

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
  
А.М. Петровский  
« 29 »  2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.29 Процессы и аппараты химической технологии**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра Химические и пищевые технологии

Кафедра-разработчик Технологическое оборудование и транспортные системы

Объем дисциплины 252/7  
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Смирнов С.И., к.т.н., доцент

« 29 » 06 2021 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБР-НАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 года № 922 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ.

протокол от 25.06.2021 № 10

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Технологическое оборудование и транспортные системы

протокол от 28.06.2021 № 16

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент  В.А. Диков  
(подпись)

---

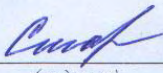
СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии

д.х.н, профессор

 О.А. Казанцев  
(подпись)

Начальник ОУМБО

 И.В. Старикова  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО:

б 1.5.29/21ХТОВ «29» ОС 2021г.  
ХТ26



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
1.1. Цель освоения дисциплины.....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) .....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	8
4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам....	8
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам .....	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	27
5.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	27
5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	30
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	33
6.1. Учебная литература .....	33
6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям ...	35
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	35
7.1. Перечень информационных справочных систем .....	35
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	36
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	36
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	38
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	38
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	39
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	39
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	39
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа (заочная форма обучения) .....	40
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	40
10.6. Методические указания для выполнения контрольных работ (заочная форма обучения) .....	41
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	41
11.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	41
11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ .....	41
11.1.2. Типовые тестовые задания .....	43
11.1.3. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы.....	45
11.1.4. Типовые задания для контрольной работы (заочная форма обучения)....	46
11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине .....	46

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является:**

- изучение основных законов гидромеханических, тепловых и массообменных процессов химической технологии;
- решение практических задач по расчету аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- применение основных законов гидромеханических, тепловых и массообменных процессов химической технологии при расчете и проектировании технологического оборудования;
- знание технологического оборудования химических технологий.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) "Процессы и аппараты химической технологии" включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, физическая химия и коллоидная химия.

Дисциплина "Процессы и аппараты химической технологии" является основополагающей для изучения следующих дисциплин: проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки.

Рабочая программа дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций ОПК-2, ОПК-4 и ОПК-5 дисциплинами

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик участвующих в формировании компетенций, вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетен-							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		1 семестр	2 семестр	3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
<b>ОПК-2</b>	Математика	+	+						
	Информатика	+	+						
	Физика		+	+					
	Органическая химия;		+	+	+				
	Физическая химия			+	+				
	Прикладная механика			+	+				
	Электротехника и электроника				+				
	Коллоидная химия				+				
	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа			+					
	Техническая термодинамика и теплотехника						+		
	Общая химическая технология						+		
	<b>Процессы и аппараты химической технологии</b>						+		
Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР								+	
<b>ОПК-4</b>	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа			+					
	<b>Процессы и аппараты химической технологии</b>					+			
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР								+
<b>ОПК-5</b>	Органическая химия		+	+	+				
	Физическая химия			+	+				
	Электротехника и электроника				+				
	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа			+					
	<b>Процессы и аппараты химической технологии</b>					+			
Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР								+	

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-2-2. Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности:	<b>Знать:</b> основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;	<b>Уметь:</b> решать практические задачи по расчету аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;	<b>Владеть:</b> навыками анализа технической документации, подбора оборудования, подготовки заявки на приобретение и ремонт оборудования	Тестирование (11 тестовых программ) Собеседование	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ИОПК-4-1. Обеспечивает проведение технологического процесса, использует технические средства для контроля параметров технологического процесса свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья:	<b>Знать:</b> аппаратное оформление технологического процесса и средства для контроля параметров процесса	<b>Уметь:</b> осуществлять подбор оборудования для проведения технологического процесса	<b>Владеть:</b> навыками управления параметрами технологического процесса;	Тестирование (11 тестовых программ) Собеседование	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
ОПК-5. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и	ИОПК-5-1. Осуществляет экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводит наблюдения и измерения с уче-	<b>Знать:</b> методы планирования и проведения экспериментальных исследований	<b>Уметь:</b> проводить обработку и интерпретацию результатов экспериментальных исследований	<b>Владеть:</b> методами выполнения наблюдений и измерений с учетом требований техники безопасности	Тестирование (11 тестовых программ) Собеседование	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)

измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	том требований техники безопасности, обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные:					
--	--	--	--	--	--	--

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. 252 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			5 семестр
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>		<b>142</b>	<b>142</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>136</b>	<b>136</b>
в том числе:	Лекции (Л)	68	68
	Лабораторные работы (ЛР)	68	68
	Практические занятия (ПЗ)		
	Практикумы		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b>		<b>6</b>	<b>6</b>
групповые консультации по дисциплине		3	3
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		3	3
индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: работа - по выполнению работ РГР, реферат, КР			
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>		<b>83</b>	<b>83</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>		<b>Экзамен 27</b>	<b>Экзамен 27</b>
<b>Общая трудоемкость, ч./ зачетные единицы</b>		<b>252/7</b>	<b>252/7</b>

Таблица 4 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов заочного обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Курс 4
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>		<b>29</b>	<b>29</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>22</b>	<b>22</b>
в том числе:	Лекции (Л)	10	10
	Лабораторные работы (ЛР)	4	4
	Практические занятия (ПЗ)	8	8
	Практикумы		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b>		<b>7</b>	<b>7</b>
групповые консультации по дисциплине		2	2
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		2	2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: работа - по выполнению работ РГР, реферат, КР		3	3
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>		<b>214</b>	<b>214</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>		<b>Экзамен 9</b>	<b>Экзамен 9</b>
<b>Общая трудоемкость, ч./ зачетные единицы</b>		<b>252/7</b>	<b>252/7</b>



