

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 01.03.2021 10:30  
Уникальный программный ключ:  
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaaedebee849

**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Дагестанский государственный технический университет»**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина Процессы и аппараты химической технологии  
наименование дисциплины по ОПОП

для направления (специальности) 18.03.01 – Химическая технология  
код и полное наименование направления (специальности)

по профилю (специализации, программе) «Химическая технология природных  
энергоносителей и углеродных материалов»

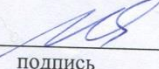
факультет Технологический  
наименование факультета, где ведется дисциплина


кафедра химии  
наименование кафедры, за которой закреплена дисциплина

Форма обучения очная, заочная, курс 3, 4 семестр (ы) 5, 6, 7.  
очная, очно-заочная, заочная


г. Махачкала 2021

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению и профилю подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

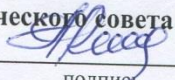
Разработчик \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Султанов Ю.М., д.х.н., доцент.  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 18 » 09 2021 г.

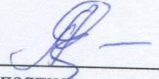
Зав. кафедрой, за которой закреплена дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Абакаров Г.М., д.х.н., проф.  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 18 » 09 2021 г.

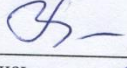
Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры Химии от 20.09.21 года, протокол № 1.

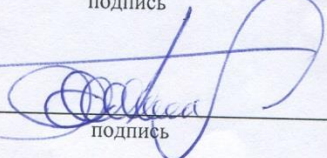
Зав. выпускающей кафедрой по данному направлению (специальности, профилю) \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Абакаров Г.М., д.х.н., проф.  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 20 » 09 2021 г.

Программа одобрена на заседании Методического совета технологического факультета от « 21 » 09 2021 года, протокол № 1.

Председатель Методического совета технологического факультета \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Ибрагимова Л.Р., к.т.н., доцент  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 23 » 09 2021 г.

Декан факультета \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Абдулхаликов З.А.  
подпись ФИО

Начальник УО \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Магомаева Э.В.  
подпись ФИО

И.о. проректора по УР \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Баламирзоев Н.Л.  
подпись ФИО

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины.**

### **Целями освоения дисциплины являются:**

- приобретение и усвоение знаний о процессах химических производств и аппаратах для их осуществления, а также практическая подготовка студентов к решению, как конкретных производственных задач, так и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов химических производств;
- дать представления о процессах и аппаратах, используемых в технологии нефти и газа, позволяющие определять практические способы подбора и оптимизации размеров аппаратов и оборудования;
- ознакомление студентов с процессами, искусственно создаваемыми с определенной конечной целью, и аппаратами, в которых протекают эти процессы.

### **Задачами дисциплины являются:**

- изучение теории основных технологических процессов, принципиального устройства аппаратов и методов их расчета;
- изучение и овладение инженерными методами расчета процессов и аппаратов;
- формирование умения обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов;
- формирование навыков разработки технологических процессов и их аппаратного оформления.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 ОПОП направления подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология».

Для изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» необходимы знания вопросов предшествующих изучаемых дисциплин и она основывается на знании следующих дисциплин:

- техническая термодинамика и теплотехника;
- коллоидная химия;
- физическая химия;
- высшая математика;
- физика.

Дисциплина является предшествующей для изучения следующих дисциплин:

- Общая химическая технология
- Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов;
- Технология углеводородных газов.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, будут использованы в процессе освоения специальных дисциплин, при курсовом и дипломном проектировании, в практической профессиональной деятельности.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»**

В результате освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» студент должен овладеть следующими компетенциями (см. таблицу 1):

Код компетенции	Наименование компетенции	Наименование показателя оценивания (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности. УК-2.10. Владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности.
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.	ОПК-4.1. Знает основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета.

#### 4. Объем и содержание дисциплины (модуля)

Форма обучения	очная	очно-заочная	заочная
<b>Общая трудоемкость по дисциплине (ЗЕТ/ в часах)</b>	<b>10/360</b>	-	<b>10/360</b>
<b>5 семестр</b>		-	<b>6 семестр</b>
Лекции, час	34	-	9
Практические занятия, час	34	-	9
Лабораторные занятия, час	34	-	9
Самостоятельная работа, час	78	-	108
Курсовой проект (работа), РГР, семестр	-	-	-
Зачет (при заочной форме 4 часа отводится на контроль)	-	-	-
Часы на экзамен (при очной, очно-заочной формах 1 ЗЕТ – 36 часов, при заочной форме 1 ЗЕТ – 9 часов)	экзамен, 36 часов	-	экзамен, 9 часов на контроль
<b>6 семестр</b>		-	<b>7 семестр</b>
Лекции, час	17	-	4
Практические занятия, час	17	-	4
Лабораторные занятия, час	17	-	4
Самостоятельная работа, час	57	-	195
Курсовой проект (работа), РГР, семестр	КП, 6 семестр	-	КП, 7 семестр
Зачет (при заочной форме 4 часа отводится на контроль)	-	-	-
Часы на экзамен (при очной, очно-заочной формах 1 ЗЕТ – 36 часов, при заочной форме 1 ЗЕТ – 9 часов)	экзамен, 36 часов	-	экзамен, 9 часов на контроль

