

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра химии**

СОГЛАСОВАНА

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

И.о. декана химико-биологического

\_\_\_\_\_ профессор Саламов А.М.

факультета \_\_\_\_\_ М.К.Дакиева

« 20 » \_\_\_\_\_ марта \_\_\_\_\_ 2025 г.

« 21 » \_\_\_\_\_ марта \_\_\_\_\_ 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

**Факультет:** химико-биологический

**Направление подготовки /специальность:** 04.03.01. Химия

**Программа:** бакалавриат

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**МАГАС  
2025**

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Химическая технология» являются: изучение теоретических закономерностей основных процессов химической технологии; знакомство с теорией химических реакторов и общими принципами разработки химико-технологических процессов на основе системного подхода

Дисциплина способствует развитию у студентов знаний и умений в решении практических вопросов в области химической технологии, умение использовать теоретические подходы при разработке новых технологий и проводить численные расчеты. Курс должен содействовать развитию научного мировоззрения студентов.

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

Таблица 1.1.

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6
2.010 Специалист по промышленной	А	Проведение работ по исследованиям лекарственных	6	Проведение работ по фармацевтической разработке	А/01.6	6

фармации в области исследований лекарственных средств		средств		Проведение и мониторинг доклинических исследований лекарственных средств	A/02.6	6
				Проведение и мониторинг клинических исследований лекарственных препаратов	A/03.6	6
26.008 Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий	А	Мониторинг состояния окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий	6	Осуществление экологической оценки состояния поднадзорных территорий и возможности применения на них природоохранных биотехнологий	A/01.6	6
				Оценка риска и осуществление мер профилактики возникновения очагов вредных организмов на поднадзорных территориях с применением природоохранных биотехнологий	A/02.6	6
				Разработка маркерных систем и протоколов проведения мониторинга потенциально опасных биообъектов	A/06.6	6
				Составление прогнозных оценок влияния хозяйственной деятельности человека на состояние окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий	A/04.6	6

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Химическая технология - одна из фундаментальных дисциплин, относящихся к обязательной части обязательных дисциплин; изучается в 5 семестре.

Предлагаемый для изучения курс поможет студентам приобрести знания по основным процессам химической технологии, понять сущность их протекания на основе термодинамики, теории растворов и фазовых равновесий, химической кинетики и

катализа, механизма химических реакций, электрохимических процессов, коррозии и методов защиты от нее.

**Таблица 2.1.**

**Связь дисциплины «Химическая технология» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Химическая технология»	Семестр
Б1.О.11	Математика	1,2
Б1.О.15	Физика	1,2
Б1.О.14	Информатика	1,2
Б1.О.06	Неорганическая химия	2,3
Б1.В.09	Аналитическая химия	5

**Таблица 2.2.**

**Связь дисциплины «Химическая технология» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Химическая технология»	Семестр
Б1.О.07	Органическая химия	6,7
Б1.О.08	Физическая химия	6,7
Б1.О.26	Физические методы исследования	6
Б1.О.20	Химические основы биологических процессов	7
Б1.В.07	Высокомолекулярные соединения	8
Б1.В.ДВ.03.01	Коллоидная химия	8
Б1.В.ДВ.06.01	Теоретические основы неорганической химии	8

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:**

- базовую терминологию, относящуюся к основным процессам и аппаратам химической технологии;
- основные понятия и законы гидродинамики, процессов тепло- и массообмена;

- основные технологические критерии эффективности химико-технологического процесса и их математическое выражение;
- структуру математической модели химического реактора и приемы ее упрощения;
- основные положения математической теории эксперимента.

**Уметь:**

- работать со справочной литературой (таблицами, расчетными диаграммами и номограммами), предназначенной для решения инженерных задач;
- производить расчет термодинамических и кинетических характеристик типовых процессов химической технологии;
- решать задачи по расчету параметров технологического режима и определяющих размеров основных аппаратов химической технологии;
- моделировать химико-технологические процессы с целью их расчета и оптимизации.

**• Владеть:**

- пространственным мышлением;
- основными понятиями химии;
- навыками поиска и обработки информации;
- основами технологии получения веществ.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
<i>Универсальные компетенции и индикаторы их достижения</i>			
УК-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1. Определяет свою роль в социальном взаимодействии и командной работе, исходя из стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели;	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функции и средства общения;</li> <li>- психологические особенности общения с различными категориями групп людей (по возрасту, этническим и религиозным признакам и др.);</li> <li>- источники, причины и</li> </ul>

		<b>УК-3.2.</b> При реализации своей роли в социальном взаимодействии и командной работе учитывает особенности поведения и интересы других участников;	<p>способы управления конфликтами;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методики воспитательной работы, основные принципы деятельностного подхода, виды и приемы современных педагогических технологий;</li> <li>- методы убеждения, аргументации своей позиции;</li> <li>- сущностные характеристики и типологию лидерства;</li> <li>- факторы эффективного лидерства.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- эффективно взаимодействовать с другими членами команды, в т.ч. участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентации результатов работы команды; - планировать, организовывать и координировать работы в коллективе;</li> <li>- поддерживать в коллективе деловую, дружелюбную атмосферу.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой воспитательной работы, основными принципами деятельностного подхода, видами и приемами современных педагогических технологий;</li> </ul>
		<b>УК-3-3.</b> Анализирует возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и строит продуктивное взаимодействие с учетом этого;	
		<b>УК- 3.4.</b> Осуществляет обмен информацией, знаниями и опытом с членами команды; оценивает идеи других членов команды для достижения поставленной цели;	
		<b>УК-3.5.</b> Соблюдает нормы и установленные правила командной работы; несет личную ответственность за результат.	
<b>Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</b>			
ПК-2	Способен использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований.	<b>ПК-2.1.</b> Знает технические данные современной химической аппаратуры, с целью получения достоверных результатов научных	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы работы современных аналитических приборов;</li> <li>- теоретические основы химических, физических, физико-химических методов анализа;</li> </ul>

		исследований	<p>- принципы работы современных аналитических приборов, используемых при проведении собственных научных исследований.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получать и интерпретировать аналитический сигнал при проведении анализа;</li> <li>- проводить отбор и подготовку проб к анализу, применять современную аппаратуру при анализе сложных по химическому составу объектов, осуществлять математическую обработку полученных экспериментальных данных, интерпретировать полученные результаты исследований;</li> <li>- использовать инструментальные методы анализа при проведении научных исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы на современном аналитическом оборудовании;</li> <li>- навыками работы на современной аппаратуре при проведении химических экспериментов;</li> <li>- методами регистрации обработки результатов химических экспериментов</li> <li>- навыками работы на современной аппаратуре при проведении собственных научных исследований.</li> </ul>
		<p><b>ПК-2.2.</b> Умеет использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований</p> <p><b>ПК-2.3.</b> Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований.</p>	

