

**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**  
доцент В.Ю. Бажин

---

**Проректор по образовательной**  
деятельности  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***РЕАКТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОЦЕССАХ***  
***НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
<b>Направленность (профиль):</b>	Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазопереработке
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Л.Н. Никитина

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», утвержденного приказом Минобрнауки России № 730 от 09.08.2021 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» направленность (профиль) «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазопереработке».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент каф. АТПП Никитина Л.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры автоматизации технологических процессов и производств от 8 февраля 2022 г., протокол № 11.

Заведующий кафедрой АТПП \_\_\_\_\_ д.т.н. Бажин В.Ю.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» – формирование знаний об основных конструкциях реакторного оборудования, применяемого в процессах нефтегазопереработки, о типах и технологических особенностях реакторных процессах в нефтегазопереработке, об основных методиках расчета реакторного оборудования.

Основными задачами дисциплины «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» являются: изучение конструкций основного реакторного оборудования процессов переработки нефти, овладение методами расчета основного оборудования, формирование навыков правильного выбора типа реактора, представлений о современном уровне развития реакторного оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» направленность (профиль) «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазопереработке» и изучается в 5 и 6 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» являются «Гидроаэромеханика и теплообмен», «Гидравлика», «Физика», «Химия».

Дисциплина «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Моделирование процессов и систем нефтегазопереработки», «Физико-химическое моделирование нефтехимических процессов», «Автоматизация технологических процессов нефтегазопереработки».

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

Процесс изучения дисциплины «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен проводить предпроектное обследование технологического процесса как объекта управления	ПКС-2	ПКС-2.1. Знает современные способы реализации технологических процессов нефтегазопереработки; типы технологических процессов и их назначение; классификацию нефтей, требования к продуктам нефтегазопереработки ПКС-2.2. Знает принципы работы технологического и вспомогательного оборудования нефтегазопереработки ПКС-2.4. Умеет рассчитывать технико-экономические показатели основных и вспомогательных технологических процессов нефтегазопереработки ПКС-2.7. Владеет навыками расчета технико-экономических показателей основных и вспомогательных технологических процессов нефтегазопереработки

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		5	6
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>17</b>
Лекции (Л)	17	17	-
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>93</b>	<b>56</b>	<b>37</b>
Подготовка к лекциям	8	8	-
Подготовка к лабораторным работам	20	-	20
Подготовка к практическим занятиям	17	17	-
Работа в библиотеке	22	15	7
Подготовка к зачету, дифф. зачету	26	16	10
<b>Промежуточная аттестация – зачет, дифференцированный зачет</b>	<b>3, ДЗ</b>	<b>3</b>	<b>ДЗ</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>			
<b>ак. час.</b>	<b>144</b>	<b>90</b>	<b>54</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и 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 «Введение. Понятие химических процессов и реакторов»	5	2	-	-	3
Раздел 2 «Химические процессы и реакторы. Основы кинетики и гидродинамики»	37	6	2	4	25
Раздел 3 «Промышленные химические реакторы»	66	6	10	10	40
Раздел 4 «Особенности каталитических реакторов»	36	3	5	3	25
<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>93</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Понятие химических процессов и реакторов	Основные понятия и определения. Значение химических реакторов и процессов. Классификация химических процессов и реакторов. Содержание дисциплины.	2
2	Химические процессы и реакторы. Основы кинетики и гидродинамики	Физико-химические основы химических процессов. Каталитический химический процесс. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы. Реактор идеального смещения. Реактор идеального вытеснения. Другие модели реакторов. Ячеечная модель. Диффузионная модель. Комбинированные гидродинамические модели.	6
3	Промышленные химические реакторы	Общие сведения о расчете химических реакторов. Составление материального баланса для реактора. Конструктивные элементы химических реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.	6
4	Особенности каталитических реакторов	Реакторы с неподвижным, псевдооживленным, движущимся слоем катализатора. Основы теории химической кинетики и теории катализа. Определение гидродинамических параметров работы реактора. Определение объема загружаемого катализатора по стадиям процесса (полкам) и по всему реактору. Определение основных размеров реактора – площади сечения, внутреннего диаметра, высоты слоя катализатора. Определение гидравлического сопротивления слоев катализатора и реактора. Составление теплового баланса реактора.	3
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Определение свойств смеси углеводородов при различных условиях.	2
2	Раздел 3	Составление материального баланса реактора риформинга.	2
3	Раздел 3	Составление материального баланса реактора гидроочистки.	4
4	Раздел 3	Расчет реакционной камеры и змеевика установки термического крекинга.	4
5	Раздел 4	Кинетический расчет контактных аппаратов со взвешенным слоем катализатора.	5
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Построение гидродинамической модели аппарата на основе функций отклика.	4
2	Раздел 3	Расчет свойств реакционной смеси в системе HYSYS.	4
3	Раздел 3	Моделирование реакционно-ректификационного аппарата	6
4	Раздел 4	Определение констант скорости реакций на основе кинетических кривых.	3
<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 зачета, дифференцированного зачета) 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 текущего контроля успеваемости

