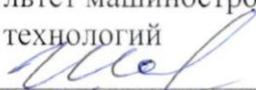


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет машиностроительных и химиче-  
ских технологий  
  
«26» 04 2021 г. Саблин П.А.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Процессы и аппараты химической технологии»

Направление подготовки	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	10

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен (2), Курсовой проект	Кафедра «Химия и химические технологии»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Кандидат технических наук



Проценко А.Е

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Химия и химические технологии»



Шакирова О.Г.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» по направлению подготовки «18.03.01 Химическая технология».

<p>Задачи дисциплины</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- приобретение необходимых знаний по основным технологическим процессам и оборудованию;</li> <li>- овладение методами расчета материального и теплового балансов основных химико-технологических процессов;</li> <li>- формирование навыков выполнения расчета основных аппаратов химической технологии; сбор и анализ исходных данных для проектирования технологических установок;</li> <li>- производственный контроль параметров механических, гидравлических, тепловых и диффузионных процессов;</li> <li>- эффективное использование оборудования для осуществления основных процессов химической технологии;</li> <li>- анализ состояния и динамики показателей качества работы аппаратов для проведения механических, гидравлических, тепло- и массообменных процессов;</li> <li>- разработка методических и нормативных документов, технической документации, предложений и мероприятий, связанных с эксплуатацией аппаратов для проведения механических, гидравлических, тепловых и диффузионных процессов;</li> <li>- выполнение работ по проектированию современных процессов и аппаратов химической технологии.</li> </ul>
<p>Основные разделы / темы дисциплины</p>	<p><b>Гидромеханические процессы:</b> Теоретические основы гидравлики, Перемещение жидкостей и газов, Разделение неоднородных систем, Псевдооживление и пневмотранспорт, Контрольная работа, Расчетно-графическая работа</p> <p><b>Текущий контроль:</b> Лабораторный журнал, РГР, Контрольная работа, Экзамен</p> <p><b>Тепловые процессы и аппараты:</b> Теоретические основы тепловых процессов, Тепловые процессы и аппараты</p> <p><b>Массообменные процессы и аппараты:</b> Теоретические основы массообменных процессов, Массообменные аппараты</p> <p><b>Текущий контроль:</b> Курсовое проектирование, Лабораторный журнал, Экзамен</p>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
<p>ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>ОПК-4.1 Знает типовые технологические процессы и возможности их оптимизации  ОПК-4.2 Умеет использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции  ОПК-4.3 Владеет навыками изменения параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>Знание основных законов переноса теплоты и массы вещества;  Знание теории гидромеханических и теплообменных процессов;  Умение производить расчеты материальных и тепловых балансов;  Умение рассчитывать направление, движущую силу и скорость гидромеханических и тепловых и массообменных процессов;  Навыки расчета и определения материальных и энергетических затрат на проведение процессов;</p>

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» изучается на 3 курсе, 5, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Инженерная графика в САД-системах», «Прикладная механика», «Технологии создания и продвижения сайтов (факультатив)».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Общая химическая технология», «Монтаж и ремонт химического оборудования», «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки», «Моделирование химико-технологических процессов», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Б1.О.ДВ.03.01 Основы промышленной автоматизации и робототехники», «Б1.О.ДВ.03.02 Автоматизация производства», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 6 семестр», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 8 семестр».

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

#### **4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 10 з.е., 360 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	360
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	160
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	64
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	96
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	130
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен (2), Курсовой проект	70

#### **5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)	
	Контактная работа преподавателя с обучающимися	СРС

	Лек- ции	Семинарские (практиче- ские занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Гидромеханические процессы</b>				
<b>Теоретические основы гид- равлики</b>	14	16	16	25
<b>Перемещение жидкостей и газов</b>	10	8		5
<b>Разделение неоднородных систем</b>	4	6		10
<b>Псевдооживление и пнев- мотранспорт</b>	4	2		
<b>Контрольная работа</b>				10
<b>Расчетно-графическая ра- бота</b>				15
<b>Текущий контроль</b>				
<b>Тепловые процессы и аппараты</b>				
<b>Теоретические основы теп- ловых процессов</b>	4			10
<b>Тепловые процессы и ап- параты</b>	8	8	16	10
<b>Массообменные процессы и аппараты</b>				
<b>Теоретические основы массообменных процессов</b>	10	8		
<b>Массообменные аппараты</b>	10	16		45
<b>Текущий контроль</b>				
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	64	64	32	130

### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (мо- дулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководство-  
ваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Выполнение отчета и подготовка к защите лаб. раб.	30
Изучение теоретических разделов дисциплины	40

Выполнение заданий домашней контрольной работы	10
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	15
Выполнение и подготовка к защите КП	35

