

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Процессы и аппараты химической технологии**

Кафедра неорганической химии и химической экологии

Образовательная программа бакалавриата  
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

Направленность (профиль) программы  
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов

Форма обучения  
Очная

Статус дисциплины: входит в обязательную часть ОПОП

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** от «07» августа 2020 г. №923;

Разработчик: кафедра неорганической химии и химической экологии,  
Исаев А.Б. - к.х.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии  
от «26» 02 2022 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «18» 03 2022 г., протокол № 7

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением «31» 03 2022 г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» входит в обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основными типовыми процессами химической технологии, изучением принципов работы аппаратов и их конструктивных особенностей, изучением методов расчета процессов и аппаратов для осуществления производственного цикла.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ПК-2, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе 144 академических часов по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
6	144	54	18	36				90	экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты в химической технологии» являются изучение основных типовых процессов химической технологии, изучение принципов работы аппаратов и их конструктивные особенности, изучение методов расчета процессов и аппаратов для осуществления производственного цикла.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» входит обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Изучение теории и практики процессы и аппараты в химической технологии начинается после прохождения студентами материала курса «Общая и неорганическая химия», «Экологическая химия», «Химия элементов», «Материаловедение и защита от коррозии», «Контроль качества, метрология, стандартизация и сертификация продукции в химической технологии».

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-2. Способен участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	ПК-2.1. Участвует в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	<b>Знает:</b> основные методы обезвреживания и утилизации промышленных отходов, конструкции оборудования и инженерных сооружений для обезвреживания и утилизации промышленных отходов <b>Умеет:</b> определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики химических процессов, процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса <b>Владеет:</b> методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических и экономических показателей работы аппаратов; методами анализа эффективности функционирования химических, нефтехимических и биохимических производств	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Зачет Экзамен
ПК-7. Способен анализировать эффективность применяемых средств технологических процессов очистки стоков, в том числе средств автоматизации, и показателей их использования	ПК-7.1. анализирует технологический процесс очистки стоков как объект управления	<b>Знает:</b> основные понятия теории управления технологическими процессами; <b>Умеет:</b> составлять структурные схемы тепловых аппаратов, машин и других технических систем, используемых в подотрасли; <b>Владеет:</b> навыками грамотного использования разнообразных технических и информационных элементов, систем управления и автоматизации.	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Зачет Экзамен

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии								
1	Основные понятия процессов и аппаратов	6	4		4		8	Устный опрос
2	Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования	6	4		6		10	Устный опрос
<i>Итого по модулю 1:</i>			<b>8</b>		<b>10</b>		<b>18</b>	Коллоквиум
Модуль 2. Основы гидравлических процессов.								
1	Гидростатика	6	2		6		4	Устный опрос
3	Гидродинамика	6	4		6		4	Устный опрос
3	Насосы	6	2		4		4	Устный опрос
<i>Итого по модулю 2:</i>			<b>8</b>		<b>16</b>		<b>12</b>	Коллоквиум
Модуль 3. Основы теплообмена. Тепловые процессы.								
1	Тепловые процессы	6	4				4	Устный опрос
2	Теплообменная аппаратура	6	4		6		6	Устный опрос
3	Выпаривание	6	2		4		6	Устный опрос
<i>Итого по модулю 3:</i>			<b>10</b>		<b>10</b>		<b>16</b>	Коллоквиум
Модуль 4. Подготовка к экзамену								
Подготовка к экзамену							36	экзамен
<i>Итого по модулю 4:</i>							<b>36</b>	экзамен
<b>ИТОГО:</b>			<b>26</b>		<b>36</b>		<b>82</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

**Модуль 1. Теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии**

**Тема 1. Основные понятия процессов и аппаратов химической технологии.** Предмет и задачи курса. История развития науки о процессах и аппаратах. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие науки о процессах и аппаратах. Типы химических производств. Система единиц измерения физических величин. Классификация машин и аппаратов и требования к ним: технологические, эксплуатационные, конструктивные, эргономические и экономические.

