплоотдачи со стороны масла 200 , со стороны воды $800\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. Толщина стальной стенки 3 мм . Стенка покрыта слоями ржавчины и накипи толщиной температурой по $0,5\text{ мм}$. Определить расход охлаждающей воды и необходимую поверхность теплообмена.

Задача 1.5. Трубчатый теплообменник имеет поверхность теплообмена 48 м^2 . В нем нагревается $85,5\text{ т}/\text{ч}$ воды от 77 до $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Греющим теплоносителем является насыщенный водяной пар при избыточном давлении $0,43\cdot 10^5\text{ Па}$. Найти коэффициент теплопередачи

Задача 1.6. В межтрубное пространство аппарата A (рис. 1) поступает газ с температурой $t_1 = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$. На выходе из аппарата газ имеет температуру $t_2 = 430\text{ }^{\circ}\text{C}$, проходит через нагреватель H и возвращается в трубы аппарата A при температуре $t_3 = 560\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти коэффициент теплопередачи в аппарате, если его поверхность нагрева составляет 360 м^2 , расход газа равен $10\text{ т}/\text{ч}$, средняя теплоемкость газа $1,05\text{ кДж}/(\text{кг}\text{ К})$, а потери в окружающую среду составляют 10% теплоты, полученной газом в аппарате. Можно ли в данных условиях осуществить прямоточную схему движения газа?

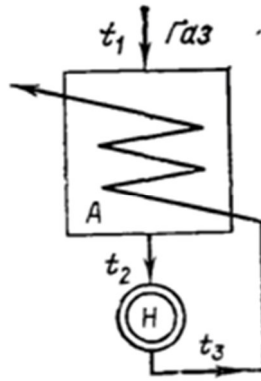


Рисунок 1

Индивидуальные задачи по модулю 2 «Массообменное оборудование предприятий»

Задача 2.1

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.

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 $w_{п} = 0,8 \text{ м/с}$, средняя плотность паровой фазы $\rho_{п} = 2,8 \text{ кг/м}^3$. Для определения рабочего значения флегмового числа R использовать уравнение $R = 1,3R_{\text{мин}} + 0,3$.

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 $\varphi_0 = 45 \%$ 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.

6.1.4. Тематика заданий на курсовую работу

Учебным планом по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» предусмотрен курсовой проект. Он выполняется по теме 5 «Многократное 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 A1, содержащих технологическую схему установки, общий вид выпарного аппарата и лист со сборочными единицами и деталями общего вида выпарного аппарата. При выполнении курсового проекта используют основные цифровые инструменты (Mathcad, Matlab, AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint).

Таблица 7

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 принудительной 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

№ п/п	$G_{нз}$ т/ч	$x_{нз}$ %	$x_{кз}$ %	$p_{г.п.}$ ати	$p_{б.к.}$ ат	Тип аппарата
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

6.1.5. Перечень вопросов для защиты курсовой работы

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 трубы 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?

6.1.6. Перечень вопросов к экзамену

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. Типы и принципиальное устройство смесительных теплообменных аппаратов.
11. Расчет скорости осаждения капель в распылительных теплообменниках и выбор скорости газа при прямотоке и противотоке.
12. Кинетический расчет распылительного теплообменного аппарата.
13. Конструкции смесительных теплообменных аппаратов для систем «газ-жидкость».
14. Насадочные тела в смесительных теплообменниках и их характеристики.
15. Гидродинамические режимы работы насадочных теплообменных аппаратов для систем «газ-жидкость».
16. Расчет диаметра и высоты насадочного смесительного теплообменника для систем «газ-жидкость», работающего в пленочном режиме.
17. Расчет диаметра и высоты насадочного смесительного теплообменника для систем «газ-жидкость», работающего в режиме эмульгирования.
18. Типы конденсаторов. Сухой и мокрый конденсатор смешения.
19. Конструкции поверхностных конденсаторов. Тепловой баланс. Определение поверхности теплообмена.
20. Устройство и классификация смесительных конденсаторов.