### **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

### **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### 8.1 Основная литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. – 416 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский.- М.: Химия, 1992. – 384 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Под ред. Ю. И. Дытнерского.-М.: Химия, 1991.- 496 с.
4. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие.- М.: ООО “ИД Альянс”, 2005.- 576 с.
6. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА – М, 2014. – 412 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/10.12737/4323.](http://www.dx.doi.org/10.12737/4323.); // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – (дата обращения: 12.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

#### 8.2 Дополнительная литература

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1973. – 789 с.
  2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник.- М.: ООО “ ИД Альянс”, 2009.-753с.
  3. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Кн.1 / Под ред. В.Г. Айнштейна. - М.: Логос: Высшая школа, 2003; 2002. - 912с.
  4. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Кн.2 / Под ред. В.Г. Айнштейна. - М.: Логос: Высшая школа, 2003; 2002. - 871с.
  5. Процессы и аппараты химической технологии. Уч.пособие для ВУЗов под ред. Захаровой А.А.- М.: ООО “ИД Академия”, 2006.- 528с.
  6. Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе / сост.: О.А. Красильникова, Н.С. Гуменюк, Н.С. Ломакина, О.В. Третьякова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2011. -9 с.
  7. Опытная проверка уравнения Бернулли / сост.: А.В. Космынин, И.В. Каменских, М.П. Шадрин, Н.А. Иванова. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУВПО «КНАГТУ», 2015.- 9 с.
  8. Виноградов, В.С. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах /В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2012.-333 с.
- 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины
1. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение размеров отстойника при консолидированном осаждении суспензий. Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2004. 16с.
  2. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение скорости осаждения. . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на- Амуре. КНАГТУ, 2004. 14с.
  3. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Фильтрация при постоянном давлении . . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2005. 12с. ( сдано в РИО)
  4. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Перегонка с водяным паром. Метод. Указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2005. 10с.
  5. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Изучение конструкции и работы установки АРН-2. Метод. Указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2006. 18с.

6. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Определение фракционного состава нефтепродуктов разгонкой с ректификацией. . Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2006. 15с.
7. Щетинин В.С., Кулик А.А. Основные массообменные процессы: Абсорбция, экстрагирование. Учеб. Пособие / КНАГТУ. Комсомольск-на- Амуре. 2007. 86 с.
8. Щетинин В.С. Абсорбция, экстрагирование. Расчет, примеры , задачи.  
Учебное пособие .Под.ред. .- Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский- на-Амуре гос. техн. ун-т, 2013-67с.
1. Щетинин В.С., Ступин А.В., Иванова Н.А. Расчёт гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Учебное пособие .Под.ред. .- Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2011. 67с.
- 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный. - Загл. с экрана.
2. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный. - Загл. с экрана
- 8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)  
Химический портал <http://www.ximuk.ru>  
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru>, свободный.  
Естественнонаучный образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.edu.ru>, свободный.
- 8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

## **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

## **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

## **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

## **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование

417/1	Мультимедийная аудитория	Современные средства воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, включающей тач-скрин доску, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI
12/1	Лаборатория гидравлики	Экспериментальные стенды
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные экспериментальные стенды и установки
16/1	Лаборатория процессов и аппаратов нефтегазопереработки	Лабораторные установки для изучения: - скорости осаждения одиночных частиц; - процесса консолидированного осаждения частиц; - процесса перегонки водяным паром; - сушки под вакуумом; - теплообменных процессов; - фильтрования; - разделения нефтепродуктов на фракции (АН-2); - гидравлического сопротивления

При реализации дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
АН-2	разделение нефтепродуктов на фракции
Экспериментальные стенды	Изучение режимов течения жидкости Определение коэффициентов теплопроводности и теплопередачи

## 10.2 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

1. Гидродинамика
2. Тепловые процессы
3. Массообменные процессы и аппараты

## 11 Иные сведения

## **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Процессы и аппараты химической технологии»

Направление подготовки	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	10

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен (2), Курсовой проект	Кафедра «Химия и химические технологии»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	<p>ОПК-4.1 Знает типовые технологические процессы и возможности их оптимизации</p> <p>ОПК-4.2 Умеет использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции</p> <p>ОПК-4.3 Владеет навыками изменения параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>Знание основных законов переноса теплоты и массы вещества;</p> <p>Знание теории гидромеханических и теплообменных процессов;</p> <p>Умение производить расчеты материальных и тепловых балансов;</p> <p>Умение рассчитывать направление, движущую силу и скорость гидромеханических и тепловых и массообменных процессов;</p> <p>Навыки расчета и определения материальных и энергетических затрат на проведение процессов;</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Лабораторный журнал	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осу-		Полное выполнение всех заданий

	осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья		
РГР	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья		
Контрольная работа	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья		Полное выполнение всех задач
Курсовое проектирование	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья		Уровень знаний, умений и навыков в рамках формируемых компетенций
Лабораторный журнал	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	Лабораторная работа	Полное выполнение всех заданий

## **2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>5, 6 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</b>			
	16 недель	10	Оценивается полнота раскрытия темы, владение материалом 10 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 8 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 6 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умения, навыки. 0 баллов – задание не выполнено.
	0 неделя	10	Оценивается полнота раскрытия темы, владение материалом 10 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 8 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 6 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умения, навыки. 0 баллов – задание не выполнено.
	0 неделя	10	Оценивается полнота раскрытия темы, владение материалом 10 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 8 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 6 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умения, навыки. 0 баллов – задание не выполнено.

	16 не- деля	10	Оценивается полнота раскрытия темы, владение материалом 10 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 8 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 6 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умения, навыки. 0 баллов – задание не выполнено.
Лабораторная работа	16 не- деля	10	Оценивается полнота раскрытия темы, владение материалом 10 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 8 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 6 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения, навыки в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умения, навыки. 0 баллов – задание не выполнено.
<b>Текущий контроль:</b>		50 баллов	
Экзамен	0 неделя	0	
<b>Экзамен:</b>		0 баллов	
Экзамен	0 неделя		
<b>Экзамен:</b>		баллов	
<b>ИТОГО:</b>		50 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

6 семестр  
**Промежуточная аттестация в форме «КП»**

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**Курсовое проектирование**

Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины. Его целью является закрепление и углубление студентами полученных в процессе обучения профессиональных и общепрофессиональных компетенций, путем решения конкретных производственно-технологических задач по заданной теме.

В курсовом проекте студент должен рассчитать технологическую установку, определить основные размеры аппаратов, входящих в эту установку, и подобрать эти аппараты по каталогам. На курсовой проект выносятся следующие темы:

- *расчет ректификационной установки непрерывного действия;* - *расчет абсорбционной установки непрерывного действия.*

Курсовой проект должен соответствовать всем требованиям ЕСКД и состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка к проекту должна содержать:

- введение, назначение и область применения проектируемой установки;
- описание принципиальной технологической схемы установки;
- технологические расчеты и подбор оборудования;
- выводы;
- список используемой литературы.

Графическая часть проекта включает:

- технологическую схему установки;
- сборочный чертеж основного технологического аппарата;
- узлы основного аппарата;

Курсовой проект защищается в комиссии по приему курсовых проектов.

### Примеры типовых заданий на курсовое проектирование

**Пример 1.** Рассчитать и спроектировать абсорбционную установку непрерывного действия для улавливания аммиака из воздушной смеси:

1. Тип колонны - *тарельчатая*.  
Тип тарелки - *ситчатая (колпачковая)*.
2. Количество газовой смеси, поступающей на установку  $V = 3,2 \cdot 10^3 / \text{с}$  при нормальных условиях
3. Исходная температура газовой смеси  $t = 70^\circ\text{C}$ .
4. Температура газовой смеси поступающей в абсорбер  $t = 24^\circ\text{C}$ .
5. Начальная объемная концентрация *аммиака* в газовой фазе  $y_n = 4\%$
6. Степень извлечения  $\eta = 94\%$
7. Начальная массовая концентрация *аммиака* в поглотителе  $x = 0\%$ .
8. Степень насыщения поглотителя  $\eta = 70\%$ .
9. Начальная температура поглотителя, поступающего в абсорбер  $t_a = 24^\circ\text{C}$ .
10. Начальная температура охлаждающей воды, поступающей в холодильник  $t = 17^\circ\text{C}$ .
11. Абсорбер работает под давлением  $p_{\text{абс.}} = 0,1 \text{ МПа}$ .
12. В установке предусмотреть (рассчитать и подобрать) насосы для подачи поглотителя в абсорбер, воды в холодильник для охлаждения газа до температуры  $t_a$  и газодувку для подачи газовой смеси в абсорбер.

