

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

### **Направления подготовки**

«18.03.01. Химическая технология»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Химическая технология неорганических веществ»

### **Квалификация выпускника**

Бакалавр

### **Форма обучения**

Заочная

### Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение основных химических процессов, общие закономерности химических процессов; основные реакционные процессы и реакторы химической технологии. Бакалавр по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» должен решать профессиональные задачи в соответствии с производственно-технологической, научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной деятельностью.

Изучение дисциплины должно основываться на следующих профессиональных стандартах:

- 26.001 Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов;
- 26.004 Специалист по производству волокнистых наноструктурированных композиционных материалов»;
- 24.075. Инженер исследователь в области разделения изотопов.

### Место дисциплины в структуре ООП ВО

Курс «Процессы и аппараты химической технологии» связан с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, общей химической технологии, химических реакторов, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления. Для освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» необходимы знание, умение и владение материалом по следующим дисциплинам: «Общая и неорганическая химия», «Введение в химическую технологию», «Физическая химия». Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Химические реакторы», «Оборудование производств неорганических веществ», «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей».

После изучения дисциплины выпускники должны быть готовы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/02.6. Разработка новых и совершенствование действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований;
- А/07.6. Проведение испытаний новых образцов продукции, разработка технической документации;
- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства;
- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов;
- В/02.6. Проведение экспертизы технических документов производства наноструктурированных композиционных материалов на соответствие требованиям внутреннего рынка и экспортным требованиям;
- А/01.6. Проведение анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов;
- А/02.6. Отбор проб по технологической цепочке разделения изотопов, обработка результатов анализа и показаний приборов.

### Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

– универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию	З-УК-6 Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни У-УК-6 Уметь: эффективно планировать и контролировать

	саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения В-УК-6 Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни
--	-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1	способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ПК-1 Знать применение методов математического анализа, моделирования и теоретических основ для проведения научно-исследовательских работ и испытаний У-ПК-1 Уметь выполнять физические и химические экспериментальные работы, проводит обобщение и обработку их результатов, оценивает погрешности, выдвигает гипотезы и устанавливает границы их применения В-ПК-1 Владеть методами подготовки методического руководства по проведению физических и химических экспериментов и научно-исследовательских работ
ПК-2	способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	З-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента У-ПК-2 Уметь использовать знания свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач по выпуску продукции в строгом соответствии с техническими требованиями В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства
ПК-3	способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	З-ПК-3 Знать иностранный язык, научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт для программ испытаний и оформления технической документации У-ПК-3 Уметь собирать и накапливать экспериментальные данные с применением иностранного языка В-ПК-3 Владеть навыками проведения текущих и дополнительных испытаний, анализировать результаты с учетом научно-технической информации и на основании отечественного и зарубежного опыта
ПК-7	способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием технических средств У-ПК-7 Уметь выполнять работы по сбору и накоплению данных при разработке технологических процессов В-ПК-7 Владеть навыками выбора технических устройств и технологий с учетом экологических последствий их применения для подготовки проекта плана мероприятий по использованию сырья в дополнительных производственных целях
ПК-12	способен использовать информационные технологии при разработке проектов	З-ПК-12 Знать современные информационные технологии при разработке технологических проектов У-ПК-12 Уметь обрабатывать информацию с ис-

		пользованием прикладных программных средств при разработке технологических проектов В-ПК-12 Владеть навыками использования сетевых компьютерных технологий и баз данных при разработке технологических проектов
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства <b>(В20)</b> ;	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
Профессиональное воспитание	- формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности <b>(В22)</b>	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохож-	1. Организация круглого стола на тему «Современные направления химической промышленности». 2. Организация и проведение конкурсов-викторины профессионального мастерства с соблюдением техники безопасности на рабочем месте на тему

		<p>дение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</li> </ul>	«Процессы и аппараты химической технологии».
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 6-ом и 7-ом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 ак. часов.

#### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела* (форма)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
<b>6 семестр</b>									
1	1	Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия определения	14	2	-	-	12	УО ЛР	<b>25</b>
	2	Гидромеханические процессы	45	4	6/3	-	35		
2	3	Тепловые процессы	49	4	-	-	45	КР	<b>25</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108/3</b>	<b>10</b>	<b>6/3</b>	<b>-</b>	<b>92</b>	<b>Экзамен</b>	<b>50</b>
<b>7 семестр</b>									
1	4	Массообменные процессы	71	6	-	10	55	УО Зд	<b>25</b>
2	5	Холодильные процессы	72	2	-	-	70		
	6	Механические процессы	73	2	-	-	71		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>216/6</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>10/6</b>	<b>196</b>	<b>Экзамен</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестовое задание
УО	Устный опрос
Зд	Задание (задача)
КР	Контрольная работа
Э	Экзамен

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
6 семестр		
<b>Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения</b> Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов	2	[1-4]
<b>Гидромеханические процессы</b> Понятие идеальной и реальной жидкостей. Физические свойства жидкостей. Гидростатика. Дифференциальное уравнение Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Уравнение Бернулли. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои	4	[1-4]
<b>Тепловые процессы</b> Теплообмен. Теплопередача. Конвекция. Тепловое излучение. Теплоотдача. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Охлаждение, способы охлаждения и охлаждающие агенты	4	[1-4]
7 семестр		
<b>Массообменные процессы</b> Основы теории массопередачи. Абсорбция. Экстракция. Адсорбция. Сушка	6	[1-4]
<b>Холодильные процессы</b> Термодинамические основы получения холода. Умеренное охлаждение	2	[1, 3, 4]
<b>Механические процессы</b> Способы измельчения. Крупные и средние измельчения	2	[1, 3, 4]

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет процесса абсорбции	4	[6]
Расчет процесса ректификации	6	[7]

### Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Исследование процесса фильтрования	6	[5]

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
6 семестр		
<b>Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения</b>	12	[1-4, 9]

Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Различные системы единиц измерения физических величин		
<b>Гидромеханические процессы</b> Гидродинамика. Скорость и расход жидкости. Режимы движения жидкости. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Дифференциальное уравнение движения Эйлера. Основы теории подобия. Теоремы подобия. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Движение тел в жидкостях. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса. Гидродинамические критерии подобия. Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) слоев	35	[1-4, 9]
<b>Тепловые процессы</b> Расчет теплообменной аппаратуры. Основное уравнение теплопередачи. Температурное поле и температурные градиент. Способы переноса тепла. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Передача тепла теплопроводностью. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки. Тепловое излучение. Передача тепла конвекцией	45	[1-4, 9]
7 семестр		
<b>Массообменные процессы</b> Методы расчета массообменной аппаратуры Конвективный массоперенос. Уравнения массоотдачи и массопереноса. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Массопередача в твердой фазой. Перегонка и ректификация Растворение и кристаллизация Мембранные процессы химической технологии	55	[1-4, 8, 9]
<b>Холодильные процессы</b> Перегонка и ректификация. Уравнения рабочих линий. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Специальные виды ректификации. Сушка. Способы сушки. Основные параметры влажного воздуха. Методы определения расхода воздуха и тепла на сушку. Скорость сушки, периоды сушки. Охлаждающие агенты и способы охлаждения. Циклы глубокого охлаждения	70	[1, 3, 4, 9]
<b>Механические процессы</b> Расход энергии на измельчение. Тонкое измельчение. Сортировка и классификация. Устройство дробилок. Устройство мельниц тонкого помола	71	[1, 3, 4, 9]

### Курсовой проект

Курсовой проект – индивидуальная самостоятельная учебная работа, выполняемая под руководством преподавателя в соответствии с учебным планом направления Химическая технология.

Цель курсового проекта заключается в углублении, закреплении, расширении и систематизации теоретических знаний массообменных процессов, а также в приобретении навыков и опыта выполнения технологических расчетов и чертежей.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

## Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса «Процессы и аппараты химической технологии» используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических и лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

## Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>6 семестр</b>			
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения Гидромеханические процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Отчет по лабораторной работе (письменно)
2	Тепловые процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Контрольная работа (письменно)
<b>Промежуточная аттестация</b>			
1	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	УО (устный опрос)
<b>7 семестр</b>			
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Массообменные процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Решение задач (письменно)
2	Холодильные процессы Механические процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Решение задач (письменно)
<b>Промежуточная аттестация</b>			
3	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	УО (устный опрос)

