

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,  
информационных технологий  
и управляющих систем

к.т.н. доц.

Белоусов А.В.

2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

**Тепломассообменное оборудование предприятий**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Институт: **Энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

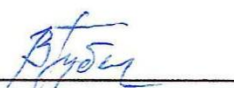
Кафедра: **Энергетики теплотехнологии**

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составители: доцент

 (В.В. Губарева)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 12 » мая 20 22 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой

Энергетики теплотехнологии

канд. техн. наук, доцент

 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 26 » мая 20 22 г., протокол № 9

Председатель

канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ПК-4.1. Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции	<p><b>Знания:</b> схем размещения теплообменного оборудования различных производств, основные процессы, протекающие в теплообменных установках, а также физические законы, которым они подчиняются; основные теплоносители, их свойства и характеристики; влияние параметров протекающих теплообменных процессов и теплоносителей на основные показатели работы установок</p> <p><b>Умения:</b> выполнять отбор тепловых энергосберегающих схем размещения теплообменного оборудования различных производств, производить расчеты по подбору оптимальных условий протекания процессов и подбору оборудования</p> <p><b>Навыки:</b> чтения тепловых схем, методиками теплотехнических расчетов, экспериментального и численного исследования и определения оптимальных режимов протекания теплообменных процессов</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-4.** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Дисциплина
1	История развития энергетики
2	Теплофизические основы и организация технологических процессов
3	Физическая химия. Основы водоподготовки
4	Нагнетатели и тепловые двигатели
5	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
6	Тепломассообменное оборудование предприятий
7	Тепловые электрические станции
8	Организация безопасной эксплуатации тепломеханического оборудования объектов энергетики
9	Электроснабжение предприятий и электрооборудование
10	Энергетический комплекс промышленных предприятий
11	Источники и системы теплоснабжения
12	Производственная технологическая практика
13	Производственная преддипломная практика
14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единицы, 288 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 8 зач. единиц

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	72	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	109	36	73
лекции	51	17	34
лабораторные	17		17
практические	34	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	7	2	5
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	179	36	143
Курсовой проект	54	–	54
Курсовая работа	–	–	–
Расчетно-графическое задание	–	–	–
Индивидуальное домашнее задание	9	9	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	80	27	53
Экзамен	36	-	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

**Курс 3      Семестр 6**

№ пп	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к
1	2	3	4	5	6
<b>1. Тепломассообменное оборудование предприятий. Общие сведения</b>					
1.	Классификация тепломассообменного оборудования.	1		1	1
2.	Виды теплоносителей, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.	2			1
<b>2. Теплообменное оборудование</b>					
1.	Рекуперативные теплообменные аппараты. Классификация рекуператоров. Аппаратурно-технологическое оформление поверхностных рекуперативных теплообменников.	2			1
2.	Расчет рекуперативных теплообменников. Тепловой конструктивный и поверочный расчет.	4	10		12
3.	Особенности расчета рекуперативных теплообменных аппаратов периодического действия и компактных теплообменных аппаратов.	2	2		3
4.	Способы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках. Выбор оптимального варианта нормализованного рекуперативного теплообменного аппарата.	1			1
5.	Регенеративные теплообменные аппараты. Виды и конструкции регенеративных теплообменников. Особенности теплового расчета регенераторов с неподвижной насадкой	2	2		3
<b>3. Смесительные (контактные) тепломассообменные аппараты</b>					
1.	Смесительные (контактные) теплообменные аппараты. Конструкции, назначение и принцип действия смесительных теплообменников.	2			1
2.	Основы теплового расчета смесительных теплообменников: насадочных аппаратов, вентиляторных градирен, ректификационной установки непрерывного действия.	2	3		5
1	2	3	4	5	6
	<b>ВСЕГО</b>	17	17		72

## Курс 4 Семестр 7

№ пп	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к
1	2	3	4	5	6
<b>1. Тепломассообменное оборудование предприятий. Общие сведения</b>					
1.	Общие теоретические сведения о промышленных аппаратах и установках: теплообменных, аппаратах для сушки, выпаривания и ректификации.	1		1	2
<b>2. Теплообменное оборудование</b>					
1.	Основные методики расчетов рекуперативных теплообменных аппаратов непрерывного действия.	2	2	4	7
<b>4. Выпаривание и выпарные установки</b>					
1.	Классификация выпарных аппаратов. Физические основы процесса выпаривания и свойства растворов.	4			2
2.	Основные конструкции выпарных аппаратов: поверхностные выпарные аппараты; выпарные установки адиабатного испарения; контактные выпарные аппараты. Тепловые схемы многокорпусных выпарных установок.	4			2
3.	Расчет однокорпусных и многокорпусных выпарных установок	4	4	4	10
<b>5. Тепловая сушка и сушильное оборудование</b>					
1.	Теоретические основы процессов сушки. Теплотехнические расчеты процесса конвективной сушки	3	5	4	12
2.	Теплотехнологические схемы и графоаналитический метод расчета конвективных сушильных установок, определение их тепловой экономичности.	4	4	4	10
3.	Аппаратурно-технологическое оформление оборудования для сушки жидкотекучих материалов. Основные энергетические показатели работы сушилок. Интенсификация работы распылительных сушилок. Новые схемы сушки распылением.	4			2
4.	Аппаратурно-технологическое оформление процесса сушки установок для сушки штучных изделий и твердых дисперсных материалов (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя»). Основные эксплуатационные показатели работы этих сушилок.	4			2
5.	Выбор оптимального способа и режима сушки. Критерии оптимальности.	2			1
6	Вспомогательное оборудование сушильных установок	2	2		3
<b>ВСЕГО</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>53</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5
1.	Теплообменное оборудование	Тепловой конструктивный расчет поверхностных рекуперативных теплообменников	5	5
		Поверочный расчета поверхностных рекуперативных теплообменников.	2	2
		Основные методики расчетов рекуперативных теплообменных аппаратов непрерывного действия.	2	2
		Контрольная работа.	1	1
		Расчет теплообменных аппаратов периодического действия.	2	2
		Расчет компактных аппаратов с развитыми поверхностями теплообмена.	2	2
		Расчет регенеративных теплообменных аппаратов	4	4
1	2	3	4	5
2.	Смесительные (контактные) тепломассообменные аппараты	Основы теплового расчета смесительных теплообменников.	3	3
3.	Выпаривание и выпарные установки	Выпаривание. Расчет однокорпусных выпарных установок.	4	4
4.	Тепловая сушка и сушильное оборудование	Расчет кинетики сушки и определение времени сушки	2	2
		Определение параметров сушильного агента по I-x диаграмме и их аналитический расчет.	1	1
		Теплотехнический расчет конвективных сушилок	4	4
		Расчет вспомогательного оборудования сушильных установок.	2	2
		ИТОГО	34	34
		ВСЕГО		68

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5
1.	Тепломассообменное оборудование предприятий. Общие сведения	Вводное занятие	1	1



2.	Теплообменное оборудование	Изучение процесса теплопередачи в рекуперативном теплообменном аппарате	4	4
4.	Выпаривание и выпарные установки	Определение энергозатрат на выпаривание раствора в поверхностном выпарном аппарате	4	4
5.	Тепловая сушка и сушильное оборудование	Изучение кинетики процесса сушки в конвективной сушилке	4	4
		Изучение процесса сушки материала в сушилке «кипящего слоя»	4	4
ИТОГО			17	17
ВСЕГО			34	

#### 4.4. Содержание курсового проекта

Учебным планом предусмотрено выполнение курсового проекта. В процессе выполнения курсового проекта осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Унифицированная тема проекта «Расчет тепломассообменной установки»:	
1.	Расчет кожухотрубного теплообменника на заданные условия
2.	Расчет теплообменника типа «труба в трубе» на заданные условия
3.	Расчет однокорпусной выпарной установки на заданные условия
4.	Расчет барабанной сушилки на заданные условия
5.	Расчет туннельной сушилки на заданные условия
6.	Расчет сушилки «кипящего слоя» на заданные условия
7.	Расчет распылительной сушилки на заданные условия

Курсовой проект является заключительным этапом в изучении курса «Тепломассообменное оборудование предприятий»:

При выполнении курсового проекта студент не только расширяет и закрепляет теоретически и практически знания, полученные при изучении дисциплины, но и овладевает навыками самостоятельного решения конкретных инженерных задач.

Получив тему курсового проекта, студент должен изучить имеющиеся достижения в этой области, выбрать наиболее рациональную теплотехнологическую схему, подобрать теплоноситель, выполнить материальный, тепловой и конструктивный расчет тепломассообменной установки, а также рассчитать и подобрать вспомогательное оборудование.

Объем расчетно-пояснительной записки 25...30 страниц рукописного текста.

