

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технико-экономический анализ»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Технико-экономический анализ»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии, а также такие дисциплины, как промышленная экология, основы экономики и управления производством, основы менеджмента и маркетинга, моделирование химико-технологических процессов, и дисциплины специализации.

Цель дисциплины – дать студентам представление и знания о технико-экономическом анализе, прежде всего проектируемых установок и производств различных отраслей промышленности, использующих мембранные процессы разделения.

Задачи дисциплины – дать студентам основы знаний о технологии и методике проектирования как об инновационном процессе, показать взаимосвязь и взаимовлияние основных разделов технического проекта – инженерного, организационного и экономического. Практический результат дисциплины – подготовить студента к выполнению квалификационной работы бакалавра, заданной в форме технического проекта.

Дисциплина *«Технико-экономический анализ»* преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

<p>разработке технологической документации</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- методы бизнес-планирования химико-технологических производств;
 - принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии;
 - методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ;
 - системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы;
 - технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов;
- различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ

Уметь:

- использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;
- анализировать результаты экспериментов по заданным методикам;
- анализировать результаты экспериментов.

Владеть:

- методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок;
- методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков;
- методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок;
- методами кинетического анализа и моделирования химических реакторов;
- методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров;
- методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,88	32	24
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Общие вопросы	10	2	-	-	8
2.	Методы технико-экономического анализа	14	2	2	-	10
3.	Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии	24	4	4	-	16
4.	.Технический проект как раздел бизнес-плана	24	4	4	-	16
5.	Организационный план как раздел бизнес-плана	16	2	2	-	12
6.	Финансовый план как раздел бизнес-плана	20	2	4	-	14
	ИТОГО	108	16	16	-	76
	Экзамен	-	-	-	-	-
	ИТОГО	108				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы

Технико-экономический анализ действующих и проектируемых производств – как метод оптимизации затрат на производство, как метод решения задач энерго- и ресурсосбережения.

Понятие об инвестиционном проектировании. Фазы цикла проекта. Бизнес-план - как пакет технических, финансовых и организационных документов для оптимальной реализации проекта. Разделы бизнес-плана.

Научные, технические и профессиональные требования к проектанту. Учет социальных, политических и экономических аспектов при разработке проектов. Элементы изобретательства в техническом проектировании, методы развития навыков изобретательства. Инженерный анализ и принятие решений - ответственные этапы проектирования.

Раздел 2. Методы технико-экономического анализа

Исследование операций. Целевая функция. Многокритериальная задача. Вариационное исчисление, линейное, нелинейное и динамическое программирование.

Оптимизация, критерии оптимизации. Оптимальная производительность при минимальной себестоимости продукта. Минимальная себестоимость при заданной производительности.

Раздел 3. Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии

Гидравлические и гидромеханические процессы как объект оптимизации. Учет затрат на преодоление трения и местных сопротивлений при перекачивании жидкостей. Учет затрат на перемешивание жидкостей. Расчет оптимальных диаметров трубопроводов. Расчет и выбор насосов, компрессоров, вентиляторов с оптимальными параметрами. Расчет и выбор фильтров, циклонов, отстойников, емкостей с учетом минимизации затрат.

Теплообменные процессы и оборудование как объект оптимизации. Расчет теплообменной аппаратуры с учетом оптимальных гидродинамических и конструктивных параметров. Расчет приведенных затрат как функции площади теплообмена, параметров теплоносителей, их расходов. Ограничения, накладываемые температурой и расходом теплоносителей. Окончательный выбор теплообменников с нормализованной площадью и их поверочный расчет.

Массообменные процессы и аппараты как объект оптимизации. Расчет массообменной аппаратуры с учетом оптимальных расходных, кинетических и конструктивных параметров. Ограничения, накладываемые предельными скоростями фаз, неравномерностью распределения потоков, обратным перемешиванием. Выбор оптимальных контактных элементов с учетом их эффективности и стоимости, габаритов аппарата.

Химические и биохимические реакторы как объект оптимизации. Расчет и выбор реакторов с учетом оптимальных кинетических, гидромеханических и конструктивных параметров, а также условий протекания реакции – фазового состояния реагентов, температуры и давления. Оптимизация объема единичного реактора с учетом заданной производительности производства, расходов на перемешивание, теплообмен, процедур загрузки и выгрузки.

Раздел 4. Технический проект как раздел бизнес-плана

Технический проект (ТП) – как связь между научной разработкой и промышленным производством. Этапы технического проекта. Научное обоснование ТП. Информационная модель технологии, авторские права.

Подготовка к выполнению ТП. Составление договора с заказчиком, разделы договора, определение стоимости разработки ТП. Сбор исходных данных и составление технического задания (ТЗ). Государственные стандарты на ТЗ.

Синтез химико-технологической схемы производства. Методы синтеза ХТС: эвристический, эволюционный, интегрально-гипотетический. Построение блок-схемы производства.

Материальный и тепловой балансы производства. Расчет фонда продолжительности работы. Расчет часовой производительности по блокам схемы. Сочетание периодически и непрерывно работающих блоков.

Расчет и подбор оборудования. Технологический и конструкционный расчет основного оборудования. Подбор и поверочный расчет вспомогательного оборудования. Выбор конструкционных материалов с учетом агрессивности среды, ресурса работы оборудования и стоимости материалов. Государственные стандарты на выполнение чертежей оборудования.

Аппаратурно-технологическая схема производства. Расчет и выбор трубопроводов и арматуры. Контроль и автоматизация производства: выбор мест замера параметров, расчет пределов варьирования, выбор методов замера, принятие решений по уровню автоматизации управления.

Решения по охране труда и технике безопасности. Разработка перечня опасностей и мер по их предупреждению. Разработка инструкций.

Строительная часть ТП. Принятие решений по размещению производства в зданиях. Расчет площади, кубатуры и этажности зданий. Принципы компоновки оборудования. Требования к отделке помещений.

Экологическая часть ТП. Разработка перечня опасностей и мер по их предупреждению. Принятие технологических решений по методам обезвреживания, утилизации и повторного использования отходов.

Раздел 5. Организационный план как раздел бизнес-плана

Описание предприятия, принятие решений по организационно-правовой форме. Уставной фонд предприятия, место размещения предприятия. Миссия и цели предприятия. Оценка обеспеченности ресурсами. План производства. Разработка организационной структуры, расчет численности персонала, принципы кадровой политики. Принятие мер по обеспечению безопасности предприятия. Экологический менеджмент на предприятии.

Представление продукции предприятия. Жизненный цикл продукции, авторские права. Планирование НИОКР на предприятии. Обеспечение качества продукции.

Исследование рынка продукции. Определение емкости рынка, сегментирование рынка. Определение мотивации покупателя продукции. Разработка политики ценообразования на предприятии. Определение конкурентов на рынке и принятие решений по повышению конкурентоспособности продукции.

Тактический маркетинг продукции. Разработка схем товародвижения, организация рекламы, приемы «паблик рилейшнз».

Риски на всех фазах цикла проекта. Выявление ассортимента рисков, разработка методов профилактики рисков. Оценка возможных размеров убытков при проявлении рисков.

Раздел 6. Финансовый план как раздел бизнес-плана

Задачи финансового плана. Расчет потребных капитальных затрат: обеспечение производства помещением и оборудованием, расчет прочих затрат на стадии реализации проекта.

Схема финансирования проекта: разработка план-графика работ и затрат, определение источников финансирования.

Расчет прогнозного экономического баланса производства. Расчет издержек производства на стадии эксплуатации: материальные затраты, затраты на энергию, оплату труда, амортизационные отчисления, прочие затраты. Расчет себестоимости продукции. Определение цены продукции, расчет выручки от реализации продукции. Расчет величины прибыли, принятие решений по ее распределению.

Оценка экономической состоятельности проекта: расчет рентабельности, точки безубыточности, срока окупаемости.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)						
1	методы бизнес-планирования химико-технологических производств	+	+				
2	принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии					+	+
3	методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ				+		
4	системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы			+			
5	технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов				+	+	+
6	различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ					+	+
	Уметь: (перечень из п.2)						
7	использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов	+	+				
8	анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции				+		
9	анализировать результаты экспериментов по заданным методикам		+			+	+
10	анализировать результаты экспериментов		+				
	Владеть: (перечень из п.2)						
11	методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок		+	+			
12	методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков			+		+	+
13	методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок				+		
14	методами кинетического анализа и моделирования химических реакторов;				+		
15	методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров;				+		
16	методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.	+		+	+		

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)</u>									
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
12	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+					
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+		+	+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства			+				

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ раздела дисциплины	№ п/п	Темы семинарских занятий	Часы
2	1	Освоение методики разработки технического задания на выполнение технического проекта.	2
3	2	Сравнение двух критериев оптимальности: - принцип наилучшего использования сырья; - принцип оптимального использования энергии.	2
3	3	Синтез технологической схемы с использованием декомпозиционного и эвристического методов.	2
4	4	Разработка циклограммы производства и расчет материального баланса технологической схемы с использованием блок-схемы.	2
4	5	Расчет гидравлического сопротивления напорных каналов мембранной установки и подбор насосов.	2
5	6	Выбор организационно-правовых форм предприятия.	2
6	7	Расчет капитальных затрат на производство. Расчет прогнозного баланса производства.	2
6	8	Расчет экономической состоятельности проекта: рентабельности, точки безубыточности, срока окупаемости.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технико-экономический анализ*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачет с оценкой* (8 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с

указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Характеристики и свойства гетерогенных смесей, поступающих на мембранное разделение.
2. Оборудование для предподготовки разделяемых смесей.
3. Характеристики и свойства гомогенных смесей, поступающих на мембранное разделение.
4. Критерии выбора мембран для решения конкретных задач разделения.
5. Критерии выбора мембранных модулей для решения конкретных задач разделения.
6. Правила и особенности эксплуатации мембранных промышленных установок.
7. Правила технического регулирования мембранного оборудования и получаемых продуктов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 6 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за все контрольные работы (8 семестр) составляет 10 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопроса, по 2 баллов за вопрос.

1. Эмульсия представляет собой дисперсную систему типа
2. Коллоидная химия - это
3. Поверхностное натяжение жидкостей представляет собой
4. Дисперсность – это
5. Порогом коагуляции называется

Вопрос 1.2.

1. Суспензия представляет собой дисперсную систему типа
2. Лиофильные дисперсные системы – это
3. Адсорбцией является
4. Поверхностная энергия, которой обладают объекты коллоидной химии, рассчитывается как
5. Прочность пространственной сетки в связнодисперсных системах зависит от

Вопрос 1.3.

1. Молекулы ПАВ - это органические соединения, состоящие из
2. Назовите причины, которые могут привести к коагуляции коллоидной системы
3. Тиксотропия - это
4. Поверхностное натяжение – это
5. Основной причиной образования ДЭС является

Вопрос 1.4.

1. Солюбилизация - это
2. Прочность пространственной сетки в связнодисперсных системах зависит от

3. Ползучесть – это
4. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) - это концентрация, при которой
5. Образующийся электрический слой называется двойным, потому что

Вопрос 1.5.

1. При самопроизвольном образовании ДЭС поверхностное натяжение
2. Формула для расчета толщины диффузной части ДЭС
3. Современная теория рассматривает слой противоионов ДЭС как
4. Мицеллообразование зависит от следующих свойств молекул ПАВ
5. Толщина диффузного слоя - это расстояние, на котором потенциал диффузной части ДЭС

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Принцип действия центрифуги.
2. Что такое адсорбер и какими они бывают по принципу действия?
3. Как работает флотатор.
4. Методы обеззараживания растворов.
5. Разновидности конструкций теплообменников.

Вопрос 2.2

1. Как устроен пластинчатый теплообменник?
2. Что такое катионит и принцип его действия.
3. Что такое анионит и принцип его действия.
4. Назовите способы удаления механических примесей из жидких сред.
5. Что называют объемным фильтрованием?

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3 Контрольная работа содержит 3 вопроса, 2 балла за 1 вопрос, по 4 балла за 2 и 3 вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Что такое «ржавчина» и чем она чревата в системах водоподготовки.
2. Особенности строения молекулы воды, определяющие ее взаимодействие с молекулами и ионами.
3. Почему происходит ассоциация молекул воды?
4. Механизм высаливания ВМС из раствора.
5. Гидратные оболочки ионов, граница полной гидратации.

Вопрос 3.2.

1. Устройство осмометра.
2. Принцип работы осмотической машины.
3. Различия между сухим остатком и минерализованным остатком.
4. От чего зависит кислотность водного раствора?
5. Что такое «органолептические свойства воды» и каковы правила их оценки.

Вопрос 3.3.

1. На чем основан кондуктометрический метод анализа и каковы условия его проведения.
2. От чего зависит кислотность водного раствора?
3. Что характеризует величина оптической плотности раствора?
4. Что такое «минерализация» и каковы требования по данному показателю для питьевой воды в России.
5. Что определяет разницу между параметрами ХПК и БПК.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 2,4 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Назначение процессов ультрафильтрации и микрофильтрации.
2. Суть явления концентрационной поляризации.
3. Какие факторы определяют соотношение расходов пермеата и концентрата на выходе из мембранного аппарата?
4. Отличие электродеионизации от электродиализа.
5. Какие свойства мембран учитываются при их выборе для конкретного применения?

Вопрос 4.2.

1. Как устанавливают паспортную удельную производительность мембраны?
2. Объясните термин «фазоинверсионные мембранные процессы».
3. Отличие электродеионизации от электродиализа.
4. Объясните термин «фазоинверсионные мембранные процессы».
5. Специфические требования к мембранам при их применении в пищевой и фармацевтической промышленности.

Вопрос 4.3.

1. Зачем добиваются анизотропии мембран?
2. Что определяет название метода «сухое формование мембран»?
3. Специфические требования к мембранам при их применении в пищевой и фармацевтической промышленности.
4. Краткое описание технологии трубчатых полимерных мембран.
5. «Кривая задержания» как характеристика мембраны.

Вопрос 4.4.

1. Краткое описание технологии капиллярных мембран.
2. Основные этапы получения композитных мембран.
3. Краткое описание технологии трубчатых полимерных мембран.
4. Как устанавливают паспортную удельную производительность мембраны?
5. Основные этапы получения трековых мембран.

Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 5. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 5.1.

1. Какая цель достигается при наворачивании нескольких элементов на одну пермеатотводящую трубку в рулонных мембранных модулях?
2. Какими техническими решениями можно достичь турбулизации потока в мембранных модулях различного типа?
3. Почему процесс обратного осмоса не проводят на капиллярных мембранных модулях?
4. Почему необходимо обеспечить минимальное гидравлическое сопротивление в мембранном модуле?
5. Какую конструкцию мембранного модуля следует выбрать и почему для разделения растворов с повышенной вязкостью?

Вопрос 5.2.

1. Сочетаются ли в одной технологической схеме водоподготовки обратный осмос и электродеионизация?
2. Влияет ли устройство водозабора на состав технологической схемы водоподготовки?
3. Почему надо учитывать жесткость исходной воды при ее мембранном обессоливании?
4. Что такое «осветление воды» и какими методами оно достигается?
5. Основные этапы синтеза технологической схемы водоподготовки.

Раздел 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 6. Контрольная работа содержит 3 вопроса, 2 балла за 1 вопрос, по 4 балла за 2 и 3 вопрос.

Вопрос 6.1.

1. Возможные причины гидроудара в установке.
2. Наиболее вероятные нарушения в работе мембранной установки и их причины.
3. Какие действия необходимо провести с мембранной установкой при необходимости прекращения ее работы на длительное время.
4. Причины разрушения полимерных мембран.
5. Укажите параметры, которые необходимо контролировать при автоматизированной работе мембранной установки.

Вопрос 6.2.

1. Могут ли картриджные фильтры использоваться для намывной фильтрации и почему.
2. Приведите основные параметры фильтровального процесса, укажите, какие из них являются характеристиками исключительно фильтрующего материала.
3. В чем сходство и в чем различие объемного и поверхностного фильтрования.
4. Опишите устройство и принцип регенерации кольцевых фильтров.
5. Приведите пример и принцип действия фильтра непрерывного действия.

Вопрос 6.3.

1. Поры какого типа бывают в сорбентах и какие из них обеспечивают сорбционную емкость.
2. Какой тип сорбентов проще регенерировать и почему.
3. Приведите классификацию сорбентов с примерами.
4. Характеризуется ли ионообменная смола высокой прочностью на истирание и почему.
5. Опишите механизм сорбции и обозначьте лимитирующую стадию.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Научное обоснование инвестиционного проекта.
2. Принципы расчета перекачивающего оборудования.
3. Принципы синтеза химико-технологических схем.
4. Принципы расчета теплообменного оборудования.
5. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
6. Принципы расчета сепарационного оборудования.
7. Построение блок-схемы производства.
8. Принципы расчета фильтров.
9. Принципы расчета материального баланса.
10. Принципы расчета обезжелезивателя.
11. Принципы расчета теплового баланса.
12. Принципы расчета кристаллизаторов
13. Разработка блока мембранного разделения: выбор мембран, рабочих параметров, режимов регенерации.
14. Принципы расчета сорбционного оборудования.
15. Принципы расчета мембранных установок различного типа.
16. Разработка КИПиА мембранных установок.
17. Выбор и расчет вспомогательного оборудования мембранных установок.
18. Разработка строительной части технического проекта.
19. Выбор конструкционных материалов для оборудования.
20. Расчет капитальных затрат инвестиционного проекта.

21. Организационный план инвестиционного проекта.
22. Расчет эксплуатационных затрат инвестиционного проекта.
23. Финансовый план инвестиционного проекта.
24. Расчет себестоимости продукции.
25. Фазы инвестиционного проекта.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (8 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Технико-экономический анализ» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Технико-экономический анализ
Билет № 1	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Научное обоснование инвестиционного проекта. 2. Принципы расчета перекачивающего оборудования. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Технико-экономический анализ*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие вопросы	<p>знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств</p> <p>уметь: использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов</p> <p>владеть: методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу №1</p>
Раздел 2. Методы технико-экономического анализа	<p>знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств</p> <p>уметь: использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов; анализировать результаты экспериментов по заданным методикам</p> <p>владеть: методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу №2</p>
Раздел 3. Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии	<p>знать: системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы</p> <p>владеть: методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок; методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков; методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу №3</p>
Раздел 4. Технический проект как раздел	<p>знать: методы моделирования и оптимизации технологических</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p>

бизнес-плана	<p>процессов производства химических веществ; технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов</p> <p>уметь: анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции</p> <p>владеть: методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок; методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров; методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.</p>	Оценка за контрольную работу №4
<p>Раздел 5. Организационный план как раздел бизнес-плана</p> <p>Раздел 6. Финансовый план как раздел бизнес-плана</p>	<p>знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств; принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии; технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов; различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ</p> <p>уметь: анализировать результаты экспериментов по заданным методикам</p> <p>владеть: методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу №5 и №6</p> <p>Оценка за экзамен.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Технико-экономический анализ»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Лабораторный практикум по мембранной технологии»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена:

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Ассистент кафедры мембранной технологии А.М. Бланко-Педрехон

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – развить практические навыки экспериментального исследования характеристик мембран и основных параметров мембранных процессов в зависимости от требований конкретной сферы применения, качеству жидких и газообразных технологических сред

Задачи дисциплины – изучение теории и практики мембранных процессов с акцентом на основные закономерности и общих принципов анализа, моделирования, расчета и рационального использования этих процессов, их эффективное энергообеспечение и аппаратное оформление; развитие понимания физической сущности и общности мембранных и традиционных процессов химической технологии; овладение основными принципами сопряжения мембранных и традиционных процессов химической технологии при синтезе технологических схем комплексных систем очистки жидких и газовых смесей.