##### Раздел 1. Введение. Понятие химических процессов и реакторов

1. Каковы основные типы химических реакторов, предъявляемые к ним требования? Приведите примеры.
2. Напишите уравнение материального баланса реактора в общем виде.
3. Общая характеристика и назначение химических реакторов.
4. Классификация реакторов по режиму движения реакционной массы

5. Классификация реакторов по виду поверхности теплообмена.

## **Раздел 2. Химические процессы и реакторы. Основы кинетики и гидродинамики**

1. Какие типы идеальных моделей реакторов Вы знаете?
2. Что такое реактор идеального вытеснения?
3. Напишите функцию отклика для реактора идеального вытеснения и постройте ее график.
4. Что такое реактор идеального смешения?
5. Напишите функцию отклика для реактора идеального смешения и постройте ее график.
6. Как влияет структура потока на селективность и выход целевого продукта?

## **Раздел 3. Промышленные химические реакторы**

1. Влияние тепловых режимов на протекание химических процессов в реакторах идеального смешения и вытеснения. Тепловой расчет изотермического реактора непрерывного действия с полным перемешиванием.
2. Анализ теплового режима изотермического реактора непрерывного действия.
3. Реактор с полным вытеснением и теплообменом между реагентами и продуктом.
4. Реактор с полным вытеснением и поверхностью теплообмена.
5. Тепловой расчет адиабатического реактора с мешалкой.
6. Анализ теплового режима адиабатического реактора.

## **Раздел 4. Особенности каталитических реакторов**

1. Конструкция реактора гидрокрекинга.
2. Конструкция реактора сернокислотного алкилирования.
3. Конструкция реактора получения МТБЭ. Реакционно-ректификационный аппарат.
4. Конструкция реактора каталитического крекинга с движущимся слоем катализатора.
5. Конструкция реактора каталитического крекинга с микросферическим катализатором.
6. Конструкция лифт-реактора каталитического крекинга.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета, дифф. зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету, дифф. зачету (по дисциплине):**

1. Каковы основные типы химических реакторов, предъявляемые к ним
2. требования? Приведите примеры.
3. Напишите уравнение материального баланса реактора в общем виде.
4. Общая характеристика и назначение химических реакторов.
5. Классификация реакторов по режиму движения реакционной массы и виду поверхности теплообмена.
6. Классификация реакторов по конструктивным формам.
7. Классификация реакторов по фазовому состоянию реагентов и принципу действия.
8. Реакторы периодического действия (гомогенные нестационарные реакторы).
9. Реакторы полупериодического действия.
10. Реакторы непрерывного действия (гомогенные стационарные реакторы). Каскад реакторов
7. Какие типы идеальных моделей реакторов Вы знаете?
8. Что такое РИВ?
9. Напишите функцию отклика для РИВ и постройте ее график.
10. Что такое РИС?
11. Напишите функцию отклика для РИС и постройте ее график.
12. Как влияет структура потока на селективность и выход целевого продукта?
13. Чем вызвано отклонение от идеальных моделей в реальных реакторах?
14. Что такое ячеечная модель?
15. Напишите функцию отклика для ячеечной модели и постройте ее график.
16. Что такое диффузионная модель?
17. Напишите функцию отклика для диффузионной модели и постройте ее график.
18. Что такое трассер? Для чего его вводят?
19. Требования к трассеру.
20. Определение скорости химической реакции, константы, степени превращения и порядка.