Графическая часть проекта состоит из двух листов формата А 1. На первом листе должна быть представлена теплотехнологическая компоновочная схема установки, на втором – разрез основного аппарата и разрез одного из аппаратов вспомогательного оборудования или узла основного аппарата.

*Типовой вариант задания*

## Исходные данные

Выбрать рациональную теплотехнологическую схему, рассчитать и спроектировать сушилку «кипящего» слоя для сушки песка производительностью  $G_2$ , считая по высушенному материалу. Начальная влажность песка  $\omega_1$ , конечная  $\omega_2$  (считать на общую массу). Сушка осуществляется смесью воздуха и продуктов горения топлива с начальной температурой  $t_1$ , конечную температуру  $t_2$  принимают в соответствии с рекомендациями.

Топливо выбирается в зависимости от места расположения сушилки.

Исходные данные приведены в табл. 1

Таблица 1

Номер варианта	$G_2$ , т/ч	$\omega_1$ , %	$\omega_2$ , %	$t_1$ , °C	Район расположения сушилки
10	20,0	8,0	2,3	650	Архангельск

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Целью индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) является изучение работы и применения термовлажностных и низкотемпературных установок, а также обучение правильному оформлению и поиску информации по нужной тематике, путем изучения статей, монографий, и книг на специальных ресурсах.

Индивидуальное домашнее задание включает пояснительную записку.

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа). Пояснительная записка должна содержать:

– титульный лист, на котором указываются сведения об образовательном учреждении и подразделении образовательного учреждения, на базе которого выполнено задание; вид и тема работы; сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа; сведения о руководителе работы; название населенного пункта и год написания;

– задание, подписанное студентом и преподавателем;

– содержание (автосборное);

– основная часть работы;

– заключение;

– библиографический список (не менее 15 источников, оформленных по ГОСТ Р 7.0.100-2018).

Основные требования:

Объем пояснительной записки должен быть не более 10-15 листов, и оригинальностью не менее 65%.

Шрифт Times New Roman 14 кегль;

Таблицы 12 кегль;

Рисунки и таблицы – выравнивание по центру, абзацный отступ 1,25, поля «Обычные», интервал между строк – 1,5).

Более подробные, а также различные детали, будут поясняться на выдаче задания в аудитории или онлайн.

Основная часть работы представляет собой литературный обзор на предоставленную или по выбору обучающихся, в соответствии с тематикой.

В процессе выполнения индивидуального домашнего задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

*Типовой вариант задания:*

Сделать обзор литературы на тему:

«Применение низкотемпературных теплоносителей в теплообменниках»  
«Абсорбционные и адсорбционные установки и их применения в промышленности»

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция ПК-4.** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.1. Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции	Экзамен, защита лабораторных работ, выполнение разноуровневых заданий на практических занятиях, защита курсового проекта

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	2	3
1	Тепломассообменное оборудование предприятий. Общие сведения (ПК-4.1)	– Классификация тепломассообменного оборудования по рабочему - диапазону температур. – Классификация тепломассообменного оборудования по организационно-технической структуре. Преимущества установок непрерывного действия. – Основные этапы расчётов теплотехнологического оборудования.
2	Теплообменное оборудование (ПК-4.1)	– Основные теплофизические свойства теплоносителей и их влияние на выбор теплоносителей. – Конструкции, назначение и основные характеристики поверхностных рекуперативных теплообменных аппаратов. – Устройство и принцип действия вертикального испарителя.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уравнение теплового баланса 2-х поточных теплообменников для различных теплоносителей.</li> <li>- Схемы теплового и поверочного расчётов рекуперативного теплообменника.</li> <li>- Основные отличия теплового конструктивного расчёта от поверочного.</li> <li>- Способы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках.</li> <li>- Особенности расчета рекуперативных теплообменников периодического действия.</li> <li>- Конструкции, назначение и основные характеристики регенеративных теплообменных аппаратов.</li> <li>- Особенности теплового расчёта регенераторов (в отличие от рекуператоров).</li> <li>- Конструкции, назначение и основные характеристики компактных аппаратов с развитыми поверхностями теплообмена. Особенности их расчёта.</li> </ul>
3	Смесительные (контактные) тепломассообменные аппараты (ПК-4.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- . Классификация смесительных тепломассообменных аппаратов. Преимущества и недостатки.</li> <li>- Конструкции, применение, назначение, принцип действия и основные характеристики полых, полочных и насадочных аппаратов.</li> <li>- Расчет насадочных аппаратов.</li> <li>- Дистилляция. Схемы простой дистилляции. Дефлегмация.</li> <li>- Ректификация. Схема установки и описание процесса.</li> <li>- Материальный и тепловой баланс ректификационных установок непрерывного действия</li> </ul>
4	Выпаривание и выпарные установки (ПК-4.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выпаривание. Теоретические основы.</li> <li>- Свойства растворов подвергаемых выпариванию и материальный баланс однокорпусной выпарной установки.</li> <li>- Тепловой баланс однокорпусной выпарной установки.</li> <li>- Конструкции, назначение и основные характеристики поверхностных выпарных аппаратов. Выпарные аппараты с центральной циркуляционной трубой.</li> <li>- Выпарные аппараты адиабатного расширения. Принцип действия области применения</li> <li>- Конструкции, назначение и основные характеристики контактных выпарных аппаратов. Выпарные аппараты с погружной горелкой.</li> <li>- Принципиальные схемы многокорпусной выпарной установки.</li> <li>- Принципиальная схема расчёта многокорпусных выпарных установок.</li> </ul>
5	Тепловая сушка и сушильное оборудование (ПК-4.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Общие сведения о сушке и методах обезвоживания материала.</li> <li>- Виды сушки и их характеристика.</li> <li>- Формы связи влаги с материалом. Классификация высушиваемых материалов по структуре.</li> <li>- Изотерма сорбции сушки.</li> <li>- Динамика сушки. Уравнения внешнего и внутреннего тепло - и массообмена. Характеристика коэффициентов в уравнениях диффузии.</li> <li>- Кинетика сушки. Кинетические кривые сушки. Периоды сушки.</li> <li>- Конвективная сушка. Классификация и характеристики сушильных агентов.</li> <li>- Материальный и тепловой балансы конвективных сушилок.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Принципы энергосберегающей технологии сушки.</li> <li>- Оптимизация процессов сушки. Интенсификация процессов конвективной сушки.</li> <li>- Конструкции, назначение, принцип действия и эксплуатационные характеристики сушилок для жидкотекучих материалов.</li> <li>- Новые технологические схемы сушки распылением.</li> <li>- Принцип действия, устройство и эксплуатационных характеристики сушилок для сушки штучных, крупногабаритных материалов.</li> <li>- Сушка твёрдых дисперсных материалов. Конструкции, назначение, принцип действия и эксплуатационные характеристики сушилок с плотным, с полувзвешенным и взвешенным слоем материала.</li> <li>- Выбор оптимального способа и режима сушки. Критерии оптимальности.</li> <li>- Виды вспомогательного оборудования сушильных установок.</li> </ul>
6	Вспомогательное оборудование сушильных установок (ПК-4.1)	<p>Виды вспомогательного оборудования сушильных установок:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Питатели.</li> <li>- Виды топок и горелочных устройств.</li> <li>- Аппараты пылеочистки</li> <li>- Вентиляторы, дымососы и насосы.</li> </ul>

## Перечень типовых задач для экзамена

### Индикатор ПК-4.1

#### Задача

До какой температуры будут нагреты 4,6 т/ч воды, поступающей в теплообменник при  $t = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , если обогрев производится 540 кг/ч насыщенного пара ( $P_{\text{изб}} = 2 \text{ ат}$ ) и конденсат отводится при  $t = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Задача

В теплообменник, имеющий поверхность нагрева  $20 \text{ м}^2$ , поступает сухой насыщенный водяной пар при избыточном давлении 2,0 ат и нагревает в нем воду в количестве 18 т/ч от  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найти расход греющего пара и коэффициент теплопередачи в теплообменнике.

#### Задача

Определить расход греющего пара в выпарном аппарате, в котором при атмосферном давлении упаривается 1,6 т/ч водного раствора от начальной концентрации 8 % до конечной 20 % (масс.). Разбавленный раствор поступает на выпарку с температурой  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Упаренный раствор выводится из аппарата при температуре  $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость разбавленного раствора  $3,98 \text{ кДж/(кг}^{\circ}\text{C)}$ . Греющий пар подается под избыточным давлением 2 ат.

#### Задача

Определить среднюю движущую силу при поглощении из газа паров ацетона водой. Начальная концентрация ацетона в газе - 0,04 кмоль/ац. / кмоль г., конечная - 0,009 кмоль/ац. / кмоль г. Вода, поступающая в скруббер ацетона не содержит. Концентрация ацетона в воде, вытекающей из аппарата 0,03 кмоль ац./ кмоль г.. Уравнение равновесной линии в относительных мольных единицах  $y^* = 0,125 X$ . Скруббер противоточный.