#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 - Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>5 семестр</b>									
	<b>Раздел 1 Гидромеханические процессы</b>								Конспект лекций
ОПК-2, ИОПК-2-2 ОПК-4, ИОПК-4-1 ОПК-5, ИОПК-5-1	<u>Тема 1.1</u> Введение	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.12, 9-15).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.2</u> Кинетические закономерности основных процессов химической технологии.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 15-20).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.3</u> Общие сведения по гидравлике.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 23-29).	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 1.4</u> Моделирование химико-механических процессов.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 64-84).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.5</u> Общие вопросы прикладной гидравлики.	3			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 29-95).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.5</u> Лабораторная работа 1. Изучение гидравлических сопротивлений трубопровода.		7		2	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 15-95).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 1.6</u> Движение жидкостей и газов через пористые слои.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 101-111).			
	<u>Тема 1.7</u> Перемешивание в жидких средах.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 246-260).			
	<u>Тема 1.8</u> Транспортирование жидкостей.	2			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 127-152).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.8</u> Лабораторная работа 2*. Снятие характеристик вихревого насоса.		5		1	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 127-152).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 1.8</u> Лабораторная работа 3*. Снятие характеристик центробежного насоса.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 127-152).	Собеседование. Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 1.9</u> Сжатие и транспортирование газов.	2			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 152-176).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.9</u> Лабораторная работа 4. Испытание поршневого компрессора.		5		2	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 152-176).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 1.10</u> Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 176-178).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.11</u> Разделение в поле действия сил тяжести. Отстаивание.	1			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 178-186).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.12</u> Разделение под действием разности давления. Фильтрование.	2			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 186-212).			
	<u>Тема 1.12</u> Лабораторная работа 5**. Испытание лабораторного вакуум-фильтра.		5		2	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 176-227).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 1.13</u> Разделение в поле действия центробежных сил. Циклоны. Центрифугирование	2			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 212-227).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.13</u> Лабораторная работа 6**. Испытание циклона.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 176-178; 227-246).	Собеседование. Тестирование.		
ОПК-2, ИОПК-2-2	<b>Раздел 2</b> Тепловые процессы							Конспект лекций	
ОПК-4, ИОПК-4-1	<u>Тема 2.1</u> Основы теории передачи теплоты.	9			4	подготовка к лекциям, тестирова-	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-5, ИОПК-5-1						нию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 260-347).			
	<u>Тема 2.1</u> Лабораторная работа 7***. Испытание теплообменника «труба в трубе».		8		3	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 260-347).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 2.1</u> Лабораторная работа 8***. Испытание кожухотрубного теплообменника.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 260-347).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 2.2</u> Выпаривание.	5			1	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 347-382).	Тестирование.		
	<u>Тема 2.2</u> Лабораторная работа 9. Испытание выпарной установки.		5		2	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при	Собеседование. Тестирование.		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
					сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 347-382; 632-646).				
	<u>Тема 2.3</u> Кристаллизация.	4			2	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 632-646).	Тестирование.		
ОПК-2, ИОПК-2-2 ОПК-4, ИОПК-4-1 ОПК-5, ИОПК-5-1	Раздел 3 Массообменные процессы							Конспект лекций	
	<u>Тема 3.1</u> Основы теории массопередачи.	8			5	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 382-430).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.1</u> Лабораторная работа 10. Изучение массоотдачи в газовой фазе.		12		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 382-430).	Собеседование. Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 3.2</u> Абсорбция и десорбция.	4			3	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 434-471).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.2</u> Лабораторная работа 11****. Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками.		7		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 434-520).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.2</u> Лабораторная работа 12****. Гидродинамика колонны с провальными тарелками.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 434-520).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.2</u> Лабораторная работа 13****. Гидродинамика насадочной колонны.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 434-520).	Собеседование. Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 3.3</u> Перегонка жидкостей.	5			4	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 471-520).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.3</u> Лабораторная работа 14. Ректификация.		7		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 471-520).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.4</u> Жидкостная экстракция.	3			5	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 520-550).	Тестирование.		
ОПК-2, ИОПК-2-2 ОПК-4, ИОПК-4-1	<u>Тема 3.5</u> Основы массопередачи в системах с твердой фазой.	2			3	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 430-434).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.6</u> Адсорбция.	3			6	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-5, ИОПК-5-1						заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 563-580).			
	<u>Тема 3.7</u> Сушка.	3			2	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 583-632).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.7</u> Лабораторная работа 15. Изучение кинетики сушки.		7		4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 583-632).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.8</u> Мембранные процессы.	3			4	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 313-356).	Собеседование.		
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>68</b>	<b>68</b>		<b>83</b>				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>68</b>	<b>68</b>		<b>83</b>				

\*- выполняется одна работа из двух по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ;

\*\* - выполняется одна работа из двух по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ;

\*\*\* - выполняется одна работа из двух по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ;

\*\*\*\* - выполняется одна работа из трех по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ.