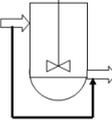
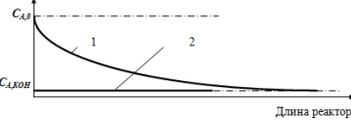
21. Скорость химической реакции.
22. Простые реакции.
23. Реакции нулевого порядка.
24. Реакции первого порядка.
25. Выход продукта.
26. Классификация реакций.
27. Влияние температуры на скорость химической реакции.
28. Параллельные и последовательные реакции.
29. Тепловой эффект в реакторах.
30. Классификация химических реакторов по тепловому режиму.
31. Алгоритм расчета теплового режима химических реакторов.
32. Общее характеристическое уравнение теплового баланса.
33. Влияние тепловых режимов на протекание химических процессов в реакторах идеального смешения и вытеснения. Тепловой расчет изотермического реактора непрерывного действия с полным перемешиванием.
34. Анализ теплового режима изотермического реактора непрерывного действия. Реактор с полным вытеснением и теплообменом между реагентами и продуктом.
35. Реактор с полным вытеснением и поверхностью теплообмена.
36. Тепловой расчет адиабатического реактора с мешалкой.
37. Анализ теплового режима адиабатического реактора.
38. Анализ теплового режима адиабатического реактора для эндотермических реакций.
39. Тепловой расчет изотермического реактора периодического действия.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету/дифференцированному зачету

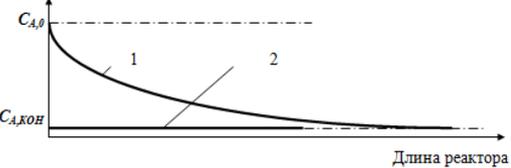
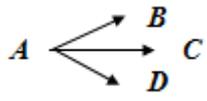
#### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Трассер должен соответствовать следующим требованиям	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ввод трассера в аппарат должен подчиняться определенному закону создания возмущения</li> <li>2. ввод трассера в аппарат должен выполняться в значительных количествах</li> <li>3. ввод трассера в аппарат должен выполняться в незначительных количествах</li> <li>4. трассер должен практически мгновенно растворяться в основном технологическом потоке, распределяясь при этом по локальным струям пропорционально их массе</li> </ol>
2.	<p>Модель соответствует структуре потоков в аппарате, при которой за счет интенсивного перемешивания равномерное распределение значений всех параметров системы (температура, концентрация и т.д.) в объеме аппарата, численные значения параметров в любой момент времени во всех точках системы равны, при этом значения параметров на выходе из аппарата равны их значениям в объеме аппарата.</p> <p>Определение</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. РИВ</li> <li>2. РИС</li> <li>3. Дифф. модели</li> <li>4. Ячеечной модели</li> </ol>
3.	$\frac{dP}{d\tau} = -W \frac{dP}{dx}$ Уравнение соответствует:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. РИВ</li> <li>2. РИС</li> </ol>

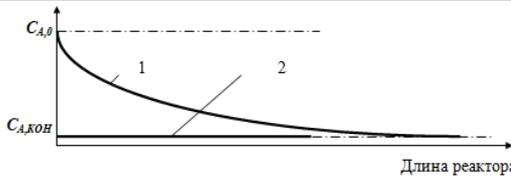
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
4.	Реактор каталитического риформинга представляет собой	1. Колонный аппарат 2. Горизонтальный аппарат 3. Теплообменный аппарат 4. Аппарат с мешалкой
5.	Разрушение поверхностного слоя металла под действием ударяющихся в него твердых частиц, капель или потока жидкости или газа называется	1. Химической коррозией 2. Электрохимической коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
6.	Для изготовления химической аппаратуры должны использоваться конструкционные материалы, скорость коррозии которых не превышает мм/год	1. 0,1 2. 0,5 3. 1 4. 1,5
7.	Если границы зерен обедняются хромом, что приводит к снижению коррозионной стойкости и ударной вязкости, то такой процесс называется	1. Химической коррозией 2. Межкристаллитной коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
8.	Кипящие стали раскисляют только	1. Марганцем 2. Кислородом 3. Хромом 4. Углеродом
9.	$A \longrightarrow B + C + \dots$ рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
10.	Гидроочистка осуществляется в присутствии...	1. водородсодержащего газа 2. кислорода 3. метана 4. водорода
11.	Химическая коррозия реакторов обусловлена содержанием в высокотемпературных газовых потоках...	1. сероводорода 2. воды 3. серы 4. водорода
12.	$A \begin{cases} \longrightarrow B \\ \longrightarrow C \\ \longrightarrow D \end{cases}$ рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
13.	$A \longrightarrow B$ , рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
14.	В лифт-реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
15.	В реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	время реакции исчисляется	3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
16.	В реакторе каталитического крекинга с движущимся слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
17.	 на рисунке приведена схема:	1. РИВ 2. Циркуляции 3. Дифф. модели 4. Байпаса
18.	 цифра 2 отвечает	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
19.	$C(\tau) = \frac{m \tau^{m-1}}{(m-1)! \tau_N^{m-1}} e^{-m\tau / \tau_N}$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
20.	$\frac{1}{m} * \frac{dP}{d\tau} = \frac{1}{\tau_N} (P_{i-1} - P_i)$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели

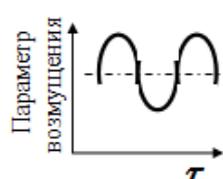
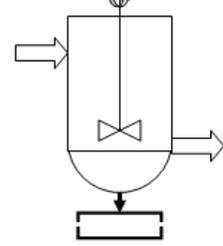
### Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	 цифра 1 отвечает	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
2.	Гидроочистка осуществляется в присутствии	1. водородсодержащего газа 2. кислорода 3. метана 4. водорода
3.		1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
4.	$A \longrightarrow B$ , рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
5.	Разрушение поверхностного слоя металла под действием ударяющихся в него твердых частиц, капель или потока жидкости или газа называется	1. Химической коррозией 2. Электрохимической коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
6.	Для изготовления химической	1. 0,1

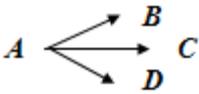
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	аппаратуры должны использоваться конструкционные материалы, скорость коррозии которых не превышает мм/год	2. 0,5 3. 1 4. 1,5
7.	Если границы зерен обедняются хромом, что приводит к снижению коррозионной стойкости и ударной вязкости, то такой процесс называется	1. Химической коррозией 2. Межкристаллитной коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
8.	Кипящие стали раскисляют только	1. Марганцем 2. Кислородом 3. Хромом 4. Углеродом
9.	$A \longrightarrow B + C + \dots$ рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
10.	Трассер должен соответствовать следующим требованиям (выбрать неверное)	1. ввод трассера в аппарат должен подчиняться определенному закону создания возмущения 2. ввод трассера в аппарат должен выполняться в значительных количествах 3. ввод трассера в аппарат должен выполняться в незначительных количествах 4. трассер должен практически мгновенно растворяться в основном технологическом потоке, распределяясь при этом по локальным струям пропорционально их массе
11.	Модель соответствует структуре потоков в аппарате, при которой за счет интенсивного перемешивания равномерное распределение значений всех параметров системы (температура, концентрация и т.д.) в объеме аппарата, численные значения параметров в любой момент времени во всех точках системы равны, при этом значения параметров на выходе из аппарата равны их значениям в объеме аппарата.	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
12.	$\frac{dP}{d\tau} = -W \frac{dP}{dx}$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
13.	Реактор каталитического риформинга представляет собой	1. Колонный аппарат 2. Горизонтальный аппарат 3. Теплообменный аппарат 4. Аппарат с мешалкой
14.	В лифт-реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
15.	В реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
16.	В реакторе каталитического крекинга с движущимся слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
17.	При легировании сталей какой элемент применяется для повышения коррозионной стойкости	1. Углерод 2. Железо 3. Хром 4. Водород
18.	 <p>цифра 2 отвечает</p>	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
19.	$\frac{dP}{d\tau} = -W \frac{dP}{dx} + D_L \frac{d^2 P}{dx^2}$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели
20.	$\frac{1}{m} * \frac{dP}{d\tau} = \frac{1}{\tau_N} (P_{i-1} - P_i)$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	На рисунке приведен график ввода трассера 	1. Ступенчатого 2. Импульсного 3. Гармонического 4. Линейного
2.	 <p>на рисунке приведена схема</p>	1. РИВ 2. Циркуляции 3. Байпаса 4. Застойной зоны
3.	$\frac{dP}{d\tau} = -W \frac{dP}{dx} + D_L \frac{d^2 P}{dx^2}$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф. модели 4. Ячеечной модели

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	$\frac{1}{m} * \frac{dP}{d\tau} = \frac{1}{\tau_N} (P_{i-1} - P_i)$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф.модели 4. Ячеечной модели
5.	разрушение поверхностного слоя металла под действием ударяющихся в него твердых частиц, капель или потока жидкости или газа называется	1. Химической коррозией 2. Электрохимической коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
6.	Для изготовления химической аппаратуры должны использоваться конструкционные материалы, скорость коррозии которых не превышает	1. 0,1 мм/год 2. 0,5 мм/год 3. 1 мм/год 4. 1,5 мм/год
7.	Если границы зерен обедняются хромом, что приводит к снижению коррозионной стойкости и ударной вязкости, то такой процесс называется	1. Химической коррозией 2. Межкристаллитной коррозией 3. Эрозией 4. Водородной коррозией
8.	Кипящие стали раскисляют только	1. Марганцем 2. Кислородом 3. Хромом 4. Углеродом
9.	$A \longrightarrow B + C + \dots$ рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
10.	Трассер должен соответствовать следующим требованиям (выбрать неверное)	1. ввод трассера в аппарат должен подчиняться определенному закону создания возмущения 2. ввод трассера в аппарат должен выполняться в значительных количествах 3. ввод трассера в аппарат должен выполняться в незначительных количествах 4. трассер должен практически мгновенно растворяться в основном технологическом потоке, распределяясь при этом по локальным струям пропорционально их массе
11.	Модель соответствует структуре потоков в аппарате, при которой за счет интенсивного перемешивания равномерное распределение значений всех параметров системы (температура, концентрация и т.д.) в объеме аппарата, численные значения параметров в любой момент времени во всех точках системы равны, при этом значения параметров на выходе из аппарата равны их значениям в объеме аппарата.	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф.модели 4. Ячеечной модели
12.	$\frac{dP}{d\tau} = -W \frac{dP}{dx}$ Уравнение соответствует:	1. РИВ 2. РИС 3. Дифф.модели 4. Ячеечной модели

