

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности  
доцент Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
<b>Квалификация выпускника</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	профессор О.А. Дубовиков

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Химические реакторы» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки России № 922 от 07.08.2020;

– на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Составитель: \_\_\_\_\_ профессор каф. ХТПЭ Дубовиков О.А.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 17 февраля 2021г., протокол № 26.

Заведующий кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Химические реакторы» является формирование профессиональной технической культуры, под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретённую совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения выполнения балансовых расчётов основных химико-технологических переделов и выполнение элементов проектных разработок. Подготовка студентов к творческому применению полученных знаний при создании новых и совершенствованию действующих технологических процессов и аппаратов.

Задачами дисциплины являются:

- изучение студентами проблем возникающих при реализации энергосберегающих, ресурсосберегающих технологических процессов переработки природных энергоносителей и при защите окружающей среды от техногенных воздействий;
- овладение приёмами сбора научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта для разработки проектов и реконструкции химических реакторов;
- формирование профессиональных навыков в проектировании химических реакторов для химико-технологических процессов, организации и проведения эксперимента, анализе и обработке данных с использованием современных информационных технологий;
- формирование способностей использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химические реакторы» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и изучается в 7-м семестре.

Дисциплина «Химические реакторы» является основополагающей для изучения следующих дисциплин и для последующего написания выпускной квалификационной работы (ВКР).

Особенностью дисциплины является - понимание социальной значимости своей будущей профессии, осознание высокой мотивации к выполнению профессиональной деятельности.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Химические реакторы» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен обеспечить проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров	ОПК-4	ОПК-4.1. <b>Знает:</b> комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
технологического процесса при изменении свойств сырья		протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса
		ОПК-4.2. <b>Умеет:</b> применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов
		ОПК-4.3. <b>Владеет:</b> навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		7
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Лекции	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Проработка конспекта лекций	4	4
Подготовка к практическим занятиям	4	4
Выполнение заданий поисково-исследовательского характера	5	5
Реферат	-	-
Подготовка к контрольной работе	4	4
Подготовка к экзамену	4	4
Подготовка к диф. зачету	-	-
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э), дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>36</b>	<b>Э(36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. Химические реакторы технологии переработки природных энергоносителей и углеродных материалов	34	8	8	8	10
Раздел 2. Химические реакторы технологии переработки неорганических веществ	34	8	8	8	10
Раздел 3. Химия, катастрофы, устойчивость	4	1	1	1	1
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>21</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Химические реакторы технологии переработки природных энергоносителей и углеродных материалов	Физико-химические свойства нефти, нефтепродуктов и индивидуальных соединений. Сырье и товарная продукция нефтеперерабатывающих заводов. Процессы переработки нефти. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов: реакторное оборудование; технологические печи; ректификационные колонны; теплообменные аппараты.	8
2	Химические реакторы технологии переработки неорганических веществ	Общие вопросы химической технологии неорганических веществ. Сырье и его подготовка к переработке. Реакторы для синтеза в химической технологии неорганических веществ	8
3	Химия, катастрофы, устойчивость	Промышленная химия и реакторы. Парадокс Якоба Хендрика Вант-Гоффа. Конец парадокса. Бифуркация и катастрофы. Теория устойчивости. Первая и вторая теоремы Ляпунова. Жизнь и судьба реактора. Послесловие.	1
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

##### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Основные понятия и определения. Физико-химические основы химических процессов. Общие замечания о расчете химических реакторов. Оптимизация химических процессов и реакторов.	6

2	Раздел 2	Адекватность моделей. Составление ориентировочной таблицы распределения выходов и температур по полкам. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой.	6
3	Раздел 3	Парадокс Якоба Хендрика Вант-Гоффа. Совмещение кривой тепловыделения Аррениуса и прямой отвода тепла Николая Николаевича Семенова. Первая и вторая теоремы Ляпунова.	5
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
	Разделы 1-3	Прохождение техники безопасности и получение допуска к работе в химической лаборатории	1
1	Раздел 1 Раздел 2	Определение удельной площади сгущения	4
2		Определение констант процесса фильтрации	4
3		Расчет и эмпирическая проверка работы механической мешалки для перемешивания пульп	4
	Раздел 3	Изучение отвода тепла от химического реактора	4
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Химические реакторы технологии переработки природных энергоносителей и углеродных материалов**