Дисциплина *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения
			ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	
			ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	

		публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау		экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать процессы разделения смесей в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний процессов разделения на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления
			ПК-3.2 Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации процессов разделения	
			ПК-3.3 Владеет современными методами обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и	

			оптимизации процессов разделения	результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
--	--	--	-------------------------------------	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- Методику анализа дефектоскопию мембран;
- Методики исследования характеристик пористости мембран;
- Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI).
- Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации.
- Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран
- Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.

Уметь:

- планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.;
- осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций;
- оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс.

Владеть:

- Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа;
- Экспериментальными методами исследования:
- дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения.
- методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	24
Лабораторные работы (ЛР)	1,33	48	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран	18	-	-	12	15
2.	Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.	18	-	-	12	15
3.	Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения	18	-	-	12	15
4.	Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол	18	-	-	12	15
	ИТОГО	108	-	-	48	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран.

Дефектоскопия мембран, основанная на методе «Точки пузырька»;

Исследование пористости мембран: «Средний радиус пор», «Распределение пор по размерам»

Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.

Сравнение эффективности нанофильтрации и обратного осмоса в задачах очистки вод различного состава

Изучение влияния основных технологических параметров на процесс обратного осмоса

Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения

Изучение и расчет мембранного разделения воздуха с использованием модуля плоскопараллельного типа

Влияние основных технологических параметров на эффективность процессов разделения воздуха с использованием модуля полуволоконного типа

Определение коэффициентов проницаемости и факторов разделения изотропных пленок и ассиметричных полуволоконных мембран.

Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол

Изучение и расчет процесса ионного обмена при очистке воды

Изучение и расчет процессов первапорации и мембранной дистилляции

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	Методику анализа дефектоскопию мембран:	+			
2	Методики исследования характеристик пористости мембран;	+			
3	Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI).		+		
4	Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации.		+		
5	Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран			+	
6	Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.		+	+	+
	Уметь: (перечень из п.2)				
7	планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.;	+	+	+	+
8	осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций;	+	+	+	+
9	оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс.	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)				
10	Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа;		+	+	+
11	Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов.	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)			

13	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками		+	+	+
		ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	+	+	+	+
		ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+	+	+
15	ПК-3 Способен моделировать процессы разделения смесей в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний процессов разделения на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей		+	+	+
		ПК-3.2 Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации процессов разделения	+	+	+	+
		ПК-3.3 Владеет современными методами обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации процессов разделения		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «*Лабораторный практикум по мембранной технологии*» Учебным планом не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплинах «*Баромембранные процессы*», «*Диффузионные мембранные процессы*», «*Сопряженные мембранные процессы*», «*Технология воды*», «*Электромембранные процессы*», а также дает знания в области мембранных процессов разделения жидких и газовых смесей и сопряженных с ними процессах.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 балла (максимально по 10 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Дефектоскопия мембран, основанная на методе «Точки пузырька»	4
2	1	Исследование пористости мембран: «Средний радиус пор»	4
3	1	Исследование пористости мембран: «Распределение пор по размерам»	4
4	2	Сравнение эффективности нанофильтрации и обратного осмоса в задачах очистки вод различного состава	6
5	2	Изучение влияния основных технологических параметров на процесс обратного осмоса	6
6	3	Изучение и расчет мембранного разделения воздуха с использованием модуля плоскопараллельного типа	4
7	3	Влияние основных технологических параметров на эффективность процессов разделения воздуха с использованием модуля полволоконного типа	4
8	3	Определение коэффициентов проницаемости и факторов разделения изотропных пленок и ассиметричных полволоконных мембран	4
9	4	Изучение и расчет процесса ионного обмена при очистке воды	6
10	4	Изучение и расчет процессов первапорации и мембранной дистилляции	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (8 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника..

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение лабораторного практикума (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для выставления баллов за выполнение каждой лабораторной работы используются вопросы текущего контроля к лабораторным работам. Для оценки знаний студентов на итоговом зачете используются вопросы и тесты итогового контроля.

Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран

Вопросы к защите лабораторной работы «Метод точки пузырька»:

1. Назовите параметры, входящие в уравнение Лапласа, и приведите их значения для взаимодействующих в данной лабораторной ячейке сред.
2. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию.
3. Между какими фазами формируется мениск и какие допущения принимаются при использовании уравнения Лапласа при расчете радиуса пор?.
4. Оцените какие средства измерения параметров, используемые в данной лабораторной работе, обуславливают погрешности эксперимента.
5. В каком случае погрешность расчета радиусов пор будет выше- при исследовании мембран с изотропной структурой пор или анизотропной.

Вопросы к защите лабораторных работ «Средний радиус пор», «Распределение пор по размерам»:

1. Из каких этапов исследования состоит данный метод.
2. На каких уравнениях основан данный метод исследования.
3. Проиллюстрируйте на примере полученной Вами экспериментальной зависимости $J_v = f \Delta P$ метод графического дифференцирования для двух значений ΔP .
4. Проанализируйте погрешности определения среднего радиуса пор при построении

гистограммы с разграничением оси давлений на равные интервалы ($\Delta P = \text{const}$).

5. Значения расходов проникающей среды - воздуха через поры мембраны и регистрируемого пенным измерителем, не соответствуют из-за разных давлений. Предложите способ устранения отмеченного несоответствия.

Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Какие операции осуществляют при проведении основного варианта мембранного разделения растворов?
2. Проведите самостоятельно вывод уравнения материального баланса, с помощью которого определяется расход концентрата.
3. Преобразуйте выражение, определяющее рабочую поверхность мембраны для общего случая, к частному, когда селективность не изменяется с ростом концентрации, а удельная производительность снижается линейно.
4. Поясните, почему при расчёте непрерывных процессов мембранного разделения жидких смесей справедливо допущение постоянства температуры.
5. Укажите основную причину, по которой давление в напорном канале мембранных аппаратов изменяется по длине канала. Как это обстоятельство учитывается при расчёте аппаратов ультрафильтрации?
6. С чем связано основное отличие структуры потоков в напорных каналах мембранных аппаратов от модели идеального вытеснения?

Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Основное уравнение массопередачи, коэффициент массопередачи его физический смысл и размерность.
2. Уравнение массоотдачи, коэффициент массоотдачи, его размерность и физический смысл.
3. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Проанализировать уравнение для случаев хорошо и плохо растворимых газов.
4. Принципы интенсификации процессов массообмена. Влияние скорости движения фаз на процесс абсорбции.
5. Основные критерии подобия диффузионных процессов и их физический смысл.
6. Достоинства и недостатки пленочных абсорбционных аппаратов.

Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Каковы условия установления стационарного осаждения частицы?
2. Какое значение площади (S) используется в уравнении баланса сил?
3. Сформулируйте физический смысл чисел Re и Ar .
4. Какова граница медленного движения, принятая в данной работе?
5. Дайте определение эквивалентной сферы.
6. Что такое динамический коэффициент формы и параметр сферичности?
7. В чём отличие стеснённого и свободного осаждения?

8. Сформулируйте схему расчёта скорости осаждения сферической и несферической частицы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Как на основании уравнения Пуазейля осуществляется определение среднего радиуса пор? Приведите необходимые для расчета дополнительные уравнения и недостающие параметры, определяемые экспериментально.
2. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию.
3. Какие вы знаете диффузионные критерии подобия. Определяемый и определяющие критерии. Физический смысл массообменных критериев подобия.
4. Составить уравнения материального баланса при разделении суспензий и вывести из них выражения для расчета массового расхода осветленной жидкости и осадка.
5. Осаждение под действием силы тяжести. Какие силы действуют на частицу при ее осаждении?
6. Назвать и сопоставить основные способы разделения суспензий. Указать их преимущественные области применения.
7. Охарактеризовать основные способы очистки газов от пыли. Указать их преимущественные области применения.
8. Первапорация: движущая сила процесса, вывод уравнения для потока.
9. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.
10. Дайте подробное описание классификации баромембранных установок, приведя, где необходимо, схемы установок.
11. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов.
12. Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей. Основные допущения и ограничения. Разделение бинарных и многокомпонентных газовых смесей.
13. Основные стадии трансмембранного переноса в диффузионных процессах. Коэффициенты растворимости, диффузии и проницаемости, их размерность. Зависимость от температуры, давления и состава смеси.
14. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность непористых газоразделительных мембран.
15. Разделение бинарной газовой смеси на мембранных установках колонного типа. Принцип работы установки. Основные допущения и ограничения. Расчет высоты колонны на основе полуволоконных мембран.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (8 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Лабораторный практикум по мембранной технологии*» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам

рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p>«Утверждаю»</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>(Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра мембранной технологии</p>
	<p>18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»</p>
	<p>Лабораторный практикум по мембранной технологии</p>
<p align="center">Билет № 1</p> <p>1. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию.</p> <p>2. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов</p> <p>3. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.
3. Орлов Н. С. Ультра -и микрофльтрация : учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с. - Библиогр.: с. 117. - Б. ц.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Перапарация: учеб. пособие / Г. А. Дибров, Г. Г. Каграманов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
4. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X

- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* проводятся в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;

электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран.	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; - методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методику анализа дефектоскопию мембран; - Методики исследования характеристик пористости мембран; 	Зачет с оценкой
Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа; - Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, 	Зачет с оценкой

	<p>задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения;</p> <p>- методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов.</p> <p>Знает:</p> <p>- Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI).</p> <p>- Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации.</p> <p>- Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.</p>	
<p>Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения</p>	<p>Умеет:</p> <p>- планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.;</p> <p>- осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций;</p> <p>- оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс.</p> <p>Владеет:</p> <p>- Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа;</p> <p>- Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения;</p>	<p>Зачет с оценкой</p>

	<p>- методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов.</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран - Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов. 	
<p>Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа; - Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; - методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, 	<p>Зачет с оценкой</p>

	ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.	
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Лабораторный практикум по мембранной технологии»
основной образовательной программы
18.03.01 «Химическая технология»
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Курсовой проект по мембранной технологии»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Курсовой проект по мембранной технологии»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Промышленная экология», «Основы экономики и управления производством», «Основы менеджмента и маркетинга», «Моделирование химико-технологических процессов», а также дисциплин специализации

Цель дисциплины – формирование опыта практической деятельности по решению научных и прикладных задач по разработке и реализации энерго- и ресурсосбережения путём интеграции мембранных процессов в традиционные технологические схемы разделения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Задачи дисциплины:

- овладение основными принципами организации процессов мембранной технологии в составе технологических схем на основе изученных специальных дисциплин;
- систематизация методов составления и расчета материального и энергетических балансов в целом технологических схем и отдельных блоков;
- практическое освоение ручных и компьютерных методик расчета мембранных установок и аппаратов;
- получение навыков выбора и решения логистических задач по мембранному оборудованию.

Дисциплина *«Курсовой проект по мембранной технологии»* преподаётся в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения</p>	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	<p>ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий</p> <p>ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

работ по разработке технологической документации	научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- законодательные и нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия;
- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;
- принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;
- принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;
- основы функционирования рынка мембранной технологии.

Уметь:

- использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;
- выполнять и читать чертежи технических изделий с учетом действующих стандартов;
- разрабатывать технологические схемы мембранных установок;
- определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства;
- определять себестоимость продукции;

Владеть:

- методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;
- способами и приемами изображения предметов на плоскости;
- методами анализа эффективности работы отдельных аппаратов и химического производства в целом;
- методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля;
- навыками расчетов по экономическому обоснованию выбора сырья, энергетических средств и рациональному размещению предприятий;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6	29,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Курсовой проект		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Наименование раздела	Часов		
		Всего	Аудит. работа	Самост. работа
1	Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.	16	8	8
2	Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.	16	8	8
3	Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.	18	8	10
4	Графическое оформление технологической схемы.	14	4	10
5	Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.	8	4	4
	ИТОГО	72	32	40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.

- 1.1 Сбор и расчет параметрических данных о проектируемом производстве.
- 1.2 Разработка технологического задания на проектируемое производство.
- 1.3 Разработка последовательности операций с исходным сырьем с использованием эвристического метода синтеза технологических схем.

Раздел 2. Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.

- 2.1 Составление блок-схемы проектируемого производства.
- 2.2 Расчет материального баланса для каждого блока технологической схемы и сопряжение их между собой.
- 2.3 Расчет теплового баланса для блоков технологической схемы, где происходит изменение температуры. Определение расходов теплоносителей.

Модуль 3. Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.

- 3.1 Расчет и выбор емкостного оборудования с учетом заданного времени пребывания.
- 3.2 Расчет и выбор теплообменного оборудования при использовании приближенной оценки коэффициентов теплопередачи. Принятие конструктивных решений для испарителей, конденсаторов, подогревателей.
- 3.3 Расчет и выбор перекачивающего оборудования – насосов и компрессоров с использованием приближенной оценки необходимого напора.
- 3.4 Расчет и выбор массообменного оборудования для синтеза технологической схемы при использовании приближенных оценок коэффициентов массопередачи или пиковой производительности.
- 3.5 Расчет и выбор трубопроводов и арматуры с учетом расходов, давления, температуры и коррозионной активности потоков.

Раздел 4. Графическое оформление технологической схемы.

- 4.1 Выполнение чертежей с использованием требований ЕСКД и приемов компьютерной графики.

Раздел 5. Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.

- 5.1 Выбор точек контроля на трубопроводах и оборудовании технологической схемы.
- 5.2 Определение пределов измеряемых параметров в выбранных точках контроля.
- 5.3 определение условий проведения контроля: прибор на месте, вторичный прибор на щите, автоматизированное управление параметром, выбор исполнительных механизмов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать: (перечень из п.2)					
1	законодательные и нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия;	+				+
2	основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;	+	+			
3	принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;	+			+	
4	принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;	+				+
5	основы функционирования рынка мембранной технологии			+		
	Уметь: (перечень из п.2)					
6	использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;		+			
7	выполнять и читать чертежи технических изделий с учетом действующих стандартов;			+		
8	разрабатывать технологические схемы мембранных установок;			+		
9	определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства;	+				+
10	определять себестоимость продукции;		+		+	
	Владеть: (перечень из п.2)					
11	методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;		+	+		
12	способами и приемами изображения предметов на плоскости;		+			
13	методами анализа эффективности работы отдельных аппаратов и химического производства в целом;			+		
14	методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля;			+		+
	навыками расчетов по экономическому обоснованию выбора сырья, энергетических средств и рациональному размещению предприятий;	+		+		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)				

15	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+		+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+		+		
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом		+	+		
18	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+			+	+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования		+	+		
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Аудиторные занятия. Темы консультаций	Часы
1	Раздел 1.	1. Поиск и расчет физико-химических параметров исходного сырья, полупродуктов и продуктов проектируемого производства. 2. Методики оценки качества продуктов. 3. Использование стандартных известных технологий получения продуктов при синтезе технологической схемы. 4. Синтез технологической схемы с использованием декомпозиционного и эвристического методов.	7
2	Раздел 2.	5. Разработка технического задания проекта с использованием нормативных документов. 6. Принципы расчета материального баланса. 7. Составление блок-схемы производства. 8. Принципы расчета теплового баланса.	6
3	Раздел 3.	9. Расчет и выбор емкостного оборудования и трубопроводов. 10. Расчет и выбор перекачиваемого оборудования и оборудования для сепарации фаз. 11. Расчет и выбор теплообменного оборудования, сушильного и выпарного оборудования. 12. Расчет и выбор массообменного оборудования.	7
4	Раздел 4.	13. Утонение требований ЕСКД при выполнении графической части проекта. 14. Правила оформления иллюстрационного материала.	6
5	Раздел 5.	15. Уточнение требований к выполнению раздела КИПиА проекта. 16. Оформление раздела КИПиА проекта.	6

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Курсовой проект по мембранной технологии» учебным планом не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится студентами согласно темам соответствующих разделов плана, обсуждаемых на аудиторных занятиях. Направлена самостоятельная работа на углубление теоретических знаний, полученных студентами на практических занятиях, на формирование способностей применять теоретические знания на практике, включающих использование компьютерных программ для расчета гидродинамического, теплообменного и массообменного оборудования.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение курсового проекта (максимальная оценка 60 баллов) и его защиты (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

- Производство суспензионного поливинилхлорида с рециклом воды мощностью 60 тыс. т в год.
- Получение овечьего пепсина мощностью 35 т/год.
- Получение продукта типа «английский крем» мощностью 60 т/год.
- Получение порошкового экстракта женьшеня мощностью 300 кг/год.
- Получение сухого экстракта мумие мощностью 1800 кг/год.
- Получение препарата лидазы мощностью 2,5 т/год.
- Получение лицетина из растительного сырья мощностью 150 т/год.
- Получение натриевой соли ДНК мощностью 5 т/год.
- Получение кормовых природных добавок из природного газа мощностью 10 тыс. т/год.
- Получение этанола из мелассы мощностью 20 тыс. т/год
- Получение чистого МТБЭ из азеотропных щелочных смесей мощностью 150 т/год.
- Производство серобетона на основе попутных вод нефтедобычи мощностью 60 тыс. т/год.
- Производство строительных материалов на основе избыточного активного ила сооружений биологической очистки мощностью 350 тыс. т/год.
- Производство мембран для оксигенаторов крови мощностью 10000 м²/год.
- Получение кислорода из грунта для напланетных станций для 40 человек.
- Очистка ШФЛУ от метанола мощностью 860 тыс. т/год.
- Производство биоразлагаемого ингибитора отложения солей жесткости мощностью 5 т/год.
- Регенерация метанола мощностью 24 тыс. т/год.
- Производство соды из дымовых газов мощностью 50 т/год.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

40 баллов студент получает при итоговом контроле - при защите проекта, которая подразумевает обсуждение расчетов, изложенных в расчетно-пояснительной записке, а также графических материалов и ответов на вопросы

Раздел 1.

1. Научное обоснование инвестиционного проекта.
2. Принципы синтеза химико-технологических схем.
3. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
4. Факторы, влияющие на принятие решений.
5. Содержание задания на разработку проекта.
6. Техническое задание инвестиционного проекта.
7. Интеллектуальная собственность.
8. Декомпозиционный принцип синтеза химико-технологических схем.
9. Эвристический принцип синтеза химико-технологических схем.
10. Концепции ресурсо- и энергосбережения.
11. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
12. Концепция полного использования сырьевых ресурсов.
13. Концепция полного использования энергетических ресурсов.