21. Тепловой баланс смесительных конденсаторов.
22. Барометрический конденсатор. Высота и диаметр барометрической трубы.
23. Выпаривание. Свойства растворов.
24. Способы выпаривания, их преимущества и недостатки.
25. Схема непрерывно действующей выпарной установки простого выпаривания.
26. Простое (однократное) выпаривание. Материальный баланс.
27. Тепловой баланс при простом выпаривании. Расход греющего пара.
28. Определение поверхности теплообмена при простом выпаривании. Общая и полезная разность температур.
29. Многократное выпаривание. Прямоточная и противоточная схемы. Преимущества и недостатки.
30. Прямоточная и противоточная схемы многократного выпаривания. Преимущества и недостатки.
31. Материальный баланс при многократном выпаривании.
32. Тепловой баланс при многократном выпаривании.
33. Определение полезной разности температур при многократном выпаривании.
34. Распределение полезной разности температур по корпусам при многократном выпаривании, обеспечивающее равенство поверхностей нагрева по корпусам.
35. Распределение полезной разности температуры по корпусам при многократном выпаривании, обеспечивающие минимальную общую поверхность нагрева.
36. Минимальное, максимальное и оптимальное число корпусов при многократном выпаривании.
37. Выпаривание с применением теплового насоса в виде компрессора.
38. Выпаривание с применением теплового насоса в виде эжектора.
39. Конструкции выпарных аппаратов.
40. Сущность абсорбции. Фазовое равновесие в системах «жидкость-газ». Закон Генри.
41. Материальный баланс при абсорбции для прямотока. Уравнения рабочих линий при прямотоке и противотоке.
42. Принципиальные схемы абсорбции (прямоточная, противоточная, схемы с рециркуляцией).
43. Насадочные абсорберы. Типы насадок.
44. Расчёт диаметра и высоты насадочного абсорбера, работающего в плёночном режиме.
45. Расчёт диаметра и высоты насадочного абсорбера, работающего в ре-

жиме эмульгирования.

46. Фазовое равновесие в системах «жидкость-пар» (идеальные смеси). Закон Рауля. « t - x » и « x - y » диаграммы для двухкомпонентных систем «жидкость-пар».

47. 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.

48. Простая перегонка.

49. Принцип ректификации. Схема непрерывно действующей ректификационной колонны.

50. Материальный баланс при ректификации. Флегмовое число. Расход пара через колонну.

51. Допущения, принимаемые при анализе работы ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий для верха и низа ректификационной колонны.

52. Минимальное и максимальное флегмовое число при ректификации.

53. Типы абсорбционных и ректификационных колонн колонн. Конструкции тарелок.

54. Определение диаметра и высоты насадочной ректификационной колонны.

55. Гидравлическое сопротивление тарельчатой абсорбционной и ректификационной колонны.

56. Определение межтарельчатого расстояния в тарельчатой абсорбционной и ректификационной колонне.

57. Определение числа тарелок в абсорбционной и ректификационной колонне.

58. Способы обезвоживания влажных материалов. Общая характеристика процессов сушки.

59. Способы сушки.

60. Влажные материалы как объекты сушки. Сушительные агенты.

61. Материальный баланс сушки: общий, а также по твёрдой и газовой фазам.

62. Тепловой баланс конвективной сушилки. Изображение процесса сушки в H, d – диаграмме влажного воздуха. Общий и удельный расход сушильного агента.

63. Принципиальные схемы сушки.

64. Определение тепловой мощности калорифера при калориферной сушке и расхода топлива при сушке топочными газами.

65. Кинетика сушки и кинетический расчёт сушилок.

66. Конструкции сушилок.

67. Энергосбережение при сушке.
68. Адсорбция: общая характеристика, область применения. Десорбция. Изотермы сорбции.
69. Технические адсорбенты. Конструкции адсорберов.
70. Принципиальные схемы адсорбции.
71. Материальный баланс адсорбции.
72. Кинетика адсорбции. Кинетический расчёт адсорберов.
73. Общая характеристика процессов экстрагирования.
74. Экстрагенты, применяемые при экстрагировании из растительного сырья.
75. Конструкции экстракторов для систем «твёрдая фаза – жидкость».
76. Схемы процессов экстрагирования. Уравнения рабочей линии и линии фазового концентрационного равновесия.
77. Кинетика экстрагирования. Кинетический расчёт экстракторов для систем «твёрдая фаза – жидкость».
78. Мембранное разделение веществ. Область применения.
79. Баро-, электро- и термомембранные методы разделения.
80. Типы промышленных мембран.
81. Аппаратурное оформление мембранных процессов.

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

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника.

