


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 » июня 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.28 Процессы и аппараты химической технологии**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

Кафедра-разработчик Технологическое оборудование и транспортные системы

Объем дисциплины 360/10  
часов/з.е

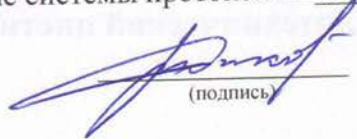
Промежуточная аттестация зачет, экзамен

Разработчик: к.т.н., доцент С.Р. Рузанов

« 29 » 06 2021г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 августа 2021 года № 728 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ протокол от 01.10.21 № 1  
Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Технологическое оборудование и транспортные системы протокол от 05.10.2021 № 2-а

Зав. кафедрой к.т.н., доц.



В.А. Диков

(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Технологическое оборудование и транспортные системы

к.т.н., доц.



В.А. Диков

(подпись)

Начальник ОУМБО



И.В. Старикова

(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО:

Б15.28/21ТМО  
ТМО213

«29» 06 2021 г.

## 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) .....	4
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.....	19
5.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	19
5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	22
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	27
6.1. Учебная литература .....	27
6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям ...	29
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	29
7.1. Перечень информационных справочных систем .....	29
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	30
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	30
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	32
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	32
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	33
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	33
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	33
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях .....	33
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	34
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	34
11.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	34
11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ .....	34
11.1.2. Типовые тестовые задания .....	34
11.1.3. Типовые задания для контрольной работы (заочная форма обучения)....	34
11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине .....	34

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение термодинамических основ технологических процессов химической технологии

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

- изучение теоретических основ переноса импульса, энергии и массы;
- изучение принципов анализа и расчета процессов и аппаратов химической технологии;
- изучение влияния режимных параметров процессов химической технологии на размеры аппаратов;
- изучение методов расчета основных размеров аппаратов химической технологии;
- изучение способов интенсификации процессов и аппаратов.

## 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: математика, физика, химия, теоретическая механика, механика жидкости и газа, техническая термодинамика.

Дисциплина Процессы и аппараты химической технологии является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Машины и аппараты химических производств и Специальное оборудование предприятий химии и переработки пластмасс.

Рабочая программа дисциплины 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 компетенции ПК-4 дисциплинами**

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		семестр		семестр		семестр		семестр	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-1	Математика								
	Органическая химия и биохимия								
	Физика								
	Химия								
	Компьютерное моделирование и прототипирование								
	Теоретическая механика								
	Механика жидкости и газа								
Электротехника и электроника									

	Техническая термодинамика и теплотехника								
	Процессы и аппараты химической технологии								
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защита ВКР								
ОПК-7	Общая химическая технология								
	Экология								
	Процессы и аппараты химической технологии								
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защита ВКР								
ОПК-9	Метрология, стандартизация и сертификация								
	Процессы и аппараты химической технологии								
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защита 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-1 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов	<b>Знать:</b> законы математики, физики, химии, термодинамики и т.д. в расчетах и моделировании химико-технологических процессов	<b>Уметь:</b> применять законы математики, физики, химии, термодинамики и т.д. в расчетах и моделировании химико-технологических процессов	<b>Владеть:</b> законами математики, физики, химии, термодинамики и т.д. в расчетах и моделировании химико-технологических процессов	Собеседование и отчеты по лабораторным работам. Тестирование в системе MOODLE	Вопросы для устного собеседования (45 вопросов)
ОПК-7 - Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИОПК-7.1. Применяет основные методики расчета технологического оборудования, с учетом влияния режимных параметров химико-технологических процессов на работу технологического оборудования, в том числе на использование сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Знать:</b> методики расчета технологического оборудования, с учетом влияния режимных параметров химико-технологических процессов на работу технологического оборудования, в том числе на использование сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Уметь:</b> применять методики расчета технологического оборудования, с учетом влияния режимных параметров химикотехнологических процессов на работу технологического оборудования, в том числе на использование сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Владеть:</b> методиками расчета технологического оборудования, с учетом влияния режимных параметров химико-технологических процессов на работу технологического оборудования, в том числе на использование сырьевых и энергетических ресурсов	Решение задач на практических занятиях по разделам курса. Тоже в системе MOODLE при дистанционной работе	Выполнение индивидуальных РГР (12 РГР) в рамках самостоятельной работы
	ИОПК-7.2. Ориентируется в основных технологиях, процессах и их аппаратном оформлении для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Знать:</b> основные технологии, процессы и аппараты для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Уметь:</b> применять основные технологии, процессы и аппараты для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	<b>Владеть:</b> основными технологиями, процессами и аппаратами для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Собеседование и отчеты по лабораторным работам. Тестирование в системе MOODLE	Вопросы для устного собеседования (45 вопросов)

	ИОПК-7.3. Применяет основные методы балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	<b>Знать:</b> основные методы балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	<b>Уметь:</b> проводить балансовые расчеты, определять нормы технологического режима проводимого процесса и подбирать технологические параметры в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	<b>Владеть:</b> методами балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	Решение задач на практических занятиях по разделам курса. Тоже в системе MOODLE при дистанционной работе	Выполнение индивидуальных РГР (12 РГР) в рамках самостоятельной работы
	ИОПК-7.4. Оптимизирует технологические режимы процессов переработки сырья различного качества	<b>Знать:</b> основы оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества	<b>Уметь:</b> оптимизировать технологические режимы процессов переработки сырья различного качества	<b>Владеть:</b> методами оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества	Собеседование и отчеты по лабораторным работам. Тестирование в системе MOODLE	Вопросы для устного собеседования (45 вопросов)
ОПК-9 - Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИОПК-9.2. Ориентируется в современных тенденциях развития процессно-аппаратной базы химической технологии	<b>Знать:</b> основы и современные тенденции в развитии процессно-аппаратной базы химической технологии	<b>Уметь:</b> применять основы и современные тенденции в развитии процессно-аппаратной базы химической технологии	<b>Владеть:</b> основами и современными тенденциями в развитии процессно-аппаратной базы химической технологии	Собеседование и отчеты по лабораторным работам. Тестирование в системе MOODLE	Вопросы для устного собеседования (45 вопросов)
	ИОПК-9.3. Проводит расчеты нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	<b>Знать:</b> основы расчета нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	<b>Уметь:</b> рассчитывать новое и модернизируемое технологического оборудования химических и нефтехимических производств	<b>Владеть:</b> основами расчета нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Решение задач на практических занятиях по разделам курса. Тоже в системе MOODLE при дистанционной работе	Выполнение индивидуальных РГР (12 РГР) в рамках самостоятельной работы