1. Математические модели реакторов с кипящим слоем.
2. Массообмен между пузырями и непрерывной фазой в реакторе с кипящим слоем
3. Эквивалентный диаметр частиц.
4. Гидравлический радиус каналов.
5. Удельная поверхность слоя и частицы.
6. Начало псевдооживления.
7. Образование разрывов.
8. Влияние сил сцепления между частицами.
9. Основные уравнения для развитого кипящего слоя.
10. Поверхности разрыва в псевдооживленном слое и их устойчивость.
11. Движение пузырей в кипящем слое.
12. Очистка газов

#### **Раздел 2. Химические реакторы технологии переработки неорганических веществ**

1. Неоднородные системы и методы их разделения.
2. Фильтрование.
3. Уравнения фильтрования.
4. Коагуляция частиц дисперсной фазы.
5. Фильтровальные перегородки.
6. Устройство фильтров.
7. Расчет фильтров.
8. Центрифугирование.
9. Центробежная сила и фактор разделения.
10. Расчет центрифуг.
12. Перемешивание в жидких средах.
13. Виды перемешивания.
14. Интенсивность и эффективность перемешивания.
15. Механическое перемешивание.
16. Расход энергии на перемешивание.
17. Конструкции мешалок, их характеристики и выбор.
18. Отстаивание.
19. Отстойники.
20. Скорость стесненного осаждения (отстаивания).
21. Составление математических моделей механики оживленных твердых дисперсных систем.

#### **Раздел 3. Химия, катастрофы, устойчивость**

1. Разнообразие реакторов по анатомии.
2. Деление реакторов по принципу действия или по физиологии.
3. Температур реакторов.
4. Реактор полимеризации этилена.
5. Закон Аррениуса.
6. Парадокс Я.Г. Вант-Гоффа.
7. Принцип Ле-Шателье.
8. Теория теплового взрыва Николая Николаевича Семенова.
9. Теория катастроф французского математика Р. Тома.
10. Бифуркации и катастрофы.
11. Химическое превращение в лабораторной колбе и реакция в промышленном реакторе.

12. Монография Д.А. Франк-Каменецкого «Диффузия и теплопередача в химической кинетики».

13. Теоремы Ляпунова

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

#### **Тема «Химические реакторы технологии переработки природных энергоносителей и углеродных материалов»**

Что такое псевдооживление? Как образуются разрывы? Влияние сил сцепления между частицами на образование разрывов. Основные уравнения, описывающие развитый кипящий слой. Что такое поверхность разрыва в псевдооживленном слое и его устойчивость? Опишите движение пузырей в кипящем слое, охарактеризуйте массообмен между пузырями и непрерывной фазой в аппарате с кипящим слоем. Математические модели реакторов с кипящим слоем. Как определяется сыпучесть порошкообразных материалов? Влияние взаимодействия между частицами. Опишите физические свойства сыпучих материалов: угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения, коэффициенты трения о твердые несущие конструкции, угол естественного откоса, влажность, подвижность и связность частиц, слеживаемость, абразивность.

