

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Процессы и аппараты химической технологии»**

**Специальность** 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

**Квалификация выпускника** инженер

**Специализация** Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

**Форма обучения** очная

**Выпускающая кафедра** Кафедра радиохимии

**Кафедра-разработчик рабочей программы** Кафедра радиохимии

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет/кр)
6	180 (5)	36	36	18	36	Экзамен
7	180 (5)	34	34	17	78	Экзамен
<b>Итого</b>	<b>360 (10)</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>35</b>	<b>114</b>	

Димитровград  
2021 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 29.12.2012г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно установленного НИЯУ МИФИ (далее – Образовательный стандарт (или ОС) НИЯУ МИФИ), по специальности 18.05.02. Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного Ученым советом университета (протокол № 18/03 от 31.05.2018 г., актуализировано Ученым советом университета (протокол № 21/11 от 27.07.2021 г.)), учебного плана ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Составители рабочей программы

Доцент кафедры технологии машиностроения,

к.т.н.

(должность, ученое звание, степень)

  
(подпись)

А.П. Зенцов

(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиохимии  
протокол № 6 от 25.03.2021г.

Зав. кафедрой-разработчика

«25» 03 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав. выпускающей кафедрой

«01» 04 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

Руководитель ООП,

Лизин А.А., к.х.н.,

и.о. зав. кафедрой радиохимии

«01» 04 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	5
3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	19
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	21
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	23
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	25
9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	26

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» является ознакомление обучающихся с наиболее распространенным оборудованием и процессами в химических технологиях материалов ядерного топливного цикла, а также научить химиков-технологов разбираться в оборудовании отрасли, эксплуатировать оборудование, снижая его износ и себестоимость выпускной продукции.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим и практическим основам гидравлических, тепловых и массообменных процессов;
- обучение основам рационального аппаратурного оформления типовых процессов;
- развитие у обучающихся навыков самостоятельного принятия технических решений, связанных с эксплуатацией действующих и освоением новых химико-технологических систем.
- закрепление знаний по общеинженерным и специальным дисциплинам технологии получения и применения материалов ядерного топливного цикла

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении следующих общеинженерных дисциплин: общая химия, физическая химия, физика, общая химическая технология, механика.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности.

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта)  Обобщенные трудовые функции
Тип задачи профессиональной деятельности: технологический				
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно-чистых веществ, их соединений;</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы извлечения, концентрирования и очистки указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборуду-</p>	<p>ПК-3 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентами использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p>З-ПК-3 Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования У-ПК-3 Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом В-ПК-3 Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов «</p>
		<p>ПК-4 Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию</p>	<p>З-ПК-4 Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков У-ПК-4 Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию В-ПК-4 Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий «</p>

	<p>дование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях;</p> <p>Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения радиоизотопов; Методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов.</p>	<p>ПК-5 Способен принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды</p>	<p>технологического процесса</p> <p>З-ПК-5 Знать: правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности, средства, методы повышения безопасности</p> <p>У-ПК-5 Уметь: принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды</p> <p>В-ПК-5 Владеть: способностью анализировать и систематизировать информацию, и обрабатывать полученные данные с целью принятия конкретного технического решения с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов» «</p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» «</p>
<p>Тип задачи профессиональной деятельности: проектный</p>				

<p>Разработка новых технологических схем, расчет технологически х параметров, расчет и выбор оборудования; Разработка процессов, аппаратов, систем управления в составе технологий выделения редких, рассеянных, радиоактивных элементов, наработки изотопов, переработки ОЯТ, облученных мишеней, обращения с РАО различных видов. Анализ и оценка альтернативных вариантов технологической схем и ее отдельных узлов и аппаратов;          Разработка исходных данных для проектирования новых технологических процессов и оборудования, Авторский надзор за процессом проектирования.</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых продуктов;          Рассеянные элементы: цезий, рубидий, таллий, галлий, индий, скандий, германий, а также редкие элементы: литий, бериллий, ванадий, титан, молибден, вольфрам, редкоземельные элементы и их соединения играющие важную роль в высокотехнологичных процессах современной энергетики и экономики;          Природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов, в том числе лития, бериллия бора, углерода и их соединений – включая приведение их в состояние, требуемое для атомной промышленности;</p>	<p>ПК-8 Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ</p>	<p>З-ПК-8 Знать: принципы разработки новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ          У-ПК-8 Уметь: разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ          В-ПК-8 Владеть: необходимыми знаниями при разработке новых технологических схем на основе результатов научно исследовательских работ</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов «           Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий «</p>
--	---	---	--	--

	<p>Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы извлечения, концентрирования и очистки указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях;</p> <p>Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения радиоизотопов; Методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов.</p>	<p>ПК-9 Способен проводить анализ технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства</p>	<p>З-ПК-9 Знать: принципы анализа технических заданий на проектирование, разработки технологических схем, технологической и технической документации</p> <p>У-ПК-9 Уметь: разработать технологическую и аппаратную схемы процессов предприятий ядерно-топливного цикла с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства</p> <p>В-ПК-9 Владеть: приемами выполнения чертежей аппаратных схем технологических процессов с использованием современных САД-программ</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов «</p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий «</p>
--	--	--	--	---



В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

**Знать:**

- теоретические основы и технико-экономические показатели гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов химической технологии, аппаратурное оформление этих процессов;
- конструкцию основного и вспомогательного оборудования;
- принципы анализа технических заданий на проектирование, разработки технологических схем, технологической и технической документации.