**Пример 2.** Рассчитать и спроектировать абсорбционную установку непрерывного действия для улавливания паров этанола из воздушной смеси водой:

1. Тип колонны - *насадочная*.
2. Количество газовой смеси, поступающей на установку  $V = 4,1 \text{ м}^3/\text{с}$  при нормальных условиях
3. Исходная температура газовой смеси  $t = 60^\circ\text{C}$ .
4. Температура газовой смеси поступающей в абсорбер  $t = 22^\circ\text{C}$ .
5. Начальная объемная концентрация *этанола* в газовой фазе  $y_n = 2,8\%$
6. Степень извлечения  $\eta = 92\%$
7. Начальная массовая концентрация *этанола* в поглотителе  $x = 0\%$ .
8. Степень насыщения поглотителя  $\eta = 62\%$ .
9. Начальная температура поглотителя, поступающего в абсорбер  $t_a = 22^\circ\text{C}$ .
10. Начальная температура охлаждающей воды, поступающей в холодильник  $t = 17^\circ\text{C}$ .
11. Абсорбер работает под давлением  $p_{\text{абс.}} = 0,1 \text{ МПа}$ .
12. В установке предусмотреть (рассчитать и подобрать) насосы для подачи поглотителя в абсорбер, воды в холодильник для охлаждения газа до температуры  $t_a$  и газодувку для подачи газовой смеси в абсорбер.

**Пример 3.** Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси *бензол - толуол* по следующим данным :

1. Производительность по исходной смеси  $G_f = 4,0 \text{ кг/с}$ .
2. Содержание легковлетучего компонента ( в массовых процентах):  
в исходной смеси  $x_f = 32$   
в дистилляте  $x_p = 96$   
в кубовом остатке  $x_w = 1,8$

3. Давление в паровом пространстве дефлегматора  $p = 0,1$  МПа.
4. Тип ректификационной колонны – *насадочная*
5. Исходная смесь перед подачей в колонну нагревается до температуры кипения насыщенным водяным паром  $P_{абс} = 0,4$  МПа.

**Пример 4.** Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси *четырёххлористый углерод - толуол* по следующим данным :

1. Производительность по исходной смеси  $Gf = 4,5$  кг/с.
2. Содержание легколетучего компонента ( в массовых процентах): в исходной смеси  $x_f = 38$  в дистилляте  $x_p = 93$  в кубовом остатке  $x_w = 13$   
Давление в паровом пространстве дефлегматора  $p = 0,1$  МПа.
4. Тип ректификационной колонны – *тарельчатая, с колпачковыми (ситчатыми) тарелками*
5. Исходная смесь перед подачей в колонну нагревается до температуры кипения насыщенным водяным паром  $P_{абс} = 0,45$  МПа.

### Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ приводятся в соответствующих методических указаниях. Ниже приводятся типовые вопросы для защиты некоторых лабораторных работ.

*Лабораторная работа:* «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом регулярного режима»

1. Перечислите способы переноса теплоты в природе.
2. В чём заключается механизм переноса теплоты теплопроводностью?
3. Температурное поле и температурный градиент.
4. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. 5. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки Теплопроводность многослойной стенки.

*Лабораторная работа:* «Перегонка с водяным паром» 1. Для чего применяется перегонка с водяным паром?

2. Как рассчитывается концентрация кубового остатка, если известна концентрация дистиллята?
3. Что такое дистиллят?
4. Назовите преимущества и недостатки перегонки с водяным паром по сравнению с простой перегонкой.
5. Как вычислить концентрацию дистиллята, если известна концентрация кубового остатка?

*Лабораторная работа:* «Разгонка нефтепродуктов» 1. С какой целью применяется ректификация?

2. Что такое коэффициент относительной летучести?
3. Какими параметрами можно влиять на процесс ректификации?
4. Что такое парциальное давление?
5. Для чего осуществляют вакуумную перегонку нефтяных фракций?
6. Назовите основные нефтяные фракции и параметры их перегонки.
7. Из каких основных узлов состоит установка АРН-2?

8. Как устроен дефлегматор установки АРН-2?
9. Поясните алгоритм работы установки.
10. Как происходит загрузка нефти в установку?
11. Зачем нужен в установке вакуумный насос?

### **Экзаменационные теоретические вопросы**

1. Теплопроводность, сущность процесса.
2. Теплопроводность. Закон Фурье
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Конвекция, виды конвекции, сущность процесса.
5. Горячий и холодный теплоносители.
6. Плотность теплового потока.
7. Теплопередача, её физический смысл.
8. Теплоотдача, её физический смысл.
9. Тепловая нагрузка теплообменного аппарата.
10. Определение тепловой нагрузки теплообменного аппарата.
11. Поток тепла через плоскую однослойную стенку.
12. Поток тепла через плоскую многослойную стенку.
13. Стационарный поток тепла через однослойную цилиндрическую стенку.
14. Стационарный поток тепла через многослойную цилиндрическую стенку.
15. Дифференциальное уравнение процесса конвективного переноса тепла.
16. Классификация теплообменных аппаратов.
17. Способы передачи тепла.
18. Конструкции теплообменных аппаратов.
19. Принципы расчета теплообменных аппаратов.
20. Определение средней разности температур.
21. Уточненный тепловой расчет теплообменного аппарата.
22. Методы интенсификации теплообменных процессов (в развернутом виде).
23. Теплопередача при конденсации паров.
24. Выпаривание, основные характеристики процесса.
25. Определение поверхности нагрева выпарной установки.
26. Тепловой баланс выпарной установки.
27. Расчет однокорпусной выпарной установки.
28. Многокорпусные выпарные установки, их преимущества и недостатки.
29. Массообменные процессы. Основные понятия и определения.
30. Молекулярная диффузия, 1-й закон Фика.
31. Дифференциальное уравнение нестационарной молекулярной диффузии, 2-й закон Фика.
32. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
33. Диффузионный пограничный слой.
34. Число единиц переноса (ЧЕП). Определение ЧЕП.
35. Абсорбция, основные характеристики процесса.