#### **Тема «Химические реакторы технологии переработки неорганических веществ»**

Что такое неоднородные системы и методы их разделения? Отстаивание: скорость стесненного осаждения, коагуляция частиц дисперсной фазы, типы отстойников. Фильтрование: уравнения фильтрации, фильтровальные перегородки, устройство фильтров и их расчет. Центрифугирование: центробежная сила, фактор разделения, расчет центрифуг. На чем основана гравитационная очистка газов? Опишите очистка газов под действием инерционных и центробежных сил. Фильтры для очистки газов. Мокрая очистка газов. Электростатическая очистка газов. Коагуляция и укрупнение частиц, отделяемых при газоочистке. Что такое сравнительные характеристики газоочистительной аппаратуры? Выбор газоочистительной аппаратуры. Перемешивание в жидких и газообразных средах. Виды перемешивания. Как определяется интенсивность и эффективность перемешивания? Механическое перемешивание: расход энергии на перемешивании, конструкции мешалок, их характеристики и выбор. Что за явление течение жидкости через неподвижные зернистые слои? Опишите основные параметры, характеризующие структуру зернистого слоя: порочность, эквивалентный диаметр частиц, гидравлический радиус каналов, удельная поверхность слоя и частицы.

#### **Тема «Химия, катастрофы, устойчивость»**

Промышленная химия и реакторы. Реакторы и их различия. Простейший химический реактор – лабораторная колба. Охарактеризовать химические реакторы по анатомии, физиологии и температурному. Нарастание неустойчивости химического реактора – тепловой взрыв.

### **6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену**

#### **Вариант № 1**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1	Труднофильтруемым осадкам относятся	1. кристаллические 2. аморфные 3. несжимаемые 4. сжимаемые
2	Размерность единицы измерения удельного сопротивления осадка	1. Н/м <sup>3</sup> 2. Н·сек/м <sup>2</sup> 3. Н·сек/м 4. Н·сек/м <sup>4</sup>



3	По формуле ... определяется объёмная доля жидкости в суспензии	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\varepsilon = \frac{V_{жс}}{V_{жс} + V_{тв}}</math></li> <li><math>\varepsilon = \frac{V_{тв}}{V_{жс}^2 + V_{тв}}</math></li> <li><math>\varepsilon = \frac{V_{жс}}{V_{тв} - V_{жс}}</math></li> <li><math>\varepsilon = \frac{V_{жс}}{V_{тв}}</math></li> </ol>
4	Процесс отмывки зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>проницаемости</li> <li>пористости</li> <li>прочности структуры</li> <li>верно все вышеперечисленное выше</li> </ol>
5	За исключением ... к вакуум-фильтрам можно отнести	<ol style="list-style-type: none"> <li>закрытого нутч-фильтр</li> <li>мешочного</li> <li>барабанного</li> <li>карусельного</li> </ol>
6	Для предварительной очистки газов применяют	<ol style="list-style-type: none"> <li>центробежные скруббера</li> <li>полые скруббера</li> <li>центрифуги</li> <li>циклоны</li> </ol>
7	Основными преимуществами мешочных фильтров являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>промывка осадка при меньшем расходе воды</li> <li>меньший износ ткани</li> <li>более легкое обслуживание</li> <li>все вышеперечисленные ответы верны</li> </ol>
8	Шерстяные ткани в качестве фильтровальных перегородок применяются для сред	<ol style="list-style-type: none"> <li>кислых</li> <li>щелочных</li> <li>слабощелочных</li> <li>агрессивных</li> </ol>
9	Трубчатые сверхцентрифуги характеризуются фактором разделения	<ol style="list-style-type: none"> <li>11000÷9000</li> <li>12000÷17000</li> <li>8000÷6000</li> <li>5000÷3500</li> </ol>
10	К достоинствам фильтр-пресса можно отнести	<ol style="list-style-type: none"> <li>большую площадь фильтрования на единицу площади, занимаемой фильтром</li> <li>значительную движущую силу процесса (перепад давления)</li> <li>возможность контроля работы и отключения отдельных плит</li> <li>верно все вышеперечисленное выше</li> </ol>
11	Чем можно охарактеризовать гетерогенную систему?	<ol style="list-style-type: none"> <li>концентрацией дисперсионной фазы</li> <li>концентрацией дисперсной фазы и размерами её частиц</li> <li>размерами частиц</li> <li>концентрацией газообразных частиц</li> </ol>
12	Процесс разделения неоднородных гетерогенных систем по действием сил гравитации :	<ol style="list-style-type: none"> <li>сгущение</li> <li>фильтрование</li> <li>осветление</li> <li>центрифугирование</li> </ol>

13	Мокрое разделение в химических реакторах применяется главным образом для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. разделения суспензий и пылей</li> <li>2. разделения эмульсий</li> <li>3. разделения твердой фазы</li> <li>4. очистки газов от пылей и туманов</li> </ol>
14	Уравнение материального баланса процесса разделения всей системы в реакторе	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>G_c = G_{oc} + G_{жс}</math></li> <li>2. <math>G_c = G_{oc} + G_m</math></li> <li>3. <math>G_c = G(X_1 - X_2)</math></li> <li>4. <math>G_c = G_{oc}(X_1 - X_2) + G</math></li> </ol>
15	Фильтры периодического действия, работающие под давлением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. фильтрпрессы</li> <li>2. нугч-фильтры закрытые</li> <li>3. мешочные фильтры</li> <li>4. все вышеперечисленные ответы верны</li> </ol>
16	При работе сгустителя стесненным осаждением называется осаждение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. в ограниченном объеме при большой концентрации твердой фазы</li> <li>2. в неограниченном объеме при малой концентрации</li> <li>3. в ограниченном объеме при малой концентрации жидкой фазы</li> <li>4. в неограниченном объеме при малой концентрации газовой фазы</li> </ol>
17	По формуле ... можно определить скорость движения твердых частиц относительно жидкости	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\omega_0 = \frac{d^2 g(\rho_{тв} - \rho_{жс})}{18\mu} \varepsilon^2 \Phi(\varepsilon)</math></li> <li>2. <math>\omega_0 = \frac{d^3 g(\rho_{тв} - \rho_{жс})}{9\mu} \varepsilon^3 \Phi(\varepsilon)</math></li> <li>3. <math>\omega_0 = \frac{d^2(\rho - \rho_{жс})}{9\mu} \varepsilon^2 \Phi(\varepsilon)</math></li> <li>4. <math>\omega_0 = \frac{d^3 g(\rho_{тв} - \rho_{жс})}{18\mu} \varepsilon^2 \Phi(\varepsilon)</math></li> </ol>
18	Наиболее целесообразно для разделения твердой и жидкой фазы применять	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сверхцентрифуга</li> <li>2. центрифуга</li> <li>3. электрофильтр</li> <li>4. гидроциклон</li> </ol>
19	По формуле ... можно определить поверхность сгущения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>F = \frac{V}{\mu_0}</math></li> <li>2. <math>F = \frac{V}{\omega_0}</math></li> <li>3. <math>F = \frac{G}{\omega_0}</math></li> <li>4. <math>F = \frac{V}{\tau}</math></li> </ol>
20	Сгустители применяется для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полного разделения жидкой фазы путем фильтрования</li> <li>2. частичного разделения жидкой фазы путем фильтрования</li> <li>3. полного разделения газовой фазы путем фильтрования</li> <li>4. частичного разделения жидкой и твердой фазы путем фильтрования</li> </ol>

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1	Для очистки ... газов наиболее эффективно применение пылесадительных камер	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нетоксичных</li> <li>2. с абразивной поверхностью</li> <li>3. с крупнозернистой пылью</li> <li>4. с высоким содержанием влаги</li> </ol>
2	Термин стесненное осаждение применяется при описании работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. циклонов</li> <li>2. фильтров</li> <li>3. центрифуг</li> <li>4. сгустителей</li> </ol>
3	Для очистки ... применяют пылесадительные камеры	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. газов с высоким содержанием крупной пыли</li> <li>2. газов с абразивной поверхностью</li> <li>3. нетоксичных газов</li> <li>4. с высоким содержанием влаги</li> </ol>
4	мокрая очистка газов осуществляется в	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скруббере Вентури</li> <li>2. батарейном циклоне</li> <li>3. рукавном фильтре</li> <li>4. барабанном вакуум-фильтре</li> </ol>
5	шнековые мешалки применяются для осуществления перемешивания жидкостей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. летучих</li> <li>2. маловязких</li> <li>3. токсичных</li> <li>4. высоковязких</li> </ol>
6	Степень очистки газов от пыли в центробежных циклонах достигает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 30÷40 %</li> <li>2. 40÷50 %</li> <li>3. 60÷70 %</li> <li>4. 90÷95 %</li> </ol>
7	Если силы гравитации используются в сгустителях, то центробежная сила в	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пылесадительной камере</li> <li>2. циклоне</li> <li>3. камере инерционного удара</li> <li>4. рукавном фильтре</li> </ol>
8	Константа (К) в основном уравнении фильтрования с накоплением осадка характеризует	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки</li> <li>2. режим процесса фильтрования</li> <li>3. физико-химические свойства осадка и жидкости</li> <li>4. перепад давлений перед фильтровальной перегородкой и под ней</li> </ol>
9	Для теплообменных аппаратов периодического действия характерны следующие величины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. время нагрева (охлаждения) и габаритные размеры</li> <li>2. площадь теплообмена и габаритные размеры</li> <li>3. площадь теплообмена и время нагрева (охлаждения)</li> <li>4. площадь теплообмена</li> </ol>

10	Центробежная сила действующая на частицу определяется по уравнению	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>G_{ц} = \frac{m\omega_z^2}{r}</math></li> <li><math>G_{ц} = \frac{r}{m\omega_z^2}</math></li> <li><math>G_{ц} = \frac{\omega_z^2}{r}</math></li> <li><math>G_{ц} = \frac{m}{r}</math></li> </ol>
11	Барабанные и дисковые вакуум-фильтры применяются для разделения	<ol style="list-style-type: none"> <li>труднофильтруемых суспензий и отделения твёрдой фазы от летучих жидкостей</li> <li>вязких эмульсий</li> <li>высоковязких эмульсий</li> <li>вязких суспензий</li> </ol>
12	В ... можно проводить мокрую очистку газа под действием центробежных сил	<ol style="list-style-type: none"> <li>циклонах</li> <li>центрифугах</li> <li>рукавных фильтрах</li> <li>электрофильтрах</li> </ol>
13	Скорость сгущения суспензии:	<ol style="list-style-type: none"> <li>прямо пропорциональна производительности</li> <li>обратно пропорциональна скорости стесненного осаждения осаждающихся частиц</li> <li>обратно пропорциональна кинематической вязкости осветленной фазы суспензии</li> <li>верно все вышеперечисленные выше</li> </ol>
14	Жесткие фильтрующие перегородки применяются в	<ol style="list-style-type: none"> <li>патронных фильтрах</li> <li>нутч-фильтрах</li> <li>барабанных вакуум-фильтрах</li> <li>электрофильтрах</li> </ol>
15	В мокрых скруббера степень очистки газа составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>50÷60 %</li> <li>60÷70 %</li> <li>80÷85 %</li> <li>90÷99 %</li> </ol>
16	Толщину осадка при фильтрации можно определить согласно выражению	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\delta = u \frac{V}{F}</math></li> <li><math>\delta = uV</math></li> <li><math>\delta = u \frac{F}{V}</math></li> <li>нет верных ответов</li> </ol>
17	В центробежных циклонах эффективно улавливаются частицы крупностью	<ol style="list-style-type: none"> <li>более 5 мкм</li> <li>более 10 мкм</li> <li>менее 10 мкм</li> <li>более 100 мкм</li> </ol>
18	при очистке газов наибольшее гидравлическое сопротивление наблюдается в	<ol style="list-style-type: none"> <li>центробежных циклонах</li> <li>пылеосадительных камерах</li> <li>рукавных фильтрах</li> <li>электрофильтрах</li> </ol>

19	Закон Стокса для определения скорости осаждения одиночной сферической частицы записывается	$1. \omega_{oc} = \frac{d^2(\rho - \rho_c)g}{18\mu_c}$ $2. \omega_{oc} = \frac{d^2(\rho - \rho_c)g}{9\mu_c}$ $3. \omega_{oc} = \sqrt{Ly \cdot \mu_c(\rho - \rho_c)g / \rho_0^2}$ $4. \omega_{oc} = \sqrt{Re \cdot \mu_c(\rho - \rho_c)g / \rho^2}$
20	Интенсивность перемешивания можно определяется по	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. числу оборотов мешалки</li> <li>2. окружной скорости конца лопастей мешалки</li> <li>3. центробежному критерию Рейнольдса</li> <li>4. вышеперечисленным ответам</li> </ol>

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1	В каком аппарате очистка газов происходит в процессе осаждения под действием электростатических сил?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. рукавный фильтр</li> <li>2. циклон</li> <li>3. электрофильтр</li> <li>4. пенный пылеуловитель</li> </ol>
2	Какой способ очистки применяется в скрубберах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. фильтрование</li> <li>2. гравитационная очистка</li> <li>3. мокрая очистка</li> <li>4. очистка под действием инерционных сил</li> </ol>
3	Какой размер частиц в грубых суспензиях?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. &gt;100 мк</li> <li>2. &lt;100 мк</li> <li>3. &gt;10 мк</li> <li>4. &gt;50 мк</li> </ol>
4	С помощью какой из перечисленных формул можно определить давление при центрифугировании?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta p = \frac{C}{F}</math></li> <li>2. <math>\Delta p = 20\rho_c n^2 (R_2^2 - R_1^2)</math></li> <li>3. <math>\Delta p = 5\rho_c n^2 (D_2^2 - D_1^2)</math></li> <li>4. все вышеперечисленные ответы верны</li> </ol>
5	Для каких сред в качестве фильтровальных перегородок применяют хлопчатобумажные ткани?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для нейтральных сред</li> <li>2. Слабощелочных сред при температуре не выше 80 °С</li> <li>3. Для слабокислых сред при кислотности не более 5 % температуре не выше 40° С</li> <li>4. все вышеперечисленные ответы верны</li> </ol>
6	Если обозначить через: 1. $\Phi$ – фактор разделения; 2. $\omega$ – угловую скорость; 3. $g$ – ускорение свободного падения, то фактор разделения определяется по формуле	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Phi = \frac{\omega^2 r}{g} \omega</math></li> <li>2. <math>\Phi = \frac{\omega^2}{g}</math></li> <li>3. <math>\Phi = \frac{\omega r}{g}</math></li> <li>4. <math>\Phi = \frac{r}{g}</math></li> </ol>

7	Степень очистки газа от тонкодисперсной пыли скруббером Вентури	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 70 %</li> <li>2. 75 %</li> <li>3. 85 %</li> <li>4. 99 %</li> </ol>
8	При фильтрации с накоплением осадка сопротивление осадка определяется выражением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>R_{oc} = nuq</math></li> <li>2. <math>R_{oc} = ru</math></li> <li>3. <math>R_{oc} = nuq + r</math></li> <li>4. <math>R_{oc} = nuq / g</math> и <math>R_{oc} = rqq</math></li> </ol>
9	Производительность процесса фильтрации зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. режима фильтрования</li> <li>2. перепада давления и температуры пульпы</li> <li>3. фильтрующей перегородки и физико-химических свойств суспензии и осадка</li> <li>4. все верно</li> </ol>
10	Сверхцентрифуги применяются для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. осветления лаков</li> <li>2. осветления масел и эмульсий</li> <li>3. разделения весьма тонких суспензий</li> <li>4. верно все вышеперечисленное</li> </ol>
11	Разделение твёрдой фазы и жидкой фаз с получением высококонцентрированной сгущенной суспензии называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. осветлением</li> <li>2. растворением</li> <li>3. очисткой</li> <li>4. сгущением</li> </ol>
12	Скорость отмывки имеет размерность	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. м<sup>2</sup>/с</li> <li>2. м/с</li> <li>3. м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с</li> <li>4. м<sup>3</sup>/с</li> </ol>
13	Если ввести обозначения: 1. $D$ – диаметр 2. $n$ – число оборотов, то по формуле $\omega = \frac{\pi D n}{60}$ можно определить	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. окружная скорость</li> <li>2. вращательная скорость</li> <li>3. производительность центрифуги</li> <li>4. продолжительность промывки</li> </ol>
14	Формула Бачинского по определению динамической вязкости записывается так	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\mu = 2 + \mu_0</math></li> <li>2. <math>\mu = 1 + 3,5q</math></li> <li>3. <math>\mu = \mu_0 - 1</math></li> <li>4. <math>\mu = \mu_0(1 + 4,5q)</math></li> </ol>
15	По формуле $\Sigma = \Phi F$ для характеристики работы центрифуг можно определить	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. индекс производительность центрифуги</li> <li>2. фактор разделения</li> <li>3. удельное сопротивление</li> <li>4. фактор осаждения</li> </ol>
16	Для разделения тонких суспензий и эмульсий применяются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сверхцентрифуги</li> <li>2. центрифуги непрерывного действия с инерционной выгрузкой</li> <li>3. центрифуги непрерывного действия и шнековой выгрузкой</li> <li>4. центрифуги непрерывного действия с выгрузкой пульсирующим поршнем</li> </ol>
17	По формуле для смеси $a_k = \frac{M_k x_k}{\sum Mx}$ определяют	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. молярный состав смеси</li> <li>2. весовой состав смеси</li> <li>3. весовой состав компонента смеси</li> <li>4. весовую долю компонентов</li> </ol>