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	5 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	216	216
Аудиторные занятия	132	132
Лекции	36	36
Лабораторные занятия	96	96
Самостоятельная работа студентов (СРС)	57	57
Контроль	27	27

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**Таблица 5.1.**

**5.1. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (час)				Формы контроля
			Лек-ции	Лаборатор-ные работы	Самос-тояте-льные работы		
1.	Предмет и задачи химической технологии.	5	4	2	7		опрос
2.	Основные технологические понятия и определения.	5	6	16	10		Коллоквиум
3.	Классификация основных процессов.	5	6	20	10		опрос
4.	Общие вопросы химической технологии	5	6	20	10		Коллоквиум
5.	Теоретические основы химической технологии	5	6	18	10		Коллоквиум
6.	Производственные процессы	5	8	20	10		Расчетные задачи
	Итого:		<b>36</b>	<b>96</b>	<b>57</b>		

**5.2. Содержание дисциплины «Химическая технология»**



## **Тема 1. Предмет и задачи химической технологии. Основные технологические понятия и определения. Классификация основных процессов.**

Предмет и задачи химической технологии. Важнейшие направления развития химической техники и технологии. Химическая промышленность и проблемы жизнеобеспечения.

Роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства. Место химической промышленности в народнохозяйственном комплексе страны.

Химико-технологический процесс (ХТП) и его содержание. Лимитирующие стадии. Процессы, протекающие в кинетической, диффузионной и переходной областях.

Технологические критерии эффективности функционирования химико-технологического процесса.

Основные технологические понятия и определения: производительность, мощность, интенсивность, расходные коэффициенты, степень превращения, выход продукта, селективность (интегральная и дифференциальная).

Классификация основных процессов химической технологии. Гидромеханические, массообменные (диффузионные), тепловые, химические и механические процессы.

Кинетические закономерности основных процессов химической технологии. Понятие движущей силы ХТП.

Организационно-техническая структура основных процессов химической технологии. Периодические, непрерывные и полунепрерывные ХТП. Продолжительность, период и степень непрерывности.

Схемы движения материальных и энергетических потоков. Прямоточные, противоточные и перекрестные процессы.

Гомогенные и гетерогенные ХТП. Стационарные (установившиеся) и нестационарные (неустановившиеся) процессы.

Задачи и основные стадии научно-исследовательской, опытно-производственной и проектной работы в химической промышленности. Особенности изучения промышленных химико-технологических процессов по сравнению с лабораторными исследованиями.

## **Тема 2. Общие вопросы химической технологии**

Термодинамические расчеты химико-технологических процессов. Экстенсивные (объем, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия и др.) и интенсивные (температура, давление и др.) термодинамические параметры и интенсификация ХТП. Равновесия в гомогенных и гетерогенных химико-технологических процессах. Изменение энергии Гиббса и направление протекания процесса. Методы теоретического расчета и экспериментального определения изменения энергии Гиббса.

Качественная и количественная оценка подвижного химического равновесия. Закон действующих масс. Константа равновесия и равновесный выход продукта.

Особенности исследования равновесия в гетерогенных технологических процессах. Правило фаз и фазовые равновесия.

Влияние давления, температуры, концентрации и других факторов на состояние химического равновесия. Расчет равновесия по термодинамическим данным.

Основные принципы термодинамического анализа ХТП. Сущность эксергетического метода. Эксергетический баланс и эксергетический КПД. Использование законов химической кинетики при выборе технологического режима.

Понятие химической и «технической» кинетики. Значение термодинамических, микро- и макрокинетических закономерностей для технологии.

Факторы, определяющие скорость химико-технических процессов, протекающих в гомо- и гетерогенных средах. Роль концентрации реагентов, температуры, давления и

обновления поверхности реагирующих фаз на скорость протекания технологических процессов.

Основные формулы скорости ХТП. Кинетика элементарных (одностадийных) и неэлементарных (сложных) химических реакций. Константа (коэффициент) скорости. Влияние движущей силы на скорость технологических процессов.

Технологические приемы ускорения (замедления) реакций. Экономические и технологические факторы, ограничивающие применение высоких температур и давлений как средств регулирования скорости ХТП.

Влияние гидродинамической обстановки и турбулентности реагирующей смеси на скорость технологических процессов.

Промышленный катализ. Производственные процессы с применением твердых, жидких и газообразных катализаторов. Особенности аппаратного оформления каталитических процессов. Биокатализаторы и иммобилизованные ферменты.

Сырьевая база химической промышленности. Задачи стандартизации, кондиционирования и обогащения сырья.

Сущность комплексного и рационального использования сырьевых ресурсов. Принципы организации малоотходных и безотходных технологических схем. Вторичное сырье и его переработка.

Фундаментальные критерии эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов.

Виды и источники энергии, используемые в химических производственных процессах. Сопоставление масштабов изменения различных форм энергии в типовых процессах химической технологии.

Термодинамическая шкала качества тепловой энергии. Уравнения баланса энтропии; рост энтропии в технологическом процессе. Энерготехнологические схемы и их сущность.

Химическая технология и материаловедение. Современная систематика конструкционных материалов по составу, свойствам и функциональному назначению.

Функциональные материалы в химической технологии: катализаторы, абсорбенты, мембраны, фильтрующие составы, сенсоры, электроды и т.п. Металлические и неметаллические материалы, особенности их защиты от коррозии.

Современное химическое производство как сложная система. Постановка общей задачи разработки и создания химико-технологических систем (ХТС). Принципы и общая стратегия системного подхода.

Основные понятия и определения системного анализа ХТС. Классификация моделей ХТС. Типы технологических связей.

Структурная иерархия технологических систем. Математические модели ХТС. Задачи синтеза, анализа и оптимизации моделей ХТС. Проблемы, возникающие при разработке и эксплуатации агрегатов большой единичной мощности. Надежность ХТС.

Экономические показатели эффективности химического производства. Техно-экономические особенности химической промышленности. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции, прибыль и ценообразование. Оценка эффективности инвестиционных проектов.

### **Тема 3. Теоретические основы химической технологии**

Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии. Важнейшие макроскопические параметры, характеризующие перенос и превращение вещества, импульса и энергии в распределяемых неравновесных системах.

Обобщенная форма дифференциальных уравнений баланса, связывающих функции плотности, потока и источника субстанции. Классические законы пропорциональности кондуктивных потоков химического компонента, импульса и теплоты градиентов концентрации, скорости и температуры.

Характеристика коэффициентов переноса в различных средах. Конкретные формы дифференциальных уравнений баланса вещества, импульса и энергии.

Элементы механики жидкостей и газов. Важнейшие физические свойства «идеальных» и «реальных» жидкостей, относящиеся к процессам химической технологии.

Элементы гидромеханики и технической гидравлики. Дифференциальные уравнения Эйлера для покоящейся жидкости. Основные уравнения гидростатики и закон Паскаля.

Режимы движения жидкости. Критерий гидродинамического подобия Рейнольдса. Течение сплошной среды в гладкостенных каналах.