Для допуска к экзамену 4 курс 8 семестр необходимо: выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, лабораторных работ, практические занятия, задачи и тестирования, а также выполнение курсовой работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» применяется традиционная система оценки текущего и промежуточного контроля освоения программы.

Знания оцениваются:

- 4 курс 8 семестр: по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;

Критерии оценивания промежуточного контроля (экзамен)

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими вида-

	ми применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний)
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильно формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа зачетных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студентом основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – не сформированы

Критерии оценивания письменного и устного опроса

Таблица 9

Оценка	Критерии оценивания
«зачтено»	- заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad
«незачтено»	- заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Таблица 10

Оценка	Критерии оценивания
лабораторная работа «зачтена»	лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4
лабораторная работа «незачтена»	лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результа-

	ты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4
--	---

Критерии оценивания защиты практических работ

Таблица 11

Оценка	Критерии оценивания
лабораторная работа «зачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4
лабораторная работа «незачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4

Критерии оценивания курсовой работы

Таблица 12

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично»: - 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. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – в расчетно-пояснительной записке имеются отдельные небольшие неточности, студент представил грамотное изложение содержания работы по существу, дал вывод по изложенному материалу, в целом правильно ответил на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован хороший уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – расчетно-пояснительная записка, в целом, удовлетворяет предъявляемым требованиям, но содержит некоторые неточности или погрешности в оформлении, студент имеет общие знания основного материала по теме курсовой работы, но без усвоения некоторых существенных положений, формулирует основные понятия с некоторой неточностью, затрудняется в ответах на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – курсовая работа не выполнена в полном объеме или содержит существенные ошибки, студент не смог сделать доклад, поясняющий выполненную работу, допустил существенные ошибки в процессе ее изложения, не умеет выделить главное и сделать вывод, приводит ошибочные определения. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков

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

1. 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>

2. 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>

3. 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>

4. Рудобашта, С.П. 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>.

5. Осмонов, О.М. 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. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Методические указания к лабораторной работе:
 - № 1 «Испытание кожухотрубного теплообменника» (Рудобашта С.П.);
 - № 2 «Испытание пластинчатого теплообменника» (Рудобашта С.П.);
 - № 3 «Испытание ректификационной установки» (Рудобашта С.П.);
 - № 4 «Инфракрасная сушка» (Рудобашта С.П.).
2. Плакаты:
 - регенеративный теплообменник;

- настенная h,s - диаграмма водяного пара и H,d -диаграмма влажного воздуха;
- иллюстрирующий схему работы паросиловой установки и изображение цикла ее работы в « $p-v$ », « $T-s$ » и « $h-s$ » координатах.
- 3. Таблицы теплотехнических свойств воды и водяного пара (10 книг).
- 4. 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.
- 5. 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.

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

1. <http://kiev.goldenpages.ua/details/449147/286/> - промышленная теплотехника (открытый доступ).
2. <http://www.twirpx.com/files/tek/periodic/teploenergetika/> - теплоэнергетика (открытый доступ).
3. <http://www.promen.energy-journals.ru/> - промышленная энергетика (открытый доступ).
4. <http://www.ntsnn.ru/?yclid=3116444075139009561/> - новости теплоснабжения (открытый доступ).
5. <https://portal.timacad.ru/> – учебно-методический портал (открытый доступ).
6. <http://rucont.ru> – электронно-библиотечная система (открытый доступ).
7. <http://www2.viniti.ru> – базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki> – теплопередача (открытый доступ).
9. <https://www.google.ru/>, <http://elementy.ru/trefil/>, <http://files.school-collection.edu.ru/>, <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/>, <http://www.vedu.ru/expdic/> - теплообмен (открытый доступ).
10. <http://stringer46.narod.ru/Radiation.htm> - теплообмен излучением (открытый доступ).
11. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>, <http://slovari.yandex.ru/>, <http://tolkslovar.ru/m2376.html> - массообмен (открытый доступ).
12. <http://lab5.ru/glava-ix/> - основы процессов массообмена (открытый доступ).
13. <http://www.labh.ru/index/chast-2-massoobmennyye-protsessy-i-apparaty/massoobmennyye-protsessy-i-apparaty/>, <http://gendocs.ru/> - массообменные процессы и аппараты (открытый доступ).