14. Концепция минимизации отходов.
 15. Концепция эффективного использования оборудования.
- Раздел 2.
1. Методика разработки блок-схемы производства.
 2. Расчет фонда продолжительности работы производства.
 3. Расчет материального баланса производства.
 4. Расчет теплового баланса производства.
- Раздел 3.
1. Расчет гидравлического сопротивления в блоках технологической схемы.
 2. Принципы расчета емкостного оборудования.
 3. Принципы расчета перекачивающего оборудования.
 4. Принципы расчета теплообменного оборудования.
 5. Принципы расчета сепарационного оборудования.
 6. Принципы расчета фильтров.
 7. Принципы расчета обезжелезивателя.
 8. Принципы расчета кристаллизаторов.
 9. Принципы расчета сорбционного оборудования.
 10. Выбор конструкционных материалов для оборудования.
- Раздел 4.
1. Правила ЕСКД для графической части проекта.
 2. Принятые допущения при выполнении графической части.
 3. Правила сочетания технологической и энергетической схемы проекта.
- Раздел 5.
1. Разработка КИПиА мембранных установок.
 2. Правила выбора точек контроля на технологической схеме.
 3. Уровни автоматизации технологических схем.
 4. Влияние уровня автоматизации на экономическую состоятельность проекта.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Орлов Н. С. Ультра -и микрофильтрация: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.
4. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных : учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Курсовой проект по мембранной технологии*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
 учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
 электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook 	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.	<i>Знает:</i> принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы технологии и общие принципы осуществления химико-технологических процессов	Курсовой проект
Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.	<i>Знает</i> методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ <i>Умеет</i> составлять материальные и тепловые балансы в целом для технологических схем и отдельных блоков; <i>Владеет</i> методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков; методами составления тепловых и материальных балансов мембранных аппаратов и установок	Курсовой проект

Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.	<p>Знает способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ</p> <p>Умеет рассчитывать параметры тепло- и массообменного оборудования, и насосов;</p> <p>подбирать стандартное оборудование, используемое в химической промышленности</p> <p>методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков;</p> <p>Владеет методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров;</p> <p>методами выбора аппаратов для очистки разделения, концентрирования жидких и газовых смесей, в том числе очистки сточных вод и газовых выбросов предприятий.</p>	Курсовой проект
Графическое оформление технологической схемы.	<p><i>Знает</i> системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы</p>	Курсовой проект
Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.	<p>Знает принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии</p> <p>технологии и общие принципы осуществления химико-технологических процессов</p> <p>Владеет методами выбора аппаратов для очистки разделения, концентрирования жидких и газовых смесей, в том числе очистки сточных вод и газовых выбросов предприятий.</p>	Курсовой проект

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Курсовой проект по мембранной технологии»
основной образовательной программы
18.03.01 «Химическая технология»
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Сопряженные мембранные процессы»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Москва 2025

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

К.х.н., доцент кафедры мембранной технологии Г.А. Дибров

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Сопряженные мембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – формирование знаний для решения научных и прикладных задач по разработке и реализации энерго- и ресурсосбережения путём интеграции сопряженных мембранных процессов, и традиционных процессов разделения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Задачи дисциплины – формирование и углубление знаний в области теоретических основ сопряженных мембранных процессов разделения; освоение методов расчета сопряженных мембранных процессов и аппаратов для их осуществления; формирование навыков выбора оптимальных сочетаний традиционных и мембранных методов для реализации энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Дисциплина *«Сопряженные мембранные процессы»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	

	работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения</p>	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	<p>ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий</p> <p>ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

работ по разработке технологической документации	научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- принципы разработки процессов и технологических схем;
- специфику конструкций аппаратов и установок;
- влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;

Уметь:

- обоснованно выбирать рациональные технологические процессы;
- рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность;

Владеть:

- навыками разработки технологических схем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,67	60	45
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Первапорация.	28	6	12	-	10
2.	Мембранная дистилляция.	18	2	6	-	10
3.	Мембранный катализ и мембранные реакторы.	15	2	3	-	10
4.	Мембранный биореактор.	18	2	6	-	10
5.	Мембранные контакторы.	15	2	3	-	10
6.	Топливные элементы.	14	2	2	-	10
	ИТОГО	108	16	32	-	60
	Экзамен	36				
	ИТОГО	144				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Первапорация (испарение через мембрану).

Терминология. История развития. Общие принципы разработки. Задачи разделения, типы и способы проведения, варианты аппаратного оформления. Характеристики эффективности разделения. Принципы выбора мембран и материалов для мембран и способы их модификации. Механизм и факторы, определяющие эффективность разделения: природа и состав разделяемой смеси; температура; толщина мембраны; внешннедиффузионные сопротивления и остаточное давление под мембраной. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 2. Мембранная дистилляция.

Терминология. История развития. Характеристики эффективности разделения. Варианты реализации и их сопоставление. Мембраны: материалы и способы получения; структура пор. Механизм. Факторы, определяющие гидродинамический и тепловой режим в напорном и дренажном каналах, тепло – и массоперенос через мембрану: давление, температура, природа и концентрация разделяемой жидкости (капиллярные явления); поверхностно-активные вещества. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 3. Мембранный катализ (МК) и мембранные реакторы (МР).

Терминология. Классификация. История развития МК. Типы мембранных катализаторов: монолитные; металлические мембраны; оксидные мембраны, ион-проницаемые мембраны; пористые, цеолитные мембраны; композитные; системы катализатор – мембрана. Конструкции МР: с металлическими мембранами; с металлосодержащими мембранными катализаторами на различных носителях. Преимущества проведения каталитических реакций в МР. Реакции с использованием мембранных катализаторов: гидрирование и дегидрирование; процессы получения водорода - конверсия водяного газа; паровой риформинг метана; сухой риформинг метана; парциальное окисление метана; паровой риформинг метанола; окислительный паровой риформинг метанола; паровой риформинг этанола. Методы исследования МК и расчета МР. Примеры практического применения МР и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 4. Мембранный биореактор.

Терминология. Способы реализации. Динамика развития и существующее положение. Принцип работы. Мембранные материалы и их свойства. Технологические аспекты: снижение влияния концентрационной поляризации; промывка/очистка и химическая регенерация мембран; режимы/регламенты работы; способы оптимизации. Примеры технологических схем, их анализ и расчет.

Раздел 5. Мембранные контакторы.

Терминология. История развития. Оксигенаторы крови. Мембранные оксигенаторы: текущее состояние и перспективы. Мембранные контакторы: газ-жидкость; жидкость/жидкость; с изменением фаз. Примеры технологических схем, их анализ и расчет.

Раздел 6. Топливные элементы (ТЭ).

Основные источники энергии. Химические источники тока, ТЭ: щелочные; с прямым окислением метанола; с электролитом из расплава карбоната лития и натрия; фосфорнокислые; с протонообменной мембраной; обратимые; с твердым электролитом. Мембраны и мембранные материалы. Сферы применения, технико-экономические аспекты.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)							
1	принципы разработки процессов и технологических схем;		+			+	+	
2	специфику конструкций аппаратов и установок;				+	+	+	+
3	влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;		+	+				
	Уметь: (перечень из п.2)							
4	обоснованно выбирать рациональные технологические процессы;		+			+		
5	рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность			+	+		+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
6	навыками разработки технологических схем		+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)</u>								
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)						
12	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+			+	+	+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	+	+				

13	– ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+			+	+	
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+	+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Расчет температуры кипения и давления насыщенного пара	3
2	1	Практическое занятие 2. Расчет общего и парциального давления паров и мольных долей компонентов в паровой фазе над жидкой смесью	3
3	2	Практическое занятие 3. Расчет состава конденсированного пермеата	3
4	2	Практическое занятие 4. Расчет также проницаемости мембраны и идеального фактора разделения	3
5	2	Практическое занятие 5. Расчет площади мембраны, состава пермеата и доли отбора	3
6	3	Практическое занятие 6. Мембранная дистилляция	6
7	3	Практическое занятие 7. Мембранные контакторы	3
8	4	Практическое занятие 8. Мембранные реакторы	3
9	4	Практическое занятие 9. Мембранные биореакторы	6
10	4	Практическое занятие 10. Топливные элементы	3

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Сопряженные мембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-4 (8 семестр) составляет 15 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 1,5 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

2. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

3. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) хлороформа, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
хлороформ	15,9732	2696,79	-46,16

4. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) метанола, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
метанол	18,5875	3626,55	-34,29

5. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 1,5 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

Вопрос 1.2.

1. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) этанола при температурах $T_1=25$ °C и $T_2=70$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

2. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) трихлорэтилена при температурах $T_1=70$ °C и $T_2=100$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

3. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) метанола при температурах $T_1=25$ °C и $T_2=70$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
--------------	---	---	---

метанол	18,5875	3626,55	-34,29
---------	---------	---------	--------

4. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) трихлорэтилена при температурах $T_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_2=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

5. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) этанола при температурах $T_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_2=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

Вопрос 1.3.

1. Рассчитайте общее и парциальное давление паров и мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

2. Рассчитайте общее и парциальное давление паров и мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

3. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

4. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,8/0,2 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,8	0,2	1,0297	1,9752	0,8	0,2	1,0326	2,0217

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
--------------	---	---	---

вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

5. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,55/0,45 мольных долей) при температурах 25 °С и 60 °С. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °С				T= 60 °С			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,55	0,45	1,1544	1,5673	0,55	0,45	1,1715	1,5634

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, 8 баллов за 1 вопрос, 7 баллов за 2 вопрос.

Вопрос 2.1

1. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,1$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=45$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

2. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,06$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=4100$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

3. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °С мембрана продемонстрировала поток $J=3$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=25$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

4. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 50 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,26$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=50$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,4794
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

5. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 30 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,43$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=190$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,4195
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

Вопрос 2.2

1. Терминология. Допущения модели растворение-диффузия. Профиль химического потенциала, давления и активности в мембране.
2. Массоперенос в первапорации: модель сопротивлений, пример влияния граничных слоев. Влияние температуры.
3. Первапорация: движущая сила процесса, вывод уравнения для потока.
4. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.
5. История развития первапорации. Задачи и типы разделения.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, 8 баллов за 1 вопрос, 7 баллов за 2 вопрос.

Вопрос 3.1

1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной первапорации ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75

y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

2. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 4 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $1,9 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 9552,5$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

3. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 5 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $54,31 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 58,2$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12

паров, кПа										
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

4. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 6 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 50 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $19,17 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 123,4$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 50 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	29,538	29,568	29,594	29,616	29,647	29,664	29,666	29,613	29,485	29,293
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,043	0,062	0,081	0,099	0,140	0,177	0,210
давление паров, кПа	29,047	28,754	28,423	28,058	27,664	27,240	26,782	26,279	25,706	25,017
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,239	0,266	0,290	0,312	0,332	0,351	0,369	0,387	0,406	0,427
давление паров, кПа	24,129	22,888	21,009	19,969	18,689	17,095	16,150	15,087	13,888	12,531
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,454	0,491	0,551	0,587	0,637	0,707	0,755	0,815	0,894	1,000

5. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 7 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 40 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $119,22 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 499,3$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 40 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	17,936	17,951	17,963	17,973	17,986	17,989	17,985	17,938	17,848	17,720
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250

y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,042	0,061	0,080	0,097	0,138	0,174	0,206
давление паров, кПа	17,561	17,374	17,165	16,937	16,691	16,428	16,143	15,829	15,470	15,038
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,235	0,261	0,285	0,307	0,327	0,346	0,364	0,382	0,401	0,423
давление паров, кПа	14,480	13,706	12,546	11,911	11,136	10,180	9,617	8,987	8,280	7,485
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,450	0,489	0,550	0,588	0,638	0,709	0,757	0,817	0,895	1,000

Вопрос 3.2

1. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.
2. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.
3. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
4. Классификация МР по функции и расположению мембраны.
5. Промышленные методы получения водорода.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7,5 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1

1. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки
2. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
3. Мембранные реакторы: определение, МР на основе палладия.
4. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
5. Классификация МР по функции и расположению мембраны.

Вопрос 4.2

1. Топливные элементы, терминология, щелочной топливный элемент.
2. Топливный элемент с протонообменной мембраной, устройство.
3. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.
4. Мембранные биореакторы, основные определения, активный ил, схема очистки сточных вод активным илом.
5. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.
1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 25 баллов.

1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95%

мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

2. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.

3. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 4 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $1,9 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=9552,5$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

4. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.

5. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 5 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $54,31 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 58,2$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

6. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.

7. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 6 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 50 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $19,17 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 123,4$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 50 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	29,538	29,568	29,594	29,616	29,647	29,664	29,666	29,613	29,485	29,293
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,043	0,062	0,081	0,099	0,140	0,177	0,210
давление паров, кПа	29,047	28,754	28,423	28,058	27,664	27,240	26,782	26,279	25,706	25,017
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,239	0,266	0,290	0,312	0,332	0,351	0,369	0,387	0,406	0,427
давление паров, кПа	24,129	22,888	21,009	19,969	18,689	17,095	16,150	15,087	13,888	12,531
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000

y(H ₂ O), моль/моль	0,454	0,491	0,551	0,587	0,637	0,707	0,755	0,815	0,894	1,000
-----------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

8.Классификация МР по функции и расположению мембраны.

9.Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 7 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 40 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $119,22 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 499,3$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 40 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	17,936	17,951	17,963	17,973	17,986	17,989	17,985	17,938	17,848	17,720
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,042	0,061	0,080	0,097	0,138	0,174	0,206
давление паров, кПа	17,561	17,374	17,165	16,937	16,691	16,428	16,143	15,829	15,470	15,038
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,235	0,261	0,285	0,307	0,327	0,346	0,364	0,382	0,401	0,423
давление паров, кПа	14,480	13,706	12,546	11,911	11,136	10,180	9,617	8,987	8,280	7,485
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,450	0,489	0,550	0,588	0,638	0,709	0,757	0,817	0,895	1,000

10.Промышленные методы получения водорода.

для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (8 семестр).

Экзамен по дисциплине «*Сопряжённые мембранные процессы*» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена

<p style="text-align: center;">«Утверждаю»</p> <p>_____</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____</p> <p>(Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__ г.</p>	<p style="text-align: center;">Министерство науки и высшего образования РФ</p> <p style="text-align: center;">Российский химико-технологический университет</p> <p style="text-align: center;">имени Д.И. Менделеева</p> <p style="text-align: center;">Кафедра мембранной технологии</p> <p style="text-align: center;">18.03.01 «Химическая технология» Профиль –</p> <p style="text-align: center;">«Мембранная технология»</p> <p style="text-align: center;">Сопряженные мембранные процессы</p>																																																																																																			
<p>1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной первапорации ($P_{perm} = 0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">давление паров, кПа</td> <td>88,93</td><td>89,03</td><td>89,12</td><td>89,19</td><td>89,31</td><td>89,38</td><td>89,41</td><td>89,31</td><td>88,99</td><td>88,47</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,06</td><td>0,08</td><td>0,1</td><td>0,15</td><td>0,2</td><td>0,25</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,011</td><td>0,022</td><td>0,033</td><td>0,043</td><td>0,063</td><td>0,082</td><td>0,1</td><td>0,143</td><td>0,18</td><td>0,214</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">давление паров, кПа</td> <td>87,78</td><td>86,95</td><td>85,99</td><td>84,93</td><td>83,77</td><td>82,52</td><td>81,18</td><td>79,72</td><td>78,07</td><td>76,12</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,3</td><td>0,35</td><td>0,4</td><td>0,45</td><td>0,5</td><td>0,55</td><td>0,6</td><td>0,65</td><td>0,7</td><td>0,75</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,245</td><td>0,272</td><td>0,297</td><td>0,32</td><td>0,341</td><td>0,361</td><td>0,379</td><td>0,398</td><td>0,417</td><td>0,437</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">давление паров, кПа</td> <td>73,63</td><td>70,15</td><td>64,79</td><td>61,76</td><td>57,97</td><td>53,14</td><td>50,23</td><td>46,91</td><td>43,12</td><td>38,75</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,8</td><td>0,85</td><td>0,9</td><td>0,92</td><td>0,94</td><td>0,96</td><td>0,97</td><td>0,98</td><td>0,99</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,462</td><td>0,497</td><td>0,554</td><td>0,588</td><td>0,635</td><td>0,704</td><td>0,75</td><td>0,811</td><td>0,89</td><td>1</td> </tr> </table>		давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47	x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25	y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214	давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12	x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437	давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75	x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1	y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1
давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214																																																																																										
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437																																																																																										
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1																																																																																										
<p>2. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.</p>																																																																																																				

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Мембранное разделение газов: учебное пособие / Г. Г. Каграманов. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 138 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Первапорация: учеб. пособие / Г. А. Дибров, Г. Г. Каграманов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
2. Козадеров О. А., Введенский А. В. Современные химические источники тока, Издательство «Лань», 2021. -132 с.
3. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Сопряженные мембранные процессы*» проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Первапорация.	<p><i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;</p> <p><i>Умеет:</i> обоснованно выбирать рациональные технологические процессы</p> <p><i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	Оценка за контрольную работу №1, 2, 3 (8 семестр)
Раздел 2. Мембранная дистилляция.	<p><i>Знает:</i> влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;</p> <p><i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность</p> <p><i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	Оценка за контрольную работу №3 (8 семестр)
Раздел 3. Мембранный катализ и мембранные реакторы.	<p><i>Знает:</i> специфику конструкций аппаратов и установок;</p> <p><i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность</p> <p><i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)
Раздел 4. Мембранный биореактор.	<p><i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; специфику конструкций аппаратов и установок;</p> <p><i>Умеет:</i> обоснованно выбирать рациональные технологические процессы;</p> <p><i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)

<p>Раздел 5. Мембранные контакторы.</p>	<p><i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	<p>Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)</p>
<p>Раздел 6. Топливные элементы.</p>	<p><i>Знает:</i> специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность; <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем</p>	<p>Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (8 семестр)</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Сопряженные мембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Баромембранные процессы»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Баромембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам знания о процессах мембранного разделения жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану. В курс входят как теоретические материалы, связанные с принципами диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамикой, кинетикой и движущей силой процессов, так и практические вопросы, относящиеся к особенностям расчета мембранных установок и аппаратов, а также промышленное применение этих процессов при разделении газовых и жидких смесей.

Задачи дисциплины – дать основные знания по баромембранным методам очистки и подготовки жидких сред для отраслей народного хозяйства, химических, перерабатывающих производств, медицины, коммунального хозяйства, военно-морского и космического сектора и т.д., позволяющие выпускнику на основе владения общими принципами подхода к специальным технологиям быстро адаптироваться к конкретной технологии.

Дисциплина *«Баромембранные процессы»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к требованиям к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-</p>	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	<p>ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий</p> <p>ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

<p>разработке технологической документации</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- механизм разделения в баромембранных процессах;
- методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах;
- влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность;
- понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах,
- аппаратное оформление баромембранных процессов.