Таблица 6 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для обучающихся заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>4 курс</b>									
	<b>Раздел 1 Гидромеханические процессы</b>								Конспект лекций
ОПК-2,ИОПК-2-2 ОПК-4,ИОПК-4-1 ОПК-5,ИОПК-5-1	<u>Тема 1.1</u> Перемешивание в жидких средах	0,5			4	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 246-260).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.1</u> Практическое занятие 1. Расчет перемешивающего устройства			1	4	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 246-260; 6.1.3, 106-143).	Собеседование		
	<u>Тема 1.2</u> Основы прикладной гидравлики. Транспортирование жидкостей.	0,5			8	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 127-152).	Тестирование.		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 1.3</u> Сжатие и транспортирование газов	0,5			4	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 152-176).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.3</u> Лабораторная работа 1* Испытание поршневого компрессора.		1		4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 152-176).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 1.4</u> Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	0,5			16	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 176-246).	Тестирование.		
	<u>Тема 1.4</u> Практическое занятие 2 Расчет отстойника			1	10	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 176-246; 6.1.3, 106-143).			
	<u>Тема 1.4</u> Лабораторная работа 2* Испытание лабораторного вакуум-					Подготовка отчета о лабораторной рабо-	Собеседование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	фильтра.					те, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 176-227).	Тестирование.		
	<b>Раздел 2</b> Тепловые процессы								Конспект лекций
ОПК-2,ИОПК-2-2	<u>Тема 2.1</u> Основы теории передачи теплоты.	1			10	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 260-347).	Тестирование.		
ОПК-4,ИОПК-4-1 ОПК-5,ИОПК-5-1	<u>Тема 2.1</u> Практическое занятие 3. Расчет теплообменных аппаратов			1,5	8	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 260-347; 6.1.3, 146-237).	Собеседование		
	<u>Тема 2.1</u> Лабораторная работа 3**. Испытание теплообменника «труба в трубе».		1			Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 260-347).	Собеседование. Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 2.2</u> Выпаривание.	1			10	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 347-382).	Тестирование.		
	<u>Тема 2.2</u> Практическое занятие 4. Расчет выпарных аппаратов.			1,5	7	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 260-347; 6.1.3, 146-237).	Собеседование		
	<u>Тема 2.2</u> Лабораторная работа 4**. Испытание выпарной установки.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 347-382; 632-646).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 2.3</u> Кристаллизация.	1			15	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 632-646).	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-2, ИОПК-2-2 ОПК-4, ИОПК-4-1 ОПК-5, ИОПК-5-1	Раздел 3 Массообменные процессы							Конспект лекций	
	<u>Тема 3.1</u> Основы теории массопередачи.	0,5			19	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 382-430).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.1</u> Лабораторная работа 5***. Изучение массоотдачи в газовой фазе.		2			Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 382-430).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.2</u> Абсорбция и десорбция.	1			19	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 434-471).	Тестирование.		
	<u>Тема 3.2</u> Лабораторная работа 6***. Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 434-520).	Собеседование. Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 3.3 Перегонка жидкостей.	1			10	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 471-520).	Тестирование.		
	Тема 3.3 Практическое занятие 5. Расчет ректификационной колонны.			1,5	8	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 260-347; 6.1.3, 146-237).	Собеседование		
	Тема 3.4 Адсорбция.	0,5			18	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 563-580).	Тестирование.		
	Тема 3.5 Сушка.	1			10	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 583-632).	Тестирование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 3.5</u> Практическое занятие 6 Расчет процесса сушки.			1,5	10	Подготовка к практическому занятию, подготовка к собеседованию по результатам расчета (6.1.2, 260-347; 6.1.3, 146-237).	Собеседование		
	<u>Тема 3.5</u> Лабораторная работа 7***. Изучение кинетики сушки.					Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. (6.1.2, 583-632).	Собеседование. Тестирование.		
	<u>Тема 3.6</u> Мембранные процессы.	1			20	подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 313-356).	Собеседование.		
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>214</b>				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>214</b>				

\*- выполняется одна работа из двух по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ;

\*\* - выполняется одна работа из двух по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ;

\*\*\*- выполняется одна работа из трех по указанию преподавателя, собеседование и тестирование проводится по вопросам для всех лабораторных работ.



## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

### 5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

**Тесты**, выполненные в среде Visual Basic и установленные на компьютеры в компьютерном классе лаборатории "Процессы и аппараты химической технологии" кафедры "Технологическое оборудование и транспортные системы".

**Пример тестовых вопросов** по темам 1.3 и 1.5 (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Технологическое оборудование и транспортные системы»).

1. Какая размерность площади поперечного сечения трубопровода, аппарата?
2. Какая размерность силы в системе СИ?
3. Какая размерность давления в системе СИ?
4. Какая размерность давления в системе МКГСС?
5. Какая применяется внесистемная размерность давления?
6. Какая размерность работы, энергии в системе СИ?
7. Какая размерность мощности в системе СИ?
8. Какая размерность теплоты в системе СИ?
9. Укажите схему графической иллюстрации уравнения Бернулли для течения идеальной жидкости.
10. Укажите схему графической иллюстрации уравнения Бернулли для течения реальной жидкости.
11. Укажите принципиальную схему измерения скорости жидкости пневмометрической трубкой.
12. Укажите принципиальную схему измерения скорости (расхода) жидкости мерной диафрагмой.
13. Укажите принципиальную схему измерения скорости (расхода) жидкости с помощью трубы Вентури.

#### **Вопросы для собеседования при сдаче отчетов о лабораторных работах**

Пример вопросов для собеседования при сдаче лабораторной работы «Снятие характеристик центробежного насоса» (Вопросы для собеседования приведены в методических указаниях к лабораторной работе)

1. Основные параметры насосов.
2. Напор насоса. Высота всасывания насоса.
3. Рабочие характеристики лопастных насосов и насосов вытеснения.
4. Основные типы лопастных насосов и насосов вытеснения. Их принцип действия, область применения, достоинства и недостатки.
5. Работа насосов на гидравлическую сеть.
6. Регулирование производительности лопастных насосов и насосов вытеснения.

#### **Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.29 «Процессы и аппараты химической технологии»**

1. Классификация основных процессов химической технологии. Основные общие характеристики процессов.
2. Основные понятия и характеристики движения жидкости.
3. Основы теории подобия. Теоремы подобия.
4. Основы теории подобия. Критерии подобия.
5. Основы теории подобия. Критериальное уравнение гидродинамики.
6. Метод анализа размерностей.