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 13

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1-2	<i>V-TEST</i>	контролирующая	ФГБОУ ВПО МГАУ	2004
2	Разделы 1-2	Microsoft Office 2013	оформительная	Microsoft	2013

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

Таблица 14

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
Лаборатории № 201 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержат: 1) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 для слайд-презентаций (Инв.№ 210134000002560); 2) проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240*240 NW (DSEM-1106) (Инв.№ 410138000002636); 3) компьютер (Инв.№ 210134000001871)
Лаборатории № 214 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) пластинчатый теплообменник (Инв.№ 410134000001780); 2) кожухотрубный теплообменник (Инв.№ 410134000001622); 3) водонагреватель проточ.-накоп. Etalon МК 15 комби (Инв.№ 210136000006685); 4) стенд для демонстрации фреоновой пароконпресссионной холодильной машины, 5) стенд для исследования процесса инфракрасной сушки (Инв.№ 210134000001932); 6) тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002256); 7) тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002256); 8) комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798); 9) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632954); 10) компьютер (Инв.№ 210134000001864)
Лаборатории № 314 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) Аквадистиллятор ДЭ-4-02 (Инв.№ 210134000002280); 2) Инфрокрасная установка (Инв.№ 210134000001932); 3) тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
	210134000002255); 4) экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855); 5) проектор для слайд-презентаций (Инв.№); 6) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632955); 7) компьютер (Инв.№ 210134000001865)

Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающие 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов, а также комнаты для самоподготовки в общежитии № 5 и № 4.

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся), в том числе с применением современных программных продуктов (AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, SimInTech).

Учебные занятия представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости: лекции, практические занятия, тестирование, групповые консультации, самостоятельная работа обучающихся.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

При подготовке к практическому занятию студент должен повторить теоретический материал по лекции, а также по учебникам и учебным пособиям, рекомендуемым настоящей программой. На каждое практическое занятие и практическую работу студент должен иметь тетрадь, карандаш, линейку, циркуль, угольник, транспортир.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать тему и представить преподавателю, проводящему данный вид занятия, конспект занятия. Студент, не посещавший или пропустивший большое число лекций, для допуска к экзамену должен самостоятельно изучить материалы на учебно-методическом портале (открытый доступ) по ссылке <https://portal.timacad.ru/>.

Студент, пропустивший лабораторную работу и практические занятия и задачи, отрабатывает его в согласованное с преподавателем время.

Студент получает допуск к экзамену если выполнены и защищены лабораторные работы, курсовая работа, а также имеется в наличии рукописный конспект лекций.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Согласно учебному плану и графику учебного процесса процессе преподавания дисциплины для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Для повышения уровня знаний по дисциплине у студентов, необходимо искать пути совершенствования методики преподавания: использование разнообразных форм, методов и приёмов активизации познавательной деятельности учащихся (в т.ч. активных и интерактивных); использование наглядного материала – таблиц, рисунков, схем, демонстрация опытов; решение типовых задач как метод обучения современных проблем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий; использование различных форм организации самостоятельной работы студентов: индивидуальная, групповая, коллективная; организация индивидуальной работы студентов с учётом уровня подготовки; применение систематического контроля различных видов в процессе обучения.

Научной основой для преподавания дисциплины является методология системного подхода к человеку. Важно стремиться эффективно организовать и оптимизировать самостоятельную работу студентов.

Программу разработал: Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

« _____ » « _____ » 2022 г.

_____ (подпись)

РЕЦЕНЗИЯ
на рабочую программу дисциплины
Б1.В.01.03 «Тепломассообменное оборудование предприятий»
ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(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» (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» (квалификация выпускника – бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» в соответствии с Учебным планом по программе прикладного бакалавриата (разработчик – Рудобашта Станислав Павлович, профессор кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктор технических наук).

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** «Теплоэнергетика и теплотехника». 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 части Б1.В учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

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 1 **компетенция** ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.3). 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 единиц (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 занятия 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 (участие в тестировании, работа над домашним заданием в форме выполнения и защиты курсового проекта и аудиторных заданий), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена и курсового проекта, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1.В ФГОС ВО направления **13.03.01** «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, из которых один - базовый учебник, дополнительной литературой – 5 наименований, периодическими изданиями – 5 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 13 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 профессором кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктором технических наук Рудобаштой С.П. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация и роботизация технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»,

(подпись)

« 14 » 10 2022г.