Уметь:

- производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран;
- производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора;
- производить секционирование аппаратов в установке

Владеть:

- методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок
- основные сферы применения баромембранных процессов;
- производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64	48
Лекции	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Самостоятельная работа	2,2	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,2	80	60
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Введение	8	2	2	4
1.1	Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.	4	1	1	2
1.2	Классификация баромембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения Сопоставление мембранных процессов с другими методами разделения жидких смесей. Движущая сила. Области применения.	4	1	1	2
2.	Теоретические основы баромембранных процессов	32	8	6	18
2.1	Механизм разделения. Роль конвективно-фильтрационной, электростатической и диффузионной компоненты в общем механизме переноса веществ через мембрану для каждого баромембранного процесса. Связанная вода на поверхности и в порах мембраны, явления гидратации в растворах электролитов.	8	2	1	5
2.2	Методы определения характеристик микро- и ультрафильтрационных мембран.	4	1	1	2
2.3	Особенности разделения водных растворов высоко- и низкомолекулярных органических и неорганических веществ.	4	1	1	2
2.4	Расчет истинной селективности мембран в бинарных и многокомпонентных растворах сильных электролитов.	9	2	2	5

2.5	Уравнения переноса воды и растворенного вещества через. Влияние рабочего давления, температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и удельную производительность жестких и уплотняющихся мембран. Описание влияния определяющих факторов на основе уравнений переноса. Расчет удельной производительности мембран при разделении растворов сильных электролитов с помощью уравнения переноса воды через мембрану.	7	2	1	4
3.	Раздел 3. Сопротивление массопереносу	18	4	4	10
3.1	Внешне- и внутридиффузионное сопротивление массопереносу вещества через мембрану.	4	1	1	2
3.2	Концентрационная поляризация со стороны разделяемого раствора как основное внешнее диффузионное сопротивление. Ее влияние на характеристики разделения в баромембранных процессах.	3	0,5	0,5	2
3.3	Вывод уравнения, связывающего величину концентрационной поляризации (КП) с удельной производительностью, истинной селективностью и коэффициентом массоотдачи от поверхности мембраны в ядро потока разделяемого раствора.	5	1	1	3
3.4	Методы расчета КП. Учет КП при расчете удельной производительности и наблюдаемой селективности мембран. Способы снижения КП.	4	1	1	2
3.5	Сопротивление массопереносу через мембрану, создаваемое осадками взвешенных частиц и малорастворимых соединений. Методы очистки мембран от загрязнений, составы моющих растворов и аппаратное оформление химического способа очистки мембран.	2	0,5	0,5	1
4.	Аппаратура для баромембранных процессов	14	4	-	10
4.1	Основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Мембранные аппараты. Модули и элементы аппаратов. Требования, предъявляемые к промышленным мембранным аппаратам.	7	2	-	5

4.2	Основные типы конструкций аппаратов с плоскими, трубчатыми, рулонными и волоконными фильтрующими элементами. Их устройство и работа, достоинства и недостатки. Выбор оптимального типа конструкции мембранного аппарата в соответствии с задачей разделения.	7	2	-	5
5.	Технологический расчет аппаратов и установок	48	10	14	24
5.1	Задачи расчета. Материальный баланс баромембранных процессов разделения при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения. Определение расходов пермеата и ретанта, их концентрации и рабочей площади мембран при осуществлении основного варианта проведения баромембранных процессов: очистки воды с одновременным концентрированием растворенных веществ.	13	3	4	6
5.2	Структура потоков в реальных аппаратах и ее учет в расчетах. Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора при малых и больших значениях кратности циркуляции.	12	2	4	6
5.3	Последовательность расчета установок для основного варианта проведения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.	10	2	2	6
5.4	Секционирование баромембранных аппаратов в промышленных установках большой производительности. Расчет двухступенчатых схем и установок. Расчет баромембранных схем и установок для вариантов диафильтрации и фракционирования растворенных веществ.	13	3	4	6
6.	Гидравлический расчет аппаратов и установок	26	4	6	16
6.1	Расчет полного и среднего гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов с плоскими, трубчатыми, полволоконными и рулонными элементами. Особенности расчета при наличии в каналах сепарирующих и дренажных сеток.	7	1	2	4

6.2	Расчет гидравлического сопротивления секционированных установок.	7	1	2	4
6.3	Определение напора насоса, требуемого для перекачивания разделяемого раствора через установку при обеспечении поддержания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах.	7	1	2	4
6.4	Расчет баромембранных процессов с использованием компьютерных программ производителей мембранной техники.	5	1	-	4
	ИТОГО	144	32	32	80
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

1.1 Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.

1.2 Классификация баромембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения. Сопоставление мембранных процессов с другими методами разделения жидких смесей. Движущая сила. Области применения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.

Раздел 2. Теоретические основы баромембранных процессов

2.1 Механизм разделения в микро-, ультра-, нанофильтрации и обратном осмосе. Роль конвективно-фильтрационной, электростатической и диффузионной компоненты в общем механизме переноса веществ через мембрану для каждого баромембранного процесса. Связанная вода на поверхности и в порах мембраны, явления гидратации в растворах электролитов.

2.2 Методы определения характеристик микро- и ультрафильтрационных мембран.

2.3 Особенности разделения водных растворов высоко- и низкомолекулярных органических и неорганических веществ.

2.4 Расчет истинной селективности мембран в бинарных растворах сильных электролитов, основанный на использовании теплот гидратации ионов и их валентностей. Расчет истинной селективности мембран в многокомпонентных растворах сильных электролитов, базирующийся на учете изменения межфазного потенциала при переходе от бинарных к многокомпонентным системам.

2.5 Уравнения переноса воды и растворенного вещества через мембрану. Влияние рабочего давления, температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и удельную производительность жестких и уплотняющихся мембран. Описание влияния определяющих факторов на основе уравнений переноса. Расчет удельной производительности мембран при разделении растворов сильных электролитов с помощью уравнения переноса воды через мембрану.

Раздел 3. Сопротивление массопереносу

3.1 Внешне- и внутридиффузионное сопротивление массопереносу вещества через мембрану.

3.2 Концентрационная поляризация со стороны разделяемого раствора как основное внешнее диффузионное сопротивление. Ее влияние на характеристики разделения в баромембранных процессах.

3.3 Вывод уравнения, связывающего величину концентрационной поляризации (КП) с удельной производительностью, истинной селективностью и коэффициентом массоотдачи от поверхности мембраны в ядро потока разделяемого раствора.

3.4 Методы расчета КП. Учет КП при расчете удельной производительности и наблюдаемой селективности мембран. Способы снижения КП.

3.5 Сопротивление массопереносу через мембрану, создаваемое осадками взвешенных частиц и малорастворимых соединений. Методы очистки мембран от загрязнений, составы моющих растворов и аппаратурное оформление химического способа очистки мембран.

Раздел 4. Аппаратура для баромембранных процессов

4.1 Основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Мембранные аппараты. Модули и элементы аппаратов. Требования, предъявляемые к промышленным мембранным аппаратам.

4.2 Основные типы конструкций аппаратов с плоскими, трубчатыми, рулонными и волоконными фильтрующими элементами. Их устройство и работа, достоинства и

недостатки. Выбор оптимального типа конструкции мембранного аппарата в соответствии с задачами разделения.

Раздел 5. Технологический расчет аппаратов и установок

5.1 Задачи расчета. Материальный баланс баромембранных процессов разделения при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения. Определение расходов пермеата и ретаната, их концентрации и рабочей площади мембран при осуществлении основного варианта проведения баромембранных процессов: очистки воды с одновременным концентрированием растворенных веществ.

5.2 Структура потоков в реальных аппаратах и ее учет в расчетах. Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора при малых и больших значениях кратности циркуляции.

5.3 Последовательность расчета установок для основного варианта проведения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.

5.4 Секционирование баромембранных аппаратов в промышленных установках большой производительности. Расчет двухступенчатых схем и установок. Расчет баромембранных схем и установок для вариантов диафильтрации и фракционирования растворенных веществ.

Раздел 6. Гидравлический расчет аппаратов и установок

6.1 Расчет полного и среднего гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов с плоскими, трубчатыми, полволоконными и рулонными элементами. Особенности расчета при наличии в каналах сепарирующих и дренажных сеток.

6.2 Расчет гидравлического сопротивления секционированных установок.

6.3 Определение напора насоса, требуемого для перекачивания разделяемого раствора через установку при обеспечении поддержания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах.

6.4 Расчет баромембранных процессов с использованием компьютерных программ производителей мембранной техники.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)							
1	–	механизм разделения в баромембранных процессах	+	+				
2	–	влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность		+				
3	–	понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах			+			
4	–	аппаратурное оформление баромембранных процессов				+		
5	–	методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах					+	+
	Уметь: (перечень из п.2)							
6	–	производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран		+			+	+
7	–	производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора					+	+
8	–	производить секционирование аппаратов в установке					+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
9	–	методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок						+
10	–	основные сферы применения баромембранных процессов	+	+		+		+
11	–	производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред.						+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)								
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)						
12	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+					

	основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты						+	
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом					+	+	
13	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий		+	+				
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования			+				
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+	+				

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет движущей силы обратного осмоса.	2
2	2	Расчет истинной селективности мембран при разделении бинарных растворов сильных электролитов.	2
3	2	Расчет истинной селективности мембран при разделении многокомпонентных растворов сильных электролитов.	3
4	2	Расчет удельной производительности мембран при различных значениях давления, температуры и концентрации растворенных веществ.	3
5	2	Расчет коэффициентов массоотдачи в каналах щелевого и кольцевого сечения.	3
6	3	Расчет величины концентрационной поляризации.	2
7	5	Расчет расходов пермеата и ретанта, их концентрации и рабочей площади мембран при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения.	3
8	5	Расчет расходов пермеата и ретанта, их концентрации и рабочей площади мембран с учетом реальной структуры потоков в аппарате.	3
9	5	Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора.	2
10	5	Секционирование аппаратов в установке обратного осмоса.	3
11	5	Расчет установок диафильтрации.	2
12	6	Расчет гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов.	3
13	6	Расчет общего гидравлического сопротивления установок обратного осмоса и необходимого напора насосов.	3

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Баромембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами

включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* (6 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка (6 семестр) за контрольные работы составляет 30 баллов за каждую.

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Запишите уравнения переноса воды и растворенного вещества через мембрану в обратном осмосе, дав определения всех входящих в них величин. Поясните, как определяется осмотическое давление и доля свободной воды в растворах сильных электролитов. Какие факторы влияют на значения постоянных этих уравнений?
2. Получите на основе уравнений переноса воды и растворенного вещества через мембрану в процессе обратного осмоса выражение, описывающее удельную производительность и селективность высокоселективных мембран, и на их основе рассмотрите влияние рабочего давления и температуры на уплотняющихся мембранах и мембранах с жесткой структурой.
3. Опишите и объясните влияние концентрации растворенного вещества на удельную производительность и селективность ацетатцеллюлозных мембран при обратноосмотическом разделении растворов сильных электролитов.

Вопрос 1.2.

1. Механизм разделения в обратном осмосе. Расчет истинной селективности при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов ...
2. Механизм разделения в нанофильтрации. Понятие точки нулевого заряда и изоэлектрической точки. Влияние величины pH на основные характеристики процесса нанофильтрации при очистке растворов хлоридов двухвалентных металлов.

3. Механизм разделения в микро- и ультрафильтрации. Методы определения характеристик ультра- и микрофильтрационных мембран.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Выведите расчетные формулы для определения концентрации растворенного вещества в пермеате и расходов пермеата и концентрата в мембранном аппарате, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию и концентрацию концентрата считать заданными.
2. Выведите расчетную формулу для определения рабочей поверхности мембраны в аппарате, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию и концентрацию концентрата считать заданными.
3. Выведите расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования баромембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембраны практически не изменяется. Опишите последовательность проведения операции секционирования при заданной величине снижения расхода по длине аппарата.
4. Выведите расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования баромембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембраны практически не изменяется. Опишите последовательность проведения операции секционирования при заданном оптимальном расходе разделяемого раствора на входе в аппарат.
5. Выведите расчетные формулы для определения концентрации растворенного вещества в пермеате и расходов пермеата и концентрата в установке с рециркуляцией концентрата, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию, концентрацию концентрата и кратность циркуляции считать заданными.

Вопрос 2.2.

1. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления напорного канала аппарата с трубчатыми фильтрующими элементами при ламинарном течении разделяемого раствора внутри трубок.
2. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления дренажного канала в цилиндрическом аппарате типа фильтр-пресс при радиальном отводе пермеата внутри полого канала.
3. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления дренажного канала в аппарате с мембранами в виде полых волокон при одностороннем отводе пермеата внутри волокон.
4. Многоступенчатые установки. Опишите принцип перехода от одноступенчатой к двухступенчатой установке и основание выбора одной из схем. Запишите, с допущениями и пояснениями, систему уравнений, описывающих двухступенчатую установку, обеспечивающую повышение степени концентрирования исходного раствора.
5. Многоступенчатые установки. Опишите принцип перехода от одноступенчатой к двухступенчатой установке и основание выбора одной из схем. Запишите, с допущениями и пояснениями, систему уравнений, описывающих двухступенчатую установку, обеспечивающую повышение степени очистки исходного раствора.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам _ и _ рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями выражение, определяющее величину концентрационной поляризации при турбулентном течении разделяемого раствора в напорном канале мембранного аппарата.

2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и необходимостью частой замены мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

3. В аппарате обратного осмоса используются мембраны с удельной производительностью по чистой воде $22 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°C . При разделении раствора хлористого магния на этой мембране при тех же давлении и температуре удельная производительность составила $15,33 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, а истинная селективность 0,95. При этом концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны 0,2 моль/л воды, чему соответствует осмотическое давление 1,28 МПа. Считая, что осмотическое давление прямо пропорционально концентрации, определите координационное число гидратации иона магния, если для иона хлора оно равно 8. Вязкость пермеата равна вязкости воды.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена (6 семестр).

Экзамен по дисциплине «Баромембранные процессы» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____ (Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра мембранной технологии</p>
	<p>Мембранная технология</p>
	<p>Баромембранные процессы</p>
<p>Билет № 1</p> <p>1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями формулу для определения гидравлического сопротивления напорного канала в аппарате с трубчатыми фильтрующими элементами для случая ламинарного потока разделяемого раствора внутри труб.</p> <p>2. Дайте определения понятиям мембранного элемента, мембранного модуля и мембранного аппарата. Изобразите мембранные элементы для каждого из основных типов мембранных аппаратов и опишите их устройство.</p> <p>3. Рассчитайте осмотическое давление водного раствора хлористого магния, если его концентрация в 1 000 раз меньше, чем концентрация, выше которой происходит резкое снижение селективности ацетатцеллюлозных мембран. Температура раствора 20°C. Практический осмотический коэффициент можно принять равным 1. Координационное число гидратации для ионов магния – 6, для ионов хлора – 8. Учтите,</p>	

что в разбавленных растворах концентрации в размерности моль/л раствора и моль/л воды практически равны

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
2. Дытнерский, Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. - М.: Химия, 1986. - 272 с.
3. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.
4. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация - М. : Химия, 1978. - 352с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛиПринт, 2007, 207 с.
2. Орлов, Н. С. Ультра -и микрофильтрация: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные,

справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Баромембранные процессы»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook 	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<p>знать: механизм разделения в баромембранных процессах</p> <p>владеть: основные сферы применения баромембранных процессов</p>	Коллоквиум 1
Раздел 2.	<p>знать: механизм разделения в баромембранных процессах влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность</p> <p>уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран</p> <p>владеть: основные сферы применения баромембранных процессов</p>	Коллоквиум 1
Раздел 3.	<p>знать: понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах</p>	Коллоквиум 1
Раздел 4.	<p>знать: аппаратурное оформление баромембранных процессов</p> <p>владеть: основные сферы применения баромембранных процессов</p>	Коллоквиум 2
Раздел 5.	<p>знать: методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах</p> <p>уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора производить секционирование аппаратов в установке</p>	Коллоквиум 2
Раздел 6.	<p>знать:</p>	Коллоквиум 2

	<p>методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах</p> <p>уметь:</p> <p>производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран</p> <p>производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора</p> <p>производить секционирование аппаратов в установке</p> <p>владеть:</p> <p>методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок</p> <p>производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред.</p>	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Баромембранные процессы»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Диффузионные мембранные процессы»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Диффузионные мембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам знания о процессах мембранного разделения газовых смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану. В курс входят как теоретические материалы, связанные с принципами диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамикой, кинетикой и движущей силой процессов, так и практические вопросы, относящиеся к особенностям расчета мембранных установок и аппаратов, а также промышленное применение этих процессов при разделении газовых и жидких смесей.

Задачи дисциплины – ознакомить студентов с основными моделями механизма разделения и влиянием определяющих факторов на характеристики разделения, дать сведения о мембранах, используемых в диффузионных процессах, мембранных аппаратах и установках. Особое внимание уделяется промышленному применению этих процессов.

Дисциплина *«Диффузионные мембранные процессы»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к требованиям к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-</p>	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	<p>ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий</p> <p>ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
---	---	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану;
- принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса;
- основные типы мембран и мембранных систем;
- методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах;
- основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану;
- аппаратное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов

Уметь:

- производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран;
- производить расчет установок колонного типа;
- производить расчет разделения многокомпонентных систем.

Владеть:

- методами расчета основных типов аппаратов и установок;
- основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред;
- производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение	17	2	2	13
1.1	Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.	9	1	1	7
1.2	Классификация диффузионных мембранных процессов, сферы применения, движущая сила, уравнения переноса	8	1	1	6
2.	Раздел 2. Основные закономерности диффузионных мембранных процессов	44	13	10	21
2.1	Механизм диффузии и количественное описание; механизм и элементарные стадии массопереноса (проницания) компонентов через мембрану.	5	2		3
2.2	Особенности переноса через непористые мембраны: влияние температуры и давления на проницаемость (диффузию и сорбцию).	5	2	-	3
2.3	Особенности массопереноса, сопровождаемого взаимодействием проникающего компонента с материалом мембраны.	6	1	2	3
2.4	Концентрационная поляризация в диффузионных мембранных процессах; причины ее меньшего влияния по сравнению с баромембранными процессами.	5	2	-	3
2.5	Диффузионное разделение газов. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Применяемые мембраны.	7	2	2	3
2.6	Массоперенос в пористых мембранах	7	2	2	3
2.7	Диализ.	9	2	4	3
3.	Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам	43	10	12	21
3.1	Методы расчета мембранных аппаратов и установок	8	2	2	4
3.2	Принципы расчета аппаратов для осуществления диффузионных мембранных процессов, их отличие от баромембранных процессов.	8	2	2	4
3.3	Способы организации потоков в модулях.	7	2	2	3
3.4	Расчет модуля на основе асимметричных и композиционных мембран для разделения бинарных газовых смесей.	7	2	2	3

3.5	Приближенный метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных и многокомпонентных смесей.	6	-	2	4
3.6	Влияние флегмового числа, величины и соотношения давления и скоростей в дренажном и напорном каналах, требуемой степени разделения, коэффициентов проницаемости на требуемую поверхность мембран и высоту колонны.	7	2	2	3
4.	Раздел 4. Промышленное применение диффузионных мембранных процессов	40	7	8	25
4.1	Выделение водорода из продувочных газов синтеза аммиака и в процессах нефтехимического и основного органического синтеза.	10	2	2	6
4.2	Очистка природного, нефтяного (попутного) и технологических газов от диоксида углерода и сероводорода.	9	1	2	6
4.3	Осушка природного и нефтяного газа.	10	2	2	6
4.4	Выбор промышленных аппаратов, технологические параметры и схема процесса, технико-экономические параметры установок.	11	2	2	7
	ИТОГО	144	32	32	80
	Экзамен	-			
	ИТОГО	108			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.