**Уметь:**

- проводить расчеты простейших гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов химической технологии с определением технико-экономических показателей, выбирать аппаратурное оформление этих процессов;
- разработать технологическую и аппаратурную схемы процессов предприятий ядерно-топливного цикла с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства

**Владеть:**

- основными приемами экономической оценки целесообразности осуществления гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов и выбора аппаратурного оформления этих процессов.
- приемами выполнения чертежей аппаратурных схем технологических процессов с использованием современных САД- программ;
- способностью анализировать и систематизировать информацию, и обрабатывать полученные данные с целью принятия конкретного технического решения с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды

### 3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплины
Профессиональное воспитание	<b>В18-</b> формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Процессы и аппараты химической технологии относится к базовой части профессионального модуля учебного плана по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

#### 4.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины Процессы и аппараты химической технологии составляет 10 зачетных единиц (ЗЕТ), 360 академических часов.

Таблица 4.1 Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр	
		6	7

<b>Контактная работа с преподавателем</b> в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий	<b>175</b>	<b>90</b>	<b>85</b>
– лекции	70	36	34
– практические занятия	70	36	34
– лабораторные работы	35	18	17
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> в том числе:	<b>114</b>	<b>36</b>	<b>78</b>
– изучение теоретического курса	38	20	18
– расчетно-графические работы, задачи	30	16	14
– подготовка курсового проекта	46	-	46
<b>Вид промежуточной аттестации: экзамен</b>	Экз/Экз	Экз.	Экз.
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>289</b>	<b>126</b>	<b>163</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

Таблица 4.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы								Формируемые индикаторы освоения компетенций
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практической подготовки	Лабораторные работы	в том числе в форме практической подготовки	Самостоятельная работа	в том числе в форме практической подготовки	Всего часов	
1	Тема 1. Введение. Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии	4	-	-	-	-	8	-	12	ПК-3 ПК-4
2	Тема 2. Основы гидростатики. Свойства жидкостей. Основное уравнение гидростатики.	8	8	2	2	-	10	2	28	ПК-3 ПК-4 ПК-5
2	Тема 3. Гидромеханические процессы и аппараты. Перемещение и сжатие жидкостей и газов	8	8	2	4	2	10	2	30	ПК-3 ПК-8 ПК-5
3	Тема 4. Разделение гетерогенных неоднородных систем	4	4	2	2	2	8	2	18	ПК-3 ПК-8 ПК-5
4	Тема 5. Тепловые процессы и аппараты. Значение процессов теплообмен в химической промышленности	8	6	4	4	-	8	2	26	ПК-8 ПК-9 ПК-4 ПК-5
5	Тема 6. Выпаривание. Сущность и способы осуществления процесса	4	6	2	4	2	8	2	22	ПК-3 ПК-9 ПК-8 ПК-4 ПК-5
6	Тема 7. Массообменные процессы и аппараты. Основы процессов массообмена, общие понятия и определения. Классификация массообменных процессов	6	8	4	2	-	8	2	24	ПК-3 ПК-8 ПК-4 ПК-5
7	Тема 8. Абсорбция. Характеристика процесса и области применения	4	4				8	2	16	ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-8 ПК-9
8	Тема 9. Простая перегонка.	6	6	2	2		10	2	24	ПК-3

	Виды простой перегонки, материальный баланс процесса									ПК-4 ПК-5 ПК-8 ПК-9
9	Тема 10. Ректификация, характеристика процесса. Материальный и тепловой балансы. Флегмовое число.	8	8	2	4	2	10	2	30	ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-8 ПК-9
10	Тема 11. Адсорбция, основные понятия и определения. Разделение газовых смесей и растворов. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики. Тема 12. Кристаллизация. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов.	4	6	2	3		10	2	23	ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-8
11	Тема 13. Мембранные процессы разделения. Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.).	4	2	2	2		8	2	16	ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-8 ПК-9
12	Тема 14. Сушка, Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки.	2	4	2	6	4	8	2	20	ПК-3 ПК-4 ПК-5 ПК-8 ПК-9
ИТОГО		70	70	28	35	12	114	24	289	