Основы гидрокинетики и гидродинамики, уравнение Бернулли. Материальный баланс гидромеханических процессов.

Движущая сила гидромеханических процессов. Насосы, насосная установка, компрессорные машины. Методы смешения фаз и разведения гетерогенных смесей.

Тепловые процессы в химической технологии. Общая характеристика процессов теплообмена. Основное уравнение теплопередачи.

Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенки. Коэффициент теплопередачи и движущая сила тепловых процессов.

Способы теплопередачи: теплопроводность (закон Фурье), конвекция (закон охлаждения Ньютона) и тепловое излучение (расчетная форма законов Стефана-Больцмана).

Температурное поле и температурный градиент. Коэффициенты теплопереноса: полуэмпирические критериальные соотношения. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Теплообмен с зернистыми материалами и насадками.

Важнейшие тепловые процессы (нагревание, охлаждение, конденсация и испарение) в химической технологии. Выпаривание (частный случай испарения) как метод концентрирования растворов твердых нелетучих веществ. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышения их термодинамической эффективности.

Общая характеристика теплообменных аппаратов. Рекуперативные, регенеративные и смешительные теплообменные аппараты.

Общие сведения о массообменных процессах. Место массопереноса в общей технологической схеме. Основные принципы массообменных процессов в системах *газ-жидкость*, *жидкость-жидкость*, *газ-твердое тело* и *жидкость-твердое тело*.

Равновесные, кинетические и механические факторы в организации процессов межфазного массообмена. Материальный баланс. Рабочие линии. Движущая сила массопередачи.

Основные способы массопередачи: молекулярная диффузия (уравнения Фика), конвективный перенос. Модифицированные уравнения массопередачи. Системы с твердой фазой. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.

Подобие процессов массопередачи. Критерии подобия диффузионного массопереноса. Средняя движущая сила и методы расчета массообменных процессов. Аналогия стационарных массообменных процессов с тепловыми.

Абсорбция. Физические основы. Равновесие в системе *газ-жидкость*. Материальный и тепловой баланс абсорбционных процессов, их кинетические закономерности.

Аппаратурное оформление абсорбционных процессов. Математическое моделирование нестационарных процессов адсорбции в колонках с неподвижным слоем сорбента. Описание внутридиффузионного режима сорбции (десорбции) вещества в пористых гранулах адсорбента. Принципиальные схемы абсорбции. Критерии построения оптимальных сорбционно-десорбционных циклов.

Перегонка жидкостей. Общие сведения о простой перегонке (дистилляции) и ректификации. Характеристика двухфазных систем жидкость-пар. Фазовое равновесие и классификация бинарных систем.

Аппаратурное оформление и моделирование процессов разведения жидких смесей методом ректификации. Глубина разделения и производительность ректификационной колонны. Основные источники энергозатрат при ректификации и пути их снижения.

Процессы мембранного разделения смесей веществ. Сущность и кинетические особенности мембранной технологии. Равновесные и кинетические факторы, определяющие эффективность мембранного разделения.

Иерархическая структура современных мембранных материалов. Теоретическая минимальная работа разведения. Мембранные аппараты; многоступенчатые каскады разделительных модулей.

Моделирование химико-технологических процессов. Значение и взаимосвязь теоретических и экспериментальных методов исследования. Моделирование как средство сокращения сроков перехода от лабораторных исследований к проектным разработкам.

Теория подобия как основа моделирования химико-технологических процессов и реакторов. Виды подобия и классификация моделей (символические, реальные и мысленные).

Виды моделирования в химической технологии. Области применения и ограничения использования физического моделирования. Модель механического подобия. Критерий Ньютона.

Сущность и основные этапы математического моделирования: построение математической модели, создание алгоритма, установление адекватности модели и реального процесса. Преимущества математического моделирования на электронно-вычислительных машинах.

Общие сведения о химических реакторах. Классификация реакторов и режимов их работы. Требования, предъявляемые к химическим реакторам. Уравнения материального баланса для элементарного объема проточного реактора.

Гидродинамическая обстановка, организационно-техническая структура, условия теплообмена, фазовый состав реакционной смеси и конструкционные особенности химических реакторов.

Математическое моделирование химических реакторов и протекающих в них химических процессов. Химические реакторы с идеальной структурой потока в изотермическом режиме.

Реакторы идеального смешения (РИС) периодического (РИС-П) и непрерывного (РИС-Н) действия; их математические модели. Характеристические уравнения периодических и непрерывных реакторов в стационарном режиме.

Реакторы идеального вытеснения (РИВ). Математическое описание трубчатого реактора в нестационарном режиме. Профили линейных скоростей потока в ламинарном, развитом турбулентном и поршневом режимах течения жидкой реакционной смеси в проточных трубчатых реакторах.

Сравнение эффективности работы проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Факторы, ограничивающие применение аппаратов, работающих в режиме, близком к идеальному вытеснению.

Каскад реакторов идеального смешения. Математическая модель каскада. Аналитические и численные методы расчета каскада. Секционные реакторы с перемешиванием.

Химические реакторы с неидеальной структурой гидродинамической обстановки. Причины отклонений от идеальности в проточных реакторах.

Модели реакторов с неидеальной структурой потоков реакционной смеси. Однопараметрические ячеечная и диффузионная модели.

#### **Тема 4. Производственные процессы**

Статические и прогнозные данные о сырьевом и энергетическом обеспечении современных крупномасштабных химических производств. Сведения о мировом и отечественном производстве важнейших групп химических продуктов в тоннажном и стоимостном выражении.

Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов, их воздействии на окружающую среду. Утилизация отходов и переработка вторичного сырья.

Многовариантность и сложность решения задачи синтеза и оптимизации технологической схемы современного крупного химического производства. Принцип многостадийности химической переработки исходного сырья в конечные (целевые) продукты.

Оптимальное варьирование способов ввода реагентов в реакционную зону и вывода продуктов из нее. Структурная организация процессов теплообмена и вспомогательных потоков теплоносителей в современных технологических системах.

Подсистемы контроля и управления технологическими процессами. Виды технологического анализа на химических предприятиях.

Перспективы использования суперкомпьютеров для анализа динамического поведения многоступенчатых технологических систем и оптимального управления действующими химическими производствами.

Технология серной кислоты. Сырьевая база сернокислотной промышленности. Виды серосодержащего сырья. Использование отходящих газов цветной металлургии и тепловых электростанций.

Печное отделение современного сернокислотного завода. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья. Общая характеристика печей ВХЗ, ПО и КС. Материальный и тепловой баланс печного отделения для обжига колчедана.

Очистка обжигового газа, физико-химические основы механического и электрического методов очистки. Очистное отделение современной контактной сернокислотной системы.

Равновесные и кинетические закономерности процессов окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  на катализаторах. Система двойного контактирования и двойной абсорбции.

Катализаторы окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ . Ванадиевая контактная масса серии БАВ, СВД, ИК. Контактные аппараты с внутренним и внешним теплообменом.