### Задача

Определить требуемую поверхность и расход воды в дефлегматоре ректификационной колонны для разделения бензолно-толуольной смеси при следующих условиях: количество дистиллята 1200 кг/час; число флегмы 3,75; начальная и конечная температуры охлаждающей воды 10<sup>0</sup>С и 45<sup>0</sup>С; коэффициент теплопередачи 750 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Считать дистиллят за чистый бензол. Давление в колонне атмосферное.

### Задача

В теоретической сушилке удаляется 500 кг/ч влаги. Температура сушильного агента на входе в сушилку 75<sup>0</sup>С, на выходе 35<sup>0</sup>С. Пар подается в калорифер под давлением  $P_2 = 1,0$  ат. (абс.). Определить расход воздуха и расход греющего пара в калорифере, если окружающий воздух имеет следующие параметры:  $X = 0,01$  кг/кг,  $t = 20$  <sup>0</sup>С.

### Задача

Определить к.п.д. теоретической сушилки, если параметры воздуха перед калорифером  $\varphi = 0,7$ ,  $t = 15$  <sup>0</sup>С. Психрометр на выходе из сушилки показывает  $t = 50,8$  <sup>0</sup>С и  $t_m = 46$  <sup>0</sup>С.

### Задача

В промышленной сушилке материал высушивается от 25 % до 10 % влажности (считая на абсолютно сухое вещество) в течение 6 час. Критическое влагосодержание материала 15 %, а равновесное 5 %. Как изменится время сушки, если при тех же условиях материал высушивать до влажности 7 %.

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме **экзамена**.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 90 минут. После получения ответа студента на вопросы билета и проверки решения задачи преподаватель при необходимости задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Кроме экзамена, значимым оценочным средством текущего контроля знаний является тестирование по отдельным разделам курса.

### Примерный перечень тестов для текущего контроля знаний:

#### ТЕСТЫ (часть 1)

#### 1. Высокотемпературные процессы протекают при температурах

- a. 400–2000 °С;
- b. –150–+150 °С;
- c. 150–700 °С;
- d. нет правильного ответа.

**2. Среднетемпературные процессы протекают при температурах**

- a. 400–2000 °С;
- b. –150–+150 °С;
- c. 150–700 °С;
- d. нет правильного ответа.

**3. Низкотемпературные процессы протекают при температурах**

- a. ниже –150 °С;
- b. –150–+150 °С;
- c. 150–700 °С;
- d. нет правильного ответа.

**4. В теплообменниках какого типа передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется при непосредственном соприкосновении теплоносителей?**

- a. в контактных теплообменниках;
- b. в рекуперативных теплообменниках;
- c. в регенеративных теплообменниках;
- d. во всех перечисленных типах теплообменников.

**5. В теплообменниках какого типа греющий и нагреваемый теплоносители поочередно омывают одну и ту же сторону поверхности нагрева, нагревая и охлаждая ее?**

- a. в контактных теплообменниках;
- b. в рекуперативных теплообменниках;
- c. в регенеративных теплообменниках;
- d. во всех перечисленных типах теплообменников.

**6. Какие из перечисленных теплоносителей относятся к газовым?**

- a. воздух;
- b. продукты сгорания органического топлива;
- c. водород;
- d. все перечисленные теплоносители.

**7. Теплоносители, обладающие большой теплоемкостью**

- a. аккумулируют малое количество теплоты в малом количестве массы;
- b. аккумулируют большое количество теплоты в большом количестве массы;
- c. аккумулируют малое количество теплоты в большом количестве массы;
- d. аккумулируют большое количество теплоты в малом количестве массы.

**8. Наибольшей теплопроводностью из перечисленных ниже теплоносителей обладают**

- a. жидкие металлы;
- b. кремнийорганические соединения;
- c. дымовые газы;
- d. вода.

**9. Какими химическими свойствами должны обладать вещества, применяемые как теплоносители?**

- a. менять свои свойства в контакте с паром;
- b. быть химически стойкими в широком диапазоне температур;
- c. вступать в химическое взаимодействие с конструкционными материалами;
- d. разлагаться при изменении температуры.

**10. Устройство перегородок в межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника**

- a. упрощает его конструкцию;
- b. увеличивает скорость теплоносителя;
- c. облегчает очистку поверхностей нагрева;
- d. уменьшает гидравлическое сопротивление.

**12. Какие из перечисленных ниже теплоносителей могут использоваться в спиральных теплообменниках?**

- a. высоковязкие жидкости;
- b. вода;
- c. жидкости с взвешенными твердыми примесями;
- d. все перечисленные теплоносители.

**13. Целью проведения теплового конструктивного расчета теплообменника является**

- a. определение расходов теплоносителей;
- b. определение конечных температур теплоносителей;
- c. определение площади поверхности теплообмена;
- d. определение тепловой мощности аппарата.

14. Целью проведения теплового поверочного расчета теплообменника является

- a. определение площади поверхности теплообмена;
- b. определение конечных температур теплоносителей;
- c. определение площади поверхности теплообмена и конечных температур теплоносителей;
- d. нет правильного ответа.

15. Какое уравнение используется для определения поверхности теплообмена?

- a. - 1 1.  $Q_{\Gamma} = D(i'' - i')$
- b. - 2 2.  $Q_X = G_X \cdot C_X \cdot (t_K - t_H) + Q_{oc}$
- c. - 3 3.  $Q = KSA\Delta t_{cp}$
- d. – Нет правильного ответа

16. Какое из приведенных уравнений является уравнением теплового баланса для двух теплоносителей, один из которых перегретый пар, а другой - жидкость.

- a. - 1 1.  $G_1 c_1 (t_1^H - t_1^K) \eta = G_2 c_2 (t_2^K - t_2^H)$
- b. - 2 2.  $[G_{1мп.} (i_{п.п} - i_{нас}) + G_1 r] \eta = G_2 c_2 (t_2^K - t_2^H)$
- c. - 3 3.  $G_1 (i_1^H - i_1^K) \eta = G_2 c_2 (t_2^K - t_2^H)$
- d. – нет правильного ответа

17. Определите количество теплоты, передаваемое от горячего теплоносителя холодному, если средний температурный напор равен 50 К, коэффициент теплопередачи в теплообменнике составляет 0,8 кВт/(м<sup>2</sup>·К), а поверхность теплообмена – 2,5 м<sup>2</sup>.

- a. 150 кВт;
- b. 37,5 кВт;
- c. 100 Вт;
- d. нет правильного ответа.

18. В конденсаторе вода нагревается от 70 °С до 150 °С. Расход нагреваемой воды – 20 кг/с. Определите расход греющего пара, если разность энтальпий пара перед конденсатором и конденсата после конденсатора равна 2500 кДж/кг. Теплоемкость воды принять равной 4,2 кДж/(кг·°С). Потери теплоты в конденсаторе пренебречь.

- a. 148,8 кг/с;
- b. ≈ 2,7 кг/с;
- c. ≈ 148,8 т/ч;
- d. нет правильного ответа.

19. В противоточном теплообменнике один теплоноситель, охлаждаясь от температуры 65 °С до температуры 40 °С, нагревает другой теплоноситель от температуры 20 °С до температуры 50 °С. Определите средний температурный напор.

- a. 27,5 К;
- b. 17,5 К;
- c. 55 К;
- d. нет правильного ответа.

20. Количество теплоты, отдаваемое горячим теплоносителем в теплообменнике составляет 10 кВт. Определите потери теплоты, если коэффициент полезного действия теплообменника 80 %.

- a. 1,25 кВт;
- b. 8 кВт;
- c. 2 кВт;
- d. нет правильного ответа.

21. По какой формуле определяется коэффициент теплопередачи для плоской незагрязненной стенки?

- a. 
$$K = \frac{1}{\alpha_1 + \frac{\lambda_{ст}}{\delta_{ст}} + \alpha_2};$$



b. 
$$K = \frac{1}{\alpha_1 + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \alpha_2};$$

c. 
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\lambda_{ст}}{\delta_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

d. 
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

22. Если при конструктивном тепловом расчете теплообменника расчетная поверхность теплообмена получилась на 10...15 % меньше эскизной, то

- необходимо полностью повторить расчет;
- определение основных размеров аппарата можно считать законченным;
- необходимо на чертеже увеличить поверхность теплообмена на 10–15 %;
- необходимо на чертеже уменьшить поверхность теплообмена на 10–15 %.

23. Какой показатель характеризует компактность теплообменников?

- площадь теплообменных поверхностей;
- отношение площади поверхностей теплообмена к занимаемому ими объему;
- объем, занимаемый теплообменными поверхностями;
- нет правильного ответа.