**Тема 2. Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования.** Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и

исследования. Принцип Ле-Шателье. Правило фаз Гиббса. Материальный и энергетический балансы. Феноменологический метод и кинетические закономерности для основных классов процессов. Физическое и математическое моделирование. Теория подобия. Метод анализа размерностей. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Физико-химические и теплофизические свойства сред, участвующих в процессах. Однородные и неоднородные смеси. Плотность. Вязкость. Поверхностное натяжение. Теплоемкость. Теплопроводность. Теплота фазового перехода.

### **Модуль 2. Основы гидравлических процессов.**

**Тема 3. Гидростатика.** Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Физический смысл уравнений. Частные случаи написания уравнений. Уравнения Эйлера. Уравнение неразрывности. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Примеры практического использования основного уравнения.

**Тема 4. Гидродинамика.** Гидродинамика. Уравнение Бернулли для потоков идеальной и реальной жидкостей и его физический смысл. Геометрический, пьезометрический и гидродинамический напоры. Гидродинамическое сопротивление и потерянный напор. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости. Режимы движения жидкости: ламинарный, переходный и турбулентный. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Коэффициенты гидравлического сопротивления и их определение. Потери напора на местных сопротивлениях. Коэффициенты местного сопротивления.

**Тема 5. Насосы.** Расчет трубопроводов. Насосы. Классификация и основные особенности конструкций. Общая схема насосной установки. Характеристики насоса и сети. Принципы подбора основных типов насосов.

### **Модуль 3. Основы теплообмена. Тепловые процессы.**

**Тема 6. Тепловые процессы.** Физические основы теплообмена. Общая характеристика процессов. Тепловой поток. Движущая сила. Основное уравнение теплопередачи. Способы передачи тепла. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Тепловой поток через плоскую и составную стенки. Тепловое излучение и законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта. Расчет лучистого теплообмена для простых случаев. Конвективный теплообмен и закон Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения Фурье и Фурье-Кирхгофа. Критерии теплового подобия и критериальные уравнения. Сложный теплообмен. Расчет коэффициента теплопередачи для наиболее распространенных случаев сложного теплообмена. Расчет среднего температурного напора для различных случаев движения теплоносителей. Нагревание, испарение, конденсация и охлаждение в производстве. Принципиальные схемы установок для нагревания водой, паром, топочными газами, электрическим током. Технологические схемы установок для охлаждения водой, льдом, воздухом.

**Тема 7. Теплообменная аппаратура.** Классификация и устройство теплообменной аппаратуры. Расчет коэффициентов теплоотдачи для рекуперативных теплообменников и теплообменных устройств реакторов. Основные положения метода расчета рекуперативных теплообменников. Подбор теплообменников.

**Тема 8. Выпаривание.** Процессы выпаривания. Физико-химические основы. Классификация процессов выпаривания. Технологические схемы установок для простого и многократного выпаривания и выпаривания с применением теплового насоса. Тепловой и материальный балансы. Расчет выпарных установок. Классификация и устройство выпарных аппаратов.

## **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

**Модуль 1. Теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии**

**Тема 1. Основные понятия процессов и аппаратов химической технологии.** Исследование реологических свойств жидкостей и дисперсных систем (вязкость, поверхностное натяжение, плотность и т.д.)

**Тема 2. Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования.**

**Модуль 2. Основы гидравлических процессов.**

**Тема 3. Гидростатика.** Решение задач по гидростатике.

**Тема 4. Гидродинамика.** Иллюстрация режимов движения жидкости. Определение расхода жидкости при истечении через отверстия. Исследование кинетики гравитационного осаждения. Разделение гетерогенных систем в центробежном поле. Изучение процесса фильтрования

**Тема 5. Насосы.** Изучение процесса газа сжатия в одноступенчатом компрессоре.

**Модуль 3. Основы теплообмена. Тепловые процессы.**

**Тема 6. Тепловые процессы.** Определение степени сухости водяного пара.

**Тема 7. Теплообменная аппаратура.** Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе».

**Тема 8. Выпаривание.** Расчет выпарных установок.

## 5. Образовательные технологии

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

- ✓ лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем лаборанта и преподавателя.

