

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

*Миссия*  
С.Т.Князев  
«25» *октября* 2018 г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рекомендована Учебно-методическим советом Физико-технологического института  
для направлений подготовки и специальностей



Код ООП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) про- граммы маги- стратуры/ специ- ализации	Номер учебного плана	Код дисци- плины по учебному плану
18.05.02/ <i>02.01</i>	Химическая техноло- гия материалов со- временной энергетики (ФГОС ВО)	Химическая техно- логия материалов современной энер- гетики	5073	Б1.25

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:


№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Долматова Мария Олеговна	к.т.н.	доцент	Машины и аппараты химических производств	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):


№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Редких металлов и наноматериалов (выпускающая ка- федра)	20.09.18	№3	В.Н. Рычков	
2	Машины и аппара- ты химических производств (ка- федра, преподаю- щая дисциплину)	8.10.18	№12	А. П. Хомяков	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных  
программ и организации учебного процесса

 Р.Х. Токарева

Председатель учебно-методического совета  
Физико-технологического института  
Протокол № 2 от 12.10.2018 г.

 С.В. Никифоров

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

## Процессы и аппараты химической технологии

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
18.05.02	Химическая технология материалов современной энергетики (ФГОС ВО)	17.10.2016	№ 1291

### 1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

Общекультурные компетенции:

- Способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-4).
- Готовностью свободно пользоваться литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, способностью в письменной и устной речи правильно (логично) оформить результаты мышления (ОК-5).
- Способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ОК-12).

Общепрофессиональные компетенции:

- Способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1).
- Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).
- Способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели (ОПК-3).

Профессиональные компетенции:

- Способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1).
- Способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2).
- Способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3).
- Способностью представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12).



- Способностью к проведению анализа технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства (ПК-18).
- Способностью к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ (ПК-20).

#### Дополнительные профессиональные компетенции

- Способность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов (ПКД-1).
- Владение основными методами защиты производственного персонала от возможных последствий аварий (ПКД-3).

### 1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

#### Знать:

- явления переноса импульса, массы и энергии;
- принципы физического моделирования химико-технологических процессов;
- основные уравнения движения газов и жидкостей;
- основы теории тепло- и массообмена;
- основы массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз;
- методы расчета высокоэффективных тепло- и массообменных аппаратов;
- основы теории процессов в химических реакторах;
- основные аппараты и оборудование химической технологии;
- методику выбора реактора и расчета процесса в нем.

#### Уметь:

- определять основные характеристики химических процессов, процессов тепло- и массопередачи;
- рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.

#### Владеть:

- методами определения технологических и экономических показателей работы аппаратов;
- методами выбора конструкции промышленных аппаратов.

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Б1.10 Высшая математика, Б1.11 Информатика, Б1.12 Физика, Б1.13 Общая и неорганическая химия, Б1.15 Аналитическая химия
2. Кореквизиты	Б1.16 Физическая и коллоидная химия
3. Постреквизиты	Б1.24 Общая химическая технология, Б1.27 Системы управления химико-технологическими процессами, Б1.30 Физико-химические основы технологии редких элементов,



	Б1.31 Технология конструкционных материалов современной энергетики, Б1.33 Технология радиоактивных элементов и ядерного топлива, энергетики, Б1.32 Спецпрактикум, Б1.39 УИРС
--	--

#### 1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)		
	Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)	5	6	7
<b>Аудиторные занятия, час.</b>	<b>170</b>	<b>170</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>34</b>
Лекции, час.	68	68	34	34	-
Практические занятия, час.	34	34	-	-	34
Лабораторные работы, час.	68	68	34	34	-
<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.</b>	<b>150</b>	<b>25,50</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>34</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>40</b>	<b>8,91</b>	<b>Экзамен, 18</b>	<b>Экзамен, 18</b>	<b>Зачет, 4</b>
<b>Общая трудоемкость по учебному плану, час.</b>	<b>360</b>	<b>204,41</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>72</b>
<b>Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.</b>	<b>10</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

#### 1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Содержание дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» позволит студентам овладеть общими подходами к рассмотрению явлений и процессов химической технологии, к постановке технологических задач, к возможности математического описания и анализа, различных химико-технологических процессов.