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 10 зач. ед./360 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Таблица 3

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		5	6
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	<b>162</b>	<b>87</b>	<b>75</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>153</b>	<b>85</b>	<b>68</b>
- лекции (Л)	68	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	51	34	17
- практические занятия (ПЗ)	34	17	17
- практикумы (П)	-		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
- групповые консультации по дисциплине	4	2	2
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	-	2
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся:			
- по проектированию: проект (работа)	3	-	3
- по выполнению РГР			
- по выполнению КР			
- по составлению реферата (доклада, эссе)			
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	<b>171</b>	<b>93</b>	<b>78</b>
<b>Вид промежуточной аттестации зачет</b>	зачет/ экзамен 27	зачет	экзамен 27
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	360/10	180/5	180/5

Таблица 4

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов заочного обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс	
		3	4
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	<b>73</b>	<b>34</b>	<b>39</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
- лекции (Л)	24	12	12
- лабораторные работы (ЛР)	20	10	10
- практические занятия (ПЗ)	20	10	10
- практикумы (П)	-		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>7</b>



- групповые консультации по дисциплине	4	2	2
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	-	2
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата (доклада, эссе)	3	-	3
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	<b>274</b>	<b>142</b>	<b>132</b>
<b>Вид промежуточной аттестации зачет</b>	зачет/ экзамен 13	зачет 4	экзамен 9
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	360/10	180/5	180/5

#### 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 очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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>									
ОПК-1 ИОПК-1.1; ОПК-7 ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4; ОПК-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3	<b>Раздел 1. Гидромеханические процессы</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>46</b>				
	<b>Тема 1.1</b> Классификации процессов ХТ. Общий кинетический закон и общие принципы анализа и расчета ПиАХТ	4	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 13-19	Собеседование		Конспект
	<b>Тема 1.2</b> Классификация неоднородных систем и методов их разделения	1	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 183-185	Собеседование		Конспект
	1.1.1 Практическое занятие (дисперсный анализ материала )	-	-	1	4	РГР№1			Пособие 6.2.5
	<b>Тема 1.3</b> Отстаивание	2	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 185-191	Собеседование		Конспект лекций
	1.3.1 Практическое занятие (расчет отстойника)	-	-	2	4	РГР№2			Пособие 6.2.5
	<b>Тема 1.4</b> Фильтрация	2	-	-	2	Изучение литературы: 6.1.1: с. 191-220			Конспект
	1.4.1 Лабораторная работа (испытание вакуум-филтра)	-	6	-	4	Отчет	Собеседование		Пособие 6.2.1

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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					
	1.4.2 Практическое занятие (расчет барабанного вакуум-фильтра)	-	-	2	4	РГР №3		Пособие 6.2.1	
	<b>Тема 1.5</b> Центрифугирование и очистка газов	2	-	-	2	Изучение литературы: 6.1.1: с. 222-256	Собеседование	Конспект	
	1.5.1 Лабораторная работа (испытание циклона)	-	4	-	4	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.1	
	<b>Тема 1.6</b> Перешивание жидких сред	2	-	-	2	Изучение литературы: 6.1.1: с. 258-273	Собеседование	Конспект	
	1.6.1 Практическое занятие (расчет перемешивающего устройства)	-	-	2	4	РГР №4		Пособие 6.2.5	
	<b>Тема 1.7</b> Псевдооживление	1	-	-	2	Изучение литературы: 6.1.1: с. 13-19	Собеседование		
ОПК-1 ИОПК-1.1; ОПК-7 ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4; ОПК-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3	<b>Раздел 2. Тепловые процессы</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>47</b>				
	<b>Тема 2.1</b> Основы теплопередачи	8	-	-	10	Изучение литературы: 6.1.1: с. 274-325	Собеседование	Конспект	
	2.1.1 Лабораторная работа (испытание теплообменника труба в трубе)*	-	8	-	2	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.1.2 Лабораторная работа (испытание кожухотрубчатого теплообменника)*	-		-		Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.1.3 Практическое занятие (расчет теплообменника)	-	-	4	4	РГР №5		Пособие 6.2.3	
	2.1.4 Практическое занятие (расчет теплообменника)	-	-	4	4	РГР №6		Пособие 6.2.3	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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>Тема 2.2</b> Нагревание	2	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 2.3</b> Охлаждение	4	-	-	7	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344; с. 685-04		Конспект	
	2.3.1 Лабораторная работа (испытание бытового холодильника)	-	8	-	2	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	<b>Тема 2.4</b> Конденсация	2	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 2.5</b> Выпаривание	4	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 366-402	Собеседование	Конспект	
	2.5.1 Лабораторная работа (испытание выпарной установки)	-	8	-	2	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.5.2 Практическое занятие (расчет выпарных аппаратов)	-	-	2	4	РГР №7		Пособие 6.2.5	
	<b>ИТОГО ЗА 5 СЕМЕСТР</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>93</b>				
<b>6 семестр</b>									
ОПК-1 ИОПК-1.1; ОПК-7 ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4;	<b>Раздел 3. Массообменные процессы</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>78</b>				
	<b>Тема 3.1</b> Основы массопередачи	8	-	-	8	Изучение литературы: 6.1.1: с. 403-456		Конспект	
	3.1.1 Лабораторная работа (изучение массоотдачи в газовой фазе)	-	6	-	4	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.1.2 Практическое занятие (основы массообмена)	-	-	3	4	Решение задач: 6.1.3		Задачник 6.1.3	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3	<b>Тема 3.2</b> Абсорбция	6	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 457-495		Конспект	
	3.2.1 Лабораторная работа (гидродинамика колпачковых тарелок)*	-	5	-	3	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.2.2 Лабораторная работа (гидродинамика провальных тарелок)*	-		-		Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.2.3 Лабораторная работа (гидродинамика насадочной колонны)*	-		-		Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.2.4 Практическое занятие (расчет абсорбера)	-	-	5	3	РГР №8		Пособие 6.2.5	
	<b>Тема 3.3</b> Перегонка жидкостей	6	-	-	5	Изучение литературы: 6.1.1: с. 496-546	Собеседование	Конспект	
	3.3.1 Практическое занятие (расчет ректификационной колонны)	-	-	5	5	РГР №9		Пособие 6.2.5	
	<b>Тема 3.4</b> Жидкостная экстракция	3	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 547-578	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.5</b> Кристаллизация	2	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 670-684	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.6</b> Адсорбция и ионообмен	2	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 594-616	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.7</b> Сушка	6	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 616-669	Собеседование	Конспект	
	3.7.1 Лабораторная работа (изучение кинетики сушки)	-	6	-	4	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.7.2 Практическое занятие (расчет процесса сушки)	-	-	4	4	РГР №10		Пособие 6.2.5	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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 3.8 Мембранные процессы	1	-	-	12	Изучение литературы: 6.1.2, Ч2: с. 313-355	Собеседование		
	Курсовой проект (КП)	-	-	-	-	Согласно 6.2.4	Защита	Пособие 6.2.4	
	<b>ИТОГО ЗА 6 СЕМЕСТР</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>78</b>				
	<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>171</b>				