В ходе освоения дисциплины предусматривается применение следующих активных методов обучения:

- ✓ Выполнение лабораторных работ с элементами исследования.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится экзамен.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.

		текущей теме по рекомендованной литературе.	
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к экзамену.	Опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.

2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.

3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится в виде устного экзамена.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### 7.1. Типовые контрольные задания

#### Контрольные вопросы

1. Основные понятия процессов и аппаратов химической технологии. Предмет и задачи курса.

2. Расчет выпарных установок.

3. Классификация и устройство выпарных аппаратов.

4. Гидродинамическое сопротивление и потерянный напор.

5. Типы химических производств.

6. Система единиц измерения физических величин.

7. Режимы движения жидкости: ламинарный, переходный и турбулентный

8. Технологические схемы установок для простого и многократного выпаривания и выпаривания с применением теплового насоса.

9. Тепловой и материальный баланс выпаривания.

10. Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования. Принцип Ле-Шателье. Правило фаз Гиббса. Материальный и энергетический балансы.

11. Уравнение Дарси-Вейсбаха.

12. Коэффициенты гидравлического сопротивления и их определение.

13. Процессы выпаривания. Физико-химические основы.

14. Классификация процессов выпаривания.

15. Физико-химические и теплофизические свойства сред, участвующих в процессах.

16. Однородные и неоднородные смеси. Плотность. Вязкость. Поверхностное натяжение.

17. Потери напора на местных сопротивлениях.

18. Коэффициенты местного сопротивления.
19. Классификация и устройство теплообменной аппаратуры.
20. Основные положения метода расчета рекуперативных теплообменников.
21. Основы гидравлических процессов.
22. Расчет трубопроводов.
23. Критерии теплового подобия и критериальные уравнения.
24. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Физический смысл уравнений. Частные случаи написания уравнений.
25. Насосы. Классификация и основные особенности конструкций.
26. Общая схема насосной установки.
27. Конвективный теплообмен и закон Ньютона.
28. Коэффициент теплоотдачи.
29. Уравнения Эйлера. Уравнение неразрывности.
30. Отстаивание и осаждение.
31. Тепловое излучение и законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта.
32. Расчет лучистого теплообмена для простых случаев.
33. Основное уравнение гидростатики. Приборы для измерения давления.
34. Примеры практического использования основного уравнения.
35. Фильтрование.
36. Способы передачи тепла.
37. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности.
38. Основы гидродинамики.
39. Уравнение Бернулли для потоков идеальной и реальной жидкостей и его физический смысл.
40. Классификация процессов разделения.
41. Материальный баланс процессов разделения.
42. Тепловые процессы. Физические основы теплообмена.
43. Геометрический, пьезометрический и гидродинамический напоры.
44. Кинетика осаждения и кинетика фильтрования.
45. Критериальные уравнения осаждения для различных режимов.
46. Критериальное уравнение фильтрования.
47. Перемешивание жидких, пластических и сыпучих сред.
48. Классификация и устройство основных типов смесительных машин.
49. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости.
50. Процессы отстаивания и осаждения жидких неоднородных систем.
51. Отстаивание под действием гравитационных сил.
52. Осаждение под действием центробежных сил
53. Процессы псевдооживления.
54. Классификация и устройство аппаратов с псевдооживленным слоем.
55. Классификация и устройство оборудования для отстаивания и осаждения.
56. Процессы фильтрования.
57. Виды фильтрования. Движущие силы и скорость.
58. Классификация и устройство оборудования для фильтрования жидких неоднородных систем.
59. Процессы разделения неоднородных газовых систем.
60. Классификация и устройство газоочистительного оборудования.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

## 2. Критерии выставления оценок на экзамене:

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твёрдые и достаточно полные знания всего программного материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном реагировании на замечания по отдельным вопросам;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных вопросов программы, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их самостоятельной корректировки;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности излагаемых вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы экзаменатора.