Изучение дисциплины требует от студентов специальных знаний по общим математическим и естественнонаучным дисциплинам. Данной дисциплине должны предшествовать такие учебные дисциплины: высшая математика, физика, физическая химия. Знания, полученные студентами в ходе изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», будут востребованы в дальнейшем при изучении дисциплин «Общая химическая технология», «Системы управления химико-технологическими процессами».

Обучающимся предоставляется возможность получить комплексное всестороннее представление о теоретических основах механических, гидромеханических, тепловых и массообменных процессов химической технологии, конструкциях типовых аппаратов, овладеть подходами к математическому моделированию основных процессов химической технологии, методами расчета и принципами рационального аппаратного оформления. Дисциплина включает обширный лабораторный практикум.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р1	Гидромеханические процессы и аппараты	<p>Предмет, цели и задачи курса ПАХТ. Классификация основных процессов химической технологии. Основные понятия и законы, лежащие в основе науки о ПАХТ. Измельчение твердых материалов. Физико-химические основы измельчения. Расход энергии. Крупное дробление. Среднее дробление. Мелкое дробление. Дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. Тонкое измельчение. Сверхтонкое измельчение. Мельницы. Классификация и сортировка материалов. Грохочение. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация. Смешение твердых материалов. Разделение неоднородных систем. Классификация неоднородных систем и их характеристика. Основные способы разделения и их экологическое значение. Общие закономерности движения частиц в газе или жидкости. Разделение газовых неоднородных систем. Разделение газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Скорость осаждения. Конструкции аппаратов для разделения газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Принцип работы. Расчет аппаратов для разделения газовых неоднородных систем. Разделение газовых неоднородных систем под действием инерционных и центробежных сил. Основные особенности и закономерности данного разделения. Инерционные пылеуловители и отстойные газоходы. Конструктивные особенности, принцип действия, достоинства и недостатки. Центробежные пылеуловители – циклоны. Принцип работы, область применения, оценка работы. Время осаждения частиц в циклоне. Пути увеличения эффективности работы циклонов. Электрическая очистка газа от пыли и тумана. Электроосадители: принцип работы, скорость осаждения и степень улавливания пыли, КПД. Факторы, влияющие на работу электроосадителя. Промывка газа от пыли и тумана. Скрубберы: принцип работы, конструктивные особенности, область применения, достоинства и недостатки. Фильтрование газов. Общие закономерности. Конструкции фильтров: принцип работы, область применения, достоинства и недостатки. Разделение жидких неоднородных систем. Особенности и закономерности процесса отстаивания. Конструкции отстойников. Принцип работы, конструктивные особенности, области применения, сравнительная характеристика. Фильтрование жидких неоднородных систем. Теория фильтрования.</p>



		<p>Основное уравнение фильтрации. Определение скорости фильтрования и толщины осадка. Конструкции фильтров: принципы работы, области применения, сравнительная характеристика. Центрифугирование жидких неоднородных систем. Фактор разделения. Конструкции центрифуг. Принцип их работы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки. Сверхцентрифуги.</p>
<p>P2</p>	<p>Тепло- массообменные процессы и аппараты</p>	<p>Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения и основные понятия теории теплообмена. Внутренний и внешний методы составления тепловых балансов. Механизмы передачи тепла. Движущая сила процесса. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки при установившемся режиме.</p> <p>Передача теплоты конвекцией. Механизм естественной и принудительной конвекции. Закон Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия. Критериальное уравнение конвективного теплообмена. Тепловой пограничный слой. Совместная передача тепла теплопроводностью и конвекцией. Механизм переноса тепла от среды к среде через разделяющую плоскую однослойную и многослойную стенку. Основное уравнение теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередаче. Определение средней движущей силы при различном направлении движения теплоносителей. Передача тепла излучением. Основные понятия и определения. Механизм излучения и поглощения тепла. Закон Стефана – Больцмана. Закон Кирхгофа. Теплообмен излучением между твердыми телами. Особенности излучения газов. Совместная передача тепла конвекцией и излучением. Теплообменные аппараты. Принципы работы, конструктивные особенности, выбор направления движения сред, достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика теплообменников. Теплоотдача от конденсирующего пара. Механизм передачи тепла от конденсирующегося пара. Капельная и пленочная конденсация. Аппараты для нагрева паром. Потери тепла и тепловая изоляция. Расчет потерь тепла и толщина теплоизоляции аппарата. Виды тепловой изоляции. Критерий Грасгофа. Выпаривание. Поверхностное испарение и кипение. Температура кипения раствора. Упругость пара над раствором. Закон Рауля. Правило линейности Павлова. Материальный и тепловой баланс выпаривания. Закономерности теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости. Кипение в большом объеме и в трубах. Явления, сопровождающие выпаривание растворов, и меры по</p>