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
13.	Реактор каталитического риформинга представляет собой	1. Колонный аппарат 2. Горизонтальный аппарат 3. Теплообменный аппарат 4. Аппарат с мешалкой
14.	В лифт-реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
15.	В реакторе каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
16.	В реакторе каталитического крекинга с движущимся слоем катализатора время реакции исчисляется	1. 10-15 минут 2. 1,5-2 минуты 3. 3-5 секунд 4. 1,5-2 часа
17.	Гидроочистка осуществляется в присутствии	1. водородсодержащего газа 2. кислорода 3. метана 4. водорода
18.	При легировании сталей какой элемент применяется для повышения коррозионной стойкости	1. Углерод 2. Железо 3. Хром 4. Водород
19.	 рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий
20.	$A \longrightarrow B,$ рисунок изображает схему реакции	1. Присоединения 2. Разложения 3. Изомеризации 4. В зависимости от компонентов и условий

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

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его,

ответах на вопросы	дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	некоторые неточности в ответе на вопрос.	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

**6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)**

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение более 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

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

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Моделирование химико-технологических процессов: учебник / Г.И. Ефремов. – М.: ИНФРА-М, 2018. – URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=942787>
2. Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств. Книга 1 : учебник для вузов в двух книгах / А.С. Тимонин, Г.В. Божко, В.Я. Борщев [и др.] ; под общ. ред. А.С. Тимониной. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 476 с. - ISBN 978-5-9729-0268-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836008>.
3. Оборудование перерабатывающих производств: учебник / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 363 с.– DOI 10.12737/11738. -

ISBN 978-5-16-010779-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062370>.

4. Черепанов В. Химическая кинетика: Учебное пособие / Черепанов В., Аксенова Т. - 2-е изд., стер. - Москва: Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 132 с. ISBN 978-5-9765-3270-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/946577>.

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Ефремов, Г.И. Моделирование химико-технологических процессов: учебник / Г.И. Ефремов. — Москва: ИНФРА-М, 2018. — 255 с. — [www.dx.doi.org/10.12737/12066](http://www.dx.doi.org/10.12737/12066). - ISBN 978-5-16-011030-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/942787>.

2. Заварухин, С.Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов : учебное пособие/ С.Г. Заварухин; Новосибирский государственный технический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 86 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576798>. – ISBN 978-5-7782-3284-6. – Текст : электронный.

3. Клинов, А.В. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова ; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО "Казанский государственный технологический университет". - Казань : Казанский государственный технологический университет, 2018. – URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=270540](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=270540)

4. Математическое моделирование процесса гидроочистки среднедистиллятного сырья в смеси с атмосферным газойлем / А.А. Татауршиков, Э.Д. Иванчина, Н.И. Кривцова, Е.П. Коткова ; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 75 с. - ISBN 978-5-4387-0789-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043878>.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Харламова, Т.С. Методы исследования каталитических свойств гетерогенных катализаторов: учебно-методическое пособие / Т.С. Харламова, О.В. Водянкина. - Томск: Издательский Дом ТГУ, 2017. – 62 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1697566>

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

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus»: <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
7. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
8. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
9. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
10. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

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

Аудитории оснащены специализированным оборудованием, необходимым для выполнения практических работ по дисциплине «Реакторное оборудование в процессах нефтегазопереработки».

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Оснащенность: стол – 15 шт., стул – 30 шт, доска белая маркерная Magnetoplan С 2000х1000мм.

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

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Оснащенность: стол – 8 шт., стул – 16 шт, доска белая маркерная Magnetoplan С 2000х1000мм.

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: 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: 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: 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., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

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

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 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. Scilab (свободно распространяемое ПО)