24. Коэффициент теплоотдачи со стороны теплоносителя, протекающего внутри труб, значительно выше коэффициента теплоотдачи со стороны теплоносителя, протекающего в межтрубном пространстве. Целесообразно ли в таком случае развитие поверхности теплообмена за счет оребрения, и на какой поверхности труб целесообразно делать оребрение?

- нецелесообразно;
- целесообразно с обеих сторон;
- целесообразно на внутренней поверхности;
- целесообразно на наружной поверхности.

25. Основными недостатками регенеративных теплообменных аппаратов являются

- возможность смешивания нагреваемого и охлаждаемого теплоносителей в процессе работы и значительные напряжения, обусловленные разностью давлений теплоносителей;
- значительные напряжения, обусловленные разностью давлений теплоносителей и сложность расчета таких аппаратов;
- сложность расчета таких аппаратов и возможность смешивания нагреваемого и охлаждаемого теплоносителей в процессе работы;
- нет правильного ответа.

26. Из каких уравнений можно определить требуемую поверхность насадки регенератора

- $Q = KS\Delta t_{cp};$
- $Q_{ц} = W_{н} (t_{н}^h - t_{н}^k) = K_{ц} \Delta t_{cp} S_{нас};$
- $Q_{ц} = K_{ц} S (\bar{t}_{н} - \bar{t}_{ок}) = \alpha_{н} \tau_{н} (\bar{t}_{н} - \bar{\theta}_{н}) S = \alpha_{ок} \tau_{ок} (\bar{\theta}_{ок} - \bar{t}_{ок}) S;$
- $Q = \alpha S \Delta t_{cp}$

27. К достоинствам газожидкостных смесительных теплообменников можно отнести:

- высокую интенсивность тепло- и массообмена, неограниченность предельных температур охлаждения и нагрева сред, простоту конструкции;
- высокую интенсивность тепло- и массообмена, простоту конструкции, развитые поверхности контакта фаз;
- высокую интенсивность тепло- и массообмена, неограниченность предельных температур охлаждения и нагрева сред, развитые поверхности контакта фаз;
- неограниченность предельных температур охлаждения и нагрева сред, простоту конструкции, развитые поверхности контакта фаз.

28. Для каких целей применяются градирни?

- для нагрева жидкости за счет использования теплоты воздуха, пара или газа;
- охлаждения больших количеств циркуляционной воды от конденсаторов турбин за счет

- тепло- и массообмена при смешивании этой воды с воздухом;
- с) термовлажностной обработки воздуха в установках кондиционирования;
- д) очистки воздуха или газов от пыли и золы посредством промывания их водой.

**29. В каких смесительных теплообменниках контакт жидкости и газа происходит на поверхности капель распыляемой жидкости?**

- а) в безнасадочных форсуночных смесительных теплообменниках;
- б) трубчатых абсорберах;
- с) насадочных смесительных теплообменниках;
- д) барботажных тарельчатых теплообменниках.

**30. В каких смесительных теплообменниках контакт жидкости и газа происходит на поверхности пузырьков газа, движущихся через слой жидкости?**

- а) в безнасадочных форсуночных смесительных теплообменниках;
- б) трубчатых абсорберах;
- с) насадочных смесительных теплообменниках;
- д) барботажных и тарельчатых теплообменниках.

**31. Укажите недостаток безнасадочных форсуночных теплообменников по сравнению со смесительными теплообменниками других типов:**

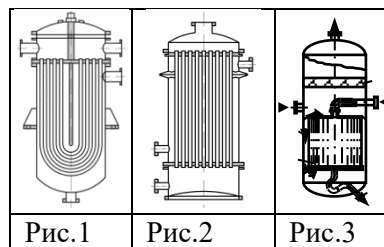
- а) большие габариты;
- б) сложная конструкция;
- с) высокое гидравлическое сопротивление;
- д) небольшие расходы обрабатываемого газа.

**32. В состав смесительных теплообменников какого типа входят конфузор, горловина и диффузор?**

- а) в состав безнасадочных форсуночных теплообменников;
- б) тарельчатых смесительных теплообменников;
- с) скоростных прямоточных абсорберов;
- д) насадочных смесительных теплообменников.

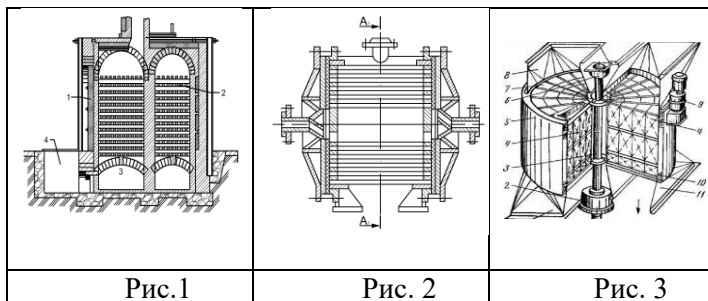
**33. На каком из приведенных рисунков изображен кожухотрубный нежесткой конструкции?**

- а. Рис. 1;
- б. Рис. 2;
- с. Рис. 3;
- д. на всех трех рисунках.

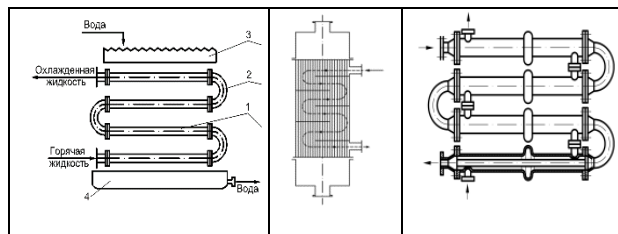


**34. На каком из приведенных рисунков изображен регенеративный теплообменник с подвижной насадкой?**

- а. Рис. 1;
- б. Рис. 2;
- с. Рис. 3;
- д. на всех трех рисунках.



**35. На каком из приведенных рисунков изображен теплообменник «труба в трубе» ?**

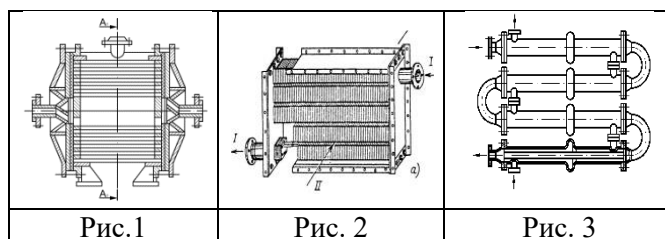


- a. Рис. 1;
- b. Рис. 2;
- c. Рис. 2; 3.
- d. на всех трех рисунках.

Рис.1	Рис. 2	Рис. 3
-------	--------	--------

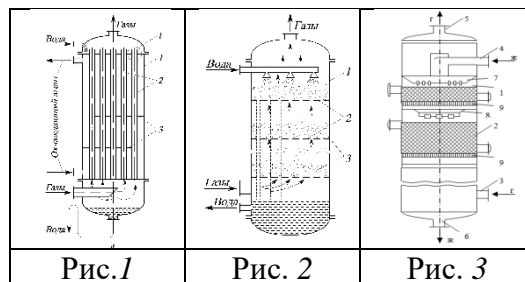
36. На каком из приведенных рисунков изображен оребренный теплообменник ?

- a. Рис. 1;
- b. Рис. 2;
- c. Рис. 2, 3;
- d. На всех трех рисунках.



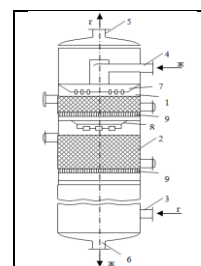
37. На каком из приведенных рисунков изображен трубчатый пленочный смешительный теплообменник?

- a) Рис. 1;
- б) Рис. 2;
- в) Рис. 3;
- г) на всех трех рисунках.



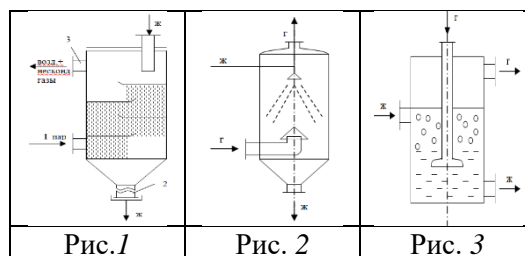
38. Схема какого аппарата приведена на рисунке?

- a) оребренного теплообменника;
- б) барботажного смешительного теплообменника;
- в) насадочного смешительного теплообменника;
- г) выпарного аппарата с центральной циркуляционной трубой.



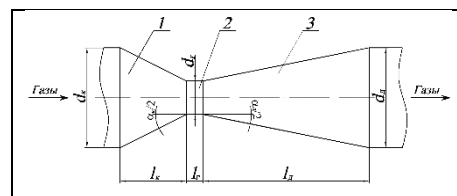
39. На каком из приведенных рисунков изображен полый контактный теплообменник?