36. Массопередача при абсорбции.
37. Материальный баланс процесса абсорбции. Рабочая линия процесса.
38. Аппаратурное оформление процессов абсорбции.
39. Расчет абсорбционных аппаратов.
40. Перегонка и ректификация, их основные характеристики.
41. Основные свойства смесей жидкостей и их паров. Идеальные смеси.
42. Материальный баланс процесса ректификации.
43. Минимальное и рабочее флегмовое число.
44. Устройство ректификационных установок.
45. Принципы расчета ректификационных установок.
46. Формы связи влаги с материалом. Способы удаления влаги из материала.
47. Сушка, основные характеристики процесса. Способы сушки.
48. Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма состояния влажного воздуха.
49. Изображение некоторых процессов на I-х диаграмме состояния влажного воздуха.
50. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки. Кривые сушки.
51. Материальный баланс процесса сушки.
52. Тепловой баланс процесса сушки.
53. Кинетика процесса сушки. Кривые сушки. Расчет продолжительности процесса сушки.
54. Конструкции и принцип действия сушилок.
55. Адсорбция, основные параметры процесса.
56. Адсорбенты, их основные характеристики.
57. Материальный баланс процесса адсорбции.
58. Устройство адсорбционных аппаратов.
59. Расчет адсорберов.
60. Кристаллизация, основные характеристики процесса.
61. Способы кристаллизации, расчет кристаллизаторов.
62. Устройство и принцип действия кристаллизаторов.
63. Экстракция, основные характеристики процесса.
64. Линия равновесия и рабочая линии процесса экстракции.
65. Устройство экстракторов.

### **Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ**

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ приводятся в соответствующих методических указаниях. Ниже приводятся типовые вопросы для защиты некоторых лабораторных работ.

*Лабораторная работа:* «Экспериментальная проверка основного закона гидростатики»:

1. Какие силы действуют на жидкость?
2. Какие силы относятся к поверхностным и массовым?

3. В чем разница действия силы на движущуюся и покоящуюся жидкость?
4. Назовите свойства гидростатического давления.
5. Что определяет основное уравнение гидростатики?
6. В каких случаях ставится плюс или минус в основное уравнение гидростатики?

*Лабораторная работа: «Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе»:*

1. Назовите режимы движения жидкости.
2. От соотношения каких сил зависят режимы движения жидкости?
3. Что такое критическое число Рейнольдса?
4. Что такое нижняя и верхняя критические скорости потока?
5. Что является критерием для определения режима движения жидкости?

*Лабораторная работа: «Измерение вязкости жидкости на вискозиметре Энглера»:*

1. Что называется вязкостью?
2. В каких единицах измеряется вязкость?
3. Как изменяется вязкость жидкости и газа при изменении температуры и давления?
4. Как связаны между собой коэффициент динамической и кинематической вязкости?
5. Назовите способы измерения вязкости.
6. Назовите принципы работы приборов для измерения вязкости жидкости.

*Лабораторная работа: «Определение потерь напора на трение»:*

1. Вследствие чего образуются потери энергии на трение?
2. Перечислите области изменения коэффициента трения в зависимости от числа Рейнольдса.
3. Зависит ли значение коэффициента трения от шероховатости стенки канала при ламинарном режиме движения жидкости?
4. Назовите области изменения коэффициента трения в зависимости от числа Рейнольдса, в которых его значение зависит от шероховатости стенки канала.
5. Зависит ли значение коэффициента трения от шероховатости стенки канала при турбулентном режиме движения жидкости в области квадратичного сопротивления?

*Лабораторная работа: «Определение местной потери напора в случае резкого расширения трубопровода»:*

1. Какие потери энергии называют местными?
2. Перечислите некоторые типы местных сопротивлений.
3. Изобразите структуру потока при резком расширении канала.
4. Как выглядит формула Борда?
5. Как в основном определяют коэффициенты местных сопротивлений?
6. Какова зависимость изменения коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса?