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.3 Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
6 семестр				
Лекция 1	1	1. Введение. Основные закономерности процессов химической технологии. Теоретические основы процессов химической технологии.	2	1
Лекция 2-3	2	Основы гидравлики. Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Идеальная и реальная жидкость. Основные физические свойства жидкостей: плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение. Классификация сил, действующих на жидкость.	4	-
Лекция 4	2	Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. Смешанная задача. Понятия о скоростях движения: локальная и средняя скорости. Методы Лагранжа и Эйлера для описания кинематики жидких сред. Представление о потоке жидкости как потоке элементарных частиц: линия тока, элементарная струйка (трубка тока), поток. Поле скоростей. Стационарный и нестационарный потоки. Закон внутреннего трения Ньюто-	2	-

		на.		
Лекция: 5-6	2	Гидромеханические процессы и аппараты. Основы гидравлики. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Транспортирование жидкостей и газов. Насосы и вентиляторы, их классификация и основные характеристики. Устройства и принципы работы поршневых, центробежных и осевых машин, методика подбора насосов и вентиляторов. Общее представление о других типах насосов и других способах перемещения жидкостей.	4	1
Лекция 7-8	2	Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов: потери напора на трение и преодоление местных сопротивлений. Расчёт трубопроводов для транспортирования жидкостей: простые трубопроводы, разветвлённые трубопроводы и трубопроводные системы с путевым и транзитным расходом жидкости.	4	2
Лекция 9-10	2	Элементы теории гидродинамического подобия. Гидродинамическое подобие. Подобное преобразование уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Основные и производные критерии гидродинамического подобия, модифицированные критерии подобия. Определяемые и определяющие критерии. Основные типы критериальных уравнений для решения основных задач гидродинамики. Приближённое моделирование в гидродинамик	4	-
Лекция 11-12	3	Перемешивание в жидких средах. Основные цели и задачи процессов перемешивания в химической технологии. Технические способы получения гомогенных и гетерогенных смесей. Виды перемешивания, эффективность и интенсивность перемешивания, методы их оценки. Типы механических мешалок и их основные характеристики. Общие сведения о других известных способах перемешивания. Принципы выбора перемешивающих устройств	4	2
Лекция 13-14	3	Разделение неоднородных систем. Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Особое значение способов и эффективность разделения неоднородных систем при решении экологических проблем. Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия гравитационных сил (отстаивание). Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия центробежных сил. Характеристики и принципы создания центробежных сил. Фактор разделения. Основные способы и методы интенсификации процессов разделения неоднородных систем.	4	2
Лекция 15-16	3	Разделение неоднородных систем фильтрованием. Физическая сущность, виды и методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Основное уравнение фильтрования и его анализ с точки зрения повышения эффективности процесса. Классификация промышленных фильтровальных установок и их основные характеристики: фильтровальные установки, работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги. Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним.	4	1
Лекция 17	3	Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия электрических сил. Физические основы процессов разделения неоднородных систем в электрическом поле. Способы создания неоднородных электрических полей. Принципиальные особенности конструкций электрофильтров, электролизёров и электро-	2	-

		дегидраторов.		
Лекция 18	3	Мокрая очистка газов. Физико-химические основы процесса разделения и принципы аппаратного оформления.	2	-
Итого за семестр:			36	9
7 семестр				
Лекция 19	4	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов. Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопередачи. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность.	2	1
Лекция 20	4	Передача теплоты теплопроводностью. Температурное поле, его основные параметры и характеристики. Уравнение теплопроводности Фурье и дифференциальное уравнение теплопроводности. Решения дифференциального уравнения теплопроводности для плоской и цилиндрических стенок в условиях стационарности процесса без внутренних источников теплоты. Уравнение теплопроводности при наличии внутренних источников тепла.	2	
Лекция 21	4	Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи. Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчетах.	2	-
Лекция: 22	4	Теплообменные процессы и аппараты. Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты. Тепловые балансы. Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов.	2	2
Лекция 23	5	Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Основные типовые конструкции выпарных аппаратов и схемы выпарных установок. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Методики тепловых расчетов и определение температурных режимов работы выпарных установок.	2	1
Лекция: 24	6	Массообменные процессы и аппараты. Значение процессов массопереноса в химической технологии. Движущая сила процессов массопереноса, классификация и общая характеристика массообменных процессов с участием газовой, жидкой и твердой фаз (массообменные процессы со свободной и фиксированной границами раздела фаз): абсорбция (десорбция), адсорбция, дистилляция, экстракция, кристаллизация, сушка. Основные принципы аналогии между процессами тепло- и массопереноса.	2	-
Лекция: 26	7	Абсорбция. Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Термодинамическое равнове-	2	-