- a) рис. 1;
- б) рис. 2;
- в) рис. 3;
- г) на всех трех рисунках.



40. Схема какого аппарата приведена на рисунке?

- a) барботажного смешительного теплообменника;
- б) тарельчатого смешительного теплообменника;
- в) насадочного смешительного теплообменника;
- г) струйного смешительного теплообменника.



## ТЕСТЫ (часть 2)

1. Какие процессы протекают при сушке материала?

- a. только теплообменные;
- b. только массообменные;
- c. теплообменные и массообменные;
- d. нет правильного ответа.

2. В сушилках какого типа тепло для процесса несет газообразный сушильный агент, непосредственно соприкасающийся с поверхностью материала?

- a. в терморadiационных сушилках;
- b. в сублимационных сушилках;

- c. в конвективных сушилках;
- d. нет правильного ответа.

**3. В сушилках какого типа материал высушивается при замораживании под вакуумом?**

- a. в терморadiационных сушилках;
- b. в сублимационных сушилках;
- c. в диэлектрических сушилках;
- d. нет правильного ответа.

**4. Влагосодержание материала определяется как**

- a. отношение массы влаги к массе сухого материала, выраженное в относительных единицах;
- b. отношение массы влаги к массе сухого материала, выраженное в процентах;
- c. отношение массы влаги ко всей массе влажного материала, выраженное в процентах;
- d. нет правильного ответа.

**5. По достижении системой “материал–окружающая среда” равновесного состояния влагосодержание материала**

- a. будет увеличиваться;
- b. будет уменьшаться;
- c. будет оставаться постоянным при любых условиях;
- d. будет оставаться постоянным до тех пор, пока не изменится температура или относительная влажность окружающего воздуха.

**6. Если точка, отражающая параметры состояния материала, лежит ниже кривой равновесной влажности (изотермы десорбции), то материал**

- a. содержит связанную и свободную влагу и находится во влажном состоянии;
- b. содержит связанную и свободную влагу и находится в гигроскопическом состоянии;
- c. содержит только свободную влагу и находится во влажном состоянии;
- d. содержит только связанную влагу и находится в гигроскопическом состоянии.

**7. Какое уравнение описывает внутренний тепломассообмен в материале?**

- a. 1)  $q = -\lambda \nabla t + \alpha_m \rho_0 (-i_u \nabla U \pm i_t \delta \nabla t \pm i_p \delta_p \nabla P)$
- b. 2)  $q = \alpha \cdot (\bar{t}_c - \bar{t}_M)$
- c. 3)  $g = \beta_p (P_M - P_c)$
- d. нет правильного ответа

**8. Что в уравнении интенсивности отвода испаряющейся влаги от поверхности испарения обозначается буквой  $\beta_p$  ?**

- a. коэффициент теплоотдачи;
- b. коэффициент теплопередачи;
- c. коэффициент массопередачи;
- d. коэффициент теплопроводности.

**9. Какое уравнение описывает интенсивность переноса влаги под действием градиента влагосодержания**

- a. 1)  $g_{\nabla U} = -\alpha_m \rho_0 \nabla U,$
- b. 2)  $g_{\nabla t} = -\alpha_m \delta \rho_0 \nabla t,$
- c. 3)  $g_{\nabla p} = -\alpha_m \rho_0 \delta_p \nabla P$
- d. нет правильного ответа

**10. Что называется кривой сушки?**

- a. графическая зависимость, характеризующая изменение по объему высушиваемого материала средних значений влагосодержания с течением времени;
- b. графическая зависимость, характеризующая изменение по объему высушиваемого материала температуры материала с течением времени;
- c. графическая зависимость, характеризующая изменение по объему высушиваемого материала температуры влаги в материале с течением времени;
- d. графическая зависимость, характеризующая изменение по объему высушиваемого материала скорости сушки с течением времени.

**11. В периоде постоянной скорости скорость сушки**

- a. равна нулю;
- b. составляет около 25 % от максимальной;
- c. составляет около 50 % от максимальной;
- d. имеет максимальное значение.

**12. В периоде падающей скорости сушки температура материала**

- a. понижается;
- b. постоянна;
- c. растет;
- d. может понижаться, быть постоянной или расти.

**13. В течение периода постоянной скорости сушки скорость внешней диффузии влаги зависит**

- a. только от температуры поверхности материала;
- b. только от скорости движения сушильного агента вдоль поверхности материала;
- c. от вышеперечисленных факторов;
- d. нет правильного ответа.

**17. Материальный баланс процесса сушки по всему материалу, подвергаемому сушке, имеет вид**

- a.  $G_1 = G_2 + W$ ;
- b.  $G_1 + BQ_H^p = G_2 + W$ ;
- c.  $G_1 + BQ_H^p = G_2$ ;
- d.  $G_1 = G_2$ .

**18. Материальный баланс по влаге (по сушильному агенту) имеет вид**

- a.  $LX_0 + W = LX_2$ ;
- b.  $LX_0 - W = LX_2$ ;
- c.  $L_0X_0 = L_2X_2$ ;
- d.  $L_0X_0 + BQ_H^p = L_2X_2$ .

**19. Материал, подаваемый на сушку, имеет влажность 50 %. В процессе сушки влажность материала уменьшается до 25 %. Определите количество влаги, удаляемой из материала при сушке в единицу времени, если расход высушенного материала 30 кг/с.**

- a. 10 кг/с;
- b. 60 кг/с;
- c. 15 кг/с;
- d. 20 кг/с.

**20. Определите внутренний баланс сушильной камеры по сушильному агенту, если перед сушилкой его энтальпия равнялась 2800 кДж/кг, влагосодержание – 0,25 кг/кг, а после сушилки энтальпия равнялась 2720 кДж/кг, влагосодержание – 0,45 кг/кг.**

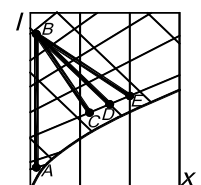
- a. 100 кДж/кг;
- b. 250 кДж/кг;
- c. 400 кДж/кг;
- d. 50 кДж/кг.

**21. Определите удельный расход воздуха на сушку, если в ходе процесса его влагосодержание изменяется от 0,15 кг/кг до 0,25 кг/кг.**

- a. 1,2 кг/кг;
- b. 0,4 кг/кг;
- c. 2,5 кг/кг;
- d. 10,0 кг/кг.

**22. Какая из линий, представленных на рисунке, является линией действительной сушки с дополнительным подогревом сушильного агента?**

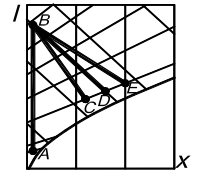
- a. AB
- b. BC
- c. BD
- d. BE



Рисунок

23. Какая из линий, представленных на рисунке, является линией теоретической сушки?

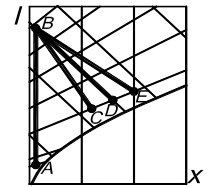
- a AB
- b BC
- c BD
- d BE



Рисунок

24. Какая из линий, представленных на рисунке, является линией действительной сушки без дополнительного подогрева сушильного агента?

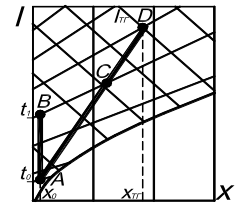
- A AB
- b BC
- c BD
- d BE



Рисунок

25. Какая точка на рисунке характеризует состояние смеси топочных газов с параметрами  $t_{тг}$ ,  $x_{тг}$  и воздуха с параметрами  $t_0$ ,  $x_0$  на входе в сушильную камеру?

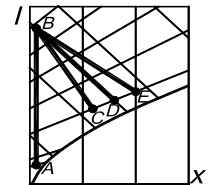
- a A
- b B
- c C
- d. D



Рисунок

26. Какая из линий, представленных на рисунке, характеризует процесс нагрева сушильного агента в калорифере перед сушилкой?

- a AB
- b BC
- c BD
- d. BE



Рисунок

27. Сушку каких изделий можно осуществлять в туннельных сушилках?

- a. только твердых дисперсных изделий;
- b. кусковых и сыпучих материалов;
- c. только штучных изделий;
- d. нет правильного ответа.

28. Сушка каких материалов осуществляется в сушилках “кипящего” слоя?

- a. кусковых и сыпучих материалов диаметром до 70 мм;
- b. кусковых и сыпучих материалов диаметром свыше 70 мм до 150 мм;
- c. кусковых и сыпучих материалов диаметром свыше 150 мм;
- d. штучных материалов.

29. Каким образом организуется движение сушильного агента в камерной сушилке?