7. Основное уравнение гидростатики.
8. Практическое приложение основного уравнения гидростатики(принцип сообщающихся сосудов, пневматическое измерение количества жидкости в резервуарах, гидростатические машины, давление жидкости на дно и стенки сосуда).
9. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.
10. Практическое приложение уравнения Бернулли (принципы измерения скорости и расхода жидкости).
11. Практическое приложение уравнения Бернулли (истечение жидкости при постоянном уровне жидкости в сосуде).
12. Гидравлическое сопротивление при движении жидкостей по трубопроводам.
13. Расчет диаметра трубопроводов. Оптимальный диаметр трубопровода.
14. Движение жидкости через стационарный пористый слой твердый частиц.
15. Гидродинамика псевдооживленного слоя. Пневмотранспорт частиц.
16. Способы перемешивания, их достоинства и недостатки, области применения. Мощность потребляемая при механическом перемешивании. Расход газа и его давление при пневматическом перемешивании. Затраты энергии при использовании вставок и насосов.
17. Классификация неоднородных систем. Основные методы разделения неоднородных систем.
18. Материальный баланс процесса разделения неоднородной системы.
19. Отстаивание. Скорость осаждения частиц под действием силы тяжести.
20. Расчет отстойника.
21. Фильтрация суспензий. Свойства осадков. Фильтровальные перегородки. Режимы работы фильтров.
22. Уравнение фильтрации при постоянной разности давлений.
23. Уравнение фильтрации при постоянной скорости процесса.
24. Уравнение фильтрации при постоянной разности давлений и скорости. Операция промывки.
25. Продолжительность цикла фильтрации при разделении суспензий. Определение необходимой поверхности фильтра.
26. Порядок подбора фильтра для фильтрации суспензии.
27. Центрифугирование. Центробежная сила и фактор разделения.
28. Упрощенный метод расчета производительности отстойной центрифуги.
29. Упрощенный метод расчета производительности фильтрующей центрифуги.
30. Разделение газовых неоднородных систем под действием электрических сил.
31. Способы очистки газов, их достоинства и недостатки, сравнительная характеристика.
32. Основные параметры насосов.
33. Напор насоса.
34. Высота всасывания насоса. Кавитация.
35. Производительность поршневых насосов. Характеристика поршневого насоса. Графики подачи насосов.
36. Регулирование производительности поршневых насосов. Достоинства и недостатки поршневых насосов.
37. Основное уравнение ц/б машин Эйлера. Влияние формы лопаток на напор центробежного насоса. Законы пропорциональности ц/б машин. Характеристики ц/б насосов. Работа ц/б насосов на сеть. Совместная работа насосов на сеть.
38. Регулирование производительности ц/б насосов. Достоинства и недостатки ц/б насосов.
39. Классификация компрессорных машин.
40. Процессы сжатия газа (изотермический, адиабатический, политропический). Удельные затраты энергии на сжатие. Изображение процессов сжатия в  $P-V$  и  $T-S$  координатах.
41. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
42. Производительность поршневого компрессора.

43. Многоступенчатое сжатие с охлаждением газа между ступенями. Изображение в  $P-V$  и  $T-S$  координатах.
44. Регулирование производительности поршневых компрессоров. Достоинства и недостатки поршневых компрессоров.
45. Регулирование производительности ц/б машин для сжатия и перемещения газов. Достоинства и недостатки ц/б машин для сжатия и перемещения газов.
46. Способы распространения тепла. Схема процесса переноса тепла. Тепловые балансы.
47. Передача тепла теплопроводностью. Теплопроводность плоской стенки.
48. Передача тепла теплопроводностью. Теплопроводность цилиндрической стенки.
49. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа.
50. Передача тепла конвекцией. Закон теплоотдачи. Уравнения подобия конвективного теплообмена.
51. Теплопередача. Основное уравнение. Теплопередача через плоскую стенку. Уравнение аддитивности термических сопротивлений.
52. Средняя разность температур при теплообмене.
53. Взаимное направление движения теплоносителей, его выбор.
54. Общие принципы теплового расчета теплообменников.
55. Принципы теплового расчета кожухотрубчатого теплообменника.
56. Принципы теплового расчета конденсаторов паров.
57. Тепловая изоляция. Расчет тепловой изоляции.
58. Способы интенсификации теплообмена.
59. Нагревающие агенты, способы нагрева и области применения.
60. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и области применения.
  
61. Однокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
62. Полезная разность температур при выпаривании. Расчет поверхности нагрева одного корпуса.
63. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
64. Общая полезная разность температур при выпаривании. Распределение общей полезной разности температур при условии равенства поверхности нагрева корпусов.
65. Общая полезная разность температур при выпаривании. Распределение общей полезной разности температур при условии минимальной суммарной поверхности нагрева корпусов.
66. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных установок. Выбор числа корпусов.
67. Экономия тепла при выпаривании.
68. Материальный и тепловой балансы изотермической кристаллизации.
69. Материальный и тепловой балансы изогидрической кристаллизации.
70. Виды процессов массопередачи. Схема процесса переноса вещества. Фазовое равновесие.
71. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса.
72. Диффузионный и конвективный перенос вещества. Механизм процессов массопереноса.
73. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Критериальное уравнение массоотдачи.
74. Массопередача. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
75. Средняя движущая сила процессов массопередачи.
76. Модифицированные уравнения массопередачи.
77. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз.
78. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с ступенчатым контактом фаз.
79. Равновесие при абсорбции. Материальный баланс абсорбции.