\*- выполняется одна работа из приведенных по указанию преподавателя, собеседование проводится по вопросам для всех лабораторных работ

Таблица 6

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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>3 курс (6 семестр)</b>									
ОПК-1 ИОПК-1.1;	Раздел 1. Гидромеханические процессы	4	-	4	72				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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-7 ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4; ОПК-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3	<b>Тема 1.1</b> Классификации процессов ХТ. Общий кинетический закон и общие принципы анализа и расчета ПиАХТ	1	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 13-19	Собеседование		Конспект
	<b>Тема 1.2</b> Классификация неоднородных систем и методов их разделения	-	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 183-185	Собеседование		Конспект
	<b>Тема 1.3</b> Отстаивание	0,5	-	-	8	Изучение литературы: 6.1.1: с. 185-191	Собеседование		Конспект лекций
	1.3.1 Практическое занятие (расчет отстойника)	-	-	2	10	РГР№1			МУ 6.2.6
	<b>Тема 1.4</b> Фильтрация	0,5	-	-	10	Изучение литературы: 6.1.1: с. 191-220			Конспект
	<b>Тема 1.5</b> Центрифугирование и очистка газов	1	-	-	10	Изучение литературы: 6.1.1: с. 222-256	Собеседование		Конспект
	<b>Тема 1.6</b> Перешивание жидких сред	0,5	-	-	8	Изучение литературы: 6.1.1: с. 258-273	Собеседование		Конспект
	1.6.1 Практическое занятие (расчет перемешивающего устройства)	-	-	2	10	РГР №2			МУ 6.2.6
	<b>Тема 1.7</b> Псевдооживление	0,5	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 13-19	Собеседование		
ОПК-1 ИОПК-1.1;	<b>Раздел 2. Тепловые процессы</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>70</b>				
	<b>Тема 2.1</b> Основы теплопередачи	4	-	-	10	Изучение литературы: 6.1.1: с. 274-325	Собеседование		Конспект

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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-7 ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4; ОПК-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3	2.1.1 Лабораторная работа (испытание теплообменника труба в трубе)*	-		-	16	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.1.2 Лабораторная работа (испытание кожухотрубчатого теплообменника)*	-	5	-		Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.1.3 Практическое занятие (расчет теплообменника)	-	-	4	4	РГР №3		МУ 6.2.6	
	<b>Тема 2.2</b> Нагревание	0,5	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 2.3</b> Охлаждение	0,5	-	-	8	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344; с. 685-04		Конспект	
	<b>Тема 2.4</b> Конденсация	0,5	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 327-344	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 2.5</b> Выпаривание	2,5	-	-	4	Изучение литературы: 6.1.1: с. 366-402	Собеседование	Конспект	
	2.5.1 Лабораторная работа (испытание выпарной установки)	-	5	-	10	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	2.5.2 Практическое занятие (расчет выпарных аппаратов)	-	-	2	10	РГР №7		МУ 6.2.6	
		<b>ИТОГО ЗА 6 СЕМЕСТР</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>142</b>			
<b>4 курс (7 семестр)</b>									
ОПК-1 ИОПК-1.1; ОПК-7	<b>Раздел 3. Массообменные процессы</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>132</b>				
	<b>Тема 3.1</b> Основы массопередачи	2	-	-	8	Изучение литерату-			Конспект