- a. сушильный агент подается сверху по центральному каналу и отводится снизу по боковым каналам;
- b. сушильный агент подается снизу по центральному каналу и отводится снизу по боковым каналам;
- c. сушильный агент подается снизу по боковым каналам и отводится сверху по центральному каналу;
- d. сушильный агент подается снизу по боковым каналам и отводится снизу по центральному каналу.

30. Чем выше коэффициент заполнения барабанной сушилки, тем

- a. большее количество материала загружено в барабан;
- b. большая поверхность материала участвует в теплообмене с сушильным агентом;
- c. большее количество материала загружено в барабан, и большая поверхность материала участвует в теплообмене с сушильным агентом;
- d. нет правильного ответа.

31. Сушилки “кипящего” слоя по сравнению с барабанными сушилками той же производительности

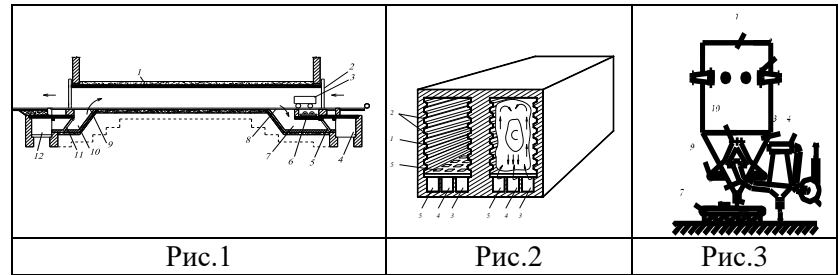
- a. более компактны;
- b. сопоставимы по габаритам;
- c. менее компактны;
- d. нет правильного ответа.

32. Как осуществляется сушка материала в сушилках “кипящего” слоя

- a. твердые частицы начинают плавиться и при этом происходит испарение влаги;
- b. сушка осуществляется во взвешенном слое материала;
- c. сушка осуществляется острым паром;
- d. нет правильного ответа.

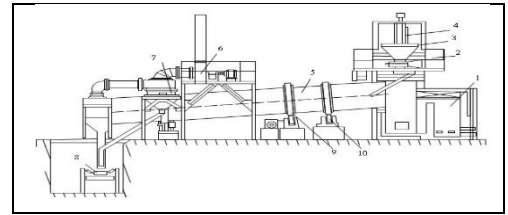
**33. На каком из рисунков приведена схема распылительной сушилки?**

- a. Рис.1;
- b. Рис.2;
- c. Рис.3;
- d. нет правильного ответа.



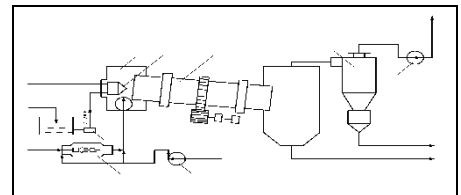
**34. Схема какой сушильной установки приведена на рисунке?**

- a. пневматической;
- b. «кипящего слоя»;
- c. туннельной;
- d. барабанной.



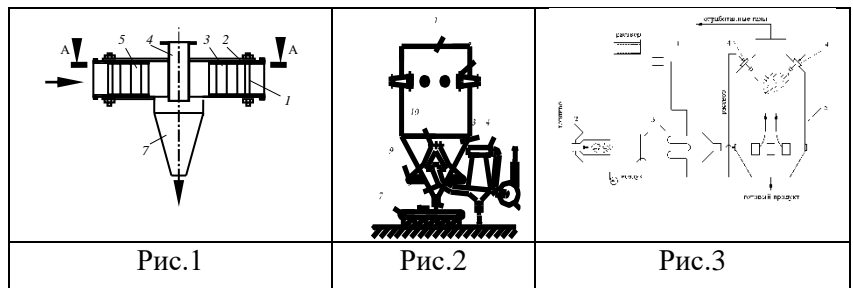
**35. Схема какой сушильной установки приведена на рисунке?**

- a. сушилки термостойких растворов;
- b. распылительной;
- c. барабанной сушилки- гранулятора;
- d. пневматической.



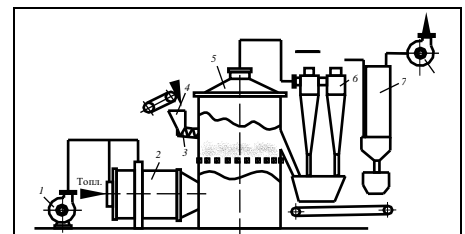
**36. На каком из рисунков приведена схема сушилки термостойких растворов?**

- a. Рис.1;
- b. Рис.2;
- c. Рис.3;
- d. нет правильного ответа.



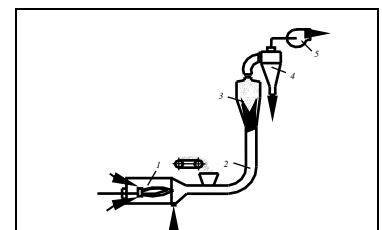
**37. Схема какой сушильной установки приведена на рисунке?**

- a. «кипящего» слоя;
- b. пневматической;
- c. распылительной;
- d. барабанной сушилки- гранулятора.



**38. Схема какой сушильной установки приведена на рисунке?**

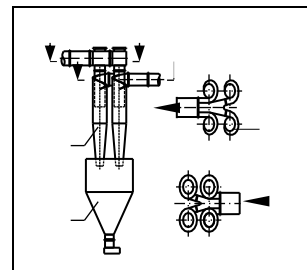
- a. аэрофонтанной;
- b. распылительной;
- c. «кипящего» слоя;
- d. пневматической.





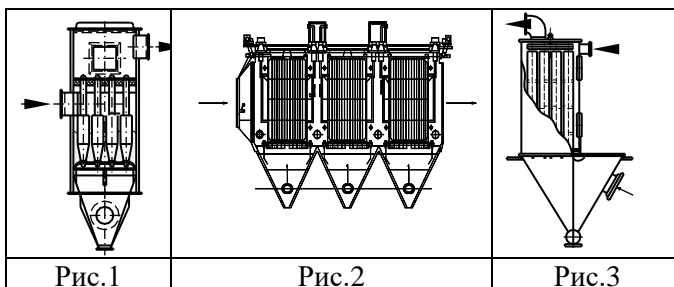
39. Схема какого аппарата для обеспыливания газов приведена на рисунке?

- рукавного фильтра;
- батарейного циклона;
- электрофилтра;
- группового циклона.



40. На каком из рисунков приведена схема рукавного фильтра?

- Рис.1;
- Рис.2;
- Рис.3;
- нет правильного ответа



### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом преимуществ и недостатков выбранной теплотехнологической схемы, назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

В графической части проекта студент должен объяснить назначение каждого аппарата в теплотехнологической схеме или узла основного агрегата, их устройство и принцип действия. Кроме того, проверяются теоретические знания по данной теме.

#### Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для защиты курсового проекта

- Методы обезвоживания материала. Тепловая сушка.
- Виды сушки и области их применения.
- Параметры влажных материалов и сушильного агента.
- Классификация высушиваемых материалов по структуре. Перечислите и охарактеризуйте виды связи влаги с материалом.
- Конвективная сушка. Классификация и характеристики сушильного агента.
- Материальный баланс конвективных сушилок.
- Тепловой баланс конвективных сушилок.
- Теплотехнологические схемы сушильных установок. Изображение изменения состояния сушильного агента на I – X диаграмме. Основной сушильный вариант, сушка топочными газами.

9. Определение неорганизованных (балластных) присосов воздуха и тепловой экономичности процесса сушки с использованием графического изображения процесса сушки на I-x диаграмме.
10. Тепловая экономичность сушилок. Влияние различных факторов процесса на тепловую экономичность.
11. Принципы энергосберегающей технологии сушки.
12. Распылительные сушилки. Устройство, принцип действия, и эксплуатационные характеристики, преимущества и недостатки.
13. Устройство, принцип действия и эксплуатационные характеристики туннельной сушилки, преимущества и недостатки.
14. Устройство, принцип действия и эксплуатационные характеристики барабанных сушилок, преимущества и недостатки.
15. Опишите устройство различных внутренних насадок барабанных сушилок и целесообразность их применения в каждом конкретном случае.
16. Устройство, принцип действия и эксплуатационные характеристики сушилок «кипящего» слоя и эксплуатационные характеристики сушилок «кипящего» слоя, преимущества и недостатки.
17. Опишите конструкции газораспределительных решеток, преимущества и недостатки каждой конструкции.
18. Устройство, принцип действия и принцип действия сушилок «кипящего» слоя прямоугольного сечения. В каких случаях их целесообразно применять?
19. Опишите устройство и принцип действия пневматических сушилок.
20. Выбор оптимального способа и режима сушки. Критерии оптимальности.