		<p>сие между фазами (правило фаз Гиббса и закон Генри). Выбор условий проведения процесса. Графическое представление процесса абсорбции на фазовой <math>y-x</math> диаграмме. Изотермический и адиабатический процессы физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы и уравнения линий рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Абсорбция многокомпонентных смесей. Кинетика процессов физической абсорбции. Общая характеристика хемосорбционных процессов. Аппаратурное оформление процессов абсорбции, устройство, общая характеристика и режимы работы насадочных, плёночных и тарелчатых абсорберов. Десорбция. Основные цели и способы осуществления десорбционных процессов. Основные технологические схемы процессов абсорбции.</p>		
Лекция: 28	8	<p>Перегонка (простая и сложная). Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей (по данным Торманна). Основопологающие законы перегонки Коновалова и Вревского. Фазовые диаграммы состояний (<math>t-x-y</math>, <math>y-x</math> и энтальпийная <math>h-x-y</math> диаграммы) бинарных смесей.</p> <p>Простая перегонка. Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный баланс и основные показатели процесса.</p>	2	-
Лекция: 29-31	9	<p>Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на <math>t-x-y</math> диаграмме. Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз. Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение. Основные экономические показатели процесса ректификации. Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром. Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Общие сведения и основные характеристики периодической ректификации, ректификации многокомпонентных смесей, азеотропных смесей и др.</p>	6	2
Лекция: 32	10	<p>Адсорбция. Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции.</p> <p>Ионный обмен. Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.</p> <p>Растворение в системе жидкость-твёрдое. Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основ-</p>	2	-

		ной закон кинетики растворения Шукарёва, скорость и время полного растворения, материальный баланс процесса. Процессы экстрагирования из твёрдого тела: структура твёрдых тел и механизм процессов избирательного растворения, кинетика процессов экстрагирования, внутри- и внешнедиффузионные режимы экстрагирования. Основные способы и аппаратурное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др.		
Лекция: 33	10	Кристаллизация. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации. Основы разделения смесей растворённых веществ методом кристаллизации: материальный баланс и распределение концентраций веществ между фазами, определение коэффициента разделения.	2	1
Лекция: 34	11	Мембранные процессы разделения. Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.). Практическое применение мембранных процессов разделения в современной химической технологии. Типы мембран и их основные характеристики. Общая характеристика аппаратурного оформления мембранных процессов разделения: аппараты с плоскими мембранами, аппараты с трубчатыми мембранами, аппараты с рулонными мембранами и др. Основы технологического расчёта мембранных процессов разделения смесей: материальный баланс, расчёт поверхности мембраны, расчёт концентрационной поляризации	2	1
Лекция: 35	12	Сушка. Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки. Основные задачи статики и кинетики процесса. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки. Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы.	2	1
		Итого за семестр:	34	9
		Итого:	70	18

Таблица 4.4 Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в формате практической подготовки
6 семестр				
1-2	2	Гидростатика. Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики. Решение задач.	4	-
3	2	Определение сил давления на дно и стенки сосудов и аппаратов. Решение задач.	2	-
	2	Гидродинамика. Уравнение неразрывности. Уравнение		

4-6		Бернулли. Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения. Решение задач.	6	1
7-8	3	Принципы работы гидростатических машин. Работа насосов на сеть. Решение задач.	4	1
9-11	3	Перемещение жидкостей. Определение потерь напора по длине трубопровода. Местные сопротивления. Решение задач.	6	1
12	3	Перемешивание. Решение задач.	2	1
13	3	Разделение неоднородных систем под действием сил тяжести. Решение задач.	2	-
14	3	Перемешивание в жидких средах. Расчет мешалки.	2	2
15-16	3	Центробежное разделение. Циклоны, центрифуги. Решение задач.	4	1
17	3	Фильтрование. Решение задач.	2	1
18	3	Разделение неоднородных систем. Исследование кинетики осаждения твердых частиц в вязкой среде.	2	-
Итого за семестр			36	8
7 семестр				
19	4	Решение задач. Расчет теплопередачи через плоскую многослойную стенку.	2	1
20	4	Решение задач. Расчет теплопередачи через цилиндрическую стенку.	2	-
21	4	Материальный и тепловые расчеты при проектировании промышленного оборудования. Расчет баланса.	2	1
22	4	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе». Расчет кожухотрубчатого теплообменника.	2	-
23	4	Расчет потерь тепла в окружающую среду через изоляцию, через обмуровку печи, через обмуровку трубчатой печи	2	1
24	4	Тепловой расчет теплообменника	2	-
25-26	4	Конструктивный расчет теплообменника	4	1
27	4	Гидравлический расчет теплообменника	2	1
28	4	Прочностной расчет теплообменника.	2	-
29	4	Расчет теплоизоляции теплообменника	2	-
30-31	5	Расчет выпарного аппарата	4	1
32-33	9	Решение задач по теме: Массообменные процессы и аппараты. Ректификация. Определение оптимального флегмового числа	4	-
34-35	11	Решение задач. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина: простая сушка, сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха.	4	1
Итого за семестр:			34	7
Итого:			70	15

Таблица 4.5 - Лабораторные работы

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
6 семестр				
1	2	Изучение устройства основных приборов для практического измерения давления и разрежения	2	1
2	2	Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения	2	1