18	Для определения объемной доли компонента можно воспользоваться выражением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>C_k = \frac{M_k p_k}{RT}</math></li> <li>2. <math>C_k = \frac{M_k}{RT}</math></li> <li>3. <math>C_k = \frac{p_k}{RT}</math></li> <li>4. <math>C_k = \frac{p_k}{R}</math></li> </ol>
19	Диффузионный критерий Прандтля $Pr' = \frac{\mu}{\rho D}$ характеризует	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. процесс массопередачи</li> <li>2. физические свойства среды</li> <li>3. химические свойства среды</li> <li>4. разделение фаз</li> </ol>
20	К основным областям применения лопастных мешалок можно отнести	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. перемешивание жидкостей небольшой вязкости</li> <li>2. растворение и суспендирование твёрдых веществ, обладающих малой плотностью</li> <li>3. перемешивание маловязких сред и грубое смешение жидкостей</li> <li>4. справедливо все вышеперечисленное</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Общая химическая технология. Химические реакторы: методические указания и контрольные задания // Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2016. 32 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72791>

2. Некрасов Р.Ю. Теплофизика и гидравлика в технологических системах нефтегазового оборудования / Р.Ю. Некрасов [и др.]. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 172 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64507>

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Теляков Н.М. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / Н.М. Теляков, С.Н. Салтыкова, О.А. Дубовиков // Санкт Петербургский горный институт (технический университет). СПб, 2009. 129 с.

2. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – 2-е изд., перераб. и доп. // П.Г. Баннов // СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009. 368 с.

3. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: Учебник для вузов. / В.М. Потехин, В.В. Потехин // Санкт-Петербург: Лань, 2014. 896 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53687>

4. Бесков В.С. Химические реакторы / В.С. Бесков, В.И. Игнатенков, Е.В. Сучкова, и др. // СПб.: Химия, 1999. 501 с.

### 7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>

2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>

3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>

4. Словари и энциклопедии на «Академике»: <http://dic.academic.ru/>

5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>

6. Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>

7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>

8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### Аудитории для проведения лекционных занятий.

Оснащенность: стол- 19 шт., стул-38 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD – экран iiyama ProLite PL8603U.

#### Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий.

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8” FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

### 8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.



2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

#### **1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

#### **2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

#### **3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)

4. MySQL Workbench v. 6.3.9 (лицензия свободная GNU GPL)

5. PHP 7.1.7 ( лицензия на свободное программное обеспечение, под которой выпущен язык программирования PHP, одобрена OSI)

6. Apache 2.4.27 (свободный кроссплатформенный Web-сервер, лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation).

7. Python (свободное распространяемое ПО)