Классификация диффузионных мембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения, движущая сила, уравнения переноса (диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов на пористых и непористых мембранах, пьезо- и термодиализ, селективное извлечение ионов и молекул на жидких мембранах).

Раздел 2. Основные закономерности диффузионных мембранных процессов

Механизм диффузии и количественное описание (статистический, термодинамический и феноменологический подходы); механизм и элементарные стадии массопереноса (проникания) компонентов через мембрану, вклад сорбции и растворимости в проницаемость; лимитирующие стадии переноса через мембрану; диффузионный перенос, сопряженный с химической реакцией («облегченная диффузия»); активный перенос.

Особенности переноса через непористые мембраны: влияние температуры и давления на проницаемость (диффузию и сорбцию).

Особенности массопереноса, сопровождаемого взаимодействием проникающего компонента с материалом мембраны.

Концентрационная поляризация в диффузионных мембранных процессах; причины ее меньшего влияния по сравнению с баромембранными процессами.

Диффузионное разделение газов. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Применяемые мембраны.

Массоперенос в пористых мембранах: проницаемость и селективность газодиффузионных и сорбционно-диффузионных мембранных систем, диффузия Кнудсена, влияние сорбции, капиллярной конденсации, поверхностной и фиковской диффузии и ультрафильтрационного потока на проницаемость и селективность разделения газов с использованием пористых мембран. Область применения и перспективы этих процессов. Массоперенос в непористых мембранах: теория свободного объема, модель активированных скачков. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность разделения газов. Особенности диффузионного переноса газов в металлах и стеклах.

Диализ. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Мембраны. Обычный и доннановский диализ. Эффект Доннана. Уравнения переноса растворителя и растворенных веществ через мембрану. Механизм разделения при диализе. Массоперенос при диализе, влияние концентрационной поляризации. Влияние температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и проницаемость мембран.

Раздел 3. Методы расчета мембранных аппаратов и установок

Принципы расчета аппаратов для осуществления диффузионных мембранных процессов, их отличие от баромембранных процессов.

Способы организации потоков в модулях. Расчет модулей на основе изотропных мембран для разделения бинарных смесей. Основные допущения и ограничения. Учет влияния структуры и организации потоков в модуле при расчетах по модели идеального смешения в напорном и дренажном каналах; модели идеального вытеснения в напорном канале и поперечного тока пермеата в напорном и дренажном каналах при прямотоке и противотоке. Особенности расчета модуля с полволоконными мембранами.

Расчет модуля на основе асимметричных и композиционных мембран для разделения бинарных газовых смесей. Мембранный модуль на основе полых волокон. Рулонный модуль. Модуль с плоскопараллельным расположением мембран. Влияние

структуры и организации потоков на процесс разделения. Расчет модуля для разделения многокомпонентной смеси. Проектная постановка задачи. Технологическая постановка задачи. Влияние структуры и организации потоков на процесс разделения.

Приближенный метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных и многокомпонентных смесей. Сравнительный анализ мембранных аппаратов, достоинства и недостатки различных конструктивных типов промышленных аппаратов. Выбор мембраны и конструкции аппарата для осуществления конкретного процесса разделения. Принципы расчета мембранных установок. Расчет мембранной установки колонного типа (мембранной колонны) методом чисел единиц переноса.

Влияние флегмового числа, величины и соотношения давления и скоростей в дренажном и напорном каналах, требуемой степени разделения, коэффициентов проницаемости на требуемую поверхность мембран и высоту колонны.

Раздел 4. Промышленное применение диффузионных мембранных процессов

Выделение водорода из продувочных газов синтеза аммиака и в процессах нефтехимического и основного органического синтеза.

Очистка природного, нефтяного (попутного) и технологических газов от диоксида углерода и сероводорода.

Осушка природного и нефтяного газа. Получение синтетического топливного газа при очистке биогаза от диоксида углерода. Разделение воздуха с получением обогащенного кислородом или азотом целевого продукта. Разделение изотопов и радиоактивных газов. Извлечение гелия из природного и нефтяного газов. Регулирование состава газовой среды при хранении сельскохозяйственной продукции. Концентрирование диоксида серы из газов. Электродиализные установки опреснения солоноватых и морских вод. Диализ в микробиологической и фармацевтической отраслях промышленности, в медицине (аппарат «искусственная почка»).

Выбор промышленных аппаратов, технологические параметры и схема процесса, технико-экономические параметры установок.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану	+			
2	принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса		+		
3	основные типы мембран и мембранных систем		+		
4	методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах			+	
5	основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану			+	+
6	аппаратурное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов				+
	Уметь: (перечень из п.2)				
7	производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран			+	+
8	производить расчет установок колонного типа			+	
9	производить расчет разделения многокомпонентных систем			+	+
	Владеть: (перечень из п.2)				
10	методами расчета основных типов аппаратов и установок		+	+	
11	основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред	+			
12	производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)			

13		ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции				+
	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты			+	+
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом			+	+
14		ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов.			+	+
		ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий				
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+		
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы семинарских занятий	Часы
1	2	Расчет коэффициентов проницаемости при массопереносе через многослойные мембраны	2
2	2	Расчет разделения газов по механизму диффузии Кнудсена для пористых газодиффузионных мембран	2
3	2	Влияние поверхностной диффузии на процесс разделения газов через пористые сорбционно-диффузионные мембраны	3
4	2	Расчет коэффициентов проницаемости газов при разделении через мембраны из металлов и сплавов	3
5	2,3	Расчет эффективного коэффициента проницаемости мембранных систем с учетом массоотдачи в напорном и дренажном каналах	3
6	2,3	Расчет коэффициентов проницаемости, диффузии и сорбции в процессах диффузионного мембранного разделения (на основании экспериментальных данных)	3
7	3	Расчет массопереноса при электродиализе методом числа единиц переноса; определение расхода электроэнергии при электродиализе	3
8	3	Расчет газоразделительного модуля (аппарата) на основе изотропных мембран	3
9	3	Расчет мембранного аппарата на основе композиционных и асимметричных мембран	2
10	3,4	Оценочные расчеты площади мембран в аппаратах и установках	3
11	3,4	Расчет разделения многокомпонентных газовых смесей	3
12	4	Расчет мембранных газоразделительных установок	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Диффузионные мембранные процессы» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1, 2 и 3 (6 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Укажите известные вам диффузионные мембранные процессы
 - а) Обратный осмос;
 - б) Электродиализ;
 - в) Диализ;
 - г) Ультрафильтрация;
 - д) Разделение газов на пористых мембранах;
 - е) Наночифльтрация;
 - ж) Разделение газов на непористых мембранах;
 - з) Ваш вариант.
2. Какие промышленно производимые мембраны используются при разделении газов в промышленности
 - а) Пористые керамические;
 - б) Пористые полимерные;
 - в) Непористые металлические;
 - г) Непористые стеклянные (кварцевые);
 - д) Непористые полимерные
3. Как влияет увеличение давления на проницаемость газов через микропористую мембрану?
 - а) Увеличивает;
 - б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.
4. Как влияет увеличение давления на фактор (селективность) разделения газов через микропористую мембрану?
 - а) Увеличивает;

- б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.
5. Как влияет увеличение температуры на проницаемость газов через микропористую мембрану?
- а) Увеличивает;
 - б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.

Вопрос 1.2.

1. Объясните понятие коэффициента диффузии компонента газовой смеси через непористую полимерную мембрану. Приведите размерность коэффициента диффузии в системе СИ.
2. Объясните понятие коэффициента сорбции (растворимости) компонента газовой смеси в материале мембраны. Приведите размерность этой величины в системе СИ.
3. Объясните понятие коэффициента проницаемости компонента газовой смеси через мембрану. Приведите формулу и укажите размерность этой величины в системе СИ.
4. Объясните понятие фактора разделения для бинарной газовой смеси. Приведите формулу и укажите размерность этой величины в системе СИ.
5. При каких условиях селективный перенос газов через пористую мембрану подчиняется уравнению Кнудсена? Приведите это уравнение.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Механизм диффузионных мембранных процессов. Статистический, термодинамический и феноменологический подходы к описанию диффузии. Вывести уравнения для расчета коэффициента диффузии.
2. Основные стадии трансмембранного переноса в диффузионных процессах. Коэффициенты растворимости, диффузии и проницаемости, их размерность. Зависимость от температуры, давления и состава смеси.
3. Классификация мембран, используемых для диффузионного разделения газов. Виды взаимодействия молекул газа и структурных элементов мембраны.
4. Теория свободного объема. Основные допущения и ограничения. Вывести уравнения для расчета коэффициентов диффузии.
5. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность непористых газоразделительных мембран.

Вопрос 2.2.

1. Расчет рулонного газоразделительного модуля на основе асимметричных или композитных мембран.
2. Расчет половолоконного газоразделительного модуля на основе асимметричных или композитных мембран.
3. Разделение бинарной газовой смеси на мембранных установках колонного типа. Принцип работы установки. Основные допущения и ограничения. Расчет высоты колонны на основе половолоконных мембран.
4. Основные конструкции мембранных модулей для разделения газов. Достоинства и недостатки. Принцип выбора типов конструкций.
5. Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей. Основные допущения и ограничения. Разделение бинарных и многокомпонентных газовых смесей.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Получение керамических микрофильтрационных мембран с селективным слоем на основе диоксида циркония.
2. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида титана.
3. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида циркония.
4. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида церия.
5. Получение керамических нанофильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида титана.

Вопрос 3.2.

1. Разработать план и программу исследований с целью получения полуволоконных мембран на основе новых полимерных материалов для нанофильтрации.
2. Разработать план и программу исследований с целью получения полуволоконных мембран для первапорации с целью выделения метана из жидких смесей.
3. Получение полуволоконных мембран для первапорации с целью выделения и концентрирования этанола из водных сред.
4. Исследование и влияние геометрических характеристик и плотности упаковки полуволоконных мембран на гидродинамику и массоперенос в мембранном модуле (аппарате) в системах микро- и ультрафильтрации.
5. Исследование и влияние геометрических характеристик и плотности упаковки полуволоконных мембран на гидродинамику и массоперенос в мембранном модуле (аппарате) в системах нанофильтрации.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 25 баллов.

- Коэффициенты диффузии, растворимости и проницаемости, их размерности, роль при разделении газов на непористых мембранах;
- Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании пористых газоразделительных мембран
- Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании непористых газоразделительных мембран;
- Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных смесей.

- Массоперенос, сопровождаемый взаимодействием переносимого через мембрану вещества с материалом мембраны;
- Простой (облегченный) диализ через нейтральные мембраны. Факторы, влияющие на проницаемость и степень разделения.
- Механизм диффузионных мембранных процессов. Статистический подход к описанию диффузии, уравнение для расчета коэффициентов диффузии;
- Мембраны для диализа. Принцип выбора. Влияние положительного осмотического потока на выбор мембран;
- Феноменологический подход к описанию механизма и диффузии компонентов через диффузионные мембраны;
- Разработайте (приведите) с обоснованием технологическую схему очистки природного газа от диоксида углерода.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Диффузионные мембранные процессы» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

<p>«Утверждаю»</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Диффузионные мембранные процессы
<p align="center">Билет № 1</p> <p>1. Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании пористых газоразделительных мембран;</p> <p>2. Разработайте (приведите) с обоснованием технологическую схему осушки природного газа перед стадией его ожижения</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Дытнерский, Ю. И. Мембранное разделение газов / Ю. И. Дытнерский, В. П. Брыков, Г. Г. Каграманов. - М. : Химия, 1991. - 344 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.
3. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛипринт, 2007, 207 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Диффузионные мембранные процессы»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook 	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<p>знать: процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану</p> <p>уметь:</p> <p>владеть: основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред</p>	Коллоквиум 1
Раздел 2.	<p>знать: принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса основные типы мембран и мембранных систем</p> <p>уметь:</p> <p>владеть: методами расчета основных типов аппаратов и установок</p>	Коллоквиум 1
Раздел 3.	<p>знать: методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану</p> <p>уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок,</p>	Коллоквиум 2

	<p>используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран</p> <p>производить расчет установок колонного типа</p> <p>производить расчет разделения многокомпонентных систем</p> <p>владеть:</p> <p>методами расчета основных типов аппаратов и установок</p> <p>производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов</p>	
Раздел 4.	<p>знать:</p> <p>основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану</p> <p>аппаратурное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов</p> <p>уметь:</p> <p>производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран</p> <p>производить расчет разделения многокомпонентных систем</p> <p>владеть:</p> <p>производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов</p>	Коллоквиум 2

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Диффузионные мембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология воды»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Технология воды»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии, а также предметах специализации, таких как введение в мембранную технологию, баромембранные процессы, диффузионные мембранные процессы.

Цель дисциплины – освоение студентами общих принципов построения технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких технологических сред на основе мембранных процессов на примерах водоподготовки: обеспечения требуемого качества очистки и утилизация вредных примесей.

Задачи дисциплины – дать студентам обобщенные знания о принципах проектирования технологических схем систем водоподготовки и водоочистки для различных отраслей промышленности.

Дисциплина *«Технология воды»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
---	---	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники.
- Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа.
- Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды.
- Особенности применения изученных ранее и в данном курсе методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды.
- Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.)
- Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки

Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности

Уметь:

- На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить:
- Технологическую схему комплексной системы очистки,
- Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки,
- Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов;
- Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки.

Владеть:

- Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа.
- Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса.
- Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких на основе мембранных процессов.	30	8	10	-	21
1.1	Раздел 2. Мониторинг	14	6	4	-	13
1.2	Раздел 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.	33	10	9	-	22
1.3	Раздел 4. Анализ вариантов комплексных систем водоподготовки на основе мембранных процессов	31	8	9	-	23
	ИТОГО	144	32	32	-	80
	Экзамен	-				
	ИТОГО	144				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.

Задача синтеза КСО, направленная на определение минимального потребления энергии системой и поиск оптимальных условий проведения составляющих систему отдельных процессов.

Ограничения, обусловленные широким спектром свойств примесей, при устранении на основе информационно-термодинамического принципа системного анализа двух типов неопределенностей - топологии, т.е. очередности отдельных процессов в системе очистки и конечных состояний потоков, которые реализуются на выходе из системы.

Задача синтеза КСО, т.е. решение проблемы топологии, при заданных конечных состояниях потоков (нормативные требования соответствующих сфер применения - ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, и др.).

Технико-экономические и экологические критерии – внешние управляющие параметры синтеза КСО, сопряженной с технологической и экологической «нишами».

Необходимость утилизации вредных примесей. Экологические критерии и требования. Обеспечение высоких степеней разделения очищаемого и утилизируемого потоков за счет большой доли отбора извлекаемых компонентов с высокой степенью очистки от примесей.

Реализация приведенного режима разделения на основе секционирования аппаратов в соответствии с одним из вариантов (секция – ступень - каскад).

Раздел 2. Мониторинг примесей. Экспериментальные и расчетные методики., нормативы.

Классификация примесей, содержащихся в водных растворах. Краткий обзор методик анализа примесей. Оформление результатов анализа водных растворов.

Требования к качеству предварительной очистки водных растворов перед стадиями обратного осмоса, ультра-, нано-, микрофильтрации и электродеионизации:

- расчет параметров фильтрования (индекс закупоривания, коллоидный индекс, модифицированный индекс загрязненности);

- расчет допустимых концентраций неорганических компонентов, образующих труднорастворимые осадки.

Требования к качеству очистки воды (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, и др.).

Раздел 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.

Организация водозаборов из поверхностных водоемов, артезианских скважин и производственных коллекторов.

Осаждение. Конструкции отстойников и нефтеловушек. Расчет габаритов аппаратов

Флотация. Принципы осуществления и расчет процесса. Напорная, реагентная и электрофлотация. Обзор конструкций флотаторов.

Процессы коагуляции и флокуляции. Реагенты. Расчет процессов. Конструкции аппаратов.

Механическая осветлительная фильтрация. Характеристики зернистых слоев. Выбор режимов фильтрования и регенерации. Конструкции фильтров.

Фильтрация с намывными инертными и структурированными слоями.

Характеристики порошковых материалов и структурирующих агентов. Технологические операции. Конструкции аппаратов.

Методы обезжелезивания, дехлорирования и очистки жидких смесей от органических примесей. Конструкции аппаратов.

Мембранные методы разделения жидких смесей. Выбор аппаратов, мембран и режимов их эксплуатации в зависимости от сфер применения. Предотвращение образования осадков на мембране. Методы коррекции растворов и регенерации мембран. Рецептуры коррекционных и моющих растворов. Техническое обслуживание мембранных установок.

Умягчение и глубокое обессоливание воды методами ионного обмена. (Na-, H-катионирование и катионирование с голодной регенерацией). Аниониты. Приемы, направленные на обеспечение необратимости процессов глубокого обессоливания воды (особенности применения смешанных слоев ионитов и электродеионизации). Выбор реагентов и приемы регенерации смешанных слоев ионитов. Конструкции ионообменных и электродеионизационных аппаратов, режимы их эксплуатации.

Декарбонизация. Расчет процесса. Конструкции декарбонизаторов.

Раздел 4. Анализ вариантов комплексных систем водоподготовки на основе мембранных процессов

Анализ вариантов технологических схем подготовки воды сбалансированного солевого состава:

- Подготовка воды питьевого качества;
- Опреснение морских и солоноватых вод;

Дедуктивный анализ вариантов технологических схем подготовки особо чистой (сверхчистой) воды:

- Подготовка особо чистой воды для микроэлектроники. Требования к качеству воды, особенности технологии очистки и аппаратного оформления в зависимости от степени интеграции больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС).

- Подготовка деминерализованной воды для теплоэнергетики. Требования к качеству воды в зависимости от систем теплоснабжения.

- Подготовка, хранение и распределение «Воды очищенной» и «Воды для инъекций» и фармацевтике.

Проектирование и исполнение систем подготовки, хранения и распределения особо чистой воды и воды для инъекций в соответствии с GMP . Требования к чистоте помещений (классы чистоты помещений).

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники.	+			
2	Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа.	+	+		
3	Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды.		+	+	+
4	Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды .	+		+	
5	Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.)	+		+	
6	Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки			+	+
7	Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности.		+		+
	Уметь: (перечень из п.2)				
8	На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить: технологическую схему комплексной системы очистки,	+			
9	Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки,	+		+	
10	Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов;		+	+	
11	Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки.				+
	Владеть: (перечень из п.2)				
12	Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа.	+	+		

13	Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса.	+			+
14	Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные</u> компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)			
15	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий			+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования		+	
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства			+
			+		
			+		

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	Темы практических занятий	Часы
1	Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.	3
2	Алгоритм синтеза, начальные и конечные состояния очищаемых сред на отдельных стадиях очистки и концентрирования.	3
3	Требования к качеству очистки воды, направляемой на стадию обратного осмоса. (коллоидный индекс и индекс Ланжелье.)	3
4	Обоснование выбора методов, используемых на стадии предварительной очистки, и их последовательности.	4
5	Обоснование доли отбора целевого продукта в ступени мембранного разделения в зависимости от начального и конечного состояний разделяемой смеси.	3
6	Обеспечение требований по п.5. за счет структурной организации (секция, ступень, каскад) стадии мембранного разделения.	3
7	Синтез технологических схем комплексных систем водоподготовки для пищевой промышленности. на основе мембранных процессов.	3
8	Синтез технологических схем систем опреснения морской воды.	3
9	Синтез технологических схем комплексных систем водоподготовки для микроэлектроники, теплоэнергетики, медицины и фармацевтики.	3
10	Расчет оборудования и режимов эксплуатации систем хранения и распределения воды используемой в медицине, фармацевтике и микроэлектронике.	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технология воды*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-2 (7 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Предложите с необходимым обоснованием стадий технологическую схему подготовки питьевой воды из среднеминерализованных артезианских вод (общее солесодержание 1,5 гр /л) $\text{ЖО} = 10\text{-}12$ ммоль экв/л. Содержание $\text{Fe}^{2+} = 10\text{-}15$ мг/л.
2. Приведите алгоритм синтеза технологических схем (перечень мероприятий необходимых и достаточных для разработки комплексных систем очистки воды).
3. Приведите технологическую схему (с обоснованием отдельных стадий) глубокого обессоливания воды, после стадии обратного осмоса. Обоснуйте выбор ионообменных смол.
4. Приведите алгоритм синтеза технологических схем (перечень мероприятий необходимых и достаточных для разработки комплексных систем очистки воды).
5. Приведите технологическую схему (с обоснованием отдельных стадий) глубокого обессоливания воды, после стадии обратного осмоса. Обоснуйте выбор ионообменных смол для умягчения воды.

Вопрос 1.2.

1. Приведите конструкцию (стилизованный рисунок) фильтра смешанного действия, обоснуйте последовательность осуществления регенерации смол и выбор реагентов.
2. Приведите известную Вам конструкцию механического фильтра, позволяющего осуществлять интенсивную обратную промывку без уноса зернистого слоя.
3. Приведите конструкцию (стилизованный рисунок) осветлителя, применяемого в процессах известкования и коагуляции, и обоснуйте выбор реагентов.
4. Приведите конструкцию (стилизованный рисунок) катионообменного аппарата, и обоснуйте выбор реагентов Н-катионирования воды.
5. Приведите любую из известных Вам конструкций микрофильтрационных аппаратов. Дайте характеристику фильтрующих элементов.

Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за каждый вопрос.

Вопрос 2.1

1. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности. Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/дм³, общая жесткость около

7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 10 м³/час.

Требуется:

1.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора и степенях извлечения.

2. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 15 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

Требуется:

2.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

3. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода из городской сети, общее солесодержание 350 мг/ дм³, общая жесткость около 5.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ менее 0,3 мг/ дм³, производительность по пермеату 5 м³/час.

Требуется:

3.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

4. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

Требуется:

4.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора и степенях извлечения.

5.. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 50 м³/час.

Требуется:

5.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

Вопрос 2.2

1. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 10 м³/час.

1.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов.

2. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 15 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

2.2. Рассчитать число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса

3. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода из городской сети, общее солесодержание 350 мг/ дм³, общая жесткость около 5.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ менее 0,3 мг/ дм³, производительность по пермеату 5 м³/час.

3.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов на стадии предварительной очистки, а также число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса.

4. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности. Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

4.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов.

5. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 50 м³/час.

5.2. Рассчитать число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.
1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Выведите с допущениями и пояснениями расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования мембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембран не меняется. Опишите последовательность проведения операции секционирования.

2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и высокой скоростью загрязнения мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

3. При рабочем давлении 5 МПа и температуре 20⁰С ацетатцеллюлозная мембрана имеет удельную производительность по чистой воде 20 кг/(м² · час), на растворе хлористого лития с концентрацией 3,968 моль/л воды удельная производительность этой мембраны обращается в ноль, а при концентрации хлористого лития в объеме раствора 0,2 моль/л воды и КП=2 она составляет 11,8 кг/(м² · час). Какова истинная селективность мембраны при этой концентрации, если осмотическое давление растворов хлористого лития прямо пропорционально концентрации, а при концентрации 0,2 моль/л воды оно равно 0,92 МПа?

4. Выведите с необходимыми пояснениями и допущениями расчетные формулы для определения концентрации компонентов в очищенном растворе и пермеате в процессе непрерывной диафильтрации с перекрестным током очищаемого раствора и растворителя при использовании мембранных аппаратов идеального вытеснения.

5. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса обратного осмоса, характеризуемого высокой производительностью и качественной предварительной очисткой, предотвращающей попадание в аппарат взвешенных частиц. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

6. Ацетатцеллюлозная мембрана при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20 °С имеет истинную селективность на 0,01 М растворе хлористого кальция 0,98 и на 0,01 М хлористого калия 0,92. При использовании этой мембраны в аппарате обратного осмоса для концентрирования раствора хлористого натрия от концентрации 0,01 до 0,1 моль/л раствора при тех же давлении и температуре наблюдаемая селективность составила 0,92. теплоты гидратации ионов хлора, калия, натрия и кальция равны соответственно 352, 339, 423 и 1616 кДж/моль. Определите величину концентрационной поляризации в мембранном аппарате.
7. Получите на основе уравнений переноса воды и растворенного вещества через мембрану в процессе обратного осмоса выражения, описывающие удельную производительность и селективность высокоселективных мембран, и на их основе рассмотрите влияние рабочего давления и температуры на уплотняющихся и жёстких мембранах.
8. Дайте подробное описание классификации баромембранных установок, приведя, где необходимо, схемы установок.
9. В аппарате обратного осмоса при КП=2 концентрация разделяемого раствора возрастает в три раза при снижении его расхода по длине напорного канала в четыре раза. Во сколько раз будет возрастать концентрация раствора, если при прочих равных условиях снизить КП практически до 1?
10. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов.
11. Дайте определение и опишите основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Охарактеризуйте функциональные узлы мембранной установки, подробно указав назначение узла автоматики.
12. В процессе обратного осмоса разделяемый раствор проходит в напорном канале щелевого сечения с высотой 1 мм. Истинная селективность мембраны 0,96, удельная производительность в рабочих условиях 18 л/(м² · час), величина диффузионных критериев Нуссельта и Прандтля соответственно 10 и 500. Кинематическая вязкость раствора при рабочих условиях $1 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Определите наблюдаемую селективность.
13. Выведите с допущениями и пояснениями расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования мембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембран не меняется. Опишите последовательность проведения операции секционирования.
14. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и высокой скоростью загрязнения мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.
15. При рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°С ацетатцеллюлозная мембрана имеет удельную производительность по чистой воде 20 кг/(м² · час), на растворе хлористого лития с концентрацией 3,968 моль/л воды удельная производительность этой мембраны обращается в ноль, а при концентрации хлористого лития в объёме раствора 0,2 моль/л воды и КП=2 она составляет 11,8 кг/(м² · час). Какова истинная селективность мембраны при этой концентрации, если осмотическое давление растворов хлористого лития прямо пропорционально концентрации, а при концентрации 0,2 моль/л воды оно равно 0,92 МПа?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (7 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Технология воды» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____ (Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра мембранной технологии</p>
	<p>18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»</p>
	<p>Технология воды</p>
<p align="center">Билет № 1</p> <p>1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями выражение, определяющее величину концентрационной поляризации при турбулентном течении разделяемого раствора в напорном канале аппарата обратного осмоса.</p> <p>2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и необходимостью частой замены мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.</p> <p>3. В аппарате обратного осмоса используются мембраны с удельной производительностью по чистой воде $22 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°C. При разделении раствора хлористого магния на этой мембране при тех же давлении и температуре удельная производительность составила $15,33 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, а истинная селективность 0,95. При этом концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны 0,2 моль/л воды, чему соответствует осмотическое давление 1,28 МПа. Считая, что осмотическое давление прямо пропорционально концентрации, определите координационное число гидратации иона магния, если для иона хлора оно равно 8. Вязкость пермеата равна вязкости воды.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.
2. Шачнева Е. Ю. Водоподготовка и химия воды - Издательство "Лань", 2021. – 104 с.
3. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. - М.: «ДеЛи принт», 2007 – 208 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др.; Ред. Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 496 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Технология воды»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Модуль 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники - Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа. - Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды . - Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.) <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить: технологическую схему комплексной системы очистки - Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа. - Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса. 	<p>Зачет с оценкой</p>
<p>Модуль 2. Мониторинг примесей. Экспериментальные и расчетные методики, нормативы.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа. - Перечень используемых реагентов и 	<p>Зачет с оценкой</p>

	<p>«химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды</p> <ul style="list-style-type: none"> - Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа. 	
Модуль 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды. - Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды . - Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.) - Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки, - Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности. 	Зачет с оценкой
Модуль 4. Анализ вариантов комплексных систем	<p><i>Знает</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, 	Зачет с оценкой

<p>подготовки чистых технологических сред на основе жидкофазных мембранных процессов</p>	<p>используемых в системах подготовки и очистки воды.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки - Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса. - Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности. 	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Технология воды»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Основы научных исследований»** относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – ознакомление студентов со всеми этапами научного исследования, начиная от выбора темы, проведения исследований и анализа данных до представления полученных результатов в области их профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины – ознакомление студентов со спецификой научных исследований, методикой выполнения научно-исследовательских работ; формирование навыков работы с научной литературой и патентами в области профессиональной деятельности; ознакомление с требованиями к оформлению результатов НИР.

Дисциплина **«Основы научных исследований»** преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-5. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ОПК-5.1 Знает теоретические основы и принципы химических и физикохимических методов анализа, методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных; ОПК-5.2 Умеет выбрать методику анализа для поставленной задачи и выполнить экспериментально, применять методы вычислительной математики и математической статистики для обработки результатов эксперимента.

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- методологические теории и принципы современной науки;
- основные методы и приемы научного исследования в области мембранной технологии;

- структуру научного документа и требования к его элементам;
- виды и формы научно-исследовательской работы;

Уметь:

- обосновывать научное исследование;
- использовать сетевые технологии и мультимедиа в образовательной и научно-исследовательской деятельности;

Владеть:

- методами анализа научного исследования и его результатов;
- навыками планирования научного эксперимента, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии в процессе защиты исследовательских работ;
- навыками работы с учебной и научной литературой, патентами;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	0,67	24	18
Контактная самостоятельная работа	0,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		23,8	17,85
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение	12	2	6	4
1.1	Наука и ее роль в современном обществе	6	1	3	2
1.2	История развития мембранной технологии	6	1	3	2
2.	Раздел 2. Организация научно-исследовательской работы	40	8	16	16
2.1	Методы научного исследования	8	2	3	3
2.2	Организация работы в научном коллективе	7	1	3	3
2.3	Поиск, накопление и обработка научной информации	9	2	3	4
2.4	Теоретические исследования	7	1	3	3
2.5	Экспериментальные исследования	9	2	4	3

3.	Раздел 3. Оформление результатов научной работы	20	6	10	4
3.1	Написание научной работы и оформление ее результатов	10	3	5	2
3.2	Представление результатов научного исследования	10	3	5	2
	ИТОГО	72	16	32	24
	Экзамен				
	ИТОГО				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

1.1 Наука и ее роль в современном обществе. Современная наука. Основные концепции. Роль науки в современном обществе. Функции науки. Науки и их классификации. Наука в структуре общественного сознания.

1.2 История развития мембранной технологии.

Раздел 2. Организация научно-исследовательской работы

2.1 Методы научного исследования. Понятие метода, методики и методологии научного исследования. Классификация методов исследования. Всеобщие и общенаучные методы исследования. Теоретические и эмпирические методы исследования. Специальные и частные методы исследования.

2.2 Организация работы в научном коллективе. Организация и принципы управления научным коллективом. Сбалансированность рабочего места как основа эффективного управления научным коллективом. Качественная работа с документами, ускорение их составления и оформления как важный элемент совершенствования управления коллективом. Организация деловой переписки.

2.3 Поиск, накопление и обработка научной информации. Полнота, достоверность и оперативность информации о важнейших научных достижениях и лучших мировых и отечественных образцах продукции как необходимый фактор организации научных исследований и современного решения научных задач. Научные документы и издания, их классификация. Государственная система научно-технической информации. Автоматизированные информационно-поисковые системы. Научно-техническая патентная информация. Организация работы с научной литературой. Поиск и сбор научной информации. Методы поиска информации: работа с библиотечными каталогами, справочными материалами, книгами, периодическими изданиями и в Интернете. Способы получения и переработки информации. Изучение научной литературы. Ведение рабочих записей. Виды переработки текста (план, конспект, тезисы, выписки, аннотация, реферат).

2.4 Теоретические исследования. Задачи и методы теоретических исследований. Проведение теоретических исследований: анализ физической сущности процессов, явлений; формулирование гипотезы исследования; построение (разработка) физической модели; проведение математического исследования; анализ теоретических решений; формулирование выводов. Структурные компоненты решения задачи.

2.5 Экспериментальные исследования. Классификация, типы и задачи эксперимента. Методика и программа эксперимента. Содержание и разработка методики эксперимента. Основные элементы плана эксперимента. Обработка и анализ экспериментальных результатов.

Раздел 3. Оформление результатов научной работы

3.1 Написание научной работы и оформление ее результатов. Особенности научной работы и этика научного труда. Курсовые работы и отчеты по практикам (цель, задачи и требования). Структура работы и требования к ее структурным элементам. Дипломные работы (цель, задачи и требования к дипломной работе. Этапы выполнения дипломной работы. Структура дипломной работы и требования к ее структурным элементам. Реферат, структура реферата. Виды рефератов. Отзыв и рецензия как виды оценки текста.

3.2 Представление результатов научного исследования. Язык и стиль текста научно-исследовательской работы. Структура и техника оформления научного документа. Справочно – библиографическое оформление научного документа. Оформление полученных результатов в виде отчета, доклада, статьи и т.д. Требования, предъявляемые к научной рукописи. Общий план изложения научной работы: название (заглавие), оглавление (содержание), предисловие, введение, обзор литературы, основное содержание, выводы, заключение, перечень литературных источников, приложения. Аннотация и реферат научной работы. Устное представление результатов научной работы. Подготовка доклада и выступление с докладом. Требования к демонстрационному материалу и его подготовка.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать: (перечень из п.2)				
1	– методологические теории и принципы современной науки;	+			
2	– основные методы и приемы научного исследования в области мембранной технологии;	+	+		
3	– структуру научного документа и требования к его элементам;			+	
4	– виды и формы научно-исследовательской работы;		+		
	Уметь: (перечень из п.2)				
5	– обосновывать научное исследование;	+		+	
6	– использовать сетевые технологии и мультимедиа в образовательной и научно-исследовательской деятельности;		+	+	
	Владеть: (перечень из п.2)				
7	– методами анализа научного исследования и его результатов;		+	+	
8	– навыками планирования научного эксперимента, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии в процессе защиты исследовательских работ;		+	+	
9	– навыками работы с учебной и научной литературой, патентами;	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:)					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3

10	– ОПК-5. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ОПК-5.1 Знает теоретические основы и принципы химических и физикохимических методов анализа, методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных;	+	+	+
		ОПК-5.2 Умеет выбрать методику анализа для поставленной задачи и выполнить экспериментально, применять методы вычислительной математики и математической статистики для обработки результатов эксперимента.		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела Дисциплины	Темы семинарских занятий	Часы
1	1	Наука: понятие, генезис, основные концепции	6
2	2	Научное исследование: сущность, особенности, логика	4
3	2	Структура и содержание этапов научно-исследовательского процесса	4
4	2	Организация научно-исследовательской работы	8
5	3	Научная работа студентов	6
6	3	Оформление библиографического аппарата	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Основы научных исследований*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях, подготовку к семинарам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами;
- подготовку рефератов, сообщений на выбранную тему по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче **зачета** (5 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ и итогового опроса в форме **зачета** (максимальная оценка 100 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (5 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Контрольная № 1.

1. Какова роль науки в формировании картины мира?
2. Какова роль науки в современном обществе?
3. Какие основные концепции современной науки вам известны?
4. Какая главная социальная роль науки в современном обществе?
5. Какие основные функции науки вам известны? В чем их назначение?
6. Какой Федеральный закон РФ регулирует отношения между субъектами научной и научно-технической деятельности, органами власти и потребителями научной продукции?
7. Кто организует, руководит и выполняет научно-исследовательскую работу?
8. Расскажите об организационной структуре науки в России.
9. Высший научный орган Российской Федерации.
10. Назовите основную цель деятельности Российской академии наук.
11. Как происходит подготовка и аттестация научных и педагогических кадров в Российской Федерации.
12. Какие научные степени и научные звания введены в Российской Федерации?
13. Какие качества необходимы специалистам высшей квалификации?
14. Цель и основные задачи научной работы студентов.
15. В чем отличие формы выполнения учебно-исследовательской работы от научно-исследовательской?

Контрольная № 2.

1. Назовите основные средства поиска и сбора научной информации. В чем их назначение?
2. Какую роль в процессе сбора, анализа и систематизации источников информации играет научно-справочный аппарат книги?

3. Охарактеризуйте элементы научно-справочного аппарата книги. В чем заключаются их основные функции?
 4. Перечислите основные методы разметок. В чем их назначение?
 5. Назовите основные формы записей прочитанных литературных источников и раскройте их содержание.
 6. Каковы основные методологические приемы знакомства с научной литературой; охарактеризуйте каждый из них?
 7. Перечислите некоторые приемы чтения книг, позволяющие более эффективно усваивать их содержание.
 8. Раскройте технику сбора первичной научной информации ее фиксацию и хранение.
 9. Расскажите о примерах умения читать книгу.
 10. Раскройте особенности научной работы.
 11. Перечислите основные виды литературной продукции, в которых описываются и оформляются результаты научной работы, и раскройте основное назначение каждого из них.
 12. Назовите основные организационные формы передачи результатов научной работы.
 13. Что воплощается в нормах научной этики?
 14. Назовите цель, задачи и требования к курсовой работе.
- Перечислите основные рекомендации, необходимые при написании курсовой работы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет).

Итоговый опрос на зачете

Что такое наука? Чем наука отличается от других видов деятельности?