3	2	Определение сил давления на дно и стенки сосудов и аппаратов	2	1
4-5	2	Определение гидравлических сопротивлений трубопровода	4	2
6-7	2	Определение расходов жидкостей и газов на основе уравнения Бернулли	4	2
8-9	3	Изучение гидравлики зернистого слоя	4	2
Итого за семестр:			18	9
7 семестр				
10	4	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «Труба в трубе»	2	1
11	8	Изучение процесса абсорбции	2	1
12	10	Изучение процесса дистилляции	2	1
13	10	Изучение гидродинамики насадочной колонны	2	1
14	10	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн	2	1
15-16	10	Изучение процесса ректификации	4	2
17-18	11	Изучение процесса сушки	3	1
Итого за семестр:			17	8
Итого:			35	17

Таблица 4.6 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента	Трудоемкость, часов
2	2.1	Гидростатика. Подготовка к тестовому контролю	2
	2.2	Подготовка по теме лабораторных работ, изучение приборов для измерения давления и разрежения	2
	2.3	Подготовка к опросу по теме лабораторной работы: Определение сил давления на дно и стенки сосудов и аппаратов	2
	2.4	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия.	2
	2.5	Подготовка к практическому занятию. Решение задач.	2
	2.6	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия.	2
	2.7	Подготовка к практическому занятию. Решение задач.	2
	2.8	Подготовка к опросу по теме лабораторной работы: Определение гидравлических сопротивлений трубопровода	2
	2.9	Подготовка к практическому занятию на тему: Определение расходов жидкостей и газов. Решение задач.	2
3	3.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия.	2
	3.2	Подготовка к практическому занятию. Решение задач.	2
	3.3	Подготовка к лабораторной работе: Изучение гидравлики зернистого слоя	2
4	4.1	Тепловые процессы и аппараты. Физические основы тепловых процессов. Подготовка к опросу по теме лабораторной работы.	2
	4.2	Тепловые процессы и аппараты. Физические основы тепловых процессов. Подготовка к тестовому контролю.	2
	4.3	Подготовка к практическому занятию, проработка теоретического материала по теме практического занятия.	2
	4.4	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия.	2
5	5.1	Выполнение типового расчета. Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания.	10
		Подготовка к практическому занятию. Решение задач.	2
8	8.1	Массообменные процессы и аппараты. Перегонка. Подготовка к опросу по теме лабораторной работы.	2
9	9.1	Изучение гидродинамики насадочной колонны	2
	9.2	Изучение гидродинамики тарельчатой колонны	2
10	10.1	Массообменные процессы и аппараты. Ректификация. Подготовка к тестовому контролю.	4
	10.2	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических матери-	2

		лов по теме лекционного занятия.	
	10.3	Подготовка к практическому занятию. Решение задач.	2
11	11.1	Массообменные процессы и аппараты. Сушка. Подготовка к опросу по теме лабораторной работы. Изучение i-d диаграммы влажного воздуха.	4
	11.2	Массообменные процессы и аппараты. Сушка. Подготовка к тестовому контролю. Решение задач с использованием i-d диаграммы.	2
		Подготовка к промежуточной аттестации. Изучение лекционного материала, литературных источников в соответствии с тематикой	4
		Курсовая работа	46
ИТОГО:			114

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

В соответствии с учебным планом обучающиеся выполняют курсовой проект. По итогам выполнения курсового проекта оцениваются компетенции: ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-8, ПК-9

Курсовой проект — это учебно-исследовательская работа, выполняемая обучающимся в письменном виде под руководством научного руководителя на основе теоретического материала, информационных материалов и данных, размещённых в общедоступных источниках информации. Курсовой проект является элементом самостоятельной работы обучающихся, она ориентирована на развитие их самостоятельных навыков при решении теоретических и практических задач в области профессиональной деятельности. Таким образом, курсовая работа выступает как средство контроля и оценивания уровня сформированности у обучающихся компетенций ПК-3 и ПК-4, ПК-5, ПК-8, ПК-9 в процессе освоения дисциплины.

Курсовой проект является завершающим этапом при изучении курса. Цель курсового проектирования – закрепление и расширение теоретических знаний студента: приобретение навыков самостоятельной работы с технической литературой и творческого подхода к решению технических задач на основе знаний общепромышленных и специальных дисциплин с применением современных достижений науки и техники при выполнении расчета и проектирования типового химико-технологического оборудования. Это:

- проектирование теплообменных аппаратов;
- проектирование выпарных аппаратов;
- проектирование абсорбционных колонных аппаратов;
- проектирование ректификационных установок.

### **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ:**

1. Расчет двух - или трехзонного кожухотрубчатого теплообменника.
2. Расчет процесса ректификации в насадочной, ситчатой и колпачковой колоннах
3. Расчет однозонного кожухотрубчатого, спирального и пластинчатого теплообменников.
4. Расчет теплового баланса многопоточного аппарата.
5. Проектный и проверочный расчеты простого конденсатора.
6. Расчет одно - и многокорпусной выпарки.
7. Расчет однозонного испарителя и конденсатора.
8. Расчет бражной колонны брагоперегонного аппарата для получения спирта-сырца.