80. Уравнение рабочей линии процесса абсорбции при противотоке и прямотоке фаз, рециркуляцией абсорбента.
81. Материальный баланс абсорбции. Определение рабочего расхода абсорбента.
82. Дистилляция и ректификация. Фазовое равновесие в системе жидкость-пар.
83. Простая и фракционная перегонка. Материальный баланс.
84. Ректификация. Допущения принятые при рассмотрении процесса. Материальный баланс.
85. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей части ректификационной колонны.
86. Минимальное и действительное флегмовое число при расчете ректификации.
87. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны.
88. Экономия энергии в ректификационных установках.
89. Экстракция. Принципиальные схемы экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость.
90. Материальный баланс экстракции. Принципиальные схемы однократной и многократной экстракции.
91. Адсорбция. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики.
92. Равновесие в процессах адсорбции. Скорость адсорбции. Уравнение Шилова.
93. Расчет периодических и непрерывно действующих адсорберов.
94. Сушка. Параметры влажного воздуха. I-X диаграмма влажного воздуха.
95. Изображение процессов изменения состояния воздуха на I-X диаграмме (нагревание, охлаждение, сушка, смешение).
96. Равновесие в процессах сушки. Формы связи влаги с материалом.
97. Материальный баланс сушки. Баланс влаги в сушильном агенте.
98. Тепловой баланс конвективной сушилки. Теоретическая сушилка.
99. Тепловой баланс контактной сушилки.
100. Варианты процесса сушки. Достоинства и недостатки вариантов.
101. Скорость сушки. Испарение влаги с поверхности и ее перемещение внутри материала.
102. Сущность процесса мембранного разделения смесей. (Основные характеристики, обратный осмос, ультрафильтрация, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов.)
103. Мембраны. Кинетика процессов мембранного разделения смесей. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения смесей.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая/традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся <sup>1</sup> очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы.

Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Экзамен</b>
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
55-70	Удовлетворительно
0-54	Неудовлетворительно

<sup>1</sup> В зачетную книжку обучающегося выставляется оценка традиционной системы

Таблица 8 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-2-2. Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности:	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности:	Фрагментарные, поверхностные знания по математическим, физическим, физико-химическим, химическим методам для решения задач профессиональной деятельности:	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оборудования и правил его эксплуатации	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ИОПК-4-1. Обеспечивает проведение технологического процесса, использует технические средства для контроля параметров технологического процесса свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья:	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоен технологический процесс, не использует технические средства для контроля параметров технологического процесса, не умеет изменять параметры технологического процесса	Фрагментарные, поверхностные знания по проведению технологического процесса, по использованию технических средств для контроля параметров технологического процесса, по осуществлению изменения параметров технологического процесса	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

<p>ОПК-5. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные</p>	<p>ИОПК-5-1. Осуществляет экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводит наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные:</p>	<p>Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены принципы выполнения экспериментальных исследований и испытаний по заданной методике, не умеет проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, не умеет обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные:</p>	<p>Фрагментарные, поверхностные знания по принципам проведения экспериментальных исследований и испытаний по заданной методике, проводит наблюдения и измерения с некоторыми нарушениями техники безопасности, проблемы с обработкой и интерпретацией экспериментальных данных</p>	<p>Знает материал на достаточном хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения</p>	<p>Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании</p>
--	--	--	--	---	--

Таблица 9 Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература

- 6.1.1 Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х книгах.- М.: Химия, 1995
- 6.1.2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 2005, 2009
- 6.1.3 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - М.: Химия, 1987, 2005, 2007.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

### 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

- 6.2.1 Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2011. – 25с.
- 6.2.2 Снятие характеристик центробежного насоса: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, А.М. Степанов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2003. – 9с.
- 6.2.3 Снятие характеристик вихревого насоса: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 12с.
- 6.2.4 Изучение работы центробежного насоса в гидравлической сети: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: А.С. Ригин, С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2006. – 16с.

- 6.2.5 Испытание поршневого компрессора: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, А.М. Степанов. – Н.Новгород, 2003. – 10с.
- 6.2.6 Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: лабораторный практикум /НГТУ; С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажин. – Н.Новгород, 2014. – 91с.
- 6.2.7 Испытание циклона: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2014. – 14с.
- 6.2.8 Испытание лабораторного вакуум-фильтра: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, А.С. Ригин, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2007. – 10с.
- 6.2.9 Испытание теплообменника труба в трубе: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2010. – 15с.
- 6.2.10 Испытание кожухотрубчатого теплообменника: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2015. – 18с.
- 6.2.11 Испытание выпарной установки: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, А.И. Квашенников. – Н.Новгород, 2013. – 14с.
- 6.2.12 Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2007. – 14с.
- 6.2.13 Гидродинамика колонны с провальными тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 14с.
- 6.2.14 Изучение массоотдачи в газовой фазе: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2016. – 17с.
- 6.2.15 Ректификация водно-спиртового раствора: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; сост.: В.И. Болмосов, С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2001. – 26с.
- 6.2.16 Изучение процесса сушки в воздушной циркуляционной сушилке: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2012. – 18с.
- 6.2.17 Процессы и аппараты химической технологии. Содержание курса, примеры расчетов и задания к контрольным работам. Учебное пособие (практикум). / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2017. – 215с.
- 6.2.18 Процессы и аппараты химической технологии. Тепловые и массообменные процессы: лабораторный практикум. / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2018. –170с.
- 6.2.19 Гидромеханические и тепловые процессы: метод.указания и задания к контрольным работам по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" для студентов заочной формы обучения. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов.- Н.Новгород, 2019. - 38с.
- 6.2.20 Массообменные процессы: метод.указания и задания к контрольным работам по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" для студентов заочной формы обучения. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов.- Н.Новгород, 2019. - 25с.
- 6.2.21 Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплинам, закрепленным за преподавателями кафедры, утверждены на заседании кафедры от 04.02.2015 г., протокол №5.