2. Каковы отличия науки от других форм познания?
3. Раскройте специфику научного познания и его основные отличия от стихийно-эмпирического.
4. В чем заключаются основные характеристики современной науки.
5. Сформулируйте определение понятия «Методология» в широком и узком смысле этого слова, функции методологии.
6. В чем заключается специфика научного исследования.
7. Перечислите и охарактеризуйте методологические принципы.
8. Раскройте структуру научных исследований.
9. Что понимается под методологией науки?
10. В чем заключается роль и место практики в познании мира и в научном исследовании?
11. Перечислите основные компоненты научного аппарата исследования и дайте краткую содержательную характеристику каждого из них.
12. Как определяются цели и задачи научного исследования?
13. Как осуществить выбор цели и задач исследования?
14. Как выбрать объект и предмет исследования? Какова их взаимосвязь?
15. Что включает в себя логическая структура научного исследования?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. – М., ДеЛи принт., 2007, - 207с.

Б. Дополнительная литература

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. - М., Мир, 1999. - 513 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Основы научных исследований*» проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
1. Введение	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методологические теории и принципы современной науки; - основные методы и приемы научного исследования в области мембранной технологии; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обосновывать научное исследование; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с учебной и научной литературой, патентами; 	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 1.</p> <p>Оценка за зачет.</p>
2. Организация научно-исследовательской работы	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные методы и приемы научного исследования в области мембранной технологии; - виды и формы научно-исследовательской работы; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать сетевые технологии и мультимедиа в образовательной и научно-исследовательской деятельности; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами анализа научного исследования и его результатов; - навыками планирования научного эксперимента, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии в процессе защиты исследовательских работ; - навыками работы с учебной и научной литературой, патентами; 	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 1 и 2.</p> <p>Оценка за зачет.</p>
3. Оформление результатов научной работы	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структуру научного документа и требования к его элементам; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обосновывать научное исследование; - использовать сетевые технологии и мультимедиа в образовательной и научно-исследовательской деятельности; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами анализа научного исследования и его результатов; - навыками планирования научного эксперимента, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии в процессе защиты исследовательских работ; - навыками работы с учебной и научной литературой, патентами; 	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 1 и 2.</p> <p>Оценка за зачет.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Основы научных исследований»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленная экология»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена профессором кафедры промышленной экологии, д.т.н.
Н.Е. Кручининой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной экологии
«05» мая 2025 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль «Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов»), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Промышленная экология»* относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области естественно-научного цикла и цикла специальных дисциплин. Положения рассматриваемой дисциплины имеют связь с тематикой курсов «Основы экологии», «Общая химическая технология», «Коллоидная химия», «Физическая химия».

Цель дисциплины – приобретение обучающимися знаний и компетенций, профессиональных умений и навыков в области организации малоотходных промышленных производств на основе методов обезвреживания твердых, жидких и газообразных загрязняющих веществ.

Задачи дисциплины

- приобретение студентом практических знаний и навыков, необходимых для принятия обоснованных решений как в части организации и проведения технологических стадий, так и в части обеспечения природоохранных мероприятий;

- закрепление знаний по фундаментальным наукам и применение их в практической деятельности в области химической технологии и смежных отраслей промышленности для реализации принципов энерго- и ресурсосбережения.

Дисциплина *«Промышленная экология»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники , а также комплекса работ по разработке технологической документации	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и</p>	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-</p>

	<p>ХИМИКО-технологического производства).</p>			<p>конструкторским разработкам)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы А /02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5)</p>
--	---	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду;
- основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов

Уметь:

- анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов);
- проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения.

Владеть:

- навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2,0	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лекции	1,33	48	36
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Самостоятельная работа	0,67	24	18
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,67	24	18
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

	Академ. часов								
Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов	8	-	3	-	-	-	-	-	5
1.1 Введение									
1.2 Общие закономерности производственных процессов									
1.3 Критерии оценки эффективности производства									
Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли	39	-	30	-	-	-	-	-	9
2.1 Сырьевая база производства серной, фосфорной, азотной кислот и щелочей									
2.2 Технологии, анализ экологической опасности производств и методы обезвреживания сбросов и выбросов.									

Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической технологией производств									
3.1 Экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений	<i>17</i>	-	<i>12</i>	-	-	-	-	-	<i>5</i>
3.2 Целлюлозно-бумажная промышленность России									
3.3 Сырьевая база, технология и экологические аспекты получения алюминия									
Раздел 4. Современные направления организации малоотходных технологических производств									
4.1 Мембранные технологии	<i>8</i>	-	<i>3</i>	-	-	-	-	-	<i>5</i>
4.2 Метод суперкритического окисления и другие безхлорные технологии									
4.3 Биотехнологические методы									
ИТОГО	<i>72</i>	-	<i>48</i>	-		-	-	-	<i>24</i>

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов

1.1. Введение. Современное состояние и перспективы развития малоотходных технологий. Предмет промышленной экологии. Особенности предмета, отличающие курс от классической экологии.

1.2. Общие закономерности производственных процессов. Создание промышленных объединений, территориально-промышленных комплексов, эколого-промышленных парков. Ранжирование загрязняющих веществ. Учет нормирования (государственного и регионального) нагрузки на окружающую среду при организации малоотходного производства. Формирование эколого-экономических систем.

1.3. Критерии оценки эффективности производства. Понятие малоотходного и «безотходного» производства. Основные критерии и принципы создания малоотходных производств; комплексное использование ресурсов, цикличность материальных потоков, ограничение воздействия производства на окружающую среду. Рациональное использование энергии в производстве. Ограничения второго закона термодинамики. Организация замкнутых циклов в производстве. Материальные и энергетические балансы предприятий, комплексное использование сырья и энергии.

Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли

2.1. Сырьевая база производства серной, фосфорной, азотной кислот и щелочей.

Объемы производства серной кислоты в мире и в РФ. Сырьевая база производства серной кислоты - самородная сера, пирит, сероводород, отходящие газы цветной металлургии. Фраш-процесс, Клаус-процесс, обжиг пирита и руд цветных металлов. Контактный способ производства кислоты. Технологические особенности процессов окисления диоксида серы, полученного из различных видов сырья. Энерго- и ресурсоэффективность процессов получения серной кислоты из пирита и сероводорода.

Объемы производства фосфорной кислоты в мире и РФ. Сырьевая база производства кислоты в РФ.

Объемы производства и сырьевая база производства азотной кислоты. Технология синтеза аммиака – метод Хабера-Боша.

Сырьевая база производства щелочей (NaOH, KOH) и объемы их производства в РФ.

2.2. Технологии, анализ экологической опасности производств и методы обезвреживания сбросов и выбросов.

Источники образования, объемы выбросов и сбросов в технологиях получения серной кислоты. Твердые отходы производства серной кислоты из пирита и возможные методы их утилизации. Извлечение меди и селена из отходов пиритного производства. Контроль выбросов в контактном способе производства серной кислоты. Основные методы обращения с выбросами SO₂. Нейтрализация сточных вод производства серной кислоты. Регенерация отработанной серной кислоты.

Загрязнение гидросферы в ходе флотации апатит-нефелиновых руд. Технологии получения экстракционной фосфорной кислоты, суперфосфата, двойного суперфосфата и комплексных минеральных удобрений на основе фосфорной кислоты. Загрязнение атмосферного воздуха соединениями фтора и методы борьбы с ним. Загрязнение литосферы твердым отходом производства кислоты, методы обращения с фосфогипсом. Нейтрализация сточных вод производств кислоты и фосфорсодержащих удобрений.

Сбросы и выбросы в производстве аммиака, методы обращения с ними. Технология производства азотной кислоты из аммиака. Понятие продувочного газа. Организация цикличного производства.

Экологические аспекты добычи солей и предварительная подготовка рассолов для электрохимического получения щелочей и хлора. Особенности получения щелочей в диафрагменных, ртутных и мембранных электролизерах и связанные с ними технологии

обезвреживания выбросов и сбросов. Получение синтетической соды по методу Сольве и проблема «белых морей».

Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической технологией производств

3.1. Экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений. Организация нефте- и газодобычи в РФ - экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений. Попутный нефтяной газ. Образование отходов при извлечении нефти. Обессоливание нефтей и транспортировка газовых и нефтяных потоков. Методы обращения с нефтезагрязненными водами и нефтешламами.

3.2. Целлюлозно-бумажная промышленность России. Традиционные сырьевые и энергетические ресурсы отрасли и современные тенденции в организации малоотходного производства бумаги. Крафт процесс – как пример регенерации энергии и материалов. Отбеливание бумажной массы и сопутствующие процессу экологические проблемы. Анализ жизненного цикла бумаги с позиций энерго- и ресурсосбережения.

3.3. Сырьевая база, технология и экологические аспекты получения алюминия. Российский алюминий на мировом рынке. Сырьевая база и технология получения глинозема по методу Байера. Красный шлам. Электрохимическое получение металлического алюминия. Загрязнение атмосферного воздуха фторсодержащими соединениями, образование аэрозолей. Методы минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Энерго- и ресурсосберегающие приемы в производстве металлического алюминия.

Раздел 4. Современные направления организации малоотходных технологических производств

4.1. Мембранные технологии. Строение мембран. Методы обратного осмоса, ультрафильтрации. Использование мембранных технологий в опреснении, обессоливании и очистке вод.

4.2. Метод суперкритического окисления и другие безхлорные технологии. Теоретические основы суперкритического окисления. Обезвреживание загрязняющих веществ УФ излучением, пероксидом водорода, озоном и комбинацией этих методов.

4.3. Биотехнологические методы. Биологическая очистка сточных вод в аэробных и анаэробных условиях.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	– основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду		+	+	+	+
2	– основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов		+			
	Уметь:					
3	- анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов)		+	+	+	+
4	– проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения		+	+	+	+
	Владеть:					
5	– навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
12	– ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

В рамках рассматриваемого курса реферативно-аналитическая работа не предусматривается.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 6 контрольных работ. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 10 баллов за каждую.

Рейтинговая работа №1. Производство серной и фосфорной кислот

Вариант № 1.

1. Приведите блок-схему процесса переработки фосфогипса в цемент и серную кислоту. Укажите химические превращения, сопровождающие этот процесс. Каковы ограничения реализации этого процесса в промышленности?
2. Основным сырьем для производства серной кислоты в РФ в настоящее время является... Приведите реакции, обеспечивающие получение сернистого газа по

данной технологии. Укажите основные источники загрязнения окружающей среды при производстве сернистого газа и методы борьбы с ними.

Вариант № 2

1. Опишите технологию переработки пиритных огарков с целью выделения из них меди, указав основные химические превращения.
2. Приведите блок-схему синтеза фосфорной кислоты из апатит-нефелиновых руд. Обозначьте источники загрязнения окружающей среды и назовите основные загрязняющие вещества. Какие методы применяются для борьбы с загрязнением окружающей среды?

Рейтинговая работа №2. Производство аммиака и азотной кислоты

Вариант № 1.

1. Охарактеризуйте сырьевую базу синтеза аммиака. Обоснуйте с позиций энерго- и ресурсосбережения наиболее экономичный и экологичный способ получения синтез-газа
2. Приведите основные методы очистки отходящих газов от оксидов азота.

Вариант № 2.

1. Проанализируйте влияние температуры и давления на выход целевого продукта в технологии синтеза аммиака. Приведите значения этих параметров в современных промышленных процессах синтеза
2. Приведите блок-схему производства азотной кислоты окислением аммиака, указав источники загрязнения окружающей среды и перечислив основные методы борьбы с этими загрязнениями.

Рейтинговая работа № 3. Производство щелочей, хлора и соды.

Вариант № 1

1. Что такое галитовые моря? В какой технологии образуется этот отход? Приведите блок-схему процесса с обязательным указанием других образующихся отходов.
2. Какие отходы образуются при реализации диафрагменного метода получения щелочи, каковы способы минимизации их воздействия на окружающую среду?

Вариант № 2

1. Сравните способы получения хлорида калия методами подземного растворения и пенной флотации с точки зрения их воздействия на окружающую среду. Укажите способы минимизации этого воздействия.
2. Какие отходы сопровождают процесс получения щелочи в ртутных электролизерах? Каковы способы обращения с ними?

Рейтинговая работа № 4. Экологические аспекты нефтедобычи и транспортировки нефти. Целлюлозно-бумажная промышленность как пример организации энерго- и ресурсосберегающих технологий

Вариант № 1

1. Опишите процесс подготовки древесной массы, предвещающий ее варку, и возникающие при этом экологические проблемы
2. Что такое электрообессоливающие установки? Какие отходы образуются при их работе и каковы методы обращения с этими отходами?

Вариант 2

1. Опишите процесс варки древесины в Крафт-процессе и возникающие при этом отходы
1. Что такое буровой раствор? Методы обращения с буровыми растворами

Рейтинговая работа № 5. Современные методы обезвреживания сточных вод

Вариант № 1

1. Что такое «красный шлам». Обращение с «красными шламами».
2. Охарактеризуйте ограничения применения обратноосмотических установок в очистке сточных вод

Вариант 2

1. Укажите экологические проблемы, возникающие при производстве алюминия из глинозема и способы их решения.
2. Проблемы утилизации вторичного ила

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен)

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса по 20 баллов каждый.

Примеры контрольных вопросов для итогового освоения дисциплины (экзамен)

1. Основные экологические проблемы производства апатитового концентрата и пути их решения.
2. Белый, черный и зеленый щелок в Крафт-процессе. Образование и обращение с ними.
3. Основные методы очистки отходящих газов от твердых частиц и аэрозолей. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
4. Основные экологические проблемы производства фосфорной кислоты из апатитового концентрата и пути их решения.
5. Основные способы получения сырья для синтеза аммиака. Экологические аспекты.
6. Приведите примеры реагентной очистки сточных вод различных производств.
7. Основные способы получения сырья для синтеза аммиака. Экологические аспекты.
8. Экологические проблемы и пути их решения в производстве едкого натра и хлора в диафрагменных и мембранных электролизерах.
9. Сравните различные методы очистки отходящих газов от оксидов азота. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
10. Экологические аспекты производства соды
11. Экологические проблемы и пути их решения в производстве едкого натра и хлора в ртутных электролизерах.
12. Сравните различные методы очистки отходящих газов от оксидов серы. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
13. Приведите примеры биологической очистки сточных вод различных производств.
14. Основные экологические проблемы и пути их решения в производстве хлорида натрия.
15. Экологические аспекты нефтедобычи.
16. Экологические проблемы производства алюминия
17. Основные методы и экологические аспекты получения отбеленной целлюлозы

18. Основные экологические проблемы и пути их решения в производстве серной кислоты из пирита и серы.
19. Флотационные методы в химико-технологических производствах. Приведите конкретные примеры, указав возникающие при этом экологические проблемы
20. Энерго- и ресурсосбережение в процессах подготовки древесного сырья

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Промышленная экология» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Все вопросы билета предусматривают развернутые ответы студента.

Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой

«Утверждаю» Заведующий кафедрой промышленной экологии Кручинина Н.Е.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Направление подготовки бакалавров 18.03.01 Дисциплина «Промышленная экология»
Экзаменационный билет № 1	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные экологические проблемы производства апатитового концентрата и пути их решения. 2. Белый, черный и зеленый щелок в Крафт-процессе. Образование и обращение с ними. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

А. Основная литература

1. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Атмосфера: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 218 с.
2. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 283 с.

Б. Дополнительная литература

1. Нистратов А.В., Клушин В.Н., Крылова Е.В. Техника защиты окружающей среды. Очистка сточных вод. Сборник задач: уч. пособие. г. Москва: Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. 64 с.

2. Ветошкин, А. Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-8790-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180866> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита водной среды : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1628-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168663> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Десятов, А. В. Мембранные методы очистки природных и сточных вод [Текст] : методические материалы для курсового и дипломного проектирования / А. В. Десятов, Н. Е. Кручинина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 159 с.
5. Милютин, В. В. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей [Текст] : учебное пособие / В. В. Милютин, М. Б. Алехина, Б. Е. Рябчиков. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 131 с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

Журнал «Экология производства», ISSN 2078-3981

Журнал «Справочник эколога», ISSN 2309-6268

Журнал «Экология и промышленность России», ISSN 1816-0395

Журнал «Химическая промышленность сегодня»

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

<http://www.mnr.gov.ru> - Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

<http://www.gosnadzor.ru> – Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

<http://www.ecocom.ru/arhiv/ecocom/officinf.html> (Государственный доклад о состоянии окружающей среды).

<http://rus-stat.ru> - «Россия в окружающем мире» (ежегодник)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 109);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Промышленная экология основных химических производств» проводятся в форме лекций, и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Презентации лекционного материала.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Для чтения курса лекций имеются компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства; подключение к локальной сети с выходом в Интернет.

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в Учебной программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; технологические справочники.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду - основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду 	<p>Зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду 	<p>Рейтинговые контрольные работы. Зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду 	<p>Рейтинговые контрольные работы, Зачет с оценкой</p>

технологией производств	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду 	
<p>Раздел 4.</p> <p>Современные направления организации малоотходных технологических производств</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду 	<p>Рейтинговые контрольные работы. Зачет с оценкой</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Промышленная экология»**

**основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология**

«Мембранная технология»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Технологии минимизации антропогенного воздействия
на окружающую среду»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры промышленной экологии, к.х.н. Е.В. Костылевой и доцентом кафедры промышленной экологии, к.т.н. А.В. Нистратовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
промышленной экологии

«05» мая 2025 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»** (ФГОС ВО), Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин учебного плана (Б.1.В.01.07) и рассчитана на изучение в 6 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области промышленной экологии.

Цель дисциплины - закрепление и практическое применение теоретических знаний о технологиях минимизации воздействия на окружающую среду, полученных обучающимися при освоении дисциплин «Промышленная экология», получение навыков экспериментальной работы и расчета параметров процесса, его эффективности.

Задачи дисциплины:

- ознакомление и получение навыков работы с лабораторными установками – моделями реальных технологических процессов;
- освоение методов анализа технологических сред;
- освоение методов расчета технологических параметров и эффективности процесса на основе полученных экспериментальных данных.

Дисциплина «Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
--------------------------------------	---------------------------	-----------------------	---	--

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p>ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию, порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	---	---	---	---

		ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	
--	--	--	---	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов;
- методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях;
- теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и аналитических методик.

Уметь:

- организовать и осуществить эксперимент;
- получить расчетные параметры по экспериментальным данным;
- сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов.

Владеть:

- навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1,33	48	36
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1,33	48	36
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,67	60	45
Вид итогового контроля:		Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ	52	24	-	-	-	-	24	24	28
2.	Раздел 2. Технологическая часть работ лабораторных работ	56	24	-	-	-	-	24	24	32
	ИТОГО	108	48					48	48	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает в себя лабораторные работы:

- по контролю и очистке газовых выбросов;
- очистке сточных вод (на примере модельных растворов) с использованием реагентных, адсорбционных, ионообменных, электрохимических, механических и других методов очистки;
- переработке промышленных отходов.

Каждая работа включает 2 раздела (части).

Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ

Предназначена для отработки методов анализа соответствующих технологических сред и/или полученных продуктов. Она включает:

- приготовление стандартных и калибровочных растворов;
- получение и расчет калибровочного уравнения;
- определение физико-химических характеристик сырья и полученных продуктов.

Осваиваются следующие методы анализа: спектрофотометрические, хроматографические, потенциометрические и другие.