## 3. Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля успеваемости – контрольной работы:

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы билета; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твёрдые и достаточно полные знания материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы, могут быть допущены несущественные недочеты в ответах и незначительные нарушения логики изложения материала;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных материала, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их последовательного и логического изложения, вызывает затруднение использование терминологии дисциплины;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, отсутствие способности к письменному изложению материала.

## 4. Критерии оценки контрольных работ (коллоквиум):

*оценка «отлично»:* ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности, демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение находить рациональные пути решения задач, устанавливать причинно- следственные связи между строением, свойствами и применением веществ, в логическом рассуждении при решении задачи, графических построениях нет ошибок, задача решена рациональным способом с корректным использованием необходимых физико-химических величин, получен верный ответ. Работа выполнена на 76-100%

*оценка «хорошо»:* дан полный, правильный ответ на основе изученных понятий, концепций, закономерностей, теорий, но допускаются несущественные ошибки в расчетах при решении задач. Работа выполнена на 66-75%.

*оценка «удовлетворительно»:* дан полный ответ, но при этом есть существенные ошибки указывающие на неумение использовать теоретические знания и умения при

решении поставленных задач. Данные пробелы в знаниях не препятствуют дальнейшему обучению. Работа выполнена на 50-65%

оценка «неудовлетворительно»: ответ обнаруживает незнание основного (порогового) содержания учебного материала Работа выполнена менее 50%

5. Критерии оценки устного опроса- критерии оценивания:

оценка «отлично» - выставляется студенту, если студент дал подробные ответы на все заданные вопросы. При этом студент должен показать знания не только из основной литературы, но и знания из дополнительной литературы, сети Internet;

оценка «хорошо» - выставляется студенту, если студент дал полные ответы на все вопросы, показав знания из основной литературы. При этом студент допустил незначительные ошибки в одном вопросе;

оценка «удовлетворительно» - выставляется студенту, если студент дал обобщенные ответы на все вопросы, показав знания из основной литературы. При этом студент допустил незначительные ошибки в нескольких вопросах;

оценка «неудовлетворительно» - выставляется студенту, если студент не дал базовые ответы на все вопросы, не продемонстрировал логической связи между теоретическим и практическим материалом. Не показал знания из основной литературы. Студент допустил значительные ошибки в вопросах.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### ***а) основная литература:***

1. Фролов, В.Ф. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии: (примеры и задачи): учебное пособие / В.Ф. Фролов, П.Г. Романков, О.М. Флисюк. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2010. - 544 с. - ISBN 978-5-93808-182-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98345>

2. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии": учебное пособие / В.Ф. Фролов. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2008. - 608 с. - ISBN 978-5-93808-158-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98347>

3. Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.М. Бородулин, В.Н. Иванец. - Электрон. текстовые данные. - Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. - 168 с. - 978-5-89289-435-7. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14388.html>

4. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для хим.-технол. специальностей вузов / А. Г. Касаткин. - Изд. 8-е, перераб. - М.: Химия, 1971. - 784 с.

### ***б) дополнительная литература:***

1. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе / Электрон. текстовые данные. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. - 72 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62571.html>

2. Общая химическая технология: Методология проектирования химико-технологических процессов: учеб. для студентов вузов / И. М. Кузнецова; под ред. Х.Э. Харлампики. - Изд. 2-е, перераб. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. - 447 с.

3. Общая химическая технология: Основные концепции проектирования химико-технологических систем: учеб. для студентов вузов / И. М. Кузнецова; под ред. Х.Э. Харлампики. - Изд. 2-е, перераб. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. - 380 с.

4. Процессы и аппараты в химической технологии: Метод. разработка к лекционному курсу. Вып. 2: Теплопередача / ДГУ; Сост. Т.М. Шабанова, З.М. Алиева, А.Т. Исаханова. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 1998. - 34 с. - 10-00.