Физико-химические основы абсорбции серного ангидрида из газовой смеси. Моногидратный и олеумный абсорберы. Абсорбционное отделение сернокислотного завода.

Контактная, схема производства серной кислоты как сложная химико-технологическая система. Пути интенсификации сернокислотного производства. Техно-экономические показатели.

Проблема связанного азота. Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота в решении продовольственного вопроса.

Способы получения азотоводородной смеси. Структура современного производства аммиака из природного газа. Гибкое использование гетерогенных катализаторов в многоступенчатой схеме приготовления и очистки АВС.

Термодинамические и кинетические особенности процесса синтеза аммиака. Особенности циркуляционной схемы. Утилизация отходящих газов. Оценка потерь эксэргии и капитальных затрат.

Физико-химические основы и аппаратное оформление процессов селективного окисления аммиака. Промышленные катализаторы. Альтернативные варианты процессов конверсии аммиака.

Структура и особенности технологической схемы производства разбавленной азотной кислоты. Промышленная реализация схемы  $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ . Основы каталитического обезвреживания отходящих газов. Причины низкой эксэргетической эффективности производства азотной кислоты.

Производство концентрированной азотной кислоты. Анализ диаграмм состояния  $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HNO}_3$ . Прямой (нитроолеумный) метод производства концентрированной азотной кислоты.

Физико-химические основы и технологическая схема производства нитрата аммония. Использование теплоты нейтрализации. Производство карбамида. Перспективы биотехнологии в решении проблемы фиксации азота.

Производство фосфора и фосфорной кислоты. Выбор способа технологической переработки (кислотного, термического, гидротермического, плазмохимического) фосфатного минерального сырья.

Экстракционная фосфорная кислота как основа производства минеральных удобрений. Электротермическое получение элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Политермический анализ фазовых равновесий в растворах многокомпонентных систем - основа выбора технологических параметров процесса комплексной переработки апатита. Дегидратный, полигидратный и ангидритный способы разложения.

Совершенствование аппаратного оформления кислотного разложения природных фосфатов: переход от каскада реакторов с перемешиванием к лабиринтному типу непрерывного экстрактора. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температурного режима и способа разложения апатита. Баланс по фтору в производстве фосфорной кислоты и удобрений.

Основные направления применения электрохимических производств. Первичные и вторичные химические источники электроэнергии. Преимущества электрохимических производств перед химическими.

Теоретические основы электролиза водных растворов и расплавленных сред. Выход по току, коэффициент использования энергии и баланс напряжений.

Электрохимическое производство хлора и каустической соды. Основные стадии процесса приготовления и очистки рассола. Электролиз водных растворов хлорида натрия.

Типы промышленных электролитических ванн. Электролизеры с твердым стальным катодом и фильтрующей диафрагмой, реакторы для разложения амальгамы - электролизер с ртутным катодом.

Сравнительный анализ тепловых потоков и потоков энергии в различных технологических схемах производства хлора и едкого натрия. Экологические и санитарно-гигиенические аспекты электрохимических и электротермических производств.

Энергетические проблемы химической технологии. Мировые запасы твердых, жидких и газообразных видов топлива. Динамика роста потребления различных видов энергоносителей.

Общая характеристика нефти (углеводородный состав, сорта, свойства) и нефтепродуктов (фракционный состав, детонационные свойства, химическая стабильность и др.), подготовка нефти к переработке.

Первичные (физические) методы переработки нефти. Прямая перегонка нефти. Состав и характеристика дистиллятов. Атмосферные и атмосферно-вакуумные установки для прямой перегонки. Очистка продуктов прямой перегонки от сернистых и кислородных примесей.

Вторичные (физико-химические) методы переработки нефти и нефтепродуктов. Технологический режим и принципиальная схема термического крекинга с высокой реакционной камерой. Аппаратурное оформление процесса. Характеристика бензинов термического крекинга.

Глубокие деструктивные процессы распада углеводородов, протекающие при термокаталитическом крекинге. Каталитический крекинг - важнейший многотоннажный

технологический процесс переработки нефтяных фракций. Типы контактных аппаратов. Свойства бензинов термокаталитического крекинга.

Контактные массы для каталитического крекинга. Алюмосиликатные катализаторы (от природных глин до цеолитсодержащих синтетических). Новые модифицированные и ультрастабилизированные микросферные катализаторы.

Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга: стационарный слой контактной массы, псевдоожиженный микросферный слой и движущийся слой гранулированного катализатора. Основные технологические параметры современных схем термокаталитического крекинга.

Очистка и стабилизация нефтепродуктов. Щелочная, сернокислотная, адсорбционная и каталитическая очистка. Гидроочистка и очистка на селективных растворителях. Охрана окружающей среды при нефтепереработке.

Промышленный органический синтез. Основные группы исходных веществ (парафиновые, олефины, ацетилен, ароматические, окись углерода и синтез-газ), используемых в органическом синтезе.

Типовые процессы большого органического синтеза: окисление и восстановление, гидрирование и дегидрирование, гидратация и дегидратация, гидролиз, алкилирование, конденсация, полимеризация, этерификация, нитрование, галогенирование, сульфирование и т.п. Отличительные особенности процессов промышленного органического синтеза.

Синтезы на основе окиси углерода и водорода. Работы Сабатье, Орлова, Фишера и Тропша. Синтезы алканов (до синтетического бензина), алкенов, кислородсодержащих соединений.

Синтез метанола. Аналогия функциональных схем получения азото-водородной смеси (для синтеза аммиака) и синтез-газа (для получения метанола). Физико-химические основы процесса. Применимость уравнения Темкина для анализа скорости синтеза метанола.

Технологическая и функциональные схемы синтеза метанола. Конструктивные особенности колонны синтеза и контактных систем. Техничко-экономические показатели агрегата с совмещенной насадкой колонны.

Новые направления в развитии производства метанола: укрупнение мощности единичного оборудования, бесконверсионная переработка синтез-газа, совмещение синтеза метанола с производством других продуктов. Охрана окружающей среды в производстве метанола.

Гидратация этилена (сернокислотная и прямая каталитическая) - основной промышленный способ производства этанола. Физико-химические основы и технологические схемы процессов. Техничко-экономические показатели обеих схем получения этилового спирта.

Производство высокомолекулярных соединений (ВМС). Сырьевая база, состав и основные свойства ВМС. Полимеризационные и поликонденсационные полимеры, их особенности. Термопластичные и термореактивные полимеры.

Промышленное получение полиэтиленов (ПЭ) низкой (ПЭНП) и высокой (ПЭВП) плотности. Особенности технологической схемы радикальной полимеризации этилена при различных давлениях в газовой фазе на оксидных и Циглера-Натта катализаторах в аппаратах с псевдоожиженным слоем.