Основное содержание курсовых проектов:

- задание на проектирование;
- содержание;
- введение;
- расчетная часть;
- литература.

Расчетная часть включает:

- материальный расчет;
- тепловой расчет;
- конструктивный расчет;
- механический расчет;
- гидравлический расчет;

– расчет тепловой изоляции.

Графическая часть включает:

– чертеж общего вида спроектированного аппарата (формат А1);

– чертеж сборочных единиц, узлов и деталей (формат А1).

Курсовой проект является одним из важных этапов в подготовке студентов к выполнению дипломного проекта. В процессе выполнения курсового проекта студенты получают квалифицированную консультацию у преподавателей.

Содержание этапа	Формируемые компетенции (согласно РП)
1. Обзор литературы, обоснование актуальности темы, практической значимости	ПК-3, ПК-4, ПК-5
2. Теоретическая часть/экспериментальная часть/ расчетная часть/ аналитическая часть/ моделирование	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-8
3. Представление результатов	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-8, ПК-9
4. Защита курсового проекта	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-8, ПК-9

Критерии оценки уровня сформированности компетенций по результатам защиты курсовой проекта:

- «отлично»: обучающийся знает конструкцию основного вспомогательного оборудования, уметь выбирать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом, владеет навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов. Обучающимся продемонстрирован высокий уровень владения компетенциями.

- «хорошо»: знает конструкцию основного и вспомогательного оборудования, уметь выбирать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом, однако не владеет навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов. Обучающимся продемонстрирован повышенный уровень владения компетенциями.

- оценка «удовлетворительно»: Знает конструкцию основного и вспомогательного оборудования, однако не умеет выбирать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом, однако не владеет навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов. Обучающимся продемонстрирован базовый уровень владения компетенциями.

- оценка «неудовлетворительно»: не знает конструкцию основного и вспомогательного оборудования, отсутствуют знания, умения и навыки, необходимые для использования современных способов анализа технологических процессов и выявления его недостатков. Обучающимся продемонстрирован низкий уровень владения компетенциями.

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Общие образовательные технологии, применяемые в процессе изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» подробно изложены в методических указаниях «Методические рекомендации для преподавателей по организации аудиторной работы студентов / сост. С.Н. Власов. – Димитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 34 с.». Кроме того, дополняющие образовательные технологии, применяемые в процессе изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» следующие

- развивающее обучение;
- проблемное обучение;
- коммуникативное обучение;
- проектная технология;
- информационно-коммуникативные технологии;
- групповые технологии;
- компетентностный подход;
- деятельностный подход.

Организационные формы преподавания следующие:

- учебно-исследовательская деятельность;

- создание продуктов и макетов;
- работа в системе погружения.

### 5.1 ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

В таблице 5.1 приведена реализация организационных форм обучения применительно к дистанционной технологии обучения по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»:

Организационные формы дистанционного обучения Таблица 5.1

Организационная форма занятия	Средства организации общения
Лекционные занятия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• видеоконференции;</li> <li>• форумы (в том числе аудио и видео).</li> </ul>
Лабораторные работы и практические занятия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• средства совместной групповой работы;</li> <li>• виртуальные лаборатории и лаборатории удаленного доступа и др.</li> <li>• видеоконференции;</li> </ul>
Консультации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• электронная почта;</li> <li>• электронные дискуссии и др.</li> </ul>
Самостоятельная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• электронная почта;</li> <li>• электронные дискуссии;</li> <li>• текстовый форум;</li> <li>• средства совместной групповой работы и др.</li> </ul>

**Лекционные занятия.** Лекционные занятия, проводимые по дистанционной технологии, в отличие от традиционных аудиторных, обычно являются асинхронными и исключают живое общение с преподавателем (обучающийся самостоятельно знакомится с электронными текстами лекции, ауди-видео лекциями).

**Лабораторные работы и практические занятия.** Практические занятия предполагают использование средств коллективного взаимодействия, которые должны поддерживать интенсивное взаимодействие между участниками группы. При необходимости учащиеся могут использовать вспомогательные программные средства, которые позволяют автоматизировать процесс выполнения заданий.

Лабораторные работы отличаются от обычных практических занятий необходимостью работы с каким-либо оборудованием. В ДО эта проблема решается двумя способами:

- использованием программных симуляторов, имитирующих работу оборудования и лабораторных стендов;
- удаленным доступом к реальному оборудованию.

Первый вариант позволяет выполнять работы в удобное время без привязки к конкретному времени проведения занятия (асинхронный режим).

Второй вариант предполагает удаленный сетевой доступ к оборудованию в строго определенное время по расписанию (синхронный режим).