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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					
ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4; ОПК-9 ИОПК-9.2, ИОПК-9.3						ры: 6.1.1: с. 403-456			
	3.1.1 Лабораторная работа (изучение массоотдачи в газовой фазе)	-	5	-	12	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	<b>Тема 3.2</b> Абсорбция	2	-	-	12	Изучение литературы: 6.1.1: с. 457-495		Конспект	
	3.2.4 Практическое занятие (расчет абсорбера)	-	-	4	14	РГР №1		МУ 6.2.7	
	<b>Тема 3.3</b> Перегонка жидкостей	3	-	-	12	Изучение литературы: 6.1.1: с. 496-546	Собеседование	Конспект	
	3.3.1 Практическое занятие (расчет ректификационной колонны)	-	-	4	14	РГР №2		МУ 6.2.7	
	<b>Тема 3.4</b> Жидкостная экстракция	0,5	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 547-578	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.5</b> Кристаллизация	0,5	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 670-684	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.6</b> Адсорбция и ионообмен	0,5	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.1: с. 594-616	Собеседование	Конспект	
	<b>Тема 3.7</b> Сушка	3	-	-	12	Изучение литературы: 6.1.1: с. 616-669	Собеседование	Конспект	
	3.7.1 Лабораторная работа (изучение кинетики сушки)	-	5	-	12	Отчет	Собеседование	Пособие 6.2.3	
	3.7.2 Практическое занятие (расчет процесса сушки)	-	-	2	12	РГР №3		МУ 6.2.7	
	<b>Тема 3.8</b> Мембранные процессы	0,5	-	-	6	Изучение литературы: 6.1.2, Ч2: с. 313-355	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование 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					
	Курсовой проект (КП)	-	-	-	-	Согласно 6.2.4	Защита	Пособие 6.2.4	
	<b>ИТОГО ЗА 6 СЕМЕСТР</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>132</b>				
	<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>274</b>				
*- выполняется одна работа из приведенных по указанию преподавателя, собеседование 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

#### *Примерная тематика курсовых проектов (6.2.4):*

- расчет и проектирование теплообменника;
  - расчет и проектирование абсорбера;
  - расчет и проектирование ректификационной колонны (\*);
  - расчет и проектирование адсорбера;
  - расчет и проектирование сушилки;
- (\* – с применением ЭВМ.

#### *Примерная тематика РГР (для самостоятельной работы, 6.2.5):*

- дисперсный анализ сыпучего материала;
- расчет радиального отстойника;
- расчет барабанного вакуум-фильтра;
- расчет перемешивающего устройства;
- расчет теплообменников;
- расчет выпарных аппаратов;
- расчет абсорбера;
- расчет ректификационной колонны;
- расчет процесса сушки.

Пример: РГР №1 «Дисперсный анализ сыпучего материала»

Провести полный дисперсионный анализ сыпучего материала с определением следующих величин:

- интегральной функции распределения  $R(\delta) - D(\delta)$ ;
- дифференциальной функции распределения  $\rho(\delta)$ ;
- удельной поверхности  $f_{\text{уд}}$ ;
- среднего размера частиц  $d_{\text{ср}}$

#### *Вопросы для собеседования при сдаче отчетов по лабораторным работам (6.2.1 6.2.3).*

Пример: лабораторная работа «Испытание выпарной установки»

1. Сущность процесса выпаривания.
2. Движущая сила процесса выпаривания.
3. В каких случаях процесс выпаривания проводят под вакуумом, при повышенном и атмосферном давлении?
4. Сущность и преимущество многокорпусного выпаривания.
5. Назначение барометрического конденсатора и вакуум-насоса в выпарных установках?
6. Причина естественной циркуляции раствора в лабораторном выпарном аппарате и промышленных выпарных аппаратах?
7. По данным эксперимента определить тепловую нагрузку холодильника 5 (см. рис. 1.14).
8. Чем можно объяснить разницу температур в т.2 и т.4 (см. рис. 1.14 и табл. 1.4)?
9. Какие температурные потери имеют место при выпаривании растворов? Как определить температуру кипения раствора?
10. Полезная и общая разность температур при выпаривании.
11. Выбор числа корпусов в многокорпусной выпарной установке.
12. Способы экономии тепла при выпаривании.

13. Устройство выпарных аппаратов.

***Перечень вопросов к зачету по дисциплине Б1.Б.28 «Процессы и аппараты химической технологии» (5 семестр)***

1. Основной кинетический закон.
2. Общие принципы анализа и расчета технологических процессов.
3. Характеристики дисперсных материалов.
4. Классификация гидромеханических процессов. Материальный баланс процессов.
5. Отстаивание. Определение скорости осаждения.
6. Схема расчета отстойников.
7. Осаждение в поле центробежных сил.
8. Циклонный процесс.
9. Осаждение в поле электрических сил.
10. Фильтрация. Кинетика фильтрования.
11. Фильтрация при постоянном перепаде давления. Определение констант фильтрования.
12. Фильтрация при постоянной скорости. Уравнение промывки.
13. Схема подбора фильтров.
14. Фильтрация под действием центробежных сил.
15. Интенсификация процессов фильтрования.
16. Псевдооживление. Гидродинамика псевдооживленного слоя.
17. Определение скорости начала псевдооживления и скорости витания.
18. Перемешивание. Характеристики и способы перемешивания.
19. Механическое перемешивание. Затраты мощности на перемешивание.
20. Схема подбора мешалок.
21. Способы распространения тепла и виды теплообмена.
22. Теплопроводность однослойной и многослойной стенок.
23. Уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.
24. Аналогия переноса тепла и импульса.
25. Особенности теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя.
26. Теплоотдача при конденсации паров.
27. Теплоотдача при кипении жидкостей.
28. Радиационно-конвективный теплообмен.
29. Уравнение теплопередачи. Связь коэффициента теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи.
30. Средняя движущая сила процесса теплопередачи и ее определение для различных схем движения теплоносителей.
31. Расчет температуры стенки и толщины тепловой изоляции.
32. Способы изменения интенсивности теплообмена.
33. Нагревание. Основные расчетные зависимости.
34. Охлаждение. Основные расчетные зависимости.
35. Основные расчетные зависимости при конденсации паров.
36. Схема расчета теплообменной аппаратуры.
37. Виды и способы выпаривания. Схемы выпарных установок и их сравнение.
38. Способы экономии тепловой энергии при выпаривании.
39. Температурные потери при выпаривании и их определение.
40. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
41. Однокорпусное выпаривание.
42. Многокорпусное выпаривание.
43. Оптимальное число корпусов при многокорпусном выпаривании.
44. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой баланс.
45. Схема расчета многокорпусных выпарных установок.

**Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.28 «Процессы и аппараты химической технологии» (6 семестр)**

1. Равновесие в системах газ-жидкость. Закон Генри.
2. Равновесие в системах жидкость-жидкость.
3. I-X диаграмма состояния влажного газа.
4. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.
5. Механизм переноса вещества. Модели массообмена.
6. Молекулярная диффузия. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии.
7. Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса.
8. Уравнение массоотдачи и его анализ.
9. Теория подобия в приложении к процессам массоотдачи.
10. Уравнение массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи с коэффициентом массопередачи. Объемный коэффициент массопередачи.
11. Средняя движущая сила массообменного процесса. Влияние продольного перемешивания на ее величину.
12. Число единиц переноса и его определение. Связь общего числа единиц переноса с числом единиц переноса по фазам.
13. Высота единицы переноса. Связь общей высоты переноса с высотой переноса по фазам.
14. Модифицированные уравнения массопередачи и область их применения.
15. Теоретическая ступень изменения концентрации и ее использование для расчета аппаратов со ступенчатым и непрерывным контактом фаз.
16. Метод кинетической кривой при расчете высоты массообменного аппарата.
17. Высота эквивалентная теоретической тарелке и ее использование для расчета массообменных аппаратов.
18. Массопередача в системах с твердой фазой.
19. Повышение эффективности и интенсификация массообменных процессов.
20. Общая схема расчета массообменных аппаратов.
21. Гидродинамика насадочных массообменных аппаратов.
22. Гидродинамика тарельчатых массообменных аппаратов.
23. Абсорбция. Материальный и тепловой балансы процесса. Уравнение рабочей линии. Минимальный и оптимальный расход абсорбента.
24. Принципиальные схемы проведения процессов абсорбции и их сравнительный анализ.
25. Методы проведения десорбции. Схема абсорбционно-десорбционной установки.
26. Однократное испарение (дистилляция).
27. Простая и фракционная перегонка.
28. Перегонка в токе водяного пара. Молекулярная дистилляция.
29. Принцип ректификации. Материальный баланс процесса.
30. Уравнения рабочих линий при ректификации. Флегмовое число.
31. Тепловой баланс процесса ректификации.
32. Влияние флегмового числа на положение рабочих линий, размеры аппарата и расход тепла при ректификации.
33. Экстрактивная и азеотропная ректификация.
34. Периодическая ректификация.
35. Пути повышения технико-экономической эффективности ректификационных установок.
36. Материальный баланс экстракции.
37. Принципиальные схемы проведения процесса экстракции.
38. Равновесие при кристаллизации. Выбор метода кристаллизации.
39. Изогидрическая кристаллизация. Материальный и тепловой балансы процесса.
40. Изотермическая кристаллизация. Материальный и тепловой балансы процесса.

41. Равновесие при адсорбции. Факторы, влияющие на процесс адсорбции.
42. Адсорбенты и их характеристики.
43. Схемы проведения процесса адсорбции. Материальный баланс адсорбции.
44. Кинетические закономерности адсорбции.
45. Способы сушки. Формы связи влаги с материалом. Равновесие в процессах сушки.
46. Конвективная сушка. I-X диаграмма влажного газа.
47. Материальный и тепловой баланс сушки.
48. Варианты сушки и их сравнительный анализ.
49. Кинетика конвективной сушки. Периоды постоянной и падающей скорости сушки.
50. Сущность процесса мембранного разделения смесей. (Основные характеристики, обратный осмос, ультрафильтрация, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов).
51. Кинетика мембранного разделения.
52. Схема расчета аппаратов для мембранного разделения смесей.

**Перечень задач к экзамену по дисциплине Б1.Б.28 «Процессы и аппараты химической технологии» (6 семестр)**

Примеры:

Задача

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется  $G_F = 3000$  кг/ч смеси ацетон – вода. Массовое содержание ацетона в питании  $\bar{x}_F = 25\%$ , в дистилляте  $\bar{x}_D = 98\%$ , а в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 2,5\%$ . Определить количество дистиллята и кубового остатка.

Задача

В холодильнике при температуре  $-6^\circ\text{C}$  испаряется  $G = 2$  кг/мин хладона -12. Сколько льда в нем можно получить за сутки из воды с температурой  $20^\circ\text{C}$ . Теплоемкость воды  $4190$  Дж/(кг·К). Теплота кристаллизации воды  $380,7$  кДж/кг. Теплота парообразования хладона  $158$  кДж/кг.

**Итоговые тесты**, проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

Примеры

1. Инверсия фаз характерна для...
  - а суспензий
  - б пылей
  - в туманов
  - г эмульсий
13. Материальный баланс отстойника, выражается уравнениями...
  - а  $G_1 = G_2 + W; \quad G_1 x_1 = G_2 x_2$
  - б  $F = P + W; \quad F x_1 = P x_2 + W x_3$
  - в  $G_c = G_o + G_{oc}; \quad G_c x_c = G_o x_o + G_{oc} x_{oc}$
  - г  $G_c = G_o + G_{oc}; \quad G_c x_c = G_o x_o + G_{oc} (1 - \omega_{oc})$
23. Определите фактор разделения центрифуги, если ее ротор имеет радиус  $800$  мм и делает  $900$  об/мин.
  - а 120
  - б 720
  - в 800
  - г 1020

**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 система контроля и оценки успеваемости обучаю-

щихся 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 6 и 7.