Химическая модификация как метод промышленного получения полиэтиленов с новыми эксплуатационными свойствами. Хлорированный и хлор-сульфированный полиэтилены. Технология переработки и области применения ПЭ и изделий из него. Экологические аспекты производства и переработки полиэтиленов

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных и лабораторных занятий. Предусмотрены лекции-визуализации с проблемным изложением основных тем курса, которые входят в рабочую программу (представлены в таблице «Содержание дисциплины»). Рекомендуемые образовательные технологии: рейтинговая технология, технология интегративного, проблемного, инновационного, личностно-ориентированного, дифференцированного, индивидуального, развивающего обучения и гуманистического образования. Предусматривается чтение части лекций с использованием мультимедийных средств обучения.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### 7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2004.
2. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
3. Мухленов И.П., Авербух А.Я., Тумаркина Е.С., Фурмер И.Э. Общая химическая технология /под редакцией Мухленова И.П./. М.: Высшая школа, 1984.

### 7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 7.1.**

#### **Содержание самостоятельной работы обучающихся**

<i>Номер раздела (темы)</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Подготовка сырья к переработке. Комплексное использование сырья	6	собеседование, тестовый контроль
2.	Экономия и пути рационального использования энергии. Экономия и пути рационального использования тепла	4	



3.	Технико-экономические показатели предприятия Кинетическая, диффузионная и переходная области протекания процессов	10	Собеседование, тестовый контроль
4.	Необходимость создания новых химико-технологических процессов (ХТП) в условиях изменения структуры ресурсобеспечения и повышения требований к безопасности и экологической чистоте химических производств	10	Собеседование, тестовый контроль
5.	Химические производства как сложные системы: основные понятия и принципы системного анализа сложных проблем, общие методы системного описания химических производств.	10	собеседование, тестовый контроль
6.	Вулканизация каучуков, принцип метода и вулканизирующие агенты	4	собеседование, тестовый контроль
7.	Стекла. Состав, строение и классификация стекол. Сырье в стекольной промышленности	6	собеседование, тестовый контроль
8.	Производство синтетических моющих средств	7	собеседование, тестовый контроль

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### *Вопросы для собеседования*

1. Теоретические основы химической технологии, общий обзор.
2. Законы сохранения в химической технологии.
3. Виды материального баланса.
4. Получение уравнений рабочих линий на основе материального баланса.
5. Законы равновесия в химической технологии. Значение законов равновесия. Особенности концентрационного равновесия.
6. Теоретический вывод линий равновесия.
7. Общие закономерности процессов переноса.
8. Потенциалы переноса, коэффициенты в уравнениях переноса. Значение законов переноса в технологии.
9. Теория подобия и моделирование. Виды моделирования. Основные критерии подобия в гидродинамике.
10. Метод обобщенных координат.
11. Гидродинамика, основные задачи. Гидромеханические процессы, общий обзор.
12. Уравнение неразрывности потока, вывод и значение.
13. Основное уравнение гидродинамики, вывод и значение. Основы гидростатики.

14. Применение основного закона гидростатики. Уравнение Бернулли. Смысл двух его форм. Применение в химической технологии.
15. Принципы измерения расхода гидравлическими методами. Основные устройства для измерения расхода.
16. Уравнение Гагена-Пуазейля. Область применения.
17. Доказательство параболичности распределения скоростей в ламинарном потоке.
18. Соотношение между средней и максимальной скоростями.
19. Сопротивление движению в трубах. Уравнение Дарси.
20. Зависимость коэффициента трения и сопротивления от скорости.
21. Расчет трубопроводов. Внешняя гидродинамика.
22. Задача обтекания твердых тел жидкостью.
23. Основные критерии подобия. Эмпирические закономерности.
24. Сопротивление движению в вязкой среде. Законы Стокса.
25. Обобщенное уравнение осаждения в критериальной форме.
26. Уравнение Тодеса.
27. Неоднородные системы, характеристика, основные способы разделения. Учет сгущения суспензии при отстаивании.
28. Основные типы отстойников. Пример расчета для отстойника.
29. Центрифугирование. Фактор разделения. Расчет давления на стенки центрифуги.
30. Принципы расчета времени центрифугирования. Сепараторы, циклоны.
31. Теория взвешенного слоя.
32. Применение в промышленности.
33. Выражение критерия Рейнольдса через размеры частиц и скорость среды в свободном сечении аппарата. Модифицированный критерий Рейнольдса.
34. Процесс фильтрования, основные уравнения. Практическое определение констант уравнения и удельных сопротивлений осадка и фильтра.
35. Основные конструкции промышленных фильтров.
36. Тепловые процессы. Значение. Основные способы передачи тепла. Основное уравнение теплопередачи, характерный температурный профиль процесса. Смысл коэффициента теплопередачи.
37. Теплопроводность. Уравнение для плоской стенки.
38. Взаимосвязь понятий теплопроводность и термическое сопротивление.
39. Теплопроводность многослойной плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки.
40. Понятие средней поверхности теплообмена в этом случае. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.
41. Конвективная теплоотдача. Смысл коэффициента теплоотдачи. Основные тепловые критерии подобия.
42. Характерные критериальные уравнения.
43. Теплопередача при постоянной температуре теплоносителей.
44. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Выражение для коэффициента теплопередачи.
45. Различные схемы теплообмена: противоток и прямоток; схемы с постоянными и переменными температурами теплоносителей. Примеры установок.
46. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Вывод величины средней движущей силы.
47. Определение средних температур теплоносителей.
48. Промышленные способы подвода и отвода тепла.
49. Основные характеристики теплоносителей. Основные типы теплообменников.
50. Классификация массообменных процессов. Основное уравнение массопередачи. Смысл коэффициента массопередачи.
51. Особенности определения движущих сил при массопередаче. Конвекция и массоотдача. Смысл коэффициента массоотдачи.

52. Особенности профиля изменения концентраций для различных случаев.
53. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
54. Основные критерии подобия в процессах массопередачи.
55. Перегонка и ректификация. Уравнения рабочих линий процесса ректификации.

**Примерный комплект заданий для контрольных работ по дисциплине  
«Химическая технология»**

**Вариант 1**

1. Высота пористого слоя 0,5 м, плотность частиц  $1600 \text{ кг/м}^3$ , порозность 35%. Вычислить гидравлическое сопротивление пористого слоя.
2. Показания водяного вакуумметра 272 мм. Каково давление в аппарате, если атмосферное давление 750 мм рт. ст.? Плотность ртути  $13,6 \text{ г/см}^3$ .
3. При какой скорости движения стеклянного шарика диаметром 1 мм в воде при  $20^\circ\text{C}$  обтекание можно считать ламинарным?
4. Горячий раствор охлаждается в холодильнике водой от  $90^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$ . Охлаждающая вода нагревается от  $10^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$ . Вычислить среднюю разность температур теплоносителей.
5. Давление в бутылке с газированной водой 3 атм. Какова концентрация углекислого газа в воде, если константа Генри 1500 атм?