**Консультации.** Консультации, проводимые по дистанционной технологии, являются одной из форм руководства работой обучаемых и оказания им помощи в самостоятельном изучении дисциплины. Чаще всего для консультаций используется телефон и электронная почта, реже – электронные дискуссии. Электронные дискуссии могут оказаться полезными, если консультации проводятся в групповом режиме. Консультации помогают педагогу оценить личные качества обучаемого: интеллект, внимание, память, воображение и мышление.

**Самостоятельная работа.** Она проводится как в групповом, так и индивидуальном режиме, с использованием синхронных средств (текстового и графического форумов) для облегчения взаимопонимания в ходе выполнения совместной работы. По запросу обучающихся могут проводиться и индивидуальные консультации.

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам (теоретически к неограниченному объему и скорости доступа), увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (ямя), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- устные опросы
- выполнение и защита лабораторных работ

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

Примеры тестов

ТЕСТ 1

1. Дайте определение движущей силы процесса фильтрования

- 1) Разность плотностей твердой и жидкой фаз;
- 2) Разность концентраций исходной смеси и фильтрата;
- 3) Разность давлений в пространствах над и под фильтровальной перегородкой;
- 4) Разность плотностей исходной смеси и фильтрата.

Правильный ответ: 3

$$K = \frac{w^2}{g R}$$

2. Что выражает формула  $K = \frac{w^2}{g R}$ ? где  $w$  - скорость потока; где  $R$  - радиус аппарата?

- 1) Критерий Рейнольдса;
- 2) Фактор разделения;
- 3) Число псевдооживления;
- 4) Критерий Фурье.

Правильный ответ: 2

3. Укажите, как изменится степень очистки газа в циклоне с уменьшением его диаметра

- 1) Уменьшится;
- 2) Увеличится;
- 3) Не изменится.

Правильный ответ: 2

4. Назовите уравнение для определения теплового потока, отдаваемого насыщенным паром при его конденсации

- 1)  $Q = G c (t_1 - t_2)$
- 2)  $Q = G c (t_1 - t_2) + G r$
- 3)  $Q = G c (t_1 - t_2) + G r + G c (t_2 - t_3)$
- 4)  $Q = G r$

где  $T_1$  – начальная температура теплоносителя;

$T_2$  – температура конденсации;

$T_3$  – конечная температура теплоносителя

Правильный ответ: 4

5. Как называется процесс переноса тепла от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку?

- 1) Теплоотдача;
- 2) Теплопередача;
- 3) Теплопроводность;
- 4) Конвекция.

Правильный ответ: 2

Пример устного опроса

Тема 2. Гидромеханические процессы и аппараты.

1. Неоднородные системы и методы их разделения
2. Материальный баланс процесса разделения
3. Скорость стесненного осаждения
4. Скорость фильтрования.
5. Уравнение фильтрования при постоянной разности давлений.

Примеры вопросов для устного опроса

Тема 1. Предмет и задачи курса.

1. Предмет курса.
2. Классификация основных процессов.
3. Общие принципы анализа и расчета процессов

Тема 2. Гидромеханические процессы и аппараты.

1. Неоднородные системы и методы их разделения
2. Материальный баланс процесса разделения
3. Скорость стесненного осаждения

### Пример лабораторной работы

Лабораторная работа

**Название:** *Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения*

**Цель работы:** визуально определить режим движения воды в прозрачных круглых гладких прямых трубах разной площади поперечного сечения; найти критическое число Рейнольдса при течении воды в трубах различных диаметров.

**Приборы и оборудование:** установка для изучения режима движения, секундомер, термометр, подкрашивающая жидкость, мерный стеклянный стакан

**Содержание.**

1. Изучить схему лабораторной установки для изучения режимов течения жидкостей.
2. Изучить методику проведения выполнения лабораторной работы.
3. Провести исследования режимов течения жидкости согласно методике выполнения работы.
4. Полученные в ходе выполнения работы необходимые для дальнейшей обработки результаты занести в таблицу.

**Обработка экспериментальных данных**

1. Значение числа Рейнольдса для различных режимов рассчитать по формуле:

$$R_e = \frac{v d_3 \rho}{\mu}$$

2. Сравните общепринятые экспериментальные данные с полученными вами критическими числами Рейнольдса и сделайте вывод.

**Ответьте на контрольные вопросы:**

1. Какие режимы движения наблюдают при течении жидкости? Как изменяется характер движения жидкостных частиц при переходе от одного режима к другому?

2. Физический смысл критерия Рейнольдса. Чему равно нижнее и верхнее критические числа Рейнольдса для труб круглого сечения?

**Промежуточный контроль** студентов по результатам семестра по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач), защиту курсового проекта.

Пример вопросов к экзамену:

1. Предмет и задачи курса «Процессы и аппараты химической технологии» «Классификация основных процессов и аппаратов».
2. Основное уравнение гидростатики. Давление барометрическое, избыточное, абсолютное, вакуум.
3. Гидродинамические характеристики потока - скорость, гидродинамическое давление, расход. Уравнение расхода, виды расхода, единицы измерения.

### **Курсовой проект**

*В соответствии с учебным планом обучающиеся выполняют курсовой проект.*

Темы курсового проекта:

1. Расчет двух - или трехзонного кожухотрубчатого теплообменника.
2. Расчет процесса ректификации в насадочной, ситчатой и колпачковой колоннах
3. Расчет однозонного кожухотрубчатого, спирального и пластинчатого теплообменников.
4. Расчет теплового баланса многопоточного аппарата.
5. Проектный и проверочный расчеты простого конденсатора.
6. Расчет одно - и многокорпусной выпарки.
7. Расчет однозонного испарителя и конденсатора.
8. Расчет бражной колонны брагоперегонного аппарата для получения спирта-сырца.

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

### **7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

N п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Касаткин А.Г.	Процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд.	Москва	Альянс	2004	10
2	Гельперин Н.И.	Основные процессы и аппараты химической технологии	Москва	Химия	1981	5
3	Дыртневский Ю.И.	Основные процессы и аппараты химической технологии	Москва	Химия	1991	10
4	Альперт Л.З.	Основы проектирования химических установок	Москва	Высшая школа	1989	4

5	Фролов В.Ф.	Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии «	Москва	Химиздат	2008	<a href="http://www.knigafund.ru/books/57926">http://www.knigafund.ru/books/57926</a>
6	Сажин, С. Г.	Приборы контроля состава и качества технологических сред	Москва	Лань	2012	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
7	Гужель Ю.А.	Процессы и аппараты химической технологии: Часть 3. Массообменные процессы и аппараты	Москва	Лань	2020	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А	Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.	Ленинград.	Химия	1987	1
2	Косинцев В.И., Михайличенко А.И., и др.	«Основы проектирования химических производств «	Москва	Академкнига	2005	3
3	Кафаров В.В.	Основы массопередачи.	Москва	Высшая школа	1979	1
4	Мухленов И.П., Авербух А.Я., Тумаркина Е.С., Фурмер И.Е.	Общая химическая технология. Т. 1-2	Москва	Высшая школа	1984	1

## 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

[http://proekt-service.com/detali\\_mashin\\_tehnicheskaya\\_mehani](http://proekt-service.com/detali_mashin_tehnicheskaya_mehani) Учебное оборудование, учебные стенды, электронные плакаты, наглядные пособия для образовательных учебных заведений

<https://xumuk.ru/encyklopedia/> Химическая энциклопедия

<https://www.labster.com/> Виртуальные лаборатории для университетов и школ

<https://www.chem.msu.ru> «Chem Net» химическая информационная сеть

<http://www.school.edu.ru/> Российский образовательный портал

<http://www.edu.ru/> Федеральный портал «Российской образование»

<https://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<http://uisrussia.msu.ru> Университетская информационная система «Россия»

<http://www.spbdk.ru/catalog/science/section-191/> Санкт-Петербургский дом книги

Таблица 7.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	ЭБС НИЯУ МИФИ: <a href="http://libcatalog.mephi.ru">http://libcatalog.mephi.ru</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
2	ЭБС «Знаниум» - <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
3	ЭБС издательства «Лань» - <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
4	ЭБС «Юрлайт» <a href="http://biblioteka-onkin.com">http://biblioteka-onkin.com</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии



5	ЭБС «Айбукс»: <a href="http://ibooks.ru">http://ibooks.ru</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
6	ЭБС «Универсальная библиотека» - <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
7	ЭБС «Лань»: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Химические технологии, процессы и аппараты химической технологии
8	Электронно-библиотечная система IPR BOOKS	Химия, ПАХТ, Химические технологии
9	ЭБС «Консультант студента»	Химия, ПАХТ, Химические технологии

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

Таблица 7.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Google Chrome	свободная лицензия BSD
2	Adobe Acrobat Reader DC	бесплатное программное обеспечение
3	7-Zip	свободная лицензия GNU LGPL
4	Офисное приложение Libre Office	свободно распространяемое ПО
5	PDF ридер Foxit Reader	свободно распространяемое ПО
6	DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in	свободно распространяемое ПО
7	Запись дисков Image Burn	свободно распространяемое ПО
8	Windows 10 Pro	Операционная система
9	Microsoft Office	Пакет офисных приложений
10	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
11	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	<b>Учебная аудитория для проведения занятий №204</b> посадочных мест — 20; площадь 53,47 кв.м.; специализированная мебель:	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, 294

<p>Учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 11 шт., стулья – 26 шт., стол библиотечный – 8 шт., шкаф двухстворчатый – 1 шт., шкаф книжный – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт.,  Технические средства обучения:  Проектор – 1 шт., Экран – 1 шт., колонки - 1 пара</p>	
---	--

## **9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

*или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год*

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий выпускающей кафедрой**

*наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата*

**Руководитель ООП,**

**ученая степень, должность**

*личная подпись расшифровка подписи дата*