Таблица 6

**Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине**

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы							Штрафные баллы за нарушение сроков сдачи
		1	2	3	4	5	6	7	
<b>5 семестр</b>									
Лабораторные работы:	5	8	8	8	8	8	-	-	До 2 за работу
- выполнение работы		1	1	1	1	1	-	-	
- оформление отчета		3	3	3	3	3	-	-	
- сдача коллоквиума		4	4	4	4	4	-	-	
Выполнение самостоятельных РГР	7	5	5	5	5	18	12	10	До 2 за РГР
<b>6 семестр</b>									
Лабораторные работы:	3	12	12	12	-	-	-	-	До 4 за работу
- выполнение работы		2	2	2	-	-	-	-	
- оформление отчета		4	4	4	-	-	-	-	
- сдача коллоквиума		6	6	6	-	-	-	-	
Выполнение самостоятельных РГР	3	24	24	16					До 4 за работу

**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 тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ, не может использовать базовые знания в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основам процессов и аппаратов химической технологии. Изложение полученных базовых знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины; освоил лекционный курс; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ОПК-7 - Способен применять современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИОПК-7.1. Применяет основные методики расчета технологического оборудования, с учетом влияния режимных параметров химико-технологических процессов на работу технологического оборудования, в	Не знает методики расчета технологического оборудования, не владеет связью режимных параметров химико-технологических процессов с работой технологического оборудования, в том числе на использование сырьевых и	Фрагментарные, поверхностные знания по методикам расчета технологического оборудования, не полное владение связью режимных параметров химико-технологических процессов с работой технологического	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные методики расчета технологического оборудования, владеет связью режимных параметров химико-	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины; освоил лекционный курс; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при



	том числе на использование сырьевых и энергетических ресурсов	энергетических ресурсов	оборудования, в том числе для использования сырьевых и энергетических ресурсов	технологических процессов с работой технологического оборудования, в том числе для использования сырьевых и энергетических ресурсов.	собеседовании
	ИОПК-7.2. Ориентируется в основных технологиях, процессах и их аппаратурном оформлении для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Не владеет основными технологиями, процессами и их аппаратурным оформлением для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Имеет фрагментарные, поверхностные знания основных технологий, процессов и их аппаратурного оформления для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет технологии, процессы и их аппаратурное оформление для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины; освоил инновационные технологии, процессы и их аппаратурное оформление для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов
	ИОПК-7.3. Применяет основные методы балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	Не владеет методами балансовых расчетов, определения норм технологических режимов проводимых процессов, подбором технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	Имеет фрагментарные, поверхностные знания балансовых расчетов, определению норм технологических режимов проводимых процессов, подбору технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	Знает материал на достаточно хорошем уровне; владеет методами балансовых расчетов, процессов и их аппаратурного оформления для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины; освоил методы балансовых расчетов, процессов и их аппаратурного оформления для преобразования сырьевых и энергетических ресурсов
	ИОПК-7.4. Оптимизирует технологические режимы процессов переработки сырья различного качества	Не владеет основами оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества	Имеет фрагментарные знания основ оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества	Знает материал на достаточно хорошем уровне; владеет основами оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества	Имеет глубокие знания материала дисциплины; освоил основы оптимизации технологических режимов процессов переработки сырья различного качества
ОПК-9 - Способен	ИОПК-9.2. Ориентирует-	Не владеет современными	Имеет фрагментарные	Знает материал на	Имеет глубокие знания

внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ся в современных тенденциях развития процессно-аппаратной базы химической технологии	тенденциями развития процессно-аппаратной базы химической технологии	знания современных тенденций развития процессно-аппаратной базы химической технологии	достаточно хорошем уровне; владеет современными тенденциями развития процессно-аппаратной базы химической технологии	материала дисциплины; освоил современные тенденции развития процессно-аппаратной базы химической технологии
	ИОПК-9.3. Проводит расчеты нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Не ориентируется в расчетах нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Имеет фрагментарные знания по расчетам нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Знает материал на достаточно хорошем уровне; владеет методами расчета нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Имеет глубокие знания материала дисциплины; освоил современные методы расчета нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств

## Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку «отлично» 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) - зачтено	оценку «хорошо» 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) - зачтено	оценку «удовлетворительно» 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) – не зачтено	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 Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Химия, 2009. – 784 с.

6.1.2 Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов: В 2 кн. Ч. 1, 2. - М.: Химия, 1995.

6.1.3 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л., Химия, 2005, 2007 – 497 с.

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 Смирнов С.И., Рузанов С.Р., Сажина Е.Н. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: лабораторный практикум / С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина; Нижегород. гос. техн. ун–т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2014.– 91 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.2 Смирнов С.И., Рузанов С.Р., Сажина Е.Н. Процессы и аппараты химической технологии. Содержание курса, примеры расчетов и задания к контрольным работам: учеб. пособие (практикум). – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун–т им. Р.Е. Алексеева. 2017.– 215 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.3 Рузанов С.Р., Смирнов С.И., Сажина Е.Н. Процессы и аппараты химической технологии. Тепловые и массообменные процессы: лабораторный практикум. - Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун–т им. Р.Е. Алексеева, 2018.– 170 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.4 Рузанов С.Р., Смирнов С.И., Петровский А.М. Процессы и аппараты химической технологии. Курсовое проектирование. Примеры расчетов: учеб. пособие:- Н.Новгород, Ни-

жегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2020.– 276 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.5 Рузанов С.Р., Смирнов С.И., Петровский А.М. Процессы и аппараты химической технологии: расчето-графические работы. – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева., 2021.– 92 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.6 Гидромеханические и тепловые процессы: метод. указания и задания к контрольным работам по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (направленность «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств») заочной формы обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2019.– 38 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.7 Массообменные процессы: метод. указания и задания к контрольным работам по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (направленность «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств») заочной формы обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2019.– 25 с. В электронном варианте находятся в системе MOODLE по адресу <http://dpingtu.ru/Moodle>.

6.2.8 Испытание циклона: метод. указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2014. – 14 с.

6.2.9 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. – 10 с.