		<p>их устранению. Конструкции выпарных аппаратов. Принцип работы. Многокорпусные выпарные установки. Температурные депрессии. Основные виды процессов массопередачи. Основы массопередачи в системах газ – жидкость и жидкость – жидкость. Движущая сила процесса. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массообмен. Преобразование дифференциальных уравнений переноса массы методами теории подобия. Критерии диффузионного подобия. Критериальное уравнение конвективного массообмена. Механизм переноса массы из фазы в фазу через границу раздела. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила процесса переноса массы. Основы расчета высоты единиц переноса и числа единиц переноса. Абсорбция. Общие сведения о процессе абсорбции и области ее применения. Закон Генри. Закон Рауля. Материальный баланс абсорбции. Кинетика абсорбции. Конструкции абсорберов. Принципы работы. Достоинства и недостатки. Гидродинамические режимы в насадочных и барботажных абсорберах. Батарея абсорберов. Графический метод расчета числа единиц переноса. Конструкции тарелок. Сравнительная характеристика абсорберов и тенденции их совершенствования. Сушка. Общие сведения о процессе сушки и области практического применения. Основные параметры влажного воздуха. Теория «мокрого» термометра. Материальный и тепловой балансы сушки. Диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина. Теоретическая и действительная сушка. Кинетика сушки. Механизм процесса сушки. Периоды внешней и внутренней диффузии сушки. Факторы, влияющие на скорость сушки. Потенциал сушки. Общие вопросы режима сушки. Конструкции сушилок. Принципы работы. Сравнительная характеристика сушилок. Специальные виды сушки. Перегонка и ректификации. Простая перегонка. Периодическая и непрерывная ректификация. Правило Трутона. Материальный баланс колонны. Флегмовое число. Графический способ определения числа теоретических тарелок ректификационной колонны. Жидкостная экстракция. Кинетика экстракции. Конструкции экстракторов. Кристаллизация. Методы кристаллизации. Кинетика процесса. Конструкции кристаллизаторов.</p>
--	--	---

### **3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)**

**3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения**

Таблица 3.1.

Семестр обучения: 5,6,7		Объем дисциплины (зач.ед.): 10																														
Код раздела, темы	Раздел дисциплины	Аудиторная нагрузка (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																										
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)				Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)		Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)			Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)													
	Всего по разделу, теме (час.)					Всего	Лекция	Практ., семинар, занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Всего (час.)								Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
P1	Наименование раздела, темы	120	78	34	44	30	8	22		6	3														3							
P2	Гидромеханические процессы и аппараты	98	58	34	24	32	9	23		4	2														2							
P3	Тепло- массообменные процессы и аппараты	102	34	34	34	32	9	23		36																						
	Аппараты химической технологии																															
<b>Всего (час), без учета подготовки к аттестационным мероприятиям:</b>		<b>320</b>	<b>170</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>94</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>10</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	

Всего (час), без учета подготовки к аттестационным мероприятиям:

Всего по дисциплине (час.): 360



## 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1. Лабораторный практикум

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P1	1.1	Определение режима течения жидкости в трубопроводе	4
P1	1.2	Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов	4
P1	1.3	Определение скорости свободного осаждения сферических частиц	6
P1	1.4	Определение размеров отстойника при консолидированном осаждении суспензий	6
P1	1.5	Истечение жидкости из отверстий и насадок	6
P1	1.6	Исследование работы центробежного вентилятора	6
P1	1.7	Определение констант фильтрования суспензий	6
P1	1.8	Измерители расхода текучих сред	6
P2	2.1	Исследование работы теплообменника непрерывного действия типа «труба в трубе»	6
P2	2.2	Определение коэффициента массоотдачи в газовой фазе при абсорбции	6
P2	2.3	Исследование процесса сушки твердого тела	6
P2	2.4	Изучение процесса ректификации бинарной смеси	6
<b>Всего:</b>			68

### 4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P3	2.1	Расчет процесса теплопередачи	4
P3	2.2	Расчет процесса выпаривания	4
P3	2.3	Расчет процесса абсорбции	4
P3	2.4	Расчет процесса сушки	4
P3	2.5	Расчет процесса экстракции	2
P3	2.6	Расчет процесса ректификации	4
P3	2.7	Расчет процесса кристаллизации	4
P3	2.1	Расчет процесса теплопередачи	4
P3	2.2	Расчет процесса выпаривания	4
<b>Всего:</b>			34

### **4.3. Самостоятельная работа студентов**

#### **4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ**

1. Отстаивание.
2. Фильтрация.
3. Центрифугирование.
4. Теплообменные процессы.
5. Массообменные процессы.

#### **4.3.2. Примерный перечень тем графических работ**

*Не предусмотрено.*

#### **4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**

*Не предусмотрено.*

#### **4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

*Не предусмотрено.*

#### **4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**

*Не предусмотрено.*

#### **4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**

*Не предусмотрено.*

#### **4.3.7. Примерный перечень тем курсовых работ**

1. Расчет отстойника периодического или непрерывного действия.
2. Расчет циклона.
3. Расчет центрифуги периодического или непрерывного действия.
4. Расчет скруббера.
5. Расчет фильтра периодического или непрерывного действия.
6. Расчет теплообменника.
7. Расчет выпарного аппарата.
8. Расчет сушилки.
9. Расчет ректификационной колонны.
10. Расчет абсорбера.
11. Расчет экстрактора.
12. Расчет кристаллизатора.

#### **4.3.8. Примерная тематика контрольных работ**

1. Отстаивание.
2. Фильтрация.
3. Центрифугирование.
4. Теплообменные процессы.
5. Массообменные процессы.

#### **4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов**

*Не предусмотрено*

#### **4.3.10. Перевод иноязычной литературы**

*не предусмотрено*

## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1	*			*	*							
P2	*			*	*							
P3	*			*	*							

## 6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

**6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – к дисц.**

В том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов, если они предусмотрены – к курс.

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине – 5 семестр**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	5 сем., 8 уч.н.	50
<i>Выполнение домашнего задания №1</i>	5 сем., 4 уч.н.	10
<i>Выполнение контрольной работы №1</i>	5 сем., 6 уч.н.	15
<i>Выполнение контрольной работы №2</i>	5 сем., 8 уч.н.	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.0</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Не предусмотрено</i>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0</b>		



<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лабораторных работ</i>	<i>5 сем., 16 уч.н.</i>	<i>40</i>
<i>Защита отчетов по лабораторным работам</i>	<i>5 сем., 16 уч.н.</i>	<i>20</i>
<i>Выполнение домашнего задания №2</i>	<i>5 сем., 10 уч.н.</i>	<i>10</i>
<i>Выполнение домашнего задания №3</i>	<i>5 сем., 12 уч.н.</i>	<i>10</i>
<i>Выполнение контрольной работы №3</i>	<i>5 сем., 16 уч.н.</i>	<i>20</i>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.0</b>		

## 6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине – 6 семестр

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций</i>	<i>6 сем., 8 уч.н.</i>	<i>50</i>
<i>Выполнение домашнего задания №1</i>	<i>6 сем., 8 уч.н.</i>	<i>15</i>
<i>Выполнение домашнего задания №2</i>	<i>6 сем., 12 уч.н.</i>	<i>15</i>
<i>Выполнение контрольной работы №1</i>	<i>6 сем., 10 уч.н.</i>	<i>10</i>
<i>Выполнение контрольной работы №2</i>	<i>6 сем., 16 уч.н.</i>	<i>10</i>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.0</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Не предусмотрено</i>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		



Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лабораторных работ</i>	6 сем., 16 уч.н.	50
<i>Защита отчетов по лабораторным работам</i>	6 сем., 16 уч.н.	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.0		

### 6.3 Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине – 7 семестр

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий –</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Не предусмотрено</i>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – не предусмотрено</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.0		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий –1.0</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение практических занятий</i>	7 сем., 16 уч.н.	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – зачет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.5		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Не предусмотрено</i>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - 0.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.0		

### 6.4. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы – 7 семестр

Текущая аттестация выполнения курсовой работы	Сроки – се-	Максималь-
---	-------------	------------

ты/проекта	мestr, учебная неделя	ная оценка в баллах
Курасовой проект	7, 16 неделя	100
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0.0</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 1.0</b>		

#### 6.5. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
5	0,4
6	0,4
7	0,2

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов / А.Г. Касаткин. - Изд. 15-е, стер. Перепеч. с 9-го изд. 1973 г. - Москва: Альянс, 2009. - 750 с.: ил.; 27 см. - Библиогр.: с. 715-718. - Предм. указ.: с. 719-750. - ISBN 978-5-903034-62-8. ( 61 экз). <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220605>.
2. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. – 12-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Химия, 2005. – 576 с. ( 100 экз).
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учеб. пособие для студентов хим.-технол. специальностей вузов / [Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. – 5-е изд., стер. Перепеч. с изд. 1991 г. – Москва: Альянс, 2010. – 491 с. (48 экз).

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Процессы и аппараты химической технологии: курс лекций. Ч. 1. Гидравлические и механические процессы / Я.Д. Авербух, Ф.П. Заостровский, Л.Н. Матусевич; под ред. К.Н. Шабалина. – Изд. 2-е, перераб. – Свердловск: УПИ, 1969. – 306 с. (115 экз)
2. Процессы и аппараты химической технологии: курс лекций. Ч. 2. Теплообменные и массообменные процессы / Я.Д. Авербух, Ф.П. Заостровский, Л.Н. Матусевич; под ред. К.Н. Шабалина; Урал. политехн. ин-т им. С. М. Кирова. – Изд. 2-е, перераб. – Свердловск: УПИ, 1973. – 427 с. (406 экз)
3. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломир. специалистов в обл. техники и технологии, сельского и рыб. хоз-ва / Д.В. Штеренлихт. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2005. - 656 с. <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\_id=64346>.
4. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учеб. пособие для направлений 65320 "Транспорт. машины и транспорт.-технол. комплексы", 651400 "Машиностроит. технологии и оборудование", 657800 "Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в". Ч. 1: Основы механики жидкости и газа / А.А. Шейпак; Моск. гос. индустр. ун-т, Ин-т дистанц. образования. - 3-е изд., стер. - М.: МГИУ, 2004. - 192 с. (17 экз)



### 7.1.3. Методические разработки

1. Ермаков С.А. Тепло-массообменные процессы и аппараты химической технологии: лабораторный практикум / С.А. Ермаков, Н.С. Локотанов, А.А. Ермаков, Е.А. Шевченко. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2013. 68 с.
2. Ермаков С.А. Гидромеханические процессы и аппараты химической технологии: учебно-методическое пособие / С.А. Ермаков, Н.С. Локотанов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2009. 62 с.
3. Ермаков С.А. Тепло-массообменные процессы и аппараты химической технологии: учебно-методическое пособие / С.А. Ермаков, Г.К. Лисовая, Г.В. Инюшкин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2009. 82 с.

### 7.2. Программное обеспечение

1. AutoCAD версия 12;
2. MathCAD;
3. Microsoft Office.

### 7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru/> – режим доступа свободный;
2. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/> – режим доступа свободный;
3. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru/> – режим доступа свободный.

### 7.4 Электронные образовательные ресурсы

Не используются

### 7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Выполнить все лабораторные работы, систематически отчитываться по всем контрольным мероприятиям.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения инфор-	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, само-	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандарт-

	мации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	стоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	ных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Не используется

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий «не предусмотрено»

#### 8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Определить время пребывания частиц в вертикальной трубе пневматической сушилки высотой 5 м. Диаметр частиц 1 мм, плотность 200 кг/м<sup>3</sup>. Температура воздуха, направляемого снизу вверх, 120°C, а скорость его на 25 % больше скорости витания (осаждения) частиц.

2. Определить необходимое число полок пылесадительной камеры. Длина полок 2 м, ширина 1 м, расстояние между полками 5 см. Наименьший диаметр улавливаемых частиц 20 мкм. Плотность частиц 3000 кг/м<sup>3</sup>, воздуха 0,9 кг/м<sup>3</sup>, вязкость воздуха 0,023сП. Расход воздуха 1000 м<sup>3</sup>/ч.

3. Определить высоту зоны уплотнения в отстойнике диаметром 10 м, если необходимое время уплотнения 10 ч. Производительность отстойника по твердой фазе 2,4 т/ч. Средняя концентрация твердой фазы 40 % (масс), плотность твердой фазы 2600 кг/м<sup>3</sup>, плотность жидкости 1000 кг/м<sup>3</sup>, вязкость 1 сПз.

4. Какое количество влажного осадка накопится на фильтре в результате, фильтрования 10 м<sup>3</sup> пульпы плотностью 1120 кг/м<sup>3</sup>. Концентрация твердой фазы в пульпе 20 % (масс). Влажность осадка 25 % (масс).



5. Во сколько раз больше скорость осаждения одних и тех же частиц в центрифуге, чем в отстойнике, если барабан центрифуги имеет диаметр 1 м и число оборотов 600 об/мин? Режим осаждения в обоих случаях ламинарный.

6. Рассчитать поверхность фильтрации фильтр-пресса при следующих данных: производительность фильтра по фильтрату  $2,25 \text{ м}^3/\text{мин}$ , удельное сопротивление осадка  $9 \cdot 10^7 \text{ кгс} \cdot \text{мин}/\text{м}^4$ , сопротивление фильтрующей ткани  $3 \cdot 10^6 \text{ кгс} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ , толщина осадка на фильтре 23 мм, отношение объема осадка к объему фильтрата 0,0175, перепад давления  $5000 \text{ кгс}/\text{м}^2$ , время вспомогательных операций 1 ч.

7. Двухходовой конденсатор состоит из 32 труб диаметром  $38 \times 3,5 \text{ мм}$ . По трубам движется вода, нагреваемая от 7 до  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . В межтрубном пространстве конденсируется  $0,5 \text{ кг}/\text{с}$  водяного пара под атмосферным давлением. Определить коэффициент теплопередачи.

8. В выпарной аппарат поступает  $1,4 \text{ т}/\text{ч}$  9 %-го раствора, который упаривается под атмосферным давлением до концентрации 32% (масс.). Разбавленный раствор поступает на выпарку с температурой  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура кипения в аппарате  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Расход греющего пара с избыточным давлением 2 ат и влажностью 4,5 % составляет  $1450 \text{ кг}/\text{ч}$ . Определить потери тепла аппаратом в окружающую среду.

9. Найти температуру и влагосодержание воздуха, уходящего из теоретической сушилки, если средний потенциал сушики 41 К. Воздух поступает в калорифер при температуре  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности 70 %. Энтальпия воздуха, поступающего из калорифера в сушилку  $144,2 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Определить также температуру влажного материала в первом периоде сушики.

10. Определить диаметр и высоту противоточного тарельчатого абсорбера для поглощения аммиака из воздушно-аммиачной смеси водой под атмосферным давлением 735 мм рт. ст. при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Начальное содержание аммиака в газовой смеси 7 % (об.), степень извлечения его 90 %. Расход инертного газа (воздуха)  $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при рабочих условиях). Уравнение линии равновесия в относительных массовых концентрациях  $Y^* = 0,61X$ . Скорость газа в абсорбера (фиктивная)  $0,8 \text{ м}/\text{с}$ . Расстояние между тарелками 0,6 м. Средний КПД тарелок 0,62. Коэффициент избытка поглотителя 1,3.

Для обогрева куба ректификационной колонны, в которую подается на разделение  $6 \text{ т}/\text{ч}$  бензольно-толуольной смеси, имеется пар с избыточным давлением 1 ат. Концентрация исходной смеси 32 % (масс.) бензола. Требуемая концентрация дистиллята 97 % (масс.) бензола; кубового остатка 95 % (масс.) толуола. Определить: 1) массовые расходы дистиллята и кубового остатка; 2) количество тарелок при числе флегмы 3,1 и при среднем КПД тарелок 0,71; 3) расход греющего пара (кг/ч) и расход воды в дефлегматоре ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при нагреве воды в нем на 15 К. Влажность греющего пара 5 %. Смесь характеризуется законом Рауля. Тепловые потери принять в размере 3 % от полезно затрачиваемого тепла. Питание подается при температуре кипения.

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

*«не предусмотрено»*

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для экзамена

#### 5 семестр

1. Предмет, цели и задачи курса ПАХТ. Классификация основных процессов химической технологии.
2. Измельчение твердых материалов. Физико-химические основы измельчения.
3. Дробление твердых материалов. Дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления.
4. Измельчение. Мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения.
5. Классификация и сортировка материалов. Грохочение. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация.
6. Смешение твердых материалов.
7. Классификация неоднородных систем и их характеристика. Основные способы разделения и их экологическое значение.
8. Общие закономерности движения частиц в газе или жидкости.

9. Разделение газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Скорость осаждения.
10. Конструкции аппаратов для разделения газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Принцип работы.
11. Разделение газовых неоднородных систем под действием инерционных сил. Основные особенности и закономерности данного разделения. Инерционные пылеуловители и отстойные газоходы. Конструктивные особенности, принцип действия, достоинства и недостатки.
12. Разделение газовых неоднородных систем под действием центробежных сил. Основные особенности и закономерности данного разделения. Центробежные пылеуловители – циклоны. Принцип работы, область применения, оценка работы.
13. Электрическая очистка газа от пыли и тумана. Электроосадители: принцип работы, скорость осаждения и степень улавливания пыли, КПД.
14. Факторы, влияющие на работу электроосадителя.
15. Промывка газа от пыли и тумана. Скрубберы: принцип работы, конструктивные особенности, область применения, достоинства и недостатки.
16. Фильтрация газов. Общие закономерности.
17. Конструкции фильтров: принцип работы, область применения, достоинства и недостатки.
18. Разделение жидких неоднородных систем под действием силы тяжести. Особенности и закономерности процесса отстаивания.
19. Конструкции отстойников. Принцип работы, конструктивные особенности, области применения, сравнительная характеристика.
20. Фильтрация жидких неоднородных систем. Теория фильтрации. Основное уравнение фильтрации. Определение скорости фильтрации и толщины осадка.
21. Конструкции фильтров: принципы работы, области применения, сравнительная характеристика.
22. Центрифугирование жидких неоднородных систем. Фактор разделения.
23. Конструкции центрифуг. Принцип их работы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки. Сверхцентрифуги.

### **6 семестр**

1. Основные понятия теории теплообмена. Способы передачи тепла.
2. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи.
3. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье.
4. Передача тепла конвекцией. Закон Ньютона.
5. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
6. Совместная передача тепла теплопроводностью и конвекцией.
7. Тепловое подобие. Критерии Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля.
8. Выбор направления движения теплоносителей, достоинства и недостатки.
9. Теплоотдача от конденсирующегося пара.
10. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.
11. Потери тепла и тепловая изоляция.
12. Теплообменные аппараты. Классификация, принцип работы.
13. Выпаривание.
14. Конструкции выпарных аппаратов.
15. Основные понятия теории массообмена. Механизмы переноса вещества.
16. Перенос вещества молекулярной диффузией. Закон Фика.
17. Перенос вещества турбулентной диффузией.
18. Процесс абсорбции. Кинетика абсорбции.
19. Конструкции абсорберов.
20. Процесс сушки. Механизм процесса сушки. Кинетика сушки.



21. Конструкции сушилок.
22. Процесс ректификации. Периодическая и непрерывная ректификация.
23. Графический способ определения числа теоретических ступеней.
24. Процесс жидкостной экстракции. Кинетика экстракции.
25. Конструкции экстракторов.
26. Процесс кристаллизации. Кинетика кристаллизации.
27. Конструкции кристаллизаторов.

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для зачета в 7 семестре**

1. Конструкции аппаратов для разделения газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Принцип работы.
2. Разделение газовых неоднородных систем под действием инерционных сил. Основные особенности и закономерности данного разделения. Инерционные пылеуловители и отстойные газоходы. Конструктивные особенности, принцип действия, достоинства и недостатки.
3. Разделение газовых неоднородных систем под действием центробежных сил. Основные особенности и закономерности данного разделения. Центробежные пылеуловители – циклоны. Принцип работы, область применения, оценка работы.
4. Электрическая очистка газа от пыли и тумана. Электроосадители: принцип работы, скорость осаждения и степень улавливания пыли, КПД.
5. Факторы, влияющие на работу электроосадителя.
6. Промывка газа от пыли и тумана. Скрубберы: принцип работы, конструктивные особенности, область применения, достоинства и недостатки.
7. Фильтрование газов. Общие закономерности.
8. Конструкции фильтров: принцип работы, область применения, достоинства и недостатки.
9. Тепловое подобие. Критерии Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля.
10. Выбор направления движения теплоносителей, достоинства и недостатки.
11. Теплоотдача от конденсирующегося пара.
12. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.
13. Потери тепла и тепловая изоляция.
14. Теплообменные аппараты. Классификация, принцип работы.
15. Выпаривание.
16. Конструкции выпарных аппаратов.
17. Основные понятия теории массообмена. Механизмы переноса вещества.

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

*«не используются».*

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

*«не используются».*

### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

*«не используются».*

### **8.3.9. Примерные задания в составе домашней работы**

1. 1930 кг/ч бутилового спирта охлаждается от 90 до 50 °С в противоточном теплообменнике поверхностью 6 м<sup>2</sup>. Диаметр стальных трубок 25x2 мм. Скорость бутилового спирта в трубках 0,6 м/с. Охлаждение производится водой с начальной температурой 18°С. Коэффициент теплопередачи 232 Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\Delta t_{ср}$  считать как среднюю арифметическую. Найти расход охлаждающей воды в м<sup>3</sup>/ч и коэффициенты теплоотдачи для спирта и воды в Вт/(м<sup>2</sup>·К).

2. Определить количество передаваемого тепла (Вт) и расход охлаждающей воды (кг/ч) в про-

тивоточном конденсаторе, в котором конденсируется 850 кг/ч пара сероуглерода под атмосферным давлением. Пар сероуглерода поступает в конденсатор с температурой насыщения. Жидкий сероуглерод выходит из конденсатора при температуре на 8 К ниже температуры конденсации. Температура поступающей воды 17 °С. Разность температур между поступающим сероуглеродом и вытекающей водой 6 К. Найти среднюю разность температур в зоне конденсации.

3. Воздух подогревается в трубном пространстве одноходового кожухотрубного теплообменника с 10 до 90 °С при давлении 820 мм рт.ст. Расход воздуха при нормальных условиях 8000 м<sup>3</sup>/ч. В теплообменнике 241 трубка диаметром 38x2 мм. Материал труб – углеродистая сталь. Нагрев производится насыщенным водяным паром под давлением 2 ат. Определить поверхность теплообмена, полагая отношение длины трубы к диаметру больше 50.

4. В теплообменнике «труба в трубе» нагревается 6480 кг/ч масла от 35 до 88 °С. Масло течет по внутренней стальной трубе диаметром 25x2 мм. В кольцевом зазоре конденсируется насыщенный водяной пар при избыточном давлении 0,7 ат. Средняя удельная теплоемкость масла 1927 Дж/(кг·К), плотность 820 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности 0,127 Вт/(м<sup>2</sup>·К) и коэффициент вязкости 7 сПз. Коэффициент теплоотдачи со стороны пара равен 8519 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Найти длину теплообменника.

5. В водяном теплообменнике нагревается вода для отопления жилого дома. Горячая вода протекает внутри 53 латунных трубок диаметром 18x1 мм (коэффициент теплопроводности латуни 104 Вт/(м·К) и охлаждается от 130 до 100 °С. Вода, используемая для отопления, протекает вдоль латунных трубок, расположенных в кожухе теплообменника, диаметром 203 мм и нагревается от 67,6 до 92,5 °С. Расход нагреваемой воды 16,7 кг/с. Определить поверхность нагрева теплообменника.

6. В теплообменнике нагревается 6000 кг/ч воды от 20 до 50 °С насыщенным водяным паром под давлением 2,0 ат. Коэффициент теплоотдачи от пара 6000 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Теплопроводность осадка на стенках труб  $\sum \lambda/\delta = 4500$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Скорость воды в трубах 0,5 м/с. Определить число труб диаметром 25x2 мм и длиной 1,2 м и число ходов для воды. Режим течения воды в трубах турбулентный.

7. Двухходовой конденсатор состоит из 32 труб диаметром 38x3,5 мм. По трубам движется вода, нагреваемая от 7 до 80 °С. В межтрубном пространстве конденсируется 0,5 кг/с водяного пара под атмосферным давлением. Определить коэффициент теплопередачи.

### 8.3.10. Примерные задания в составе реферата

*«не используются».*

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

- специализированный лабораторный зал кафедры Х-146, по изучению основных закономерностей процессов химической технологии, принципов работы химико-технологического оборудования;
- специализированная аудитория кафедры Х-141, оснащённая персональными компьютерами с программным обеспечением в соответствии с тематикой дисциплины и проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

**10. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания кафедры</b>	<b>Дата заседания кафедры</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись ответственного за внесение изменений</b>