*Лабораторная работа: «Опытная проверка уравнения Бернулли»:*

1. Как записывается уравнение Бернулли для потока реальной жидкости и какой его физический смысл?
2. Какой физический смысл имеют слагаемые уравнения Бернулли?
3. Что учитывает коэффициент Кориолиса?
4. Как определяется коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ ?

*Лабораторная работа:* «Изучение осаждения металлических шарообразных частиц в жидких средах различной вязкости».

1. В каких процессах используется осаждение частиц?
2. Какие силы действуют на частицу, движущуюся в газообразной или жидкой среде?
3. От чего зависит сила сопротивления среды?
4. При каких условиях наблюдается ламинарный режим движения?
5. Приведите формулу закона Стокса.
6. При каких условиях наступает турбулизация движения?
7. Приведите формулу закона Ньютона.
8. Какие существуют режимы обтекания частицы средой?

*Лабораторная работа:* «Определение скорости осаждения при консолидированном осаждении».

1. Какие системы называются неоднородными системами?
2. Приведите примеры неоднородных систем.
3. Какие системы называются суспензиями?
4. Какие различают виды суспензий?
5. Дать определение осаждения.
6. Дать определение отстаивания.
7. Что представляет собой шлам (отстой)?
8. Дать определение слива.
9. Какие виды отстаивания Вы знаете?
10. Для каких целей используют процесс осветления?
11. Для каких целей используют процесс сгущения?
12. Какие виды отстойников Вы знаете?
13. Из каких элементов состоит отстойник с гребковым механизмом?
14. Какие типы отстойников применяются для интенсификации процесса отстаивания?
15. За счет чего можно интенсифицировать процесс отстаивания?
16. Что является внешним проявлением консолидированного осаждения суспензии?

*Лабораторная работа:* «Фильтрация при постоянном давлении».

1. От чего зависит скорость фильтрации?
2. От чего зависит движущая сила фильтрования?
3. Как обеспечить постоянную скорость фильтрования?
4. Как влияет объемная концентрация на скорость фильтрования?
5. Назовите типы фильтров и их принцип работы.
6. Назовите преимущества различных типов фильтров. \_\_

### **РАСЧЕТНО ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА (РГР)**

Самостоятельное решение задач по расчету параметров и характеристик процессов и аппаратов применительно к разделу «Гидромеханические процессы» (Варианты заданий выдаются преподавателем):

**Примеры типовых РГР.**

**Вариант 1.**

- 1.. Определить в СИ плотность диоксида азота при  $p_{изб} = 5 \text{ кгс/см}^2$  и  $t = 30^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Холодильник состоит из 19 труб диаметром 20x2 мм (рис.1). В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 57x3,5 мм. Скорость воды в трубопроводе 1,4 м/с. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника.
3. Определить скорость воздуха (при 600 С) в вертикальной трубе сушилке, обеспечивающую восходящее движение частиц плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> и диаметром 3 мм.
4. Какое количество влажного осадка будет собрано на фильтре в результате фильтрования 10 м<sup>3</sup> суспензии относительного удельного веса 1,12, содержащей 20% (масс.) твердой фазы? Влажность осадка 25%.

### Вариант 2

- 1.. Определить в СИ плотность диоксида углерода при вакууме 300 мм. рт. ст. и температуре  $t = -30^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м<sup>3</sup>/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением  $p_{изб} = 3 \text{ кгс/см}^2$  (~0,3 МПа). Азот входит в теплообменник при 120°C, выходит при 30°C. Определить скорость азота в трубах теплообменника на входе.
3. Задача №4. Какой должна быть скорость воздуха в вертикальной трубе пневматической сушилки, чтобы обеспечить перемещение кристаллов плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup> с наибольшим диаметром 3 мм? Температура воздуха 60 °С. Скорость воздуха должна быть на 25% больше скорости витания частиц.
4. Задача №4. Определить диаметр частиц свинцового блеска угловатой формы, осаждающихся со скоростью 0,25 м/с в воде при температуре 15 °С. Плотность свинцового блеска 7500 кг/м<sup>3</sup>

### Вариант 3.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность воздуха при  $p_{изб} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$  и  $t = 65^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м<sup>3</sup>/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением  $p_{изб} = 3 \text{ кгс/см}^2$  (~0,3 МПа). Азот входит в теплообменник при 120°C, выходит при 30°C. Определить скорость азота в трубах теплообменника на выходе.
3. С какой скоростью будут осаждаться шарообразные частицы кварца ( $\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$ ) диаметром 10 мкм: а) в воде при 15 °С; б) в воздухе при 15 и 500 °С?
4. Задача №4. В результате фильтрования водной суспензии с содержанием 20% (масс.) твердой фазы собрано 15 м<sup>3</sup> фильтрата. Влажность осадка 30%. Сколько получено осадка, считая на сухое вещество?