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

#### **Лабораторные занятия**

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, для каждой работы указана цель, имеются необходимые теоретические сведения (разобраны основные понятия по теме работы и произведено описание лабораторной установки) и методические указания к порядку выполнения и обработке результатов, приведен перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после допуска к выполнению, выполнения (снятия показаний приборов), обработки результатов, оформления отчета, проверки правильности выполнения задания. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Изучение кинетики процесса сушки в конвективной сушилке (ПК-4.1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой технологический процесс называется сушкой?</li> <li>2. Что такое потенциал сушки?</li> <li>3. К каким процессам относится сушка?</li> <li>4. Виды сушки.</li> <li>5. Что такое критическое и равновесное влагосодержание?</li> <li>6. Что называют скоростью сушки?</li> <li>7. При каких условиях скорость сушки в первом периоде постоянна и от каких факторов она зависит?</li> <li>8. Чем определяется скорость сушки во втором периоде?</li> <li>9. Как изменяется температура материала в процессе конвективной сушки?</li> <li>10. Как влияет скорость воздуха на скорость сушки в I и II периодах?</li> </ol>
2.	Лабораторная работа №2. Изучение процесса сушки материала в сушилке "кипящего слоя" (ПК-4.1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем преимущества и недостатки сушилки "кипящего слоя" перед другими сушилками твердого зернистого материала?</li> <li>2. Чем объясняется повышенное энергопотребление в сушилках "кипящего слоя".</li> <li>3. Какая теплотехнологическая схема сушки называется основным сушильным вариантом?</li> <li>4. В чем отличие действительной сушилки от теоретической? Изобразите процессы в этих сушилках на I-X диаграмме.</li> <li>5. Что служит показателем тепловой экономичности процесса сушки?</li> <li>6. Какие параметры сушильного агента влияют на тепловую экономичность сушки по основному сушильному варианту?</li> <li>7. Что называется удельным расходом воздуха на сушку?</li> <li>8. Как влияет температура сушильного агента на входе в сушилку на удельный расход воздуха?</li> <li>9. Как влияет температура сушильного агента на входе в сушилку тепловую экономичность сушилки?</li> <li>10. Как влияет температура сушильного агента на выходе из сушилки на тепловую экономичность сушилки?</li> <li>11. Сушка воздухом и топочными газами, их преимущества и недостатки</li> <li>12. Каков физический смысл понятия КПД сушильной установки и как его можно вычислить для теоретической сушилки?</li> <li>13. Что характеризует и в каком расчете используется величина удельной объемной производительности сушилки по влаге?</li> </ol>
3.	Лабораторная работа №3. Изучение процесса теплопередачи в рекуперативном теплообменном аппарате (ПК-4.1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какими условиями определяется стационарный и нестационарный теплообмен?</li> <li>2. В чем отличие поверхностных теплообменников от контактных, рекуперативных от регенеративных?</li> <li>3. Основные теплотехнические и эксплуатационные характеристики промышленных теплообменников типа "труба в трубе".</li> <li>4. С какой целью составляется тепловой баланс теплообменника?</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>5. Напишите уравнение теплового баланса для двухпоточного теплообменника, если оба теплоносителя – жидкости.</p> <p>6. Напишите уравнение теплового баланса для двухпоточного теплообменника, если один из теплоносителей жидкость, а другой – насыщенный пар.</p> <p>7. Напишите уравнение теплового баланса для двухпоточного теплообменника, если один из теплоносителей жидкость, а другой – перегретый пар.</p> <p>8. Из какого уравнения определяют площадь поверхности теплообмена при расчете рекуперативного теплообменника.</p> <p>9. Физический смысл коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи.</p> <p>10. Методика расчета коэффициента теплоотдачи при стационарном теплообмене.</p> <p>11. Какие критериальные уравнения используются при определении коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции?</p> <p>12. Какие критериальные уравнения используются при определении коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции?</p> <p>13. Влияет ли изменение направления одного из теплоносителей на величину среднего температурного напора?</p> <p>14. Влияет ли направление движения теплоносителей на величину среднего температурного напора, если меняется агрегатное состояние хотя бы одного из теплоносителей?</p> <p>15. В каком случае при расчете рекуперативного теплообменника вместо среднелогарифмической разности температур можно воспользоваться среднеарифметической?</p> <p>15. Как определить термическое сопротивление незагрязненной поверхности теплообмена?</p> <p>16. Способы интенсификации теплопередачи.</p>
4.	Лабораторная работа №4. Определение энергозатрат на выпаривание раствора в поверхностном выпарном аппарате (ПК-4.1)	<p>1. Какой технологический процесс называют выпариванием?</p> <p>2. Что является движущей силой процесса выпаривания?</p> <p>3. Какими способами осуществляется процесс выпаривания?</p> <p>4. Перечислить конструкции выпарных аппаратов.</p> <p>5. Напишите уравнение материального баланса выпарного аппарата непрерывного действия.</p> <p>6. Напишите уравнение теплового баланса выпарного аппарата непрерывного действия.</p> <p>7. Как подсчитать тепловую нагрузку однокорпусного выпарного аппарата?</p> <p>8. Как определить температуру кипения раствора?</p> <p>9. Как повысить тепловую экономичность выпарной установки?</p>

## Практические занятия

На практических занятиях производится разбор методик расчета тепломассообменных процессов и установок, а также решение разноуровневых задач.

Индикатор ПК-4.1

**Задача**

Определить количество передаваемой теплоты в противоточном конденсаторе, в котором конденсируется 850 кг/ч пара сероуглерода под атмосферным давлением. Пар сероуглерода поступает в конденсатор с температурой 90 °С. Жидкий сероуглерод выходит из конденсатора при температуре 8 °С ниже температуры конденсации. Удельная теплоемкость пара сероуглерода  $0,67 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К).

**Задача**

По какой температуре будут нагреты глухим паром 2 т раствора хлористого кальция, если расход греющего пара ( $p=2$  кгс/см<sup>2</sup>, т.е. 0,2 МПа) за 2,5 ч составил 200 кг, а расход теплоты на нагрев аппарата и потери теплоты в окружающую среду составляют в среднем 2030 Вт? Начальная температура раствора 10 °С. Удельная теплоемкость раствора  $2,5 \times 10^3$  Дж/(кг · К).

**Задача**

Во сколько раз увеличится термическое сопротивление стенки стального заеэвика, свернутого из трубы диаметром 38 x 2,5 мм, если покрыть его слоем эмали толщиной 0,5 мм? Считать стенку плоской. Коэффициент теплопроводности 1,05 Вт/(м·К).

**Задача**

Горячий концентрированный раствор, выходящий из выпарного аппарата с температурой 106 °С, используется для подогрева до 50 °С холодного разбавленного раствора, поступающего на выпарку с температурой 15 °С. Концентрированный раствор охлаждается до 60 °С. Определить среднюю разность температур для прямоточной и противоточной схем.

**Задача**

В многоходовом кожухотрубчатом теплообменнике, имеющий четыре хода в трубном пространстве и один в межтрубном, толуол охлаждается водой от 106 до 30 °С. Вода, проходящая по трубам, нагревается от 10 до 34 °С. Определить среднюю разность температур в теплообменнике.

**Задача**

Метан под избыточным давлением 5 кгс/см<sup>2</sup> ( $\approx 0,5$  МПа) проходит по межтрубному пространству кожухотрубчатого теплообменника параллельно трубам со скоростью 4,6 м/с. Средняя температура метана 75 °С. Теплообменник состоит из 37 стальных труб диаметром 18 x 2 мм, заключенных в кожух, внутренний диаметр которого 190 мм. Определить коэффициент теплоотдачи.

**Задача**

Вода нагревается в условиях свободного движения. Наружный диаметр горизонтальных труб 76 мм. Определить коэффициент теплоотдачи, если температуру поверхности трубы принять равной 45 °С. Средняя температура воды 25 °С.

**Задача**

Кожухотрубчатый противоточный теплообменник перед контактными аппаратом на сернокислотном заводе имеет поверхность теплообмена 360 м<sup>2</sup>.

Очищенный газ колчеданных печей поступает в межтрубное пространство теплообменника при 300 °С, выходит при 430 °С. Горячий газ из контактного аппарата выходит в трубы теплообменника при 560 °С. Расход газа 10 т/ч, удельная теплоемкость газа в среднем  $1,05 \times 10^3$  Дж/(кг·К). Потери теплоты через кожух теплообменника составляют 10% от количества теплоты, полученного нагревающимся газом. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике.

### Задача

Аппарат изолирован слоем шамотного кирпича толщиной 125 мм [ $\lambda = 0,68$  Вт/(м·К)] и слоем изоляционной массы [ $\lambda = 0,12$  Вт/(м·К)]. Температура наружной поверхности металлической стенки аппарата 500 °С. Найти достаточную толщину изоляционного слоя, чтобы температура его наружной поверхности не превышала 50 °С при температуре воздуха в цехе 25 °С.