6.2.22 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол №2 от 22 апреля 2013г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20)

6.2.23 Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1983, 1991, 2007, 2008.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 10. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Виртуальная книжная полка НТБ НГТУ	<a href="http://cdot-nntu.ru/электронная_библиотека">http://cdot-nntu.ru/электронная_библиотека</a>
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

### 7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11. Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного пространства
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft VISUAL STUDIO 2008 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Visual Studio Code <a href="https://code.visualstudio.com/download">https://code.visualstudio.com/download</a>
3	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
4	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express <a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 12 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
4	Справочная правовая система «Консультант-Плюс»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13 Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>3101</b> Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Мультимедийное оборудование	
2	<b>3104</b> Лаборатория "Массообменных и тепловых процессов" Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: "Кинетика сушки"; Испытание кожухотрубного теплообменника"; "Испытание теплообменника труба в трубе"; "Массоотдача в газовой фазе"; "Гидравлическое сопротивление насадочной колонны"; "Гидравлическое сопротивление колонны с колпачковыми тарелками"; Гидравлическое сопротивление колонны с провальными тарелками".	
3	<b>3106</b> Лаборатория «Гидромеханических процессов» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Исследование гидравлических сопротивлений трубопроводов»; «Снятие характеристик центробежного насоса»; «Снятие характеристик вихревого насоса»; "Испытание циклона"; "Испытание лабораторного вакуум-фильтра".	•
	<b>3107</b> Лаборатория "Гидромеханических и тепловых процессов" Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Испытание поршневого компрессора»; "Испытание выпарной установки".	•
3	<b>1234</b> Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20" – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
4	<b>1436</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проек-	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17" – 12 шт.	• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	тирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования выполненный в среде Visual Basic.

При преподавании дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии", используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Материалы лекций находятся в свободном доступе в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 5, 6). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе обучающийся должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа (заочная форма обучения)**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков расчета технологических процессов, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Примерная тематика практических занятий:

- 1 Расчет перемешивающего устройства.
- 2 Расчет отстойника.
- 3 Расчет теплообменных аппаратов.
- 4 Расчет выпарных аппаратов.
- 5 Расчет ректификационной колонны.

### **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 14). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

### **10.6. Методические указания для выполнения контрольных работ (заочная форма обучения)**

Контрольные работы представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой выполнения контрольных работ является самостоятельная работа студента с последующим обсуждением наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Выполнение контрольных работ обучающимися обеспечивает:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков расчетов технологических процессов, получение умения обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ (для заочной формы обучения);
- проведение лабораторных работ;
- проведение практических занятий (для заочной формы обучения);
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса;
- выполнение заданий для самостоятельной работы для обучающихся очной формы;
- экзамен.

### 11.1.1. Типовые задания к практическим занятиям (заочная форма обучения)

Типовые задания для практических занятий приведены учебной литературе в разделе 6.1.

### 11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ

Типовые задания для лабораторных работ приведены в методических указаниях по проведению лабораторных работ (6.2.1).

### 11.1.3. Типовые тестовые задания

**Примеры тестовых заданий** по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Технологическое оборудование и транспортные системы»):

Капельная жидкость это .....	практически несжимаемые жидкости, например, вода, ртуть, масла
	легко сжимаемые жидкости (газы, пары), не имеющие свободной поверхности, т.е. поверхности раздела между жидкостью и газообразной средой
	абсолютно несжимаемая жидкость, не обладающая вязкостью, ее плотность не зависит от температуры
	подвижная жидкость, обладающая вязкостью
Сопротивление трения это .....	потери напора существующие при движении жидкости по всей длине трубопровода
	удельная энергия (отнесенная к единице объема жидкости), расходуемая на преодоление гидравлического сопротивления при движении реальной жидкости
	удельная энергия (отнесенная к единице веса жидкости), расходуемая на преодоление гидравлического сопротивления при движении реальной жидкости
	потери напора возникающие при любых изменениях скорости потока по величине или направлению

Укажите уравнение для расчета средней скорости жидкости.	$... = \frac{Q}{S}$
	$... = w \rho S$
	$... = w S$
	$... = \rho g H$

Укажите уравнение Бернулли для движения реальной жидкости.	$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_{\pi}$
	$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}$
	$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}$
	$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}$

При увеличении числа оборотов рабочего колеса центробежного насоса в 2 раза, напор насоса ...	Не изменится
	Увеличится в 2 раза
	Увеличится в 4 раза
	Увеличится в 8 раз

Мощность, потребляемая двигателем центробежного насоса при числе оборотов рабочего колеса 1450 об/мин, составляет 2,3 кВт. Какая будет потребляемая мощность двигателя, если число оборотов рабочего колеса снизили до 1300 об/мин?	~ 1660 Вт
	~ 1850 Вт
	~ 2060 Вт
	Не изменится

Вентилятор это ...	компрессорная машина, для которой величина степени сжатия меньше 1,1.
	компрессорная машина, для которой степень сжатия более 3,0.
	компрессорная машина, для которой величина степени сжатия лежит в пределах 1,1 до 3,0.
	компрессорная машина, для которой степень сжатия 8÷20 и более и предназначена для откачивания газов при давлении ниже атмосферного.

Укажите уравнение, которое определяет температуру газа в конце процесса изотермического сжатия.	$T_2 = T_1$
	$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$
	$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{m-1}{m}}$
	$T_k = T_1 \left(\frac{p_k}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{zk}}$

Теплопередача, это ...	перенос тепла от более нагретой к менее нагретой жидкости (газу) через разделяющую их поверхность или твердую
------------------------	---



	стенку.
	основной процесс переноса тепла в твердых телах. Имеет место также в неподвижных жидкостях и газах.
	перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости.
	перенос тепла при принудительном движении всего объема жидкости, например, в случае перемешивания ее мешалкой.