### Вопросы для собеседования

1. Силы, действующие в жидкости.
- 2 Основное уравнение гидростатики.

3. Виды движения жидкостей.
4. Понятие о расходе и средней скорости.
5. Уравнение неразрывности.
6. Режимы движения жидкости.
7. Уравнение Бернулли для потока жидкости.
9. Подобие гидродинамических процессов.
10. Виды потерь энергии.
11. Потеря энергии на трение при ламинарном движении жидкости.
12. Формула Вейсбаха-Дарси. Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ .
13. Местные потери энергии при турбулентном режиме
14. Какие жидкости называются неньютоновскими (аномальными)?
15. Вследствие чего уменьшается вязкость капельных жидкостей при повышении температуры?
16. Какой вид имеет уравнение неразрывности для потока жидкости при стационарном движении?
17. Как изменится гидродинамическое давление в напорном трубопроводе при уменьшении скорости движения жидкости и постоянном расходе?
18. Какой режим движения наблюдается в пленочном слое жидкости, прилегающий к стенкам канала при общем турбулентном движении?
19. Вследствие чего происходит изменение температуры жидкости при переходе с турбулентного режима движения на ламинарный?
20. Как изменяется потеря энергии на трение жидкости при увеличении параметра шероховатости внутренней поверхности канала и ламинарном режиме?
21. Как изменяется потеря энергии на трение жидкости при турбулентном режиме (область квадратичного сопротивления) и увеличении параметра шероховатости внутренней поверхности канала?
22. Назовите виды потерь энергии.
23. Соотношение каких сил характеризует число Рейнольдса?
24. Осаждение- общие положения. Естественное осаждение. Скорость осаждения. Конструкция горизонтального и вертикального отстойников.
25. Центробежное осаждение в неоднородных жидкостных системах. Фактор разделения.
26. Центробежное осаждение в неоднородных газовых системах. Фактор разделения.
27. Устройство и принцип работы циклонов. Технологический расчет циклонов.
28. Фильтрование. Устройство и работа фильтров. Основное уравнение фильтрования.
29. Определение режима периодического фильтрования.
30. Фильтрование в поле центробежных сил.
31. Гидравлическое сопротивление фильтра.
32. Перемешивание (цели, задачи, проблемы, способы).
33. Пневматическое и циркуляционное перемешивания.
34. Перемешивание лопастными мешалками.
35. Диспергирование жидкостей и газов.

### Комплект заданий для контрольной работы

Контрольная работа посвящена расчету параметров и характеристик процессов и аппаратов применительно к разделу «Гидромеханические процессы»:

### Пример контрольной работы № 1

1. Одноступенчатый одноцилиндровый компрессор двойного действия имеет внутренний диаметр цилиндра  $D = 500$  мм, ход поршня  $S = 500$  мм, число оборотов вала компрессора  $n = 165$  об/мин. Величина вредного пространства  $\varepsilon = 0,04$ . Воздух сжимается от абсолютного давления  $p_1 = 1$  ат. до давления  $p_2 = 4$  ат., температура засасываемого воздуха  $T_1 = 120$  К. Определить производительность компрессора и потребляемую им мощность, если адиабатический к.п.д. компрессора  $\eta_{ад} = 0,8$ , механический к.п.д.  $\eta_{мех} = 0,9$ . Показатель политропы  $m = 1,2$ . Расчеты провести аналитически и графически (с помощью  $T-S$  -диаграммы).

2. Насос подает 19500 кг/ч 98% серной кислоты (плотностью  $\rho = 1830$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость  $\mu = 35$  мПа\*с) со скоростью  $w = 1,5$  м/с в реактор, избыточное давление в котором составляет 0,7 кгс/см<sup>2</sup>. На всасывающей линии насоса имеется один вентиль, на нагнетательной - два колена под углом 90° и вентиль. Длина всасывающего трубопровода  $L_1 = 2$  м, длина нагнетательного трубопровода  $L_2 = 20$  м. Высота подъема жидкости  $H = 7$  м. Определить суммарную потерю давления во всасывающем и нагнетательном трубопроводах, работу потребляемую насосом в течение 1 часа и мощность насоса. Коэффициент шероховатости считать равным 1 мм.

3. Задача 2.18 (К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: «Химия», 1987).