### Задача

На складе оборудования имеется кожухотрубчатый теплообменник, состоящий из 19 латунных труб диаметром 18 x 2 мм, длиной 1,2 м. Достаточно ли его поверхность для конденсации 350 кг/ч насыщенного пара этилового спирта, если принять коэффициент теплопередачи равным 700 Вт/м<sup>2</sup>·К, начальную температуру воды 15 °С, а конечную 35 °С. Конденсация спирта предполагается при атмосферном давлении, жидкий спирт отводится при температуре конденсации.

### Задача

В выпарной аппарат поступает 1,4 т/ч 9% раствора, который упаривается под атмосферным давлением до конечной концентрации 32% (масс.). Разбавленный раствор поступает на выпарку с температурой 18 °С. Упаренный раствор выводится из аппарата при 105 °С. Удельная теплоемкость разбавленного раствора 3,8 кДж/(кг·К). Расход греющего насыщенного водяного пара с избыточным давлением  $p_{изб} = 2$  кгс/см<sup>2</sup> составляет 1450 кг/ч. Влажность греющего пара 4,5%. Определить потерю теплоты в окружающей среде.

### Задача

2200 кг/ч разбавленного водяного раствора упаривается от 7 до 24 % (масс.) под атмосферным давлением. Разбавленный раствор подается в выпарной аппарат при 19 °С. Температурная депрессия 3,5 К, гидростатическая 3,0 К, гидравлическая 1,0 К. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара  $p_{изб} = 2$  кгс/см<sup>2</sup>. Коэффициент теплопередачи 1100 Вт/ м<sup>2</sup>·К. Определить требуемую поверхность теплообмена в аппарате и расход греющего пара, принимая потери теплоты в окружающую среду в размере 5% от суммы ( $Q_{нагр} + Q_{исп}$ ) и влажность греющего пара 5%

### Задача

В противоточном скруббере пары ацетона поглощаются водой. Начальная концентрация ацетона в газе - 0,04 кмоль ац. / кмоль г., конечная - 0,009 кмоль ац./кмоль г. Вода, поступающая в скруббер ацетона, не содержит. Концентрация ацетона в воде, вытекающей из аппарата 0,03 кмоль ац./ кмоль г. Уравнение равновесной линии в относительных мольных единицах  $y^* = 0,120 X$ . Определить среднюю движущую силу при поглощении из газа паров ацетона водой.

### Задача

В ректификационной колонне происходит разделение бензольно-толуольной смеси при следующих условиях: количество дистиллята 1100 кг/час; число флегмы 3,65; начальная и конечная температуры охлаждающей воды 100С и 45 °С; коэффициент теплопередачи 730 Вт/(м<sup>2</sup>· К). Считать дистиллят за чистый бензол. Давление в колонне атмосферное. Определить требуемую поверхность и расход воды в дефлегматоре

### Задача

Найти средний потенциал сушки в теоретической сушилке при  $t_0=20^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0,7\%$ ,  $t_2=50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 0,4\%$ . Испарение идет при температуре мокрого термометра.

### Задача

Какое количество влаги удаляется из материала в сушилке, если воздух поступает в сушилку в количество 200 кг/ч (считая абсолютно сухой воздух) с  $t_1=95^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_1 = 5\%$ , а уходит из сушилки с  $t_2=50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 60\%$ ? Определить так же удельный расход воздуха.

### Задача

В теоретической сушилке из высушиваемого материала удаляется 100 кг/ч влаги при следующих условиях:  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0,8\%$ ,  $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 0,6\%$ ,  $P = 750$  мм рт.ст. Определить расход воздуха

### Задача

Влажный материал с начальной влажностью 33%, критической 17% и равновесной 2%, высушивается при постоянных условиях сушки до 9% влажности в течение 8ч. Определить продолжительность сушки до 3% влажности в тех же условиях. Влажность дана в процентах от массы абсолютно сухого вещества.

### Задача

Определить КПД теоретической сушки, если состояние воздуха в ней меняется от  $\varphi_0 = 0,7\%$  и  $t_0=20^\circ\text{C}$  до  $\varphi_2 = 0,6\%$   $t_2=50^\circ\text{C}$ . Влага испаряется при температуре мокрого термометра.

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

### Промежуточная аттестация в форме зачета

Используется следующая шкала оценивания: зачтено/не зачтено.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-4 Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства ПК-4.1. Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей и процессов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы

	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать, и делать выводы
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов выполненных заданий

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Показатели оценивания результата обучения по дисциплине

При промежуточной аттестации в форме **зачета**:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения
Знание основных закономерностей и процессов	Не знает основных процессов, протекающих в теплообменных установках, а также физические законы, которым они подчиняются	Знает основные процессы, протекающие в теплообменных установках, а также физические законы, которым они подчиняются
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает материал дисциплины в достаточном объеме
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Грамотно и, по существу, излагает знания

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено полностью
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено без существенных ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно



Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать, и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно
Анализ результатов выполненных заданий	Не произведен анализ результатов выполненного задания при необходимости такого анализа	Произведен анализ результатов выполненного задания и сделаны выводы

### Промежуточная аттестация в форме экзамена

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства
	ПК-4.1. Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции
	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
Умения	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать, и делать выводы
Навыки	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
	Выбор методики выполнения задания

	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов организации работы теплотехнологических схем с тепломассообменным оборудованием	Знает основные закономерности, соотношения, принципы теплотехнологических схем с тепломассообменным оборудованием	Знает основные закономерности, соотношения, принципы организации теплотехнологических схем с тепломассообменным оборудованием; их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы организации теплотехнологических схем с тепломассообменным оборудованием и может самостоятельно их объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и, по существу, излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5

Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок. Грамотно использует математический аппарат и основные методики расчета высокотемпературных процессов и установок.
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания

Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; информационные стенды; лабораторные установки: конвективная сушилка, сушилка «кипящего» слоя, рекуперативный теплообменный аппарат, выпарная установка.
2.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) KasperskyEndpointSecurity от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	GoogleChrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	MozillaFirefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Губарева В.В. Тепломассообменное оборудование предприятий. Учебное пособие. / В.В. Губарева, А.В. Губарев – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – 210 с. - <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017010913205590000000653645>

2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. / А. .Г Касаткин. – 10-е изд., стереотип. дораб. – М.: Альянс, 2004. – 752с.

3. Губарева В.В. Расчет и проектирование конвективных сушильных установок. Учебное пособие./В.В. Губарева – Белгород, БГТУ им. В.Г.Шухова, 2014.– 118с.; - <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015013012263185900000652122>.

4. Губарева В.В. Проектирование трубчатых рекуперативных теплообменных аппаратов. Учебное пособие. / В.В. Губарева – Белгород, БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014.– 61 с.; - <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015013012404399000000655473>.

5. Романков П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / П. Г. Романков В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2010. - 544 с. – <http://www.iprbookshop.ru/22539>. - ISBN 978-5-93808-182-6: Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
6. Губарева В.В. Тепломассообменное оборудование предприятий – Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления бакалавриата 13.01.03 – Теплоэнергетика и теплотехника профиля подготовки "Энергообеспечение предприятий"– Белгород, БГТУ им. В.Г.Шухова, 2015. – 48 с.
7. Жуков А. Д. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Д. Жуков – Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014. – 252 с. – <http://www.iprbookshop.ru/27038>. - ISBN 978-5-7264-0897-2: Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
8. Пузиков Н.Т., Болдин С.В. Расчёт режима сушки керамических изделий продуктами сгорания природного газа [Электронный ресурс] – Методические указания/ Н.Т. Пузиков, С.В. Болдин – Нижний Новгород: Нижегородский гос. архитектурно-строительный университет, 2014, – <http://www.iprbookshop.ru/54965>. – ЭБС «IPRbooks».
9. Шалай В.В. и др. Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах [Электронный ресурс] – Практикум / В.В. Шалай и др. – Омск: Омский государственный технический университет, 2015: <http://www.iprbookshop.ru/58098>. – ЭБС «IPRbooks»
10. Бегляров А.Э. Основы проектирования тепловых установок [Электронный ресурс] - учебное пособие/ А.Э. Бегляров - М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, 2015 - <http://www.iprbookshop.ru/40576>.- ЭБС «IPRbooks»
11. Быстрицкий, Г.Ф., Киреева Э.А. Справочная книга по энергетическому оборудованию предприятий и общественных зданий [Электронный ресурс] – учебник / Г. Ф. Быстрицкий, Э.А. Киреева - М.: Машиностроение, 2011- <https://e.lanbook.com/reader/book/3313/#1>

#### **6.4. Перечень интернет-ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Лань. Электронно-библиотечная система. Режим доступа: <https://e.lanbook.com>