Укажите уравнение кинетической зависимости для процессов теплоотдачи (закон теплоотдачи).	$Q = \alpha_r F (t_r - t_{cr}) \tau$
	$Q = KF \Delta t_{cp}$
	$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{cr1} - t_{cr2}) F$
	$Q = KF (t_r - t_x) \tau$

Центрифугирование – это ...	процесс разделения неоднородной системы (суспензии или эмульсии) в поле центробежных сил с использованием сплошных или проницаемых для жидкости перегородок.
-----------------------------	--

Укажите уравнение фильтрации при постоянной разности давлений	$\frac{dV}{S d\tau} = \frac{\Delta p}{\mu (R_{oc} + R_{фп})}$
	$q^2 + 2 \frac{R_{фп}}{r_0 x_0} q = 2 \frac{\Delta p}{\mu r_0 x_0} \tau$
	$\Delta p = \mu r_0 W^2 \tau + \mu R_{фп} W$
	$\frac{V}{S \tau} = \frac{\Delta p}{\mu (r_0 h_{oc} + R_{фп})}$

Для нагревания воды в количестве 1 кг/с от 10°C до 25°C используют обратную воду с начальной температурой 45°C. Определить расход обратной воды, если ее конечная температура 30°C, а потери тепла в окружающую среду 5%.	~ 0,95 кг/с
	~ 1,05 кг/с
	~ 1,00 кг/с
	~ 0,84 кг/с

### 11.1.3. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

Задача 1. Закрытая емкость с плоским дном заполнена водой на высоту 3,2 м. Определить давление (в Па) на дно емкости, если избыточное давление воздуха над поверхностью жидкости в емкости составляет  $10^5$  Па.

Задача 2. Определить гидравлическое сопротивление (в Па) нормального вентиля при течении через него воды со скоростью 1,1 м/с. Коэффициент местного сопротивления нормального вентиля  $\zeta_{мс} = 8,6$ .

Задача 3. Какой гидродинамический режим наблюдается при движении воды со скоростью 0,7 м/с по трубопроводу 25x2 мм? Коэффициент динамической вязкости воды равен  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

Задача 4. Какой расчетный размер квадратного воздуховода необходим для перекачивания газа с объемным расходом  $28700 \text{ м}^3/\text{ч}$  со скоростью  $14 \text{ м/с}$ ?

Задача 5. Насос подает воду в емкость расположенную выше насоса на  $14 \text{ м}$ . Избыточное давление в емкости  $0,12 \text{ МПа}$ . Вода забирается из открытого водоема, уровень которого располагается на  $2,3 \text{ м}$  ниже уровня установки насоса. Каким минимальным напором должен обладать насос для подачи жидкости?

Задача 6. Мощность, потребляемая двигателем центробежного насоса при числе оборотов рабочего колеса  $1450 \text{ об/мин}$ , составляет  $2,3 \text{ кВт}$ . Какая будет потребляемая мощность двигателя, если число оборотов рабочего колеса снизили до  $1300 \text{ об/мин}$ ?

Задача 7.  $120^\circ\text{C}$  до  $110^\circ\text{C}$ , при этом, холодный теплоноситель нагревается с  $20^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$ . Определить среднюю движущую силу теплопередачи в теплообменнике при противотоке теплоносителей.

Задача 8. Аппарат установлен в помещении с температурой воздуха  $18^\circ\text{C}$ . Стенка аппарата нагрелась до  $43^\circ\text{C}$ . Определить потери тепла стенкой аппарата. Стенка прямоугольная  $1200 \times 2500 \text{ мм}$ . Принять коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающую среду  $7,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ .

Задача 9. В непрерывном смесителе смешиваются два водяных потока. Расход первого, поступающего при  $20^\circ\text{C}$ ,  $10 \text{ м}^3/\text{час}$ , другого –  $20 \text{ м}^3/\text{час}$  при  $90^\circ\text{C}$ . Определить температуру смеси, приняв потери тепла в окружающую среду  $5\%$  от прихода тепла.

Задача 10. Аппарат установлен в помещении с температурой воздуха  $18^\circ\text{C}$ . Стенка аппарата нагрелась до  $43^\circ\text{C}$ . Определить потери тепла стенкой аппарата. Стенка прямоугольная  $1200 \times 2500 \text{ мм}$ . Принять коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающую среду  $7,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{гр}$ .

Задача 11. В выпарном аппарате выпаривается водный раствор соли. Исходные данные представлены в таблице. Тепловые потери принять равными  $5\%$  от расхода теплоты на выпаривание.

Требуется: а) Составить схему выпарной установки и указать её основные элементы. б) Привести краткое описание схемы установки и принцип её работы. в) Определить температуру кипения раствора в аппарате.

Задача 12. В насадочном абсорбере производится поглощение компонента  $A$  из воздуха водой. Расход воздуха  $G$  ( $\text{кг/ч}$ ). Начальное содержание компонента  $A$  в воздухе  $y_n$  ( $\%$ , об.), степень поглощения  $c_n$  ( $\%$ ). Температура процесса  $t$  ( $^\circ\text{C}$ ), давление в абсорбере  $p_{\text{абс}}$  ( $\text{МПа}$ ). Коэффициент избытка поглотителя  $\phi$ . Требуется: а) Составить схему абсорбционной установки и указать её составные элементы. б) Привести краткое описание схемы установки и принцип её работы. в) Определить расход жидкого поглотителя (воды).

Задача 13. Двухкомпонентная смесь разделяется под атмосферным давлением в ректификационной колонне. Количество исходной смеси подаваемой в колонну  $G_F$  ( $\text{кг/ч}$ ) и содержание НК компонента в ней  $\bar{x}_F$  ( $\%$  масс). Содержание НК в дистилляте  $\bar{x}_D$  ( $\%$  масс), в кубовом остатке  $\bar{x}_W$  ( $\%$  масс). Требуется: а) Составить схему ректификационной установки и указать её составные элементы; б) Привести краткое описание схемы установки и принцип её работы; в) Рассчитать материальные потоки в аппарате (расход питания, дистиллята и кубового остатка).