### Пример контрольной работы № 2

1. Отстойная горизонтальная автоматическая центрифуга АОГ – 1800 должна работать на водной суспензии мела. Определить производительность центрифуги по питанию, если температура суспензии 40°С. Размер наименьших частиц мела 2 мкм. Техническая характеристика центрифуги: диаметр барабана 1800 мм, длина барабана 700 мм, диаметр борта 1300 мм, частота вращения  $n = 735$  об/мин; к.п.д. принять равным 0,45.

2. Определить скорость воздуха, необходимую для начала образования взвешенного слоя частиц гранулированного алюмосиликагеля при следующих условиях: температура воздуха 100°С; плотность алюмосиликагеля (кажущаяся)  $\rho = 968$  кг/м<sup>3</sup>; диаметр частиц 1,2 мм. Каково будет гидравлическое сопротивление, если высота неподвижного слоя 400 мм?

3. Каков должен быть диаметр пропеллерной мешалки для интенсивного перемешивания технического глицерина ( $\rho = 1200$  кг/м<sup>3</sup>,  $\eta = 1,6$  Па\*с) в баке диаметром 1750 мм при  $n = 500$  об/мин и расходе мощности 17 кВт?

### Экзаменационные теоретические вопросы

1. Основные законы науки о процессах и аппаратах. Методы исследования процессов и аппаратов. Многообразие химикотехнологических процессов. Основные закономерности протекания химикотехнологических процессов
2. Предмет и задачи курса гидравлики. Методы применяемые при изучении гидравлики.
3. Основные физические свойства жидкости. Понятие о реальной и идеальной жидкостях. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

4. Силы действующие на жидкость.
5. Свойства гидростатического давления.
6. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
7. Основное уравнение гидростатики и примеры его практического применения.
8. Сила гидростатического давления на плоскую стенку.
9. Силы действующие на жидкость в цилиндрическом сосуде, равномерно вращающемся вокруг своей оси.
10. Стационарные и нестационарные потоки.
11. Кинематические характеристики движения.
12. Траектория, линия тока.
13. Дифференциальное уравнение неразрывности.
14. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
15. Уравнения Д. Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.
16. Примеры практического приложения уравнения Д. Бернулли.
17. Дифференциальные уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости (Навье-Стокса).
18. Понятие гидродинамического пограничного слоя.
19. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: турбулентный и ламинарный.
20. Ламинарный режим движения жидкости, его особенности.
21. Потери напора при ламинарном режиме движения жидкости.
22. Турбулентный режим движения жидкости. Турбулентные касательные напряжения.
23. Структура турбулентного потока.
24. Трубы гидравлически гладкие и гидравлически шероховатые. Вязкий подслой.
25. Понятие о местном сопротивлении.
26. Истечение жидкости из отверстий. Истечение жидкостей через насадки.
27. Гидравлический расчёт трубопроводов.
28. Гидравлические машины, их классификация.
29. Центробежные насосы. Принцип действия и устройство.
30. Уравнения центробежных машин Эйлера.
31. Законы пропорциональности.
32. Рабочие характеристики центробежных насосов.
33. Работа насоса на сеть. Рабочая точка насоса.
34. Явление кавитации. Предельная высота всасывания.
35. Регулирование работы центробежного насоса на сеть.
36. Поршневые насосы, принцип действия и устройство.
37. Принцип действия, классификация машин для сжатия и перемещения газов.
38. Роль гидромеханических процессов в химической технологии.
39. Классификация и характеристики неоднородных систем.
40. Классификация гидромеханических процессов.
41. Материальный баланс гидромеханических процессов.
42. Физическая сущность процесса отстаивания и его применение в химической технологии.
43. Скорость осаждения, ее определение.
44. Критериальное уравнение движения твёрдой частицы в вязкой несжимаемой жидкости. Стеснённое осаждение.
45. Типы отстойников. Схема расчёта отстойников.

46. Физическая сущность процесса фильтрования и его применение в химической технологии.
47. Физическая сущность процесса фильтрования и его применение в химической технологии.
48. Способы фильтрования. Фильтрование под действием перепада давлений.
49. Движущая сила, сопротивление и скорость процесса фильтрования.
50. Фильтрование при постоянном перепаде давлений и постоянной скорости.
51. Фильтровальная аппаратура (классификация и устройство).
52. Фильтры периодического и непрерывного действия.
53. Схема расчёта фильтрующих аппаратов.
54. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование.
55. Фильтрующие центрифуги. Фактор разделения.
56. Движение жидкостей через неподвижные зернистые слои.
57. Характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность слоя, удельная поверхность частицы, эквивалентный диаметр каналов.
58. Расчёт скоростей псевдооживления, витания и уноса.
59. Физическая сущность процесса перемешивания, его применение в химической технологии.
60. Типы мешалок.
61. Интенсивность и эффективность перемешивания.
62. Схема расчёта мешалок.