Раздел 2. Технологическая часть лабораторных работ

Она включает:

- приготовление необходимых растворов и/или материалов;
- ознакомление и подготовку к работе экспериментальной установки;
- проведение эксперимента;
- отбор текущих и конечных проб, их анализ;
- расчет параметров процесса с использованием полученных экспериментальных данных;
- построение графических зависимостей (если необходимо);
- расчет параметров, характеризующих эффективность процесса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	- методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов;			+
2	- методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях;		+	+
3	- теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и аналитических методик.		+	+
	Уметь:			
4	- организовать и осуществить эксперимент;		+	+
5	- получить расчетные параметры по экспериментальным данным;		+	+
6	- сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов.			+
	Владеть:			
7	- навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности.		+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения		
8	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	+	+

8	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+
---	--	---	--	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Мембранная технология» практические занятия не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплинах «Промышленная экология», а также дает знания о методах анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенных в процессе занятий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 100 баллов). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примерный перечень лабораторных работ

1.	Исследование процесса доочистки медьсодержащих сточных вод гальванического производства методом электрофлотации
	Фотометрическое определение меди с купризоном.
2.	Определение эффективности работы тонкослойного отстойника.
	Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ в воде.
3.	Реагентная очистка сточных вод, содержащих шестивалентный хром
	Фотометрическое определение шестивалентного хрома.
4.	Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом пенной сепарации.
	Спектрофотометрическое определение неионогенных ПАВ.
5.	Ионообменная очистка сточных вод от шестивалентного хрома.
	Фотометрическое определение хрома с дифенилкарбазидом.
6.	Очистка сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой.
	Спектрофотометрическое определение суммарного содержания нефтепродуктов в сточных водах.
7.	Обесцвечивание отбросных фильтратов производства органических красителей.
	Фотометрический метод определения красителей в технологических растворах и производственных сточных водах.
8.	Сорбционная очистка сточных вод, содержащих органические примеси
	Термоокислительные методы определения содержания органических веществ в сточных водах. Газохроматографическое определение общего и органического углерода в сточных водах.
9.	Получение угля-сырца из промышленных отходов растительного происхождения.
	Определение общей пористости и удельной поверхности углеродных материалов.
10.	Рекуперация паров летучих растворителей (на примере н-бутанола)
	Определение содержания паров летучих растворителей с помощью интерферометра
11.	Изучение возможности биохимической очистки сточных вод по скорости дыхания активного ила
	Определение скорости потребления кислорода микроорганизмами с использованием кислородного датчика
12.	Исследование процесса коагуляционной очистки сточных вод
	Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ и

	фотометрическое определение цветности водных сред
13	Исследование процесса обратноосмотического опреснения воды
	Определение электропроводности водных растворов

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- подготовку к выполнению лабораторной работы: ознакомление с описанием установок и методик эксперимента;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- выполнение индивидуального задания;
- подготовку к защите работы.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение и защиту лабораторных работ.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрен устный опрос по каждой лабораторной работе. Максимальная оценка составляет 100 баллов.

Примеры вопросов к аналитической части работы «Фотометрические методы анализа»

1. Почему некорректно использовать для расчета содержания вещества значения оптической плотности, если они выходят за пределы оптических плотностей при построении калибровочной прямой?
2. Как определить содержание вещества в растворе, если полученные в эксперименте значения оптической плотности лежат в области малого поглощения?
3. Какой фотометрический метод используется для определения содержания вещества в растворе, если полученные значения оптической плотности лежат в области больших поглощений, не используя разбавление раствора?
4. Химические реакции для фотометрического анализа, требования к ним.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Исследование процесса доочистки медьсодержащих сточных вод гальванического производства методом электрофлотации»

1. Объясните принцип осветления воды электрофлотацией.
2. Факторы, определяющие степень электрофлотационной очистки сточных вод.

3. Какие реакции протекают на электродах в электрофлотаторе?
4. Сравните электрофлотацию и другие известные вам методы осветления воды по эффективности очистки и затратам.

Примеры вопросы к лабораторной работе «Определение эффективности работы тонкослойного отстойника»

1. Опишите устройство тонкослойного отстойника.
2. Назовите факторы, влияющие на эффективность очистки воды в тонкослойном отстойнике.
3. Какие типы отстойников и их характеристики вы знаете?
4. Назовите преимущества и недостатки отстаивания по сравнению с другими методами осветления воды.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Реагентная очистка вод, содержащих шестивалентный хром»

1. Запишите реакции, протекающие при восстановлении хрома (VI) и осаждении хрома (III).
2. Какие аппараты следует использовать для полного удаления соединений хрома из сточной воды?
3. Проанализируйте экологические и экономические преимущества и недостатки реагентной очистки воды от соединений хрома.
4. Какие факторы влияют на эффективность процесса восстановления хрома (VI)?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом пенной сепарации»

1. В чем состоит сущность метода пенной сепарации?
2. Какие параметры процесса, характеризующие его эффективность, рассчитываются по экспериментальным данным, каков их смысл?
3. Какое влияние оказывает на процесс выделения ПАВ в пенный продукт рН очищаемой воды, какое значение рН и почему является оптимальным?
4. Основные причины и последствия загрязнения окружающей среды ПАВ.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Ионообменная очистка сточных вод от шестивалентного хрома»

1. В чем состоит сущность метода ионообменного извлечения компонентов из водных сред?
2. Какие стадии составляют процесс ионообменной сорбции?
3. Что такое ДОЕ и ПДОЕ?
4. Основные источники поступления соединений хрома в окружающую среду?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Очистка сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой»

1. В каких случаях для очистки сточных вод от нефтепродуктов используются фильтры с зернистой загрузкой?
2. Какой (какие) механизм лежит в основе очистки сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой?
3. Какие фильтрующие загрузки могут быть использованы, какие требования к ним предъявляются?
4. Назовите основные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов, их достоинства, недостатки и ограничения применения.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Обесцвечивание отбросных фильтратов производства органических красителей»

1. Какие основные методы могут быть использованы для очистки сточных вод от органических красителей?
2. Назовите основные источники поступления органических красителей в окружающую среду.
3. Каков механизм удаления красителя из сточной воды исследованным методом?
4. Какие основные материальные потоки образуются в результате применения исследованного метода обесцвечивания сточных вод?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Сорбционная очистка сточных вод, содержащих органические примеси», «Термоокислительные методы определения содержания органических веществ в сточных водах. Газохроматографическое определение общего и органического углерода в сточных водах».

1. Какие параметры характеризуют эффективность сорбционных процессов очистки сточных вод? В чем их смысл?
2. В каких случаях применяется сорбционная очистка сточных вод от органических примесей?
3. Какие существуют способы реализации метода сорбционной очистки сточных вод? Их достоинства и недостатки.
4. В чем состоит сущность применяемого в работе метода определения органических веществ?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Получение угля-сырца из промышленных отходов растительного происхождения», «Определение общей пористости и удельной поверхности углеродных материалов»

1. Каковы требования к сырью для получения активных углей?
2. Какие превращения происходят с сырьём при пиролизе и с углём-сырцом при активации?
3. Каково влияние конечной температуры на выходы и элементный состав продуктов пиролиза?
4. Объясните принцип пикнометрического определения истинной плотности пористых материалов.

Примеры вопросов к лабораторным работам «Рекуперация паров летучих растворителей», «Определение содержания паров летучих растворителей с помощью интерферометра»

1. Каковы требования к адсорбентам для рекуперации паров растворителей?
2. Как на практике организуют контакт адсорбента с очищаемым потоком?
3. Что называют статической и динамической ёмкостью (активностью) адсорбента?
4. Какими методами анализируют содержание н-бутанола в смеси с воздухом?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Изучение возможности биохимической очистки сточных вод по скорости дыхания активного ила»

1. Какими показателями характеризуется способность сточной воды к биохимической очистке?
2. Записать схемы процессов, на которые микроорганизмы расходуют кислород (включая нитрификацию).
3. От каких факторов зависит эффективность биохимической очистки?
4. От чего и как зависит концентрация растворённого в воде кислорода?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Исследование процесса коагуляционной очистки сточных вод», «Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ и фотометрическое определение цветности водных сред»

1. Основные источники загрязнения воды взвешенными веществами, растворенными органическими соединениями. Перечислить источники техногенного и природного происхождения.
2. Какие реагенты наиболее часто используют для очистки природной или сточной воды, какие преимущества или недостатки присущи традиционным реагентам?
3. На чем основан принцип метода определения содержания взвешенных веществ (мутности), используемого в работе?
4. Чем обусловлена цветность производственных сточных вод, природных вод?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Исследование процесса обратноосмотического опреснения воды»

1. Какие технологии очистки воды от растворенных солей вы знаете? Сравните их преимущества и недостатки.
2. Что такое осмос? Поясните принцип действия установки обратного осмоса.
3. Дайте определения параметров работы обратноосмотической установки: эффективное давление, проницаемость (удельная производительность), селективность мембраны.
4. Какие требования предъявляются к воде, подаваемой на стадию обратного осмоса? Какие методы очистки применяют для удаления загрязняющих ее веществ?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет)

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Технологии минимизации антропогенного воздействия на гидросферу. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А.В. Нистратов, Е.Н. Кузин, Е.В. Костылева, Н.Е. Кручинина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 144 с.
2. Лабораторный практикум по курсу «Промышленная экология»: учебное пособие / Н.Е. Кручинина, Н.А. Тимашева, Н.А. Иванцова, Е.В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 144 с.

Б. Дополнительная литература

1. Иванцова Н. А. Специальные технологии очистки воды от органических экотоксикантов: учеб. пособие /Н. А. Иванцова, Е. Н. Кузин, Е. В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. - 120 с.

2. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Атмосфера [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер - М.: изд-во Юрайт, 2018. URL: <https://urait.ru/book/tehnologicheskie-processy-ekologicheskoy-bezopasnosti-atmosfera-431319>.

3. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер - М.: изд-во Юрайт, 2018. URL: <https://urait.ru/book/tehnologicheskie-processy-ekologicheskoy-bezopasnosti-gidrosfera-441546>.

4. Мухин В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов [Текст]: учеб. пособие/ В.М. Мухин, В.Н. Клушин. – М.: РХТУ, 2012 – 305 с.

5. Алехина, М. Б. Промышленные адсорбенты [Текст] : учебное пособие / М. Б. Алехина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

– Журнал «Вода: химия и экология» ISSN 2072-8158

– Журнал «Водоочистка» ISSN 2072-2710

– Журнал «Экология и промышленность России» ISSN 2413-6042

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (При необходимости)

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 125);

– банк индивидуальных заданий для контроля освоения дисциплины (общее число заданий – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду» проводятся в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лабораторное помещение для проведения лабораторных работ, оснащенное розетками, электроплитками, водяными холодильниками, насосами для вакуумной фильтрации и вытяжной вентиляцией.

Комплекты лабораторной посуды из стекла. Магнитные мешалки, весы, фотоколориметры, спектрофотометр, потенциометры, нефелометр, газовый хроматограф.

Лабораторные установки: стенд отстойник тонкослойный; стенд флотации (электрофлотации и напорной флотации); стенд очистки воздуха от органических соединений; установка сорбционной очистки воды; установка ионообменной очистки сточной воды; установка очистки воды от ПАВ; стенд получения угля-сырца; установка реагентной очистки сточных вод от шестивалентного хрома; установка очистки воды от эмульгированных масел; лабораторный флокулятор; модуль обратного осмоса.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Описания лабораторных работ, описания лабораторных установок и инструкции по работе с ними, инструкции по работе с аналитическими приборами.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, инженерно-экологические справочные издания.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе:	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих	12 месяцев (ежегодное продление)

	<ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point <p>Outlook</p>		станциях	подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях; - теоретические основы освоенных в процессе занятий аналитических методик. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать и осуществить эксперимент; - получить расчетные параметры по экспериментальным данным. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками экспериментальной работы. 	Выполнение и защита лабораторных работ. Итоговая зачетная оценка.
Раздел 2. Технологическая часть лабораторных работ	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов; - методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях; - теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и 	Выполнение и защита лабораторных работ. Итоговая зачетная оценка.

	<p>аналитических методик.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать и осуществить эксперимент; - получить расчетные параметры по экспериментальным данным; - сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности. 	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду»
основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология
«Мембранная технология»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электроmemбранные процессы»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена:

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии С.И. Ильина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Электромембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – овладение знаниями в области теории протекания ионообменного и различных электромембранных процессов, а также овладение навыками применения теоретических законов к решению практических вопросов химической технологии.

Задачи дисциплины – формирование способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач в области применения электромембранных методов, готовности к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электромембранного разделения с учетом правил соблюдения авторских прав.

Дисциплина *«Электромембранные процессы»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

<p>разработке технологической документации</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов;
- факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов;
- основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов.

Уметь:

- проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах;
- проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов.

Владеть:

- методами сравнения вариантов проектных решений;
- навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,89	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	32	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах.	29	8	6	-	15
1.1	Гидродинамика в плоскокамерных аппаратах.	9	2	2	-	5
1.2	Гидродинамика в рулонных аппаратах.	10	3	2	-	5
1.3	Движение жидкости через зернистые слои.	10	3	2	-	5
2.	Раздел 2. Ионный обмен.	25	8	2	-	15
2.1	Основные термины и понятия. Классификация.	5	2	-	-	3
2.2	Свойства ионитов.	6	2	-	-	4
2.3	Механизм ионного обмена.	6	2	-	-	4
2.4	Расчёт ионообменной установки.	8	2	2	-	4
3.	Раздел 3. Электромембранные методы разделения	29	8	6	-	15
3.1	Основные термины и понятия. Классификация.	8	3	-	-	5
3.2	Механизм электромембранного разделения.	11	4	2	-	5
3.3	Расчёт электродиализных установок.	10	1	4	-	5
4.	Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.	25	8	2	-	15
4.1	Требования к исходным растворам, подаваемым на электромембранные модули.	8	3	-	-	5
4.2	Организация потоков в электромембранных аппаратах.	7	2	-	-	5
4.3	Совместное использование электродиализас другими процессами.	10	3	2	-	5
	ИТОГО	108	32	16	-	60
	Экзамен					
	ИТОГО	108	32	16	-	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах

- 1.1. Гидродинамика в плоскокамерных аппаратах.
- 1.2. Гидродинамика в рулонных аппаратах.
- 1.3. Движение жидкости через зернистые слои.

Раздел 2. Ионный обмен

- 2.1. Основные термины и понятия. Классификация.
- 2.2. Свойства ионитов.
- 2.3. Механизм ионного обмена.
- 2.4. Расчёт ионообменной установки.

Раздел 3. Электромембранные методы разделения

- 3.1. Основные термины и понятия. Классификация.
- 3.2. Механизм электромембранного разделения.
- 3.3. Расчёт электродиализных установок.

Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.

- 4.1. Требования к исходным растворам, подаваемым на электромембранные модули.
- 4.2. Организация потоков в электромембранных аппаратах.
- 4.3. Совместное использование электродиализа с другими процессами.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)					
1	механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов;			+	+	
2	факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов;		+			+
3	основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов.		+	+	+	+
	Уметь: (перечень из п.2)					
4	проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах;					+
5	проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов.			+	+	
	Владеть: (перечень из п.2)					
6	методами сравнения вариантов проектных решений;					+
7	навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.			+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)				
12	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий				+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+			+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Гидродинамика в каналах различной конфигурации. Уравнение Дарси. Способы измерения расхода. Расчёт и подбор насосов. Выбор точек присоединения контрольно-измерительных приборов.	2
2	1	Практическое занятие 2. Движение жидкости через зернистые слои. Гидромеханика неподвижного и псевдооживленного слоя.	2
3	1	Практическое занятие 3. Фильтрация. Скорость фильтрации. Параметры, влияющие на скорость фильтрации.	2
4	2	Практическое занятие 1. Расчёт ионнообменной установки.	2
5	3	Практическое занятие 1 Механизм электромембранного разделения. Расчёт предельной плотности тока. Определение выхода по току	2
6	3	Практическое занятие 2. Расчёт проточной электродиализной установки.	2
7	3	Практическое занятие 3. Расчёт электродиализной установки с рециркуляцией.	2
8	4	Практическое занятие 1. Основы технико-экономического расчёта электродиализных аппаратов в технологических схемах.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Электромембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (7 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Ионообменная хроматография
2. Выделение чистых компонентов из дезактивированных кубовых остатков АЭС и их повторное использование.
3. Производство протеина с использованием электродиализа.
4. Применение электродиализа для биологической стабилизации виноградных вин и соков.
5. Применение ионного обмена при очистке сточных вод от тяжёлых металлов.
6. Применение ионного обмена в очистке сточных вод.
7. Применение ионообменных смол в фармацевтике.
8. Комплексные схемы переработки жидких радиоактивных отходов.
9. Извлечение радиоактивных элементов с помощью ионитов.
10. Механизм и кинетика процессов ионного обмена.
11. Фильтры смешанного действия.
12. Опреснение воды электродиализом.
13. Уголь как адсорбент.
14. Обратный электродиализ.
15. Расчёт ионообменных установок.
16. Необратимая диссоциация молекул воды на межфазной границе ионообменной мембраны и раствора электролита при электродиализе.
17. Иониты с палладием для извлечения кислорода из воды.
18. Жидкие иониты.
19. Опреснение морской воды электродиализом.
20. Получение ионитов.
21. Деионизированная вода. Применение в промышленности и современные методы очистки. Электродеионизация.
22. Биполярные ионообменные мембраны.
23. Применение ионообменных мембран для удаления ионов тяжёлых и благородных металлов из воды с последующим восстановлением.
24. Применение электродиализа для получения регенерационных растворов в ионообменном процессе деминерализации молочной сыворотки.
25. Применение ионообменных смол в фармацевтике.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1, 2, 3 (7 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
2. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
3. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,8 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
4. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,1 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
5. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 220 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.

Вопрос 1.2.

1. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
2. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
3. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
4. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
5. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.

Вопрос 1.3

1. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
2. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
3. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
4. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
5. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.

Вопрос 1.4

1. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
2. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
3. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
4. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
5. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопроса, по 4 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Определение: «Ионный обмен».
2. Определение: «Иониты».
3. Определение: «Противоион».
4. Определение: «Фиксированный ион».
5. Определение: «Катионит».

Вопрос 2.2.

1. Классификация ионитов по природе ионогенных групп.
2. Классификация ионитов по силе ионизации ионогенных групп.
3. Классификация ионитов по природе матрицы ионитов.
4. Классификация ионитов по типу матрицы ионитов.
5. Классификация ионитов по силе ионизации ионогенных групп.

Вопрос 2.3.

1. Механизм ионного обмена. Гелевая кинетика.
2. Механизм ионного обмена. Плёночная кинетика.

Вопрос 2.4.

1. Основные характеристики ионитов.

Вопрос 2.5.

1. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью $1,8 \text{ г-экв/л}$ требуется для умягчения воды расходом $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ с жесткостью 8 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.

2. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,9 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 3,5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
3. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 4 м³/ч с жесткостью 10 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
4. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 2 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 4,5 м³/ч с жесткостью 8,5 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
5. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 1 вопроса, по 20 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
2. Требуется рассчитать электродиализную установку проточного типа производительностью 20 м³/час. Вