

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.11**

(индекс дисциплины)

**Процессы и аппараты химической технологии**

(Наименование дисциплины)

Кафедра:

**17**

Код

Процессы и аппараты химической технологии

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Машины и оборудование лесного комплекса

Уровень образования: бакалавриат

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>180</b>		
	Аудиторные занятия	<b>68</b>		
	Лекции	34		
	Лабораторные занятия	34		
	Практические занятия	-		
	Самостоятельная работа	76		
	Промежуточная аттестация	<b>36</b>		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	6		
	Контрольная работа			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>5</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная						<b>5</b>				
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование

На основании учебных планов № b150302-3\_20

Кафедра-разработчик: Процессы и аппараты химической технологии

Заведующий кафедрой: Никифоров А.О.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Машин автоматизированных систем

Заведующий кафедрой: Александров А.В.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

является закладкой базовых знаний, необходимых в последующем при изучении технологических производств, на основе анализа и расчета типовых физических процессов.

## 1.3. Задачи дисциплины

- изучение механизма типовых физических процессов
- методов их математического описания и расчета
- изучение принципиальных аппаратов и машин химической технологии.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ДПК-1	Способен к целеустремленному применению базовых знаний в области физико-математических и естественных наук в профессиональной деятельности	1,2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов Уметь: пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины. Владеть: методами технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов		
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: основные системы научно-технической информации по процессам и аппаратам химической технологии. Уметь: использовать научно-техническую информацию в технологических и конструктивных расчетах Владеть: способностью к самостоятельному применению научно-технической информации для реализации конкретных проектов в химической технологии.		

## 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4.

- гидродинамика волокнистых суспензий (ДПК-1, ПК-1)
- Технический перевод иностранной литературы (ПК-1)
- Деловой разговорный иностранный язык в целлюлозно-бумажной промышленности (ПК-1)
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ПК-1)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Основы гидравлики.</b>			
<p>Тема 1. Основные понятия определения. Предмет и задачи дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии». Процессы и аппараты в целлюлозно-бумажной промышленности. Разработка новых высокоэффективных процессов и аппаратов для обеспечения выпуска высококачественной продукции, экономии материальных и энергетических ресурсов и охраны окружающей среды от выбросов предприятий.</p> <p>Классификация процессов. Основы расчётов типовых процессов. Материальный и тепловой балансы процесса. Движущая сила и кинетические коэффициенты процессов переноса. Общий вид уравнений скорости.</p>	12		
<p>Тема 2. Жидкость. Понятие о реальной и идеальной жидкостях. Силы, действующие на жидкость. Гидростатика. Сжимаемые и несжимаемые жидкости. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики и его практическое приложение. Гидродинамика. Вязкость жидкостей и газов. Закон Ньютона. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный, турбулентный. Число Рейнольдса. Гидродинамический пограничный слой. Основные уравнения гидродинамики. Уравнение неразрывности потока. Расход жидкости и газа. Дифференциальные уравнения движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Распределение скоростей в потоке. Средняя и максимальная скорость потока. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. Потери напора в трубопроводах и на участках местных сопротивлений. Суммарные потери напора. Оптимальный диаметр трубопровода.</p> <p>Основы теории подобия и принципы физического моделирования. Подобие и аналогия физических явлений, процессов. Теоремы подобия. Преобразование дифференциальных уравнений в критериальные. Критерии подобия и их физический смысл. Условия и критерии гидродинамического подобия. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости.</p> <p style="text-align: center;">Метод анализа размерностей и его практическое значение.</p>	14		
<p>Тема 3. Перемещение жидкостей. Классификация насосов. Основные параметры насосов. Производительность. Напор. Мощность. Коэффициент полезного действия. Высота всасывания.</p> <p>Поршневые и плунжерные насосы простого и многократного действия. Конструкции поршневых и плунжерных насосов, принцип их действия. Диаграммы подачи поршневых и плунжерных насосов. Воздушные колпаки</p> <p>Центробежные насосы: устройство и принцип действия. Основное уравнение центробежных машин Эйлера. Выбор насоса по каталогу. Рабочие характеристики. Работа насоса на сеть, рабочая точка. Формулы пропорциональности. Насосы для перекачивания бумажной массы.</p> <p>Конструкции осевых, шестеренчатых, диафрагмовых и колесных насосов. Сравнительные характеристики основных типов насосов и области их применения.</p> <p>Перемещение и сжатие газов. Принцип действия и классификация компрессорных машин. Степень сжатия. Индикаторная диаграмма. Объемный к.п.д. и производительность. Многоступенчатое</p>	14		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
сжатие. Конструкции компрессоров: поршневые центробежные, осевые, струйные. Сравнительная характеристика компрессоров и области их применения. Конструкции вентиляторов и вакуум-насосов.			
<b>Текущий контроль 1. Опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. Гидромеханические процессы неоднородных систем</b>			
<p>Тема 4. Основные понятия. Методы разделения неоднородных систем. Классификация, принципы выбора и оценка эффективности методом разделения.</p> <p>Осаждение в поле силы тяжести. Движение тела в сплошной среде. Сопротивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Расчет скорости свободного осаждения частиц в поле действия массовых сил. Скорость стесненного осаждения, конструкции отстойников. Расчет их основных размеров.</p> <p>Осаждение в поле центробежных сил. Фактор разделения. Разделение суспензий и эмульсий в гидроциклонах и отстойных центрифугах. Конструкции гидроциклонов и отстойных центрифуг, применяемых в ЦБП. Производительность и эффективность работы гидроциклонов</p> <p>Разделение под действием сил разности давления. Фильтрация суспензий. Фильтрующие перегородки. Скорость процесса фильтрации. Виды осадков (сжимаемые и несжимаемые). Максимальная производительность фильтров и их экономически оптимальная продолжительность цикла работы. Интегральное уравнение фильтрации, определение его констант. Фильтрация волокнистых суспензий. Фильтры, применяемые в ЦБП (барабанный вакуум-фильтр, напорно-вакуумный, секционный, фильтры воздушного и жидкостного давления, ФПАКМ.)</p> <p>Очистка газов в поле центробежных и инерционных сил. Конструкции циклонов и инерционных пылеуловителей. Применение в ЦБП. Очистка газов фильтрацией. Конструкции рукавного фильтра.</p> <p>Очистка газов и разделение аэрозолей в электростатическом поле. Физические основы процессов. Устройство электрофильтров. Мокрая очистка запыленных газов. Теория инерционного осаждения. Аппараты для мокрой очистки газовых выбросов целлюлозно-бумажного производства (скрубберы Вентури, пенные и др.).</p> <p>Технико-экономическая оценка аппаратов для очистки газов</p>	12		
<p>Тема 5. Образование неоднородных систем. Псевдооживление. Гидродинамика псевдооживленных зернистых слоев. Основные характеристики слоя. Гидравлическое сопротивление. Кривая псевдооживления. Расчет скорости псевдооживления и уноса. Рабочая скорость. Высота и порозность кипящего слоя. Применение псевдооживления в ЦБП.</p> <p>Перемешивание в жидких средах. Эффективность перемешивания и ее оценка. Гидродинамические структуры потоков в аппаратах с мешалками. Расчет мощности на механическое перемешивание. Типовые конструкции мешалок. Пневматическое и циркуляционное перемешивание. Вертикальные перемешивающие устройства. Горизонтальные перемешивающие устройства. Роторные смесители. Применение роторно-пульсационного аппарата в целлюлозно-бумажной промышленности. Конструкция и принцип работы, теоретические основы, технологические и конструктивные</p>	12		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
параметры. Интенсификация процессов перемешивания в целлюлозно-бумажной промышленности.			
<b>Текущий контроль 2. Опрос.</b>	1		
<b>Учебный модуль 3. Основы тепловых процессов.</b>			
Тема 6. Значение тепловых процессов в ЦБП. Элементарные способы распространения тепла. Теплопроводность. Движущая сила тепловых процессов. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Условия теплового подобия. Основные критерии теплового подобия и их физический смысл. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация теплообменных процессов. Роль процессов теплопередачи в экономии энергии.  Теплообменные аппараты, их классификация, выбор по каталогам и ГОСТам. Поверхностные теплообменники (кожухотрубные, спиральные, пластинчатые). Смесительные теплообменники (конденсаторы смешения). Сравнительная характеристика, принципы выбора теплообменных аппаратов. Основы расчета теплообменников и оптимальных режимов их работы.	14		
Тема 7. Назначение и технические методы выпаривания в ЦБП. Выпаривание под вакуумом. Однократное (простое) выпаривание. Материальный и тепловой балансы. Многократное выпаривание как способ повышения экономичности процесса выпаривания. Схемы многокорпусных выпарных установок. Материальный и тепловой балансы многокорпусной выпарной установки. Общая и полезная разности температур. Температурные потери. Распределение полезной разности температур по корпусам. Техничко-экономическая оптимизация числа корпусов выпарной установки. Экономия тепловых ресурсов при выпаривании путем использования теплоты конденсатов и упаренного раствора. Особенности теплопередачи в выпарных аппаратах. Пути сокращения вредных выбросов при выпаривании щелоков целлюлозного производства. Выпаривание с тепловым насосом. Использование ЭВМ при расчете выпарных установок и оптимальных условий их работы.  Выпарные аппараты. Классификация и основные конструктивные типы (аппараты с естественной и принудительной циркуляцией, пленочного типа). Сравнительная характеристика и принцип выбора по каталогам и ГОСТам конструкции выпарных аппаратов	14		
<b>Текущий контроль 3. Опрос.</b>	1		
<b>Учебный модуль 4. Основы массопередачи.</b>			
Тема 8. Классификация массообменных процессов. Общие закономерности переноса вещества и энергии как проявление единства материального мира и основа для применения метода аналогий. Статика массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Направление процессов массопереноса, их обратимость. Кинетика массообменных процессов. Механизмы переноса массы – молекулярный и конвективный. Закон Фика. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Подobie массообменных процессов. Критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Обобщенное уравнение массоотдачи.	14		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<p>Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи. Связь между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Средняя движущая сила процесса массопередачи.</p> <p>Аналогия между процессами тепло- и массопереноса. Общие методы интенсификации процессов массопередачи. Роль и значение гидродинамики процесса.</p>			
<p>Тема 9. Сушка. Общая характеристика процесса и его применение в ЦБП. Методы сушки. Равновесная влажность и связь влаги с материалом. Конвективная сушка. Теплофизические свойства влажных газов. Диаграмма состояния влажного воздуха (диаграмма Л.К.Рамзина). Материальный и тепловой балансы сушки. Удельные расходы воздуха и тепла. Теоретическая и действительная сушилка. Основные варианты конвективной сушки, их изображение и анализ на диаграмме. Кинетика процесса сушки. Тепло- и массообмен между воздухом и материалом. Типовые кинетические кривые сушки. Периоды постоянной и падающей скоростей. Пути интенсификации и повышения экономичности процесса конвективной сушки. Конструкции конвективных сушилок, (туннельная, пневматическая, барабанная, с воздухопорным движением полотна).</p> <p>Контактная сушка. Механизм и кинетика контактной сушки. Схема многоцилиндровой контактной сушильной установки для сушки целлюлозы, бумаги и картона. Конструкции сушильного цилиндра. Способы интенсификации контактной сушки. Утилизация теплоты отработанного воздуха и повышение экономичности сушки.</p>	16		
<p>Тема 10. Абсорбция. Характеристика процесса и области его применения в ЦБП. Физическая абсорбция и хемосорбция. Равновесие в системе жидкость – газ. Влияние температуры и давления на равновесие. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Удельный расход абсорбента, его минимальное и экономически оптимальное значение. Конструкции абсорберов. Сравнительная характеристика и области применения аппаратов различных конструкций. Расчет абсорбционной аппаратуры. Выбор абсорберов по каталогам и ГОСТам.</p> <p>Дистилляция и ректификация. Характеристика процессов дистилляции и ректификации. Равновесие между паром и жидкостью. Ректификация. Физическая сущность ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнение линий изменения рабочих концентраций. Определение минимального и рабочего флегмового числа. Технично-экономическая оптимизация выбора флегмового числа (зависимость между флегмовым числом, расходом греющего пара, охлаждающей воды, производительностью и основными размерами аппарата</p>	18		
<b>Текущий контроль 4. Опрос.</b>	1		
<b>Т Текущий контроль, контрольная работа.</b>			
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине. Экзамен.</b>	<b>36</b>		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>180</b>		

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	6	2				
2	6	2				
3	6	2				
4	6	2				
5	6	2				
6	6	4				
7	6	4				
8	6	4				
9	6	6				
10	6	6				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>34</b>				

#### 3.2. Практические занятия

Не предусмотрено

#### 3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Определение гидравлического сопротивления элементов напорного трубопровода.	6	4				
3	Исследование работы центробежных машин на гидравлическую сеть.	6	4				
4	Исследование процесса разделения суспензий методом фильтрования.	6	4				
5	Исследование процесса перемешивания в жидких средах.	6	4				
6	Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике «труба в трубе».	6	4				
7	Определение основных показателей работы выпарного аппарата	6	6				
9	Исследование кинетики конвективной сушки.	6	4				
9	Определение основных параметров влажного воздуха и графоаналитический расчет процесса конвективной сушки.	6	4				
<b>ВСЕГО:</b>			<b>34</b>				

### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.



## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3,4	Опрос	6	4				
1-4	Контрольная работа						

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	6	38				
Подготовка к лабораторным занятиям	6	38				
Выполнение домашнего задания (контрольная работа)						
Подготовка к экзамену	6	36				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>112</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Не предусмотрено

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Процессы и аппараты химической технологии: учебник/ Анштейн В.Г, Захаров М.К. и др.- БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.- 1759с. .(ЭБС“IPRbooks”: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103.>)
2. Мидуков, Н.П. Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров. –СПб.: СПбГТУРП, 2015. -125 с.(ЭБВШТЭ: Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/kafpriapxt.htm>)

б) дополнительная учебная литература

- 3.Процессы и аппараты: учебно-практическое пособие для выполнения лабораторных работ[Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров. –СПб.: СПбГТУРП, 2016. -108 с.(ЭБВШТЭ: Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/kafpriapxt.htm>)

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>)

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013
3. PTC Mathcad 15
4. AutoDesk AutoCAD 2015

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

Аудитория с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.  
 Специальная лаборатория гидравлики.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные стенды: насосы, отстойники, фильтры, теплообменники, сушилки.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
Лабораторные занятия	В результате проведения лабораторных занятий обучающийся должен понять принципы устройства и работы аппаратов.
Самостоятельная работа	Изучение научной, учебной, нормативной и др. литературы. Отбор необходимого материала; проведение практических исследований по теме, формулирование выводов и разработка конкретных рекомендаций по достижению поставленной цели и задач. При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты лекций и практических занятий, рекомендуемую литературу

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования (Процессы и аппараты)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ДПК-1(1,2)	Излагает основные закономерности типовых основных процессов Показывает конкретное применение теоретических процессов в расчетах аппаратуры	Устное собеседование	Перечень вопросов для устного экзамена (67 вопросов)
		Практические задания	Практические задания (31 задача)
ПК-1 (3)	Излагает базовые закономерности типовых процессов применительно к конкретным производствам общей химической, целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности.  Показывает степень применения теоретического анализа с целью аппроксимации на реальные процессы в области химической технологии.	Устное собеседование	Перечень вопросов для устного экзамена (67 вопросов)
		Практические задания	Практические задания (31 задача)

#### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

##### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной	Критерии оценивания сформированности компетенций
------------------------	--

шкале	Устное собеседование
отлично	Обучающийся показывает всесторонние знания в области процессов и аппаратного их оформления. Владеет основными понятиями и терминологией во время ответов. Хорошо знаком с основной и дополнительной литературой. Целеустремленно использует и применяет базовые знания в области физико-математических наук. Проявляет эрудицию при работе с учебным материалом.
хорошо	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний по основам теории процессов. В целом разбирается в терминологии. Усвоил основную литературу; допускает некоторые погрешности и несущественные ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета и в ответах на дополнительные вопросы преподавателя.
удовлетворительно	Обучающийся показывает знания учебного материала из лекций и основной литературы. В целом показывает знания базовых законов по гидравлическим, тепловым и массообменным процессам. Допускает существенные ошибки в ответах, но может их устранить под руководством преподавателя.
неудовлетворительно	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины. Путается в понятиях, терминологии и формулировках. Плохо знает литературу. Допускает существенные и принципиальные ошибки и не может их устранить даже с помощью преподавателя. Списывание, попытка использования неразрешенных технических средств или подсказки другого человека.

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов (тестовых заданий), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Основные понятия и определения в процессах и аппаратах.	1
2	Классификация процессов.	1
3	Материальный и тепловой балансы процессов.	1
4	Движущая сила процессов и процессы переноса.	1
5	Жидкости. Понятия идеальной и реальной жидкостей.	2
6	Гидростатика. Основное управление гидростатики и его практическое использование.	2
7	Вязкость жидкостей. Закон вязкого трения Ньютона.	2
8	Режимы движения жидкостей. Число Рейнольдса.	2
9	Расход жидкости и газа.	2
10	Уравнение Бернулли для идеальных жидкостей.	2
11	Потери напора по длине и на местные сопротивления.	2
12	Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.	2
13	Критерий гидродинамического подобия и их физический смысл.	2
14	Классификация насосов.	3
15	Напор и производительность насосов. Мощность и коэффициент полезного действия.	3
16	Высота всасывания.	3
17	Поршневые и плунжерные насосы простого и двойного действия.	3
18	Центробежные насосы: устройства и принцип действия.	3
19	Основное уравнения центробежных машин Эйлера.	3
20	Работа насоса на сеть, рабочая точка.	3
21	Перемещение и сжатие газов. Индикаторная диаграмма.	3
22	Классификации и методы разделения неоднородных систем.	4
23	Осаждение в поле сил тяжести.	4
24	Расчет скорости свободного осаждения частиц. Скорость стесненного осаждения.	4
25	Конструкции отстойников и их расчет.	4
26	Фильтрование и скорость процесса фильтрования, фильтрующие перегородки.	4
27	Определение констант фильтрования.	4
28	Конструкции фильтров и их сравнительный анализ.	4
29	Пути повышения производительности фильтрующих аппаратов.	4
30	Очистка газов в центробежных сил.	4
31	Аппараты для мокрой очистки.	4
32	Псевдоожижение и его гидродинамика.	5
33	Кривая псевдоожижения.	5
34	Расчет скорости псевдоожижения и у носы.	5

35	Перемешивание, движущая сила. Эффективность и интенсивность перемешивания.	5
36	Расчет мощности, потребляемой мешалкой.	5
37	Интенсификация процессов перемешивания.	5
38	Теплопередача. Опытное уравнение. Коэффициент теплопередачи.	6
39	Элементарные и сложные механизмы переноса тяжести.	6
40	Конвекция и теплоотдача. Физический смысл.	6
41	Тепловое подобие. Основные критерии теплового подобия. Определяющие и определяемый критерии.	6
42	Интенсификация теплообменных процессов.	6
43	Теплообменные аппараты, классификация и выбор по ГОСТам.	6
44	Рекуперативные теплообменники: кожухотрубные, спиральные и пластинчатые.	6
45	Основы расчета теплообменников.	6
46	Выпаривание. Методы выпаривания. Выпарка под вакуумом.	7
47	Однократное выпаривания. Материальный и тепловой балансы.	7
48	Многokратное выпаривание и схемы многокорпусных выпарных установок.	7
49	Материальный и тепловой балансы многокорпусных выпарных установок.	7
50	Общая и полезная разности температур. Температурные потери.	7
51	Особенности теплопередачи в выпарных аппаратах. Скрытая теплота конденсации.	7
52	Выпарные аппараты и их классификация.	7
53	Использование выпарных аппаратов, их выбор и сравнительная характеристика. Подбор аппаратов по каталогам и ГОСТам.	7
54	Классификация массообменных процессов. Общие закономерности переноса вещества и энергии.	8
55	Направление процессов массообмена, их обратимость. Кинетика массообменных процессов.	8
56	Механизмы переноса массы – молекулярный и конвективный. Закон Фика.	8
57	Уравнение конвективной диффузии и уравнение массоотдачи. Движущая сила процесса.	8
58	Критерии диффузионного подобия и их физический смысл.	8
59	Массопередача и её основное уравнение. Коэффициенты массопередачи и их связь с коэффициентами массоотдачи.	8
60	Гидравлика в массообменных процессах.	8
61	Сушка и методы сушки. Виды связи влаги с материалом.	9
62	Теплофизические свойства влажного воздуха и диаграммы состояния влажного воздуха.	9
63	Кинетика конвективной сушки. Тепло и массообмен между воздухом и материалом.	9
64	Конструкции конвективных сушилок: пневматическая, барабанная, распылительная.	9
65	Контактная сушка. Механизм и кинетика.	9
66	Дистилляция и ректификация и их характеристики. Равновесие между паром и жидкостью	10
67	Физическая сущность ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей.	10

### 10.2.2. Перечень типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Определить потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром 19x2 мм длиной 10. Скорость воды 2 м/с. Температура 55° С. Шероховатость $\epsilon = 0,005$ мм.	$2,88 \times 10^4$ Па
2	Привести формулу $\Delta p = 32 * \frac{\omega * \mu * L}{d^3}$ к критериальному виду.	$Eu = \frac{32 * \pi}{Re * d}$
3	Определить КПД насосной установки. Насос подает 380 л/мин мазута относительной плотности 0,9. Полный напор 30,8 м. Потребляемая мощность двигателя 2,5 кВт.	Увеличится в 8 раз
4	Определить КПД насосной установки. Насос подает 380 л/мин мазута относительной плотности 0,9. Полный напор 30,8 м. Потребляемая мощность двигателя 2,5 кВт.	0,69
5	Центробежный насос, делающий 1800 об/мин должен перекачивать 140 м <sup>3</sup> /час воды, с температурой 30°С. Среднее атмосферное давление в месте установки насоса 745 мм рт. ст. Полная потеря напора во всасывающей линии 4,2 м. Определить	Не более 2,2 м

	теоретически допустимую высоту всасывания.	
6	Рассчитать плотность водной суспензии, содержащей 10% (масс.) твердой фазы. Относительная плотность твердой фазы 3.	1070 кг/м <sup>3</sup>
7	Вывести формулу, по которой можно вычислить скорость центрифугирования твердых шарообразных частиц, исходя из закона Стокса. Частота вращения в об/сек.	$\omega_0 = \frac{d^2 \cdot (\rho_{сп} - \rho)}{18 \cdot \mu} \cdot \omega^2 \cdot r$
8	Лопастная мешалка с $d_1 = \frac{D}{3}$ заменена на меньшую с $d = \frac{D}{4}$ . Размешивание в обоих случаях производится в условиях ламинарного режима. Как изменится частота вращения при той же мощности электродвигателя?	Увеличится в 1,3 раза

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

**10.3.3. Особенности проведения экзамена**

Время на подготовку ответа по билету 30 минут.  
 Ответ по билету 15 минут.