Задача 14. В сушилку поступает  $G_n$  ( $\text{кг/ч}$ ) влажного материала с начальной влажностью  $\omega_n$  (в  $\%$  от общей массы влажного материала), конечная влажность материала  $\omega_k$  (в  $\%$  от общей массы влажного материала). Сушилка работает по нормальному варианту. Начальные параметры свежего атмосферного воздуха на входе в калорифер  $t_0$  и  $\phi_0$ . На выходе из сушилки температура воздуха  $t_2$  и относительная влажность  $\phi_2$ .

Сумма всех потерь теплоты (на нагрев материала, нагрев транспортных устройств, потери в окружающую среду) составляет  $12\%$  от расхода теплоты в теоретической сушилке.

- ке. Требуется: а) Составить схему сушильной установки и указать её составные элементы.  
б) Изобразить процесс теоретической сушки в  $I-\bar{X}$  диаграмме.

### 11.1.4. Типовые задания для контрольной работы (заочная форма обучения)

#### Тема Расчет абсорбера

Рассчитать насадочный абсорбер для извлечения компонента  $A$  из воздушной смеси водой.

Требуется:

1. Составить схему абсорбционной установки.
2. Определить расход поглотителя.
3. Определить диаметр абсорбера.
4. Определить высоту абсорбера.
5. Рассчитать гидравлическое сопротивление абсорбера.
6. Привести конструкцию рассчитанного абсорбера.

Таблица 1. Задания к расчету абсорбера

Вариант	$V_n \cdot 10^{-3}$ , м <sup>3</sup> /ч	Компо- нент $A$	$\bar{y}_n$	$\bar{x}_n$	$p$ , МПа	$t$ , °C	$k$	Тип на- садки
1	20	Br <sub>2</sub>	0,12	0	2,4	45	0,8	II
2	15	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,04	0,0002	2,5	20	0,75	III
3	10	Cl <sub>2</sub>	0,08	0,0008	2	15	0,7	IV
4	23	CO <sub>2</sub>	0,1	0	1,6	10	0,9	I
5	16	H <sub>2</sub> S	0,05	0,001	2,5	25	0,65	II
6	9	Br <sub>2</sub>	0,16	0	1,6	10	0,72	III

#### Тема Расчет сушилки

Рассчитать сушилку, работающую по нормальному действительному сушильному варианту.

Требуется:

1. Выполнить принципиальную схему установки.
2. Определить расход воздуха, кг/ч.
3. Определить расход теплоты, кДж/ч.
4. Определить расход греющего пара в калорифере, кг/ч.
5. Привести схему процесса для теоретической и действительной сушилок в « $I-X$ » диаграмме.

Таблица 3. Задания к расчету сушилки

Вар-т	$G_1$	$\omega_1$	$\omega_2$	$c_m$	$M_{гр}$	$c_{гр}$	$p_{гр}$	$t_{м1}$	$t_{м2}$	$t_{гр1}$	$t_{гр2}$	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$\Phi$	$\chi$
1	3,0	32	10	2,14	1,7	1,6	0,3	19	54	26	59	21	95	54	60	12
2	2,0	31	11	2,18	1,1	1,54	0,3	20	60	27	65	22	110	60	55	10
3	5,0	34	11	2,25	2,1	1,5	0,4	21	50	28	55	23	100	50	58	13
4	4,5	30	9	2,14	2,0	1,68	0,5	20	56	27	61	22	105	56	70	15
5	3,5	32	10	2,20	1,9	1,62	0,6	23	60	30	65	25	120	60	65	12

#### Тема Расчет отстойника

Определить диаметр и подобрать радиальный отстойник непрерывного действия для очистки сточных вод от взвешенных частиц.

Таблица 1. Задания к расчету отстойника

Вариант	$V_c$ , м <sup>3</sup> /ч	$\psi$	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\bar{x}_c$ , % (масс)	$T$ , Ж	$\delta$ , мкм
1	20	0,83	1400	3,6	1:4	10
2	15	0,65	1350	5,2	2:6,5	20
3	10	0,83	1300	4,8	2:4,8	18
4	23	0,73	2600	8,6	3:8	22
5	16	0,6	1600	6,4	2:5	25

#### Тема Расчет теплообменника

Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый теплообменник для рабочей среды от  $t_{1н}$  до  $t_{1к}$  при его массовом расходе  $G_p$ . Нагрев осуществляется горячей водой, протекающей в межтрубном пространстве и имеющей начальную температуру  $t_{2н}$ , а конечную  $t_{2к}$ .

Кроме того, следует представить схему кожухотрубчатого теплообменника.

Таблица 3. Задания к расчету теплообменника

№	Рабочая среда			Горячая вода		
	Тип	$G_1$ , т/ч	$t_{1н}$ , °C	$t_{1к}$ , °C	$t_{2н}$ , °C	$t_{2к}$ , °C
1	Анилин	6	20	75	80	55
2	Ацетон	7	18	58	94	45
3	Бензол	8	19	43	78	65
4	Бутанол	9	22	42	68	52
5	Изопропиловый спирт	10	21	44	85	60

## 11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5) приведен в п.5.1.

### Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся	Время на тестирование, мин.
269	20	10

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования в среде Visual Basic размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в компьютерном классе кафедры "Технологическое оборудование и транспортные системы".

В ходе подготовки к текущему контролю, обучающимся предоставляется возможность пройти тест самопроверки. Тест для самопроверки по дисциплине предоставляется обучающемуся в личное пользование, а также размещен в компьютерном классе кафедры "Технологическое оборудование и транспортные системы" в свободном для обучающихся доступе.