Перечень основных показателей оценки результатов, элементов практического опыта, знаний и умений, подлежащих входному, текущему контролю и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
6 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения Гидромеханические процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Знает классификацию процессов химической технологии и аппаратов, используемых для проведения этих процессов; законы гидростатики и гидродинамики, уравнение Бернулли, применение законов гидростатики на практике, принципы действия насосов, отстойников, фильтров, мешалок Владеет методикой определения высоты в сообщающихся сосудах; определения характеристики насадок массообменных аппаратов; параметров фильтрования и отстаивания Умеет использовать справочные материалы для определения параметров процессов осаждения и фильтрации
2	Тепловые процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Знает понятия теплопередачи и теплоотдачи, конвекции; основное уравнение теплопередачи; понятия температурного поля и температурного градиента; способы переноса тепла; способы нагревания и виды нагревающих агентов; способы охлаждения, виды охлаждающих агентов Владеет методикой определения параметров тепловых процессов и тепловой аппаратуры Умеет использовать справочные материалы для определения параметров теплоотдачи и теплопередачи
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.
7 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Массообменные процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Знает понятия массоотдачи и массопередачи; виды массообменных процессов; классификацию абсорберов, принципы действия абсорбционных установок, ректификационных колонн, экстракционных колонн, абсорберов, сушилок, кристаллизаторов Владеет методикой определения параметров абсорбционных установок, рек-

			тификационных колонн, экстракционных колонн, абсорберов, сушилок, кристаллизаторов Умеет использовать справочные материалы для определения характеристик массообменных аппаратов
2	Холодильные процессы Механические процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Знает термодинамические основы получения холода; способы получения умеренного охлаждения; виды холодильных агентов и хладоносителей; способы измельчения; понятие классификации материалов; способы осуществления процесса грохочения Владеет методикой определения параметров процессов охлаждения и измельчения Умеет использовать справочные материалы для определения характеристик холодильного оборудования и оборудования, используемого для механических процессов
Промежуточная аттестация			
3	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.

### Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
6 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос - УО
2	Отчет по лабораторной работе	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Лабораторная работа - ЛР
3	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задачкоопределенного типа по теме или разделу	Контрольная работа - КР
4	Устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО
7 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному	Устный опрос - УО

		разделу, теме, проблеме и т.п.	
2	Практическое занятие	Решение задач реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.	Решение задач - Зд
3	Устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### 6 семестр

#### Вопросы входного контроля (УО):

1. Химико-технологический процесс
2. Классификация химических процессов по способу организации
3. Химический реактор
4. Классификация химических реакторов
5. Режимы течения жидкости
6. Тепловые режимы химических реакторов
7. Реактор идеального смешения
8. Реактор идеального вытеснения
9. Понятие катализ и катализаторы
10. Гомогенные и гетерогенные процессы

#### Вопросы для отчета по лабораторной работе №1:

1. Что такое фильтрование?
2. Какие системы называются неоднородными? Приведите примеры неоднородных систем.
3. Понятия стационарного и нестационарного фильтрования. 4. Чем обусловлен выбор фильтровальной перегородки?
4. Как разделяются процессы фильтрования по механизму фильтрования?
5. Что такое производительность фильтрования и скорость фильтрования? Какие факторы влияют на них?

Задания при выполнении **контрольной работы** выбираются по вариантам, соответствующим последней цифре шифра студента. Например, последняя цифра номера зачетной книжки 7, тогда задания к контрольной работе по номерам следующие: 7,17, 27.

#### Варианты заданий

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

1. Понятие гидростатики. Идеальные жидкости. Реальные жидкости
2. Плотность и удельный вес жидкости.
3. Давление жидкости
4. Вязкость жидкости
5. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера
6. Основное уравнение гидростатики
7. Принцип сообщающихся сосудов и его использование
8. Пневматическое измерение количества жидкости в резервуарах
9. Гидродинамика. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики

10. Скорость и расход жидкости
11. Понятие эквивалентного диаметра
12. Ламинарный режим движения жидкости
13. Турбулентный режим движения жидкости
14. Уравнение неразрывности (сплошности) потока
15. Гидродинамика. Дифференциальное уравнение движения Эйлера
16. Дифференциальное уравнение движения Навье-Стокса
17. Уравнение Бернулли
18. Теории подобия.
19. Первая теорема подобия
20. Вторая теорема подобия
21. Третья теорема подобия
22. Критерии Фруда, Эйлера и Рейнольдса
23. Сопротивление движению тел в жидкостях
24. Осаждение частиц под действием сил тяжести
25. Движение жидкостей через неподвижные зернистые и пористые слои
26. Псевдооживленные зернистые слои
27. Однородное и неоднородное псевдооживление
28. Поршневое псевдооживление
29. Каналообразование и фонтанирование в процессе псевдооживления
30. Режимы псевдооживления