**Вариант 2**

1. Какова теплопроводность изоляции из двух слоев: 3 см дерева и 1 см пенопласта? Удельные теплопроводности соответственно  $0,20 \text{ Вт/(м град)}$  и  $0,05 \text{ Вт/(м град)}$ .
2. Коэффициент массоотдачи аммиака в воздухе  $0,68 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ моль/моль)}$ . Концентрация газа в воздухе 5 % (об.). Какова концентрация у поверхности раствора, если плотность массового потока составляет  $0,01 \text{ (моль/с)/м}^2$ ?
3. Коэффициенты массоотдачи при поглощении газа жидкостью равны соответственно  $0,4 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ моль/моль)}$  и  $0,01 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ г/г)}$ . Константа равновесия  $0,1 \text{ (моль/моль)/(г/г)}$ . Вычислить коэффициент массопередачи.
4. Коэффициенты теплоотдачи 600 и  $1800 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$ , теплопроводность железной стенки  $7000 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$ . Вычислить коэффициент теплопередачи.
5. В абсорбер поступает вода со скоростью 100 л/мин и противотоком газовая смесь, содержащая 50 % (об.) аммиака, в количестве  $1,2 \text{ м}^3 \text{ /час}$ . Раствор на выходе содержит 6,8 % (масс.) аммиака. Каков состав выходящей газовой смеси?

**Вариант 3**

1. При брожении кваса концентрация углекислого газа достигает 1 % (масс.). Каково давление в емкости, если константа Генри 1500 атм?
2. Растворимость соли 400 г/л. Начальная скорость растворения  $40 \text{ (г/с)/м}^2$ . Оценить коэффициент диффузии, считая толщину диффузионного слоя 10 мкм. 10-9.
3. Мольные доли вещества в двух жидкостях 0,001 и 0,02. Константа равновесия 0,01. Плотность потока при экстракции  $0,2 \text{ ммоль/м}^2$ . Каковы коэффициенты массопередачи?
4. Определить коэффициент массопередачи при кипении воды на открытом воздухе, если за 1 с испаряется  $30 \text{ г/м}^2$ .
5. Горячий раствор в холодильнике охлаждается от  $90^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$ , охлаждающая вода нагревается от  $5^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$ . Как сильно различаются расходы теплоносителей?

**Вариант 4**

1. При какой максимальной скорости течения глицерина в трубке диаметром 25 мм сохраняется ламинарный режим? Вязкость глицерина принять равной 0,8 Па·с; плотность – 1230 кг/м<sup>3</sup>.
2. Круглую трубу на некотором участке деформировали в трубу с квадратным сечением, сохранив толщину стенок. Как изменится скорость на этом участке?
3. Вода нагревается в теплообменнике от 10<sup>0</sup> С до 50<sup>0</sup> С при средней температуре стенки 80<sup>0</sup>С. Каков коэффициент теплоотдачи, если поверхность теплообмена 20 м<sup>2</sup>, а расход воды 10 л/с?
4. Скорость течения воды при сужении трубы увеличилась от 0,2 до 0,9 м/с. Как изменилось давление?
5. Температура в оранжерее +20 С, на улице -20 С. Перепад температуры в сантиметровом стекле 16<sup>0</sup>С. Каков коэффициент теплопередачи? Теплопроводность стекла 0,7 Вт/(м град).

***Критерии оценки ответа студента при выполнении контрольной работы***

Оценка	Требования к знаниям
отлично	приведены полные правильные решения, ответы грамотно аргументированы
хорошо	допущены незначительные погрешности при ответах на вопросы, аргументация была не полной
удовлетворительно	В ответах на некоторые вопросы допущены грубые ошибки, часть выводов не аргументирована или аргументирована неправильно
неудовлетворительно	Ответы на 50 и более % вопросов ошибочны, большинство выводов не аргументированы или аргументированы неправильно

***Типовые вопросы к коллоквиуму по теоретическим основам химической технологии***

1. Основные задачи науки о процессах и аппаратах.
2. Классификация основных производственных процессов: по содержанию, по изменению параметров во времени, по организации.
3. Законы сохранения основных субстанций в химической технологии: массы, энергии, импульса.
4. Законы равновесия. Основные задачи, решаемые при помощи законов равновесия.
5. Условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса.
6. Механическое и тепловое равновесие. Равновесие в массообменных процессах, химический потенциал.
7. Вывод теоретических линий равновесия на примере законов Генри и Рауля.
8. Законы переноса. Потенциалы переноса, градиенты потенциалов переноса.
9. Общий вид уравнений переноса субстанций. Общность коэффициентов в уравнениях переноса.
10. Законы Фика, Фурье, Ньютона (вязкого трения).
11. Теория подобия и моделирование. Сущность методов математического моделирования.

12. Моделирование на копиях, моделях аппаратов и их частей – физическое моделирование.
13. Симплексы, инварианты подобия. Моделирование с использованием обобщенных координат, основные критерии подобия в гидромеханических процессах: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, гомохронности. Критериальные уравнения.

### ***Критерии оценивания ответов***

Коллоквиум считается сданным, если отвечающий дает достаточно полный ответ, понимает связь материала данного раздела с другими, в случае затруднений откликается на подсказки и наводящие вопросы. Коллоквиум считается несданным, если отвечающий не может дать развернутого ответа, ему не помогают подсказки и наводящие вопросы.

#### ***Типовые вопросы к защите по лабораторным работам***

1. Эквивалентный диаметр сечения канала, трубопровода; эквивалентный диаметр тела, частицы.
2. Основное уравнение гидродинамики: система уравнений Эйлера, уравнения Навье-Стокса.
3. Основное уравнение гидростатики (закон Паскаля) и его практическое применение.
4. Уравнение Бернулли и его применение. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.
5. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов.
6. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.
7. Уравнение Пуазейля, уравнение Дарси. Принципы расчета мощности насосов.
8. Задача обтекания жидкостью твердых тел, основные критерии подобия: Рейнольдса, Эйлера, Архимеда, Лященко.
9. Основные режимы обтекания. Законы трения и осаждения Стокса. Основные типы отстойников непрерывного и периодического действия.
10. Примеры расчета отстойников. Центрифугирование. Основные принципы, назначение.
11. Центробежное ускорение. Фактор разделения.
12. Особенности расчета времени процесса, расчет давления на стенки центрифуги.
13. Основные конструкции центрифуг, сепараторов, циклонов.
14. Движение жидкостей и газов через пористые слои. Сопротивление пористого слоя.
15. Коэффициент трения. Модифицированный критерий Рейнольдса. Процесс фильтрования.
16. Движущие силы. Сопротивление осадка, фильтра. Удельное сопротивление. Физический смысл величин сопротивления (осадка и фильтра).
17. Основное уравнение фильтрования. Основные способы определения констант фильтрования. Основные способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.
18. Закон Стефана-Больцмана. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, физический смысл коэффициента.
19. Движущая сила, средний температурный напор. Теплопроводность. Закон Фурье.
20. Удельная теплопроводность, физический смысл коэффициента теплопроводности.
21. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Теплопроводность многослойной стенки. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки.
22. Уравнение теплоотдачи, закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл. Основные критерии подобия тепловых процессов: Нуссельта, Грасгофа, Пекле. Примеры критериальных уравнений теплоотдачи.
23. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила процесса, средний температурный напор.
24. Классификация массообменных процессов. Особенности концентрационного равновесия в массообменных процессах, определение направления процесса массопереноса.