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

- 1). eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1999. –Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 22.05.2018). – Яз. рус., англ.
- 2). Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный
- 3). Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru>.
- 4). ЭБС ibooks.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://ibooks.ru/>
- 5). ЭБС book.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: [www.book.ru/](http://www.book.ru/).
- 6). ЭБС iprbook.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31168.html>.

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

**Лекционный курс.** В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

**Лабораторные занятия.** Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

**Самостоятельная работа** выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Классификация основных процессов химической технологии. Физические свойства жидкостей и единицы измерения в СИ.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к
Основное уравнение гидростатики и ее применение для практических задач. Сила давления жидкости на плоские	

и криволинейные стенки.	участию в тематических дискуссиях;
Приборы для измерения давлений.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Гидродинамика. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. Уравнение неразрывности и уравнение Навье – Стокса.	- работа с вопросами для самопроверки;
Уравнение Бернулли для идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Практические приложения уравнения Бернулли для определения скорости и расхода жидкости.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Режимы движения вязкой жидкости.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Число Рейнольдса и его критические значения.	подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Скорость и расход жидкости при ламинарном движении (закон Стокса, уравнение Пуазейля)	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Скорость и расход истечения жидкости из резервуаров при постоянном напоре.	- работа с вопросами для самопроверки;
Опорожнение резервуаров при переменном напоре	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Основы теории гидродинамического подобия. Константы подобия, инварианты подобия. Критерии гидродинамического подобия. Теоремы подобия.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Гидравлические сопротивления в трубопроводах и в химической аппаратуре.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Потери напора (давления) на преодоление сил трения, определение коэффициента гидравлического трения расчетным путем.	- работа с вопросами для самопроверки;
Потери напора на преодоление местных сопротивлений.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Гидродинамика кипящего слоя. Скорость псевдоожижения, скорость витания, скорость уноса.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Двух- и трехфазные системы. Классификация и режимы движения двухфазных систем. Газосодержание. Законы сопротивления. Трехфазные системы.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Отстойники. Разделение жидких смесей отстаиванием. Производительность отстойника	- работа с вопросами для самопроверки;
Разделение жидких и газообразных неоднородных систем. Классификация неоднородных систем. Методы их разделения.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Осаждение. Гравитационное осаждение. Осаждение под действием центробежной силы. Скорость и поверхность осаждения.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Способы очистки газов. Производительность осадительных камер. Очистка газа в циклонах.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Устройство и принципы работы циклонов. Батарейные циклоны. Мокрая очистка газов.	- работа с вопросами для самопроверки;
Полюе и насадочные скрубберы. Пенные аппараты.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Фильтрация. Производительность фильтра, влияние различных факторов на производительность фильтра. Классификация, устройство и области применения фильтров.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Центрифугирование. Отстойные и фильтрующие центрифуги. Сепараторы. Гидроциклоны. Классификация центрифуг, расчет производительности, расход энергии.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Перемешивание в жидких средах.	- работа с вопросами для самопроверки;
Способы и режимы перемешивания. Классификация и устройство мешалок. Расход мощности при механическом перемешивании.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Классификация насосов, вентиляторов, компрессоров. Вентиляторы центробежные и осевые. Течение и классификация неньютоновских жидкостей.	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;

Теплообмен. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменников.	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Выпаривание растворов. Способы выпаривания. Выпарные аппараты.	- работа с вопросами для самопроверки;

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office
- Программа MathCAD

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОС3++ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждых двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы по аналитической химии.

1. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
2. Весы теххимические Leki B5002.
3. Дистиллятор А-10.
4. Центрифуга
5. Сушильный шкаф
6. Муфельная печь
7. Установка для вакуумного фильтрования
8. Установка для исследования гравитационного осаждения
9. Компрессор
10. Набор лабораторной посуды.
11. Необходимые реактивы.