#### **Вопросы к экзамену**

1. Классификация основных процессов химической технологии
2. Понятие идеальной и реальной жидкостей
3. Физические свойства жидкостей: плотность, удельный объем, давление
4. Физические свойства жидкостей: вязкость, закон внутреннего трения Ньютона
5. Гидростатика. Основное уравнение гидростатики
6. Принцип сообщающихся сосудов
7. Некоторые практические приложения основного уравнения гидростатики
8. Гидродинамика. Внешняя и внутренняя задачи гидродинамики
9. Основные характеристики движения жидкостей: скорость и расход жидкости
10. Основные характеристики движения жидкостей: гидравлический радиус и эквивалентный диаметр
11. Установившийся и неустановившийся потоки
12. Режимы движения жидкости
13. Уравнение Бернулли
14. Классификация газообразных неоднородных систем
15. Классификация жидких неоднородных систем
16. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои
17. Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) слоев
18. Осаждение. Гравитационное осаждение
19. Отстойники для пылей
20. Отстойники для суспензий
21. Отстойники для эмульсий
22. Осаждение под действием центробежной силы
23. Циклонный процесс
24. Осаждение под действием электрического тока
25. Фильтрация. Газовые фильтры
26. Перемещение жидкостей (насосы)
27. Центробежные насосы
28. Шестеренные насосы
29. Перемешивание в жидких средах. Механические перемешивающие устройства
30. Мешалки лопастного типа
31. Пропеллерные мешалки
32. Турбинные мешалки

33. Основы теплопередачи: теплопередача, теплообмен, способы теплообмена, теплопроводность, перенос тепла конвекцией, тепловое излучение (радиационный теплообмен), сложный теплообмен
34. Основы теплопередачи: виды сложного теплообмена – теплоотдача и теплопередача, основное уравнение теплопередачи, коэффициент теплопередачи, температурное поле, изотермическая поверхность
35. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения
36. Схема нагревания глухим паром и ее описание
37. Использование в качестве нагревающих агентов горячей воды и топочных газов
38. Использование в качестве нагревающих агентов минеральных масел, ВОГ и электрического тока
39. Классификация теплообменных аппаратов
40. Двухходовой аппарат жесткой конструкции

## 7 семестр

### Вопросы входного контроля (УО):

1. Идеальные и реальные жидкости
2. Что изучает гидростатика?
3. Что изучает гидродинамика?
4. Режимы течения жидкости
5. Осаждение, осадители
6. Фильтрация, фильтровальные аппараты
7. Перемещение жидкости, насосы
8. Перемешивание жидкости, мешалки
9. Основные понятия тепловых процессов
10. Выпаривание

### Задачи для выполнения практических занятий:

1. Жидкая смесь содержит 58,7% (мол.) толуола и 41,3% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола  $X$  (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>). Плотность толуола  $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$ , плотность ч.х.у. =  $1630 \text{ кг/м}^3$ .

2. Воздух атмосферного давления при температуре 35<sup>0</sup>С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

3. Жидкая смесь содержит 58,6% (мол.) толуола и 41,4% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола  $X$  (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>). Плотность толуола  $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$ , плотность ч.х.у. =  $1630 \text{ кг/м}^3$ .

4. Воздух атмосферного давления при температуре 36<sup>0</sup>С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

5. Жидкая смесь содержит 58,5% (мол.) толуола и 41,5% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола  $X$  (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>). Плотность толуола  $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$ , плотность ч.х.у. =  $1630 \text{ кг/м}^3$ .

6. Воздух атмосферного давления при температуре 37<sup>0</sup>С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

7. Жидкая смесь содержит 58,4% (мол.) толуола и 41,6% (мол.) четыреххлористого углерода

(ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола  $X$  (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>). Плотность толуола  $\rho_{\text{тол}} = 870$  кг/м<sup>3</sup>, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м<sup>3</sup>.

8. Воздух атмосферного давления при температуре 38<sup>0</sup>С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

9. Жидкая смесь содержит 58,3% (мол.) толуола и 41,7% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола  $X$  (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>). Плотность толуола  $\rho_{\text{тол}} = 870$  кг/м<sup>3</sup>, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м<sup>3</sup>.

10. Воздух атмосферного давления при температуре 39<sup>0</sup>С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

11. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 30<sup>0</sup>С для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

12. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 63<sup>0</sup>С для жидкой смеси, состоящей из 45% (мол.) бензола и 55% (мол.) толуола.

13. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 35<sup>0</sup>С для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

14. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 65<sup>0</sup>С для жидкой смеси, состоящей из 50% (мол.) бензола и 50% (мол.) толуола.

15. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 40<sup>0</sup>С для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

16. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 67<sup>0</sup>С для жидкой смеси, состоящей из 55% (мол.) бензола и 45% (мол.) толуола.

17. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 45<sup>0</sup>С для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

18. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 70<sup>0</sup>С для жидкой смеси, состоящей из 60% (мол.) бензола и 40% (мол.) толуола.

19. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 55<sup>0</sup>С для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

20. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 68<sup>0</sup>С для жидкой смеси, состоящей из 56% (мол.) бензола и 44% (мол.) толуола.

### Вопросы к экзамену:

1. Основы теории массопередачи.
2. Скорость массопередачи.
3. Механизм процессов массопереноса
4. Абсорбция.
5. Устройство абсорбционных установок. Поверхностные абсорберы.
6. Пленочные абсорберы.
7. Абсорберы насадочного типа.
8. Требования, предъявляемые к насадкам
9. Виды насадок
10. Барботажные (тарельчатые) абсорбера
11. Тарельчатые колонны со сливными устройствами
12. Тарельчатые колонны без сливных устройств
13. Распыливающие абсорберы.
14. Схемы абсорбционных установок (прямоточная и противоточная).
15. Схемы абсорбционных установок (одноступенчатая и многоступенчатая с рециркуляцией).
16. Перегонка жидкостей. Общие сведения о процессе
17. Способы процесса перегонки

18. Фракционная перегонка
19. Перегонка с дефлегмацией
20. Ректификация. Схема ректификационной установки
21. Устройства ректификационных аппаратов
22. Экстракция
23. Экстракция в системе жидкость - жидкость
24. Экстракция в системе твердое тело – жидкость
25. Каскад экстракторов
26. Противоточный процесс экстракции
27. Устройства экстракторов
28. Адсорбция. Адсорберы
29. Адсорбенты
30. Сушка.
31. Сушильные установки
32. Ленточные сушилки
33. Барабанные сушилки
34. Шахтные сушилки
35. Гребковые вакуум-сушилки
36. Вальцовые сушилки
37. Специальные методы сушки
38. Кристаллизация. Общие сведения о процессе
39. Кристаллизаторы
40. Холодильные процессы
41. Методы искусственного охлаждения.
42. Умеренное охлаждение.
43. Холодильные агенты и хладоносители.
44. Измельчение.
45. Классификация и сортировка материалов.
46. Грохочение.

**Примерные темы курсового проекта:**

1. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $21 \text{ м}^3/\text{с}$
2. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $22 \text{ м}^3/\text{с}$
3. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $23 \text{ м}^3/\text{с}$
4. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $24 \text{ м}^3/\text{с}$
5. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $25 \text{ м}^3/\text{с}$
6. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $26 \text{ м}^3/\text{с}$
7. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $27 \text{ м}^3/\text{с}$
8. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $28 \text{ м}^3/\text{с}$
9. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $29 \text{ м}^3/\text{с}$
10. Расчет абсорбционной установки производительностью по газу при н.у.  $30 \text{ м}^3/\text{с}$

Оценивание студента на защите **курсового проекта** по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»:

<b>Баллы</b> (итоговой рейтинговой оценки)	<b>Освоение</b> <b>компетенций</b>	<b>Требования к знаниям</b>
100-85	Продвинутый уровень	Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента. Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые.
84-70	Средний уровень	При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя. Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано

		умение выделять причинно-следственные связи.
69-60	Базовый уровень	Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Оценивание студента **на экзамене** по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	D
	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебник. – СПб : Издательство «Лань», 2020. – 408 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/130186/#4>
2. Зубова Н.Г., Денисенко И.П. Гидромеханические, тепловые и массообменные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021.-160 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1 / Под ред. В.Г. Айнштейна: учебник. – СПб : Издательство «Лань», 2019. – 916 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/111193/>
4. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2 / Под ред. В.Г. Айнштейна: учебник. – СПб: Издательство «Лань», 2019. – 876 с. – Режим доступа:

Дополнительная литература:

5. Зубова Н.Г. Исследование процесса фильтрации / МУ к выполнению лабораторной работы. – Балаково: БИТИ, 2020. – 16 с.
6. Зубова Н.Г. Расчет процесса абсорбции / МУ к выполнению практической работы. Апробация, 2023.
7. Зубова Н.Г. Расчет процесса ректификации / МУ к выполнению практической работы. Апробация, 2023.
8. Зубова Н.Г. Процессы и аппараты химической технологии / МУ к курсовому проектированию. Апробация, 2023.
9. Журнал «Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2484>

**Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Процесс реализации образовательной программы обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

**Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в этих же аудиториях с посещением лабораторий, оснащенных стандартными комплектами отечественных и зарубежных приборов и установок. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы, макеты и плакаты.

**Учебно-методические рекомендации для студентов**

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

#### 4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

#### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к следующей лекции. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

#### 2. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил: доцент, Зубова Н.Г.

Рецензент: доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.