#### 4.1.Содержание дисциплины (модуля)

№ п/ п	Раздел дисциплины, тема лекции и вопросы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)											
			Очная форма				Очно-заочная форма				Заочная форма			
			ЛК	ПЗ	ЛР	СР	ЛК	ПЗ	ЛР	СР	ЛК	ПЗ	ЛР	СР
1	2	5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	<b>Лекция №1. Введение. Основы гидравлики.</b> 1. Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах. 2. Классификация основных процессов. 3. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. 4. Гидростатика. Абсолютный и относительный покой жидкости. 5. Гидростатическое давление, основные его свойства. 6. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
2	<b>Лекция №2. Гидродинамика.</b> 1. Поверхность уровня и характерные случаи. 2. Общие сведения гидродинамики. Поток жидкости и живое сечение потока. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. 3. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. 4. Установившийся и неустановившийся потоки. 5. Режимы движения жидкости.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6

	6. Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке.													
3	<b>Лекция №3. Уравнения гидродинамики.</b> 1. Уравнение неразрывности потока. 2. Дифуравнения Эйлера. 3. Уравнение Бернулли. 4. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Некоторые практические приложения уравнения Бернулли	5	2	2	2	4	-	-	-	-	2	2	2	6
4	<b>Лекция №4. Основы теории подобия.</b> 1. Пути исследования процессов химической технологии. Теоретический и экспериментальный методы. 2. Теория подобия и моделирование. 3. Теоремы теории подобия. 4. Сущность математического моделирования. Основные принципы метода анализа размерностей.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
5	<b>Лекция №5. Гидродинамическое подобие.</b> 1. Основные критерии подобия. 2. Приближенное моделирование и автомодельность. 3. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. 4. Движение тел в жидкостях, осаждение частиц под действием силы тяжести. 5. Гидродинамика кипящего слоя. Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	2	2	2	6

6	<b>Лекция №6. Перемещение жидкостей. Типы насосов и основные параметры.</b> 1. Общие сведения. Основные параметры насосов. Напор насосов. Высота всасывания. 2. Центробежные насосы и их принцип действия. 3. Принцип действия и типы поршневых насосов. 4. Специальные типы поршневых насосов, диафрагмовые (мембранные) насосы. 5. Бессальниковые и погружные насосы. Монтежю и эрлифты.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
7	<b>Лекция №7. Перемещение и сжатие газов.</b> 1. Общие сведения. 2. Термодинамические основы процесса сжатия газов. 3. Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие. 4. Поршневые компрессоры и их типы. Индикаторная мощность и давление. 5. Производительность, коэффициент подачи, объемный коэффициент. 6. Ротационные и водокольцевые компрессоры, газодувки, вентиляторы и вакуум насосы.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
8	<b>Лекция №8. Разделение неоднородных жидких систем.</b> 1. Неоднородные системы и методы разделения. 2. Материальный баланс процесса разделения.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	2	2	2	6

	3. Отстаивание. Скорость стесненного осаждения. 4. Отстойники: периодического, полунепрерывного действия.													
9	<b>Лекция №9. Фильтрация.</b> 1. Общие сведения. Виды фильтрации. 2. Способы создания перепада давления. Фильтрация при постоянной $\Delta P$ , при переменных $\Delta P$ и скорости. 3. Вспомогательные вещества. Сжимаемые и несжимаемые осадки. 4. Уравнение фильтрации.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
10	<b>Лекция №10. Фильтрационные аппараты.</b> 1. Фильтровальные перегородки, классификация перегородок и их характеристика. 2. Устройство фильтров: периодического и непрерывного действия. 3. Нутч-фильтр, устройство и принцип действия. 4. Фильтропрессы, устройство и принцип действия. 5. Листовые и патронные фильтры. Барабанные, карусельные и ленточные фильтры непрерывного действия.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
11	<b>Лекция №11. Центрифугирование.</b> 1. Общие вопросы. Отстойные и фильтрующие центрифуги. 2. Центробежная сила и фактор разделения. 3. Процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах. 4. Устройство центрифуг. Нормальные и	5	2	2	2	4	-	-	-	-	2	2	2	6



	сверхцентрифуги. 5. Подвесные центрифуги. 6. Горизонтальные центрифуги с ножевым устройством и с пульсирующим поршнем для выгрузки осадка. 7. Шнековые центрифуги: центрифуги с инерционной и вибрационной выгрузкой осадка. Жидкостные сепараторы и сверхцентрифуги.													
12	<b>Тема: Разделение газовых систем. Лекция №12. Очистка газов.</b> 1. Общие сведения. Способы очистки газов. 2. Гравитационная очистка газов. 3. Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил. 4. Очистка газов фильтрованием. Фильтры с гибкими, полужесткими и жесткими пористыми перегородками. 5. Мокрая очистка газов. Полые и насадочные скрубберы, центробежные скрубберы. Скрубберы Вентури. Барботажные (пенные) пылеуловители. 6. Электрическая очистка газов.	5	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	6
13	<b>Тема: Перемешивание. Лекция №13. Перемешивание в жидких средах.</b> 1. Общие сведения. Способы перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. 2. Механическое перемешивание. Расчет мощности при перемешивании. 3. Перемешивающие устройства. Разделение мешалок по устройству, типу создаваемого	5	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	6

	<p>потока жидкости: тангенциальные, радиальные и осевые.</p> <p>4. Мешалки лопастного типа, устройство и принцип работы.</p> <p>5. Турбинные и пропеллерные мешалки.</p> <p>6. Пневматическое перемешивание. Перемешивание с помощью сопел и насосов.</p>													
14	<p><b>Тема: Основы теплопередачи. Лекция №14. Основы теплообмена.</b></p> <p>1. Общие сведения. Теплообмен, теплоносители, теплопроводность. Конвекция, тепловое излучение.</p> <p>2. Температурное поле, градиент температуры.</p> <p>3. Теплопроводность, закон Фурье, дифуравнение теплопроводности, коэффициент температуропроводности.</p> <p>4. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел. Закон Ламберта.</p>	5	2	2	2	6	-	-	-	-	1	1	1	6
15	<p><b>Лекция №15. Конвективный теплообмен. Теплопередача.</b></p> <p>1. Конвекция, конвективный теплообмен, закон Ньютона.</p> <p>2. Коэффициент теплоотдачи.</p> <p>3. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>4. Тепловое подобие. Критерии Nu, Fo, Pe, Pr, Gr. Обобщенное уравнение конвективного</p>	5	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	6

	теплообмена. 5. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей - плоская стенка, цилиндрическая стенка. 6. Основное уравнение теплопередачи.													
16	<b>Лекция №16. Нагревание, охлаждение и конденсация.</b> 1. Общие сведения. Теплоносители и теплообменники. 2. Нагревающие агенты и их использование. 3. Нагревание водяным паром, глухим паром, острым паром, горячей водой, топочными газами. 4. Нагревание высокотемпературными теплоносителями: перегретой водой, минеральными маслами и расплавленными солями, ртутью и жидкими металлами. 5. Нагревание электрическим током: сопротивлением и высокочастотное нагревание. 6. Охлаждение до обыкновенных температур и низких температур. Конденсация паров. Конденсаторы. Расчет конденсаторов.	5	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	9
17	<b>Лекция №17. Конструкции теплообменных аппаратов и их расчет.</b> 1. Устройство и принцип работы кожухотрубных двухтрубных, змеевиковых, оросительных, пластинчатых и оребренных теплообменников. 2. Теплообменные устройства реакционных аппаратов. 3. Проектный и проверочный расчеты. 4. Определение тепловой энергии и расхода	5	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	9

	теплоносителя. 5. Определение средней разности температур. 6. Определение коэффициента теплопередачи и расчет необходимой поверхности теплопередачи.													
	<b>Итого:</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>78</b>	-	-	-	-	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>108</b>
18	<b>Лекция №18. Однократное, многократное выпаривание и выпарные аппараты</b> 1. Общие сведения. Физико-химические основы процесса выпаривания. 2. Однократное выпаривание. 3. Материальный и тепловой балансы. 4. Расчет выпарного аппарата. 5. Основные схемы работы установок многократного выпаривания. 6. Выбор числа корпусов установки. 7. Аппараты с выносной нагревательной камерой и циркуляционными трубами.	6	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	15
19	<b>Лекция №19. Массообменные процессы.</b> 1. Общие сведения. 2. Материальный баланс и направление массопередачи. 3. Механизм и модели процессов массопереноса. 4. Уравнения массоотдачи, коэффициент массоотдачи. 5. Движущая сила процессов массопередачи. 6. Влияние перемешивания на движущую силу.	6	2	2	2	6	-	-	-	-	2	2	2	15
20	<b>Лекция №20. Абсорбция.</b> 1. Общие сведения.	6	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	15

	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Равновесие при абсорбции.</li> <li>3. Материальный баланс при абсорбции.</li> <li>4. Скорость процесса абсорбции.</li> <li>5. Устройство и принцип работы абсорберов.</li> </ul>													
21	<p><b>Лекция №21. Адсорбция.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Равновесие при адсорбции.</li> <li>2. Промышленные адсорбенты, их классификация и характеристика.</li> <li>3. Материальный баланс процесса адсорбции.</li> <li>4. Кинетика процесса адсорбции.</li> <li>5. Принципиальные схемы адсорбции.</li> <li>6. Устройство адсорбционных аппаратов.</li> <li>7. Ионный обмен.</li> </ul>	6	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	15
22	<p><b>Лекция №22. Простая перегонка.</b></p> <p>Общие сведения.  Фазовое равновесие бинарных смесей.  Идеальные и реальные смеси.  Простая перегонка и ее расчет. Дефлегмация.  Перегонка с водяным паром.</p>	6	2	2	2	6	-	-	-	-	-	-	-	15
23	<p><b>Лекция № 23. Ректификация.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Схема работы ректификационной установки.</li> <li>2. Материальный баланс и уравнения рабочих линий.</li> <li>3. Минимальное и действительное флегмовое число.</li> <li>4. Ректификация многокомпонентных смесей.  Устройство ректификационных аппаратов: барбатажные, насадочные колонны, пленочные аппараты.</li> </ul>	6	2	2	2	6	-	-	-	-	2	2	2	15

24	<b>Лекция № 24.. Экстракция в системе жидкость - жидкость.</b> 1. Процессы экстракции в системе жидкость – жидкость. 2. Равновесие в процессах экстракции. 3. Схемы экстракции. 4. Устройство экстракционных аппаратов.	6	2	2	2	7	-	-	-	-	-	-	-	15
25	<b>Лекция № 25. Основы процесса сушки.</b> Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Основные конструкции и принципы работы конвективных сушильных аппаратов. Методы повышения эффективности процессов сушки.	6	2	2	2	7	-	-	-	-	-	-	-	16
26	<b>Лекция № 26. Массообмен через полупроницаемые перегородки.</b> 1. Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. 2. Классификация мембранных процессов. 3. Типы мембран и их основные характеристики. 4. Общая характеристика аппаратного оформления мембранных процессов разделения.	6	1	1	1	7								
	<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>57</b>	-	-	-	-	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>195</b>

#### 4.2. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ лекции и из рабочей программы	Наименование лабораторного (практического, семинарского) занятия	Количество часов			Рекомендуемая литература и методические разработки (№ источника из списка литературы)
			Очно	Очно-заочно	Заочно	
1	2	3	4	5	6	7
<b>5 семестр</b>					<b>6 семестр</b>	
1.	№1,2	Измерение гидростатического давления.	4	-	4	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
2.	№3,4	Изучение режимов движения жидкости.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
3.	№5,6	Экспериментальная проверка уравнения Бернулли.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
4.	№7,8	Определение потерь напора по длине при напорном движении жидкости.	4	-	5	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
5.	№9, 10	Определение констант фильтрования.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
6.	№11, 12	Изучение работы тарельчатого сепаратора.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
7.	№12, 14	Испытание циклона.	4			1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
8.	№15, 16	Испытание лопастной мешалки.	4			1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
9.	№17	Изучение процесса теплопередачи в теплообменнике «труба в трубе».	2			1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
<b>Итого:</b>			<b>34</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	
<b>6 семестр</b>					<b>7 семестр</b>	
10.	№22, 23	Испытание перегонного куба.	4	-	2	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
11.	№25	Исследование процесса конвективной сушки.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
12.	№24,2 5	Исследование псевдооживленного слоя твердого зернистого материала.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
13.	№26	Исследование процесса выпаривания.	5	-	2	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10
<b>Итого:</b>			<b>17</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	

### 4.3. Содержание практических занятий

№ п/п	№ лекции из рабочей программы	Наименование лабораторного (практического, семинарского) занятия	Количество часов			Рекомендуемая литература и методические разработки (№ источника из списка литературы)
			Очно	Очно-заочно	Заочно	
1	2	3	4	5	6	7
<b>5 семестр</b>						
1	1,2	Гидростатика. Гидростатическое давление. Основные свойства жидкостей.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
2	3,4	Практическое применение уравнения Бернулли. Уравнение неразрывности потока.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
3	5,6	Напор насоса, высота всасывания, основные параметры насосов.	4	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
4	7	Работа сжатия газов и потребляемая мощность. Производительность, коэффициент подачи.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
5	8, 9, 10	Фильтрование. Фильтровальные аппараты.	4	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
6	11, 12	Центрифуги. Очистка газов.	4	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
7	13	Расход энергии на перемешивание	4	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
8	14,15, 16	Теплопередача. Нагревание.	4	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
9	17	Проектный и проверочный расчеты теплообменников.	2	-	1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
			<b>34</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	
<b>6 семестр</b>						
			<b>7 семестр</b>			
10	18	Однократное выпаривание. Многократное выпаривание.	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
11	19	Массообменные процессы	2	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
12	20	Абсорбция	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
13	21	Адсорбция и адсорберы.	2	-	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10



14	22	Простая перегонка и дефлегмация.	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
15	23	Ректификация.	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
16	24	Экстракция в системе жидкость – жидкость. Экстракция и экстракционные аппараты.	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
17	25	Расчет процесса сушки.	2	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
18	26	Мембранные процессы под действием электрического тока и давления	1	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
<b>Итого:</b>			<b>17</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	

#### 4.4. Тематика для самостоятельной работы студента

№ п/п	Тематика по содержанию дисциплины, выделенная для самостоятельного изучения	Количество часов из содержания дисциплины			Рекомендуемая литература и источники информации	Формы контроля СРС
		Очно	Очно-заочно	Заочно		
1	2	3	4	5	6	7
<b>5 семестр</b>		<b>6 семестр</b>				
1	Различные системы единиц измерения физических величин. Система СИ. Интенсивность, объемная интенсивность аппарата, коэффициент скорости процесса.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Входная контрольная работа
2	Основные свойства жидкостей ( $\rho$ , $\mu$ , $\gamma$ , $\epsilon$ , $\sigma$ , $\alpha$ ) и методы расчета их. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Гидростатика, дифуравнение равновесия Эйлера, пневматическое измерение количества жидкости в резервуарах.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
3	Три случая определения поверхности уровня. Математическая формулировка закона сообщающихся сосудов и закона Архимеда. Давление жидкости на плоские и криволинейные поверхности.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат

4	Виды движения жидкости и их характеристика. Критические числа Рейнольдса и их значение. Уравнение Пуазеля, характеристика турбулентного потока, отличие осередненной и средней скоростей, интенсивность турбулентного потока, турбулентная вязкость. Дифуравнение неразрывности потока.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р. №1
5	Дифуравнения движения Эйлера, Навье-Стокса и Бернулли и их применение. Принципы измерения скорости и расхода жидкости. Истечение жидкости из отверстий.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
6	Основные методы исследования процессов и аппаратов, их преимущества и недостатки. Теория подобия, ее преимущества. Основы моделирования и условия подобия процессов и аппаратов и критерии подобия и их применение.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
7	Насосы, их классификация и характеристика. Кавитация. Многоступенчатые центробежные насосы, теоретический и действительный напоры насоса. Характеристика насоса и работа насоса на сеть.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
8	Другие типы насосов, их преимущества и недостатки. Специальные типы поршневых и центробежных насосов. Сравнения в области применения различных типов насосов.	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
9	Уравнения состояния газов и термодинамические диаграммы. Процессы	3	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р.№2

	сжатия газов. Мощность на сжатие газа и виды мощности. Степень сжатия. Коэффициент подачи, объемный коэффициент.					
10	Винтовые компрессоры, вакуум-насосы, струйные вакуум-насосы и применение различных компрессоров, газодувок, вентиляторов и вакуум-насосов.	4	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
11	Общие понятия о неоднородных системах. Методы разделения, солидарное осаждение, коагуляция частиц, флокулянты и отстойники.	4	-	6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
12	Взаимные направления действия силы тяжести и движения фильтрата в фильтрах. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Промывка, продувка и сушка осадка на фильтре. Константы фильтрования и их характеристика. Уравнения фильтрации при постоянной разности давлений и при постоянной скорости.	4	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р.№3
13	Фильтрационные аппараты непрерывного действия, интенсификация работы фильтров. Схема противоточной промывки осадка. Недостатки фильтровальных перегородок.	4	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
14	Физические основы центрифугирования, фактор разделения, индекс производительности, коэффициент эффективности. Трубчатые сверхцентрифуги и их особенности.	4	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
15	Циклоны и батарейные циклоны. Фильтры с зернистыми слоями. Устройство электрофильтров.	4	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат

16	Эффективность и интенсивность перемешивания. Расчет расхода мощности в начальный момент процесса и при установившемся режиме. Основные особенности мешалок, специальные мешалки.	4	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
17	Температурное поле, градиент температуры, коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи и теплопередачи, их физический смысл. Тепловое излучение, законы Стефана-Больцмана и Кирхгофа.	2	-	7	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
<b>Итого:</b>		<b>78</b>	-	<b>108</b>		<b>экзамен</b>
<b>6 семестр</b>				<b>7 семестр</b>		
18	Основы массообмена и массообменные процессы. Равновесное состояние, коэффициент распределения и способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие и линия равновесия. Направление процесса. Скорость массопередачи.	7	-	24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
19	Общие сведения об экстракции в системе жидкость-жидкость. Равновесие в тройных системах. Хорды равновесия. Селективность и коэффициент селективности. Определение числа теоретических ступеней при противоточной многоступенчатой экстракции и удельного расхода экстрагента. Фракционная экстракция.	7	-	24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
20	Абсорбция. Равновесие между фазами. Скорость процесса. Абсорберы: поверхностные,	7	-	24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р. №1

	пленочные, насадочные, тарельчатые и режимы процесса. Расчет абсорберов.					
21	Адсорбция. Поглощительная способность адсорбентов. Характеристики адсорбентов, равновесие и скорость процесса. Упрощенная модель процесса периодической адсорбции. Массопередача при адсорбции. Схемы работы адсорбционных установок.	7	-	24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
22	Общие сведения о перегонке жидких смесей. Смеси взаимно нерастворимых жидкостей. Простая перегонка с получением фракции. Перегонка с инертным газом. Молекулярная дистилляция.	7	-	24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р. №2
23	Ректификация многокомпонентных смесей. Расчет ректификационных аппаратов.	7	-	25	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат
24	Сушка, способы удаления влаги. Основные параметры влажного воздуха, их изменения в процессе сушки и изображение на J-X диаграмме. Равновесие и равновесная влажность. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки. Расчет расхода воздуха и тепла на сушку. Влагопроводность и коэффициент влагопроводности.	7	-	25	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	К.р. №3
25	Характерная особенность мембранных методов разделения смесей. Электромембранные методы, ионоселективные мембраны, концентрационная	8	-	25	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Реферат

поляризация, варианты электродиализа. Мембранные процессы под действием давления; ультрафильтрация и обратный осмос и их применение в химической технологии.					
<b>Итого:</b>	<b>57</b>	-	<b>195</b>		<b>экзамен</b>

#### **4.5. Примерная тематика курсовых проектов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»**

1. Расчет кожухотрубчатого теплообменного аппарата.
2. Расчет аппарата воздушного охлаждения.
3. Расчет трубчатой печи установки первичной перегонки нефти.
4. Расчет трубчатой печи установки гидроочистки дизельного топлива.
5. Расчет печи пиролиза прямогонной бензиновой фракции.
6. Расчет отбензинивающей колонны установки первичной перегонки нефти.
7. Расчет атмосферной колонны установки первичной перегонки нефти.
8. Расчет атмосферной колонны установки первичной перегонки газового конденсата.
9. Расчет вакуумной ректификационной колонны для перегонки мазута.
10. Расчет колонны-деэтанатора газодиффузионной установки.
11. Расчет колонны стабилизации газового конденсата.
12. Расчет стабилизационной колонны установки каталитического риформинга.
13. Расчет стабилизационной колонны установки гидроочистки дизельного топлива.
14. Расчет адсорбера установки осушки природного газа.
15. Расчет адсорбера установки очистки природного газа от кислых компонентов.
16. Расчет адсорбера установки низкотемпературной адсорбции газа.
17. Расчет адсорбера установки осушки природного газа.
18. Расчет адсорбера установки очистки природного газа от сероводорода.
19. Расчет окислительной колонны установки получения битумов.
20. Расчет реактора каталитического крекинга с псевдоожиженным слоем катализатора.
21. Расчет реактора каталитического риформинга с неподвижным слоем катализатора.
22. Расчет реактора гидроочистки дизельного топлива.

#### **5. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задания на ознакомление с новым материалом до его изложения на лекциях.

Перед очередной лекцией, как правило, практикуются «летучки» по материалу предыдущей лекции. Это позволяет определить степень усвоения изложенного ранее материала. Для более основательной оценки усвояемости теоретического материала используются тест-методы, а также традиционные письменные и устные контрольные мероприятия. Групповая работа в химической лаборатории стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества. При формировании групп учитывается два признака: степень химической подготовленности студентов и характер межличностных отношений. В ряде случаев студенты сами предлагают

разбиться на группы, состав которых впоследствии может корректироваться для повышения качества работы.

На основании полученных данных по всем опытам каждый студент заполняет свой лабораторный журнал, где записывает результаты опытов, наблюдения, составляет уравнения реакций химических процессов, если нужно производит соответствующие расчеты и результаты представляет в виде графической зависимости.

На собеседовании с преподавателем студент представляет оформленный отчет по данной лабораторной работе и отвечает на вопросы преподавателя, связанные с методикой работы, результатами и выводами. По ряду работ предусматривается применение тестового метода «защиты».

В лабораторном практикуме при выполнении отдельных опытов также используется метод проблемного обучения: студент получает задание на химический процесс, методику которого он должен подобрать самостоятельно, исходя из имеющихся реактивов, обсудить ее с преподавателем и затем приступить к его выполнению.

Практические занятия проводятся в интернет-классе технологического факультета с просмотром документальных видео фильмов, видео слайдов и информационных материалов с сайтов ([www/chemistry.msu.ru/ER](http://www/chemistry.msu.ru/ER), [www.nlr.ru/](http://www.nlr.ru/), [www.shpl.ru/docdeliv/list/cont\\_chemistry.htm](http://www.shpl.ru/docdeliv/list/cont_chemistry.htm), [www.rsl.ru/](http://www.rsl.ru/)) по темам: «Процесс перегонки», «Процесс ректификации нефти», «Процессы перемешивания в жидких средах», «Использование информационных технологий в исследовательской работе. Инновационная деятельность, поиск экологически безопасного варианта».

На практических и лабораторных по процессам и аппаратам химической технологии проводятся различные виды тренинга:

1)каждый студент получает индивидуальные задания (темы: процесс перегонки, процесс ректификации, процесс абсорбции, процесс адсорбции, процесс сушки).

2.)студенту по выбору в начале семестра предлагается тема рефератов, которые излагаются им и обсуждаются всеми на практической или лабораторной работе.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляет 20 % аудиторных занятий (10ч.)

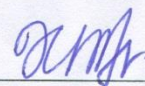
В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки при реализации компетентностного подхода предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Оценочные средства для контроля входных знаний. текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» приведены в приложении А (Фонд оценочных средств) к данной рабочей программе.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов приведено ниже в пункте 7 настоящей рабочей программы.

Зав. библиотекой



Алиева Ж.А.

(подпись, ФИО)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)  
Рекомендуемая литература и источники информации (основная и дополнительная)

№ п/п	Виды занятий	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература, программное обеспечение, электронно-библиотечные и Интернет ресурсы	Автор(ы)	Издательство и год издания	Количество изданий	
					В библиотеке	На кафедре
1	2	3	4	5	6	7
Основная литература						
1	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие	Баранов Д.А.	Издательство "Лань".-2018.- 408с.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/98234">https://e.lanbook.com/book/98234</a>	
2	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии	Бородулин Д.М., Иванец В.Н.	Издательство «Кемеровский государственный университет». -2007.- 168с.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4614">https://e.lanbook.com/book/4614</a>	
3	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. Книга 1	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л., Костанян А.Е.	Издательство «Лань».- 2019.-916 с. -	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111193">https://e.lanbook.com/book/111193</a>	



4		Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. Книга 2	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л., Костанян А.Е.	Издательство «Лань».- 2019.-876 с. -	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111194">https://e.lanbook.com/book/111194</a>
5	ЛК, ПЗ	Расчет основных процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие	Банных О.П., Борисова Е.И., Константинов В.А., Муратов О.В., Фомин В.В.	Издательство «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».- 2017.-82с.	Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/110440">https://e.lanbook.com/book/110440</a>
6	ЛК, ПЗ	1. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Ю. А. Гужель. — Часть 1 : Гидромеханические процессы и аппараты	Ю. А.Гужель	Благовещенск : АмГУ, 2019	Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/156568">https://e.lanbook.com/book/156568</a> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
Дополнительная литература					
7	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии: практикум: в 2 ч. Ч. 2	Дюсембаева А.В., Носенко В.Н.	Издательство «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского».-2014.- 52с.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/75425">https://e.lanbook.com/book/75425</a>

8	ЛК, ПЗ	2. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов	А.Г.Касаткин	Москва: 1971, 784 с.	28	-
9	ЛК, ПЗ	3. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии	К.Ф.Павлов, П.Г.Романков, А.А.Носков	Ленинград Химия, 1970	22	-
10	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии: методические указания к выполнению курсового проекта	Мурадов М.С.	Махачкала: ДГТУ, 2010	10	20
11	ЛК, ПЗ	Процессы и аппараты химической технологии: методические указания к лабораторным работам (Часть 1, часть 2, часть 3)	Мурадов М.С.	Махачкала: ДГТУ, 2010	10	20
интернет-ресурсы						
	ЛК, ПЗ	Электронная библиотека химического факультета МГУ - <a href="http://www/chemistry.msu.ru/ER">www/chemistry.msu.ru/ER</a>				-
	ЛК, ПЗ	Сайт Российской национальной библиотеки - <a href="http://www.nlr.ru/">www.nlr.ru/</a>				
	ЛК, ПЗ	Сайт Химической библиотеки - <a href="http://www.shpl.ru/docdeliv/list/cont_chemistry.htm">www.shpl.ru/docdeliv/list/cont_chemistry.htm</a>				
	ЛК, ПЗ	Сайт Российской Государственной библиотеки - <a href="http://www.rsl.ru/">www.rsl.ru/</a>				

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лабораторных занятий используются специализированные лаборатории по процессам и аппаратам, приборы и оборудование.

Химическая посуда: колбы, пипетки, бюретки, химические стаканы, цилиндры.

Реактивы: реактивы, химические реактивы по тематике лабораторного практикума.

Приборы: дистиллятор, набор ареометров, спиртовка, штативы для пробирок, сушильный шкаф, химические весы.

Таблицы: периодическая система элементов Д.И.Менделеева;

- растворимости;

- ряд электрохимического напряжения металлов;

- гидролиз солей;

- окислительно-восстановительные реакции.

## **Специальные условия инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ)**

Специальные условия обучения и направления работы с инвалидами и лицами с ОВЗ определены на основании:

- Федерального закона от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федерального закона от 24.11.1995 № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»;
- приказа Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- методических рекомендаций по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса, утвержденных Минобрнауки России 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Под специальными условиями для получения образования обучающихся с ОВЗ понимаются условия обучения, воспитания и развития, включающие в себя использование при необходимости адаптированных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего необходимую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания ДГТУ и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение ОПОП обучающихся с ОВЗ.

Обучение в рамках учебной дисциплины обучающихся с ОВЗ осуществляется ДГТУ с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучение по учебной дисциплине обучающихся с ОВЗ может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

В целях доступности обучения по дисциплине обеспечивается:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - наличие альтернативной версии официального сайта ДГТУ в сети «Интернет» для слабовидящих;
  - весь необходимый для изучения материал, согласно учебному плану (в том числе, для обучающихся по индивидуальным учебным планам) предоставляется в электронном виде на диске.
  - индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - обеспечение возможности выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
  - обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию ДГТУ.
- 2) для лиц с ОВЗ по слуху:
  - наличие микрофонов и звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования (аудиоколонки);
- 3) для лиц с ОВЗ, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов и других приспособлений).

Перед началом обучения могут проводиться консультативные занятия, позволяющие студентам с ОВЗ адаптироваться к учебному процессу.

В процессе ведения учебной дисциплины научно-педагогическим работникам рекомендуется использование социально-активных и рефлексивных методов обучения, технологий социокультурной реабилитации с целью оказания помощи обучающимся с ОВЗ в установлении полноценных межличностных отношений с другими обучающимися, создании комфортного психологического климата в учебной группе.

Особенности проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине для обучающихся с ОВЗ устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и др.). При необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене

## 9. Лист изменений и дополнений к рабочей программе

Дополнения и изменения в рабочей программе на 2021/2022 учебный год нецелесообразно.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры химии от \_\_\_\_\_ 2021 года, протокол № \_\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой химии \_\_\_\_\_ Абакаров Г.М., д.х.н., профессор  
(подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

### Согласовано:

Декан технологического факультета \_\_\_\_\_ Абдулхаликов З.А., к.т.н., доцент  
(подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

Председатель МС факультета \_\_\_\_\_ Ибрагимова Л.Р., к.т.н., доцент  
(подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)