6.2.10 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. – 15 с.

6.2.11 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. – 18 с.

6.2.12 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. – 14 с.

6.2.13 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. – 14 с.

6.2.14 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. – 14 с.

6.2.15 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. – 17 с.

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. – 18 с.

6.2.17 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.

6.2.18 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.ntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf](http://www.ntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf).

## 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

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 9

#### 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-ntu.ru/электронная_библиотека">http://cdot-ntu.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 10

#### Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
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 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 11 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 11

#### 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 12 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 12

### 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 13 перечислены:

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

Таблица 13

### 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	3112 Аудитория для лекционных занятий 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.	

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		Мультимедийный проектор Epson-1 шт; Экран – 1 шт.	
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".	
4	<b>3107</b> Лаборатория "Гидромеханических и тепловых процессов" Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Испытание поршневого компрессора»; "Испытание выпарной установки".	
5	<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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
6	<b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox (свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## 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 проводится 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 в среде MOODLE.

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.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными материалами, в которых наглядно преподносятся материалы различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Электронный вариант лекций находится в свободном доступе в системе MOODLE и может быть получен для проработки обучающимися в ходе его самостоятельной работы.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии при обсуждении наиболее сложных вопросов курса, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах (бригада не более 4 человек), 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 лекциях, практических и лабораторных занятиях. 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 зачета и 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 в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, 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 и 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 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 практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления материалов курса и охватывают основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является решение задач, обсуждение наиболее сложных вопросов, возникающих при расчете процессов и аппаратов ХТ, а также ознакомление с материалами РГР, выполняемых обучающимися в рамках самостоятельной работы.

Практические занятия с обучающимися обеспечивают:

- получение умений и навыков по составлению балансовых уравнений, движущей силы процессов ХТ, определению выбору рациональных размеров типового химического оборудования.
- знакомство с методиками технологического расчета типовых конструкций химических аппаратов;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Примерная тематика практических занятий приведена в таблице 5 и 6.

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

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям, мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы (РГР) 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 (таблица 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## **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 лабораторных работ (оформление отчета, коллоквиум);
- решение индивидуальных задач на практических занятиях;
- выполнение РГР по расчету аппаратов в рамках самостоятельной работы;
- зачет (очное 5 семестр, заочное 6);
- экзамен (очное 6 семестр, заочное 7).

#### **11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ**

Типовые задания для лабораторных работ приведены в методических указаниях по проведению лабораторных работ (6.2.1 и 6.2.3).

#### **11.1.2. Типовые задания для практических занятий**

Типовые задания для практических занятий приведены в методических указаниях по проведению практических работ (6.2.3 и 6.2.2).

#### **11.1.3. Типовые задания для РГР в рамках самостоятельной работы**

Типовые задания для РГР приведены в методических указаниях 6.2.5.

### **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:

- зачет (по результатам накопительного рейтинга: лабораторный практикум + самостоятельные РГР);
- защита курсового проекта;
- экзамен в устно-письменной форме по билетам с задачей (в условиях дистанционного обучения тестирование).

**Вопросы для собеседования при сдаче отчетов по лабораторным работам (6.2.1 6.2.3).**

Пример: лабораторная работа «Испытание выпарной установки»

1. Сущность процесса выпаривания.
2. Движущая сила процесса выпаривания.
3. В каких случаях процесс выпаривания проводят под вакуумом, при повышенном и атмосферном давлении?
4. Сущность и преимущество многокорпусного выпаривания.
5. Назначение барометрического конденсатора и вакуум-насоса в выпарных установках?
6. Причина естественной циркуляции раствора в лабораторном выпарном аппарате и промышленных выпарных аппаратах?
7. По данным эксперимента определить тепловую нагрузку холодильника 5 (см. рис. 1.14).
8. Чем можно объяснить разницу температур в т.2 и т.4 (см. рис. 1.14 и табл. 1.4)?
9. Какие температурные потери имеют место при выпаривании растворов? Как определить температуру кипения раствора?
10. Полезная и общая разность температур при выпаривании.
11. Выбор числа корпусов в многокорпусной выпарной установке.
12. Способы экономии тепла при выпаривании.
13. Устройство выпарных аппаратов.

**Примерная тематика РГР (для самостоятельной работы, 6.2.5):**

- дисперсный анализ сыпучего материала;
- расчет радиального отстойника;
- расчет барабанного вакуум-фильтра;
- расчет перемешивающего устройства;
- расчет теплообменников;
- расчет выпарных аппаратов;
- расчет абсорбера;
- расчет ректификационной колонны;
- расчет процесса сушки.

Пример: РГР №1 «Дисперсный анализ сыпучего материала»

Провести полный дисперсионный анализ сыпучего материала с определением следующих величин:

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| – интегральной функции распределения     | $R(\delta) - D(\delta)$ ; |
| – дифференциальной функции распределения | $\rho(\delta)$ ;          |
| – удельной поверхности                   | $f_{уд}$ ;                |
| – среднего размера частиц                | $d_{\phi}$                |

**Примерная тематика курсовых проектов (6.2.4):**

- расчет и проектирование теплообменника;
  - расчет и проектирование абсорбера;
  - расчет и проектирование ректификационной колонны (\*);
  - расчет и проектирование адсорбера;
  - расчет и проектирование сушилки;
- (\* – с применением ЭВМ.

**Защита курсового проекта (ОПК-1; ИОПК-1.1; ОК-7; ИОПК-7.1, 7.2, 7.3, 7.4; ИОПК-9; ИОПК-9.2, 9.3)**

Результаты защиты курсового проекта выставляются по четырех бальной системе оцени-

вания ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно") с проставлением количества баллов, набранных в соответствии с балльно-рейтинговой системой (по сто балльной шкале).

Перечень вопросов к защите курсового проекта сформулирован в 6.2.4.

**Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.28 «Процессы и аппараты химической технологии»** (ОПК-1; ИОПК-1.1; ОПК-7; ИОПК-7.1,7.2,7.3,7.4; ОПК-9; ИОПК-9.2, 9.3)

1. Равновесие в системах газ-жидкость. Закон Генри.
2. Равновесие в системах жидкость-жидкость.
3. I-X диаграмма состояния влажного газа.
4. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.
5. Механизм переноса вещества. Модели массообмена.
6. Молекулярная диффузия. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии.
7. Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса.
8. Уравнение массоотдачи и его анализ.
9. Теория подобия в приложении к процессам массоотдачи.
10. Уравнение массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи с коэффициентом массопередачи. Объемный коэффициент массопередачи.
11. Средняя движущая сила массообменного процесса. Влияние продольного перемешивания на ее величину.
12. Число единиц переноса и его определение. Связь общего числа единиц переноса с числом единиц переноса по фазам.
13. Высота единицы переноса. Связь общей высоты переноса с высотой переноса по фазам.
14. Модифицированные уравнения массопередачи и область их применения.
15. Теоретическая ступень изменения концентрации и ее использование для расчета аппаратов со ступенчатым и непрерывным контактом фаз.
16. Метод кинетической кривой при расчете высоты массообменного аппарата.
17. Высота эквивалентная теоретической тарелке и ее использование для расчета массообменных аппаратов.
18. Массопередача в системах с твердой фазой.
19. Повышение эффективности и интенсификация массообменных процессов.
20. Общая схема расчета массообменных аппаратов.
21. Гидродинамика насадочных массообменных аппаратов.
22. Гидродинамика тарельчатых массообменных аппаратов.
23. Абсорбция. Материальный и тепловой балансы процесса. Уравнение рабочей линии. Минимальный и оптимальный расход абсорбента.
24. Принципиальные схемы проведения процессов абсорбции и их сравнительный анализ.
25. Методы проведения десорбции. Схема абсорбционно-десорбционной установки.
26. Однократное испарение (дистилляция).
27. Простая и фракционная перегонка.
28. Перегонка в токе водяного пара. Молекулярная дистилляция.
29. Принцип ректификации. Материальный баланс процесса.
30. Уравнения рабочих линий при ректификации. Флегмовое число.
31. Тепловой баланс процесса ректификации.
32. Влияние флегмового числа на положение рабочих линий, размеры аппарата и расход тепла при ректификации.
33. Экстрактивная и азеотропная ректификация.
34. Периодическая ректификация.
35. Пути повышения технико-экономической эффективности ректификационных установок.

36. Материальный баланс экстракции.
37. Принципиальные схемы проведения процесса экстракции.
38. Равновесие при кристаллизации. Выбор метода кристаллизации.
39. Изогидрическая кристаллизация. Материальный и тепловой балансы процесса.
40. Изотермическая кристаллизация. Материальный и тепловой балансы процесса.
41. Равновесие при адсорбции. Факторы, влияющие на процесс адсорбции.
42. Адсорбенты и их характеристики.
43. Схемы проведения процесса адсорбции. Материальный баланс адсорбции.
44. Кинетические закономерности адсорбции.
45. Способы сушки. Формы связи влаги с материалом. Равновесие в процессах сушки.
46. Конвективная сушка. I-X диаграмма влажного газа.
47. Материальный и тепловой баланс сушки.
48. Варианты сушки и их сравнительный анализ.
49. Кинетика конвективной сушки. Периоды постоянной и падающей скорости сушки.
50. Сущность процесса мембранного разделения смесей. (Основные характеристики, обратный осмос, ультрафильтрация, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов).
51. Кинетика мембранного разделения.
52. Схема расчета аппаратов для мембранного разделения смесей.

**Перечень задач к экзамену по дисциплине Б1.Б.28 «Процессы и аппараты химической технологии»** (ОПК-1; ИОПК-1.1; ОПК-7; ИОПК-7.1,7.2,7.3,7.4; ОПК-9; ИОПК-9.2, 9.3)

Примеры:

Задача

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется  $G_F = 3000$  кг/ч смеси ацетон – вода. Массовое содержание ацетона в питании  $\bar{x}_F = 25\%$ , в дистилляте  $\bar{x}_D = 98\%$ , а в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 2,5\%$ . Определить количество дистиллята и кубового остатка.

Задача

В холодильнике при температуре  $-6$  °С испаряется  $G = 2$  кг/мин хладона -12. Сколько льда в нем можно получить за сутки из воды с температурой  $20$ °С. Теплоемкость воды  $4190$  Дж/(кг·К). Теплота кристаллизации воды  $380,7$  кДж/кг. Теплота парообразования хладона  $158$  кДж/кг.

**Итоговые тесты** (ОПК-1; ИОПК-1.1; ОПК-7; ИОПК-7.1, 7.2,7.3, 7.4; ОПК-9; ИОПК-9.2, 9.3), проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

Примеры

1. Инверсия фаз характерна для...
  - а суспензий
  - б пылей
  - в туманов
  - г эмульсий
13. Материальный баланс отстойника, выражается уравнениями...
  - а  $G_1 = G_2 + W; \quad G_1 x_1 = G_2 x_2$
  - б  $F = P + W; \quad F x_1 = P x_2 + W x_3$
  - в  $G_c = G_o + G_{oc}; \quad G_c x_c = G_o x_o + G_{oc} x_{oc}$
  - г  $G_c = G_o + G_{oc}; \quad G_c x_c = G_o x_o + G_{oc} (1 - \omega_{oc})$
23. Определите фактор разделения центрифуги, если ее ротор имеет радиус  $800$  мм и делает  $900$  об/мин.
  - а  $120$
  - б  $720$
  - в  $800$

**Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования**

<b>Кол-во заданий в банке вопросов</b>	<b>Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся</b>	<b>Время на тестирование, мин.</b>
90	9	45

Полный фон оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.