25. Основные правила и законы массопередачи. Коэффициенты массопередачи, их физический смысл, размерность; движущие силы массопередачи. Коэффициент массоотдачи, его физический смысл, размерность. Основной закон массоотдачи.
26. Массопередача и фазовые сопротивления. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
27. Перегонка жидкостей. Специальные виды перегонки: выпарка, простая перегонка (двойная, тройная), перегонка с водяным паром.
28. Понятие о теоретических ступенях разделения (теоретических тарелках).
29. Ректификация. Конструкции ректификационных аппаратов. Основы расчета ректификационной колонны. Регулирование процесса ректификации.
30. Абсорбция. Коэффициенты массопередачи при абсорбции. Устройство и расчет абсорберов.

### ***Критерии защиты лабораторных работ***

Работа считается защищенной при следующих условиях:

- участие в выполнении работы; - предоставление отчета, оформленного в соответствии с учебно-методическими пособиями к лабораторным работам;
- краткие, но достаточно содержательные ответы на 2–3 вопроса из прилагаемого списка. При невыполнении любого из требований, перечисленных выше, остальные могут быть зачтены, но работа не будет считаться защищенной, пока не будут выполнены все требования.

При наличии незащищенных лабораторных работ, что равносильно не прохождению практикума, обучающийся не допускается до экзамена.

### ***Перечень вопросов к экзамену***

1. Сырье химической промышленности. Сырье, продукты, основные материалы, отходы. Комплексное использование сырья.
2. Принципы обогащения сырья. Грохоты. Гравитационное разделение - сухое и мокрое.
3. Электромагнитные и электростатические методы обогащения сырья. Другие способы.
4. Вода в химической промышленности.
5. Энергетика химической промышленности. Источники энергии. Коэффициент использования сырья.
6. Устройство и назначение рекуператоров, регенераторов и котлов-утилизаторов.
7. Стадии технологического процесса. Области протекания процессов. Факторы, влияющие на скорость процесса.
8. Технологический режим. Параметры технологического режима. Гомогенные и гетерогенные процессы.
9. Периодические и непрерывные процессы. Полное смешение и идеальное вытеснение. Изотермические, изобарные, изохорные и адиабатические процессы. Эндо - и экзотермические процессы.
10. Равновесие в технологических процессах. Константа равновесия. Выход продукта. Степень превращения. Равновесный и теоретический выход продукта.
11. Скорость химических процессов. Движущая сила процесса. Влияние параметров на скорость химических реакций. Кинетические кривые для различных типов реакций.
12. Перемешивание твердых реагирующих веществ. Способы увеличения поверхности соприкосновения. Принцип действия башни с разбрызгиванием жидкости, аппарата барботажного типа, аппарата с пенным слоем жидкости.
13. Прямоточные, противоточные и перекрестные процессы.
14. Периодические, непрерывные и смешанные процессы. Технологические схемы.
15. Каталитические процессы.

16. Применение, свойства и способы получения серной кислоты.
17. Производство диоксида серы. Обжиг колчедана. Очистка  $\text{SO}_2$ .
18. Нитрозный способ производства серной кислоты. Преимущество и недостатки. Технологическая схема.
19. Контактный способ производства серной кислоты.
20. Абсорбция серного ангидрида. Концентрирование серной кислоты.
21. Свойства аммиака. Химическая и принципиальная схемы производства аммиака. Конверсия  $\text{CH}_4$  и окиси углерода.
22. Очистка природного и конвертированного газов.
23. Разделение коксового газа методом глубокого охлаждения.
24. Теоретические основы синтеза аммиака.
25. Промышленные способы получения аммиака.
26. Производство азотной кислоты. Контактное окисление аммиака. Окисление окиси азота до двуокиси азота и абсорбция двуокиси азота водой.
27. Производство концентрированной и разбавленной азотной кислоты.
28. Минеральные удобрения. Классификация. Роль удобрений.
29. Фосфорные удобрения. Производство простого суперфосфата.
30. Непрерывный способ производства суперфосфата.
31. Производство фосфорной кислоты и двойного суперфосфата
32. Производство концентрированных фосфорных удобрений
33. Калийные удобрения
34. Азотные удобрения. Производство аммиачной селитры. Схема процесса
35. Производство карбамида (мочевины) и сульфата аммония.
36. Калийные удобрения
37. Технология силикатов. Отрасли, получаемые продукты. Сырье силикатной промышленности.
38. Производство керамики
39. Вяжущие вещества. Типы. Воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие вещества.
40. Гидравлические вяжущие вещества
41. Кислотоупорные вяжущие вещества.
42. Стекло. Состав. Сырье для производства стекла.
43. Технология производства стекла.
44. Методы производства стекол
45. Понятие о металлургии. Понятие о рудах. Методы выделения металлов из руд.
46. Топливо и огнеупорные материалы
47. Основные свойства металлов и сплавов
48. Металлургия алюминия. Свойства алюминия. Сырье. Народнохозяйственное значение алюминия и сплавов.
49. Производство алюминия электролизом глинозема
50. Металлургия чугуна. Сырье. Металлургические печи. Устройство доменной печи.
51. Выплавка чугуна в доменной печи.
52. Теоретические основы доменного процесса. Характеристика чугуна и доменных ферросплавов.
53. Металлургия стали. Бессемеровский процесс производства стали.
54. Металлургия стали. Томасовский способ производства стали.
55. Мартеновский процесс производства стали. Преимущества его. Производство стали в электропечах
56. Краткая характеристика сталей. Легирующие элементы. Применение стали.
57. Горючие вещества. Естественное и искусственное топливо. Характеристика твердого топлива. Рабочее топливо. Теплотворная способность топлива.
58. Развитие коксохимических процессов. Состав и свойства кокса.
59. Сырье для коксования.

60. Процесс коксования. Химизм и физико-химическая характеристика процесса.
61. Устройство коксовых батарей. Работа коксовых батарей.
62. Загрузка и выгрузка кокса из коксовых батарей.
63. Улавливание летучих продуктов коксования и переработка каменноугольной смолы.
64. Полукоксование угля. Назначение. Основные технологические решения.
65. Газификация твердого топлива.
66. Нефть. Общая характеристика. Углеводородный и фракционный состав нефти.
67. Методы переработки нефти и нефтепродуктов. Физические методы. Схема АВТ (атмосферно-вакуумной трубчатки).
68. Химические методы переработки нефти. Химизм процесса. Влияние различных факторов на процесс.
69. Характеристика основных химических процессов

*Примеры экзаменационных билетов*

**ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Экзаменационный билет № 1**

**По курсу «Химическая технология»**

**для студентов 3 курса специальности «Химия»**

- Вопросы.** 1. Принципы обогащения сырья. Грохоты. Гравитационное разделение - сухое и мокрое. Электромагнитные и электростатические методы обогащения сырья. Другие способы.
2. Свойства аммиака. Химическая и принципиальная схемы производства аммиака. Конверсия  $\text{CH}_4$  и окиси углерода.
3. Улавливание летучих продуктов коксования и переработка каменноугольной смолы.

**Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры \_\_\_\_\_**

Зав. кафедрой, профессор

А.М.Саламов

**ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Экзаменационный билет № 2**

**По курсу «Химическая технология»**

**для студентов 3 курса специальности «Х»**

- Вопросы.** 1. Стадии технологического процесса. Области протекания процессов. Факторы, влияющие на скорость процесса.
2. Фосфорные удобрения. Производство простого суперфосфата.
3. Горючие вещества. Естественное и искусственное топливо. Характеристика твердого топлива. Рабочее топливо. Теплотворная способность топлива.

**Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры \_\_\_\_\_**



**Критерии оценки ответа на экзамене**

4-балльная шкала (уровень освоения)	Показатели	Критерии
Отлично (повышенный уровень)	1. Полнота изложения теоретического материала; 2. Полнота и правильность решения практического задания; 3. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий);	Студентом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок.
Хорошо (базовый уровень)	4. Самостоятельность ответа; 5. Культура речи; 6. и т.д.	Студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.
Удовлетворительно (пороговый уровень)		Студентом дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении

<p>Неудовлетворительно (уровень не сформирован)</p>		<p>практических заданий.</p> <p>Студентом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено. Т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>
---	--	---

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Учебная литература

#### а) основная литература:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2004.
2. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
3. Мухленов И.П., Авербух А.Я., Тумаркина Е.С., Фурмер И.Э. Общая химическая технология /под редакцией Мухленова И.П./. М.: Высшая школа, 1984.
4. Мухленов И.П., Авербух А.Я., Тумаркина Е.С., Фурмер И.Э. Общая химическая технология /под редакцией Мухленова И.П./. М.: Высшая школа, 1984.
5. Мухленов И.П. и др. «Основы химической технологии». М.: Высш. шк., 1975
6. Мухленов И.П., Тамбовцева В.Д. «Основы химической технологии». М.: 1968
5. Соколов Р.С. «Химическая технология». М.: 2000

#### б) дополнительная литература

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.:Химия, 1982.
2. Лебедев П.Г. Химия и технология основного органического синтеза. М.:Химия, 1981.
3. Авербух А.Я., Тумаркина Е.С. Мухленов И.П. Практикум по общей химической технологии. М.: Высшая школа, 1979.
4. Линчевский Б.В. Металлургия черных металлов. М., 1980.
5. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластмассы на их основе. М.:Химия, 1977.

## 9.2. Интернет-ресурсы

1. [http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1\\_2\\_1.html](http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1_2_1.html)
2. <http://alhimic.ucoz.ru/load/26>
3. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>
4. <http://www.xumuk.ru>
5. <http://chemistry.narod.ru>
6. <http://www.media.ssu.samara.ru/lectures/deryabina/index/html>
7. ChemSoft 2004

## 9.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
  - 1.1. Microsoft Windows 7
  - 1.2. Microsoft Office 2007
  - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
  - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
  - 1.5. Справочно-правовая система “Консультант”
  - 1.6. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

*Таблица 9.1.*

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a> -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	<a href="http://polpred.com/news">http://polpred.com/news</a>
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> -
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a> –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> -

Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Требования к аудитории для лекционных и практических занятий: бесшумная светлая аудитория на 25 посадочных мест с доской.

Требования к аудитории для лабораторных занятий: лаборатория 60-70 м<sup>2</sup> с вытяжкой, общим и местным (над шестью рабочими столами) освещением, канализацией (холодная и горячая вода).

Требования к специализированному оборудованию: вытяжной шкаф, химически стойкая раковина, шесть лабораторных столов со стойким покрытием, один стол преподавателя, двенадцать лабораторных стульев, доска, технические и аналитические весы.

### Теоретический курс:

1. Лекции, презентации
2. Контрольные тесты – диски и бумажный вариант.
3. Списки вопросов для проведения коллоквиумов.
4. Варианты заданий для контрольных работ.
5. Варианты заданий для самостоятельной расчетной работы (специально разработанный и изданный практикум для студентов).
6. Набор реактивов и оборудования для лекционных опытов.

### Лабораторный практикум:

1. Тематика и описание лабораторных работ (специально разработанный и изданный лабораторный практикум для студентов химического направления).
2. Набор химических реактивов к каждой лабораторной работе.
3. Лабораторные установки, оборудование.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения лекционного материала обучающиеся должны посещать лекции и конспектировать их в специальную тетрадь. Очень полезно перед текущей лекцией просмотреть материал предыдущей. При конспектировании следует записывать лишь основные положения, последовательность выводов законов и уравнений,

воспроизводить необходимые схемы и рисунки. Если возникают вопросы по части материала и нет возможности выяснить их сразу, следует отметить оставшееся непонятым и после лекции (в свободное время) найти соответствующий материал в литературе, Интернете или выяснить у преподавателя во время практических занятий или на консультациях.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо повторить теоретическую часть как по конспектам лекций и учебникам, так и по соответствующему учебно-методическому пособию.

Лабораторная работа по тепловым процессам имеет целью знакомство с процессами теплообмена, расчет практического и теоретического коэффициентов теплопередачи. Она включает в себя относительно простые расчетные стадии тепловых расчетов, отраженные в практической части этого раздела дисциплины, а также более сложные принципы расчета, основанные на критериальных уравнениях, являясь, таким образом, мероприятием по комплексному рассмотрению всей тепловой теории в рамках химической технологии. Лабораторная работа по массообмену – это, хотя и частный, но очень важный и весьма распространенный пример – знакомство с ректификационным процессом. Основное в работе – наблюдения и измерения, расчетная часть достаточно проста и невелика по объему.

Основные требования к оформлению отчетов по лабораторным работам содержатся в соответствующем пособии.

Экзамен – это завершающее оценочное средство по дисциплине, позволяющее уточнить уровень усвоения материала обучающимися. При подготовке к экзамену, в общем, рекомендуются те же действия, что и в случае других контрольных мероприятий: тщательная проработка материала по конспектам лекций, учебным и учебно-методическим пособиям, другим источникам. Кроме этого, необходимо выделить наиболее трудные разделы и сформулировать вопросы преподавателю к консультации перед экзаменом.

Рабочая программа дисциплины «Химическая технология» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.03.01. «Химия (уровень бакалавриата)», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 июля 2017 г. № 671

Программу составила: профессор кафедры химии Арчакова Р.Д.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры химии

Протокол заседания № 7 от «20» марта 2025 г.

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом химико-биологического факультета

Протокол заседания № 6 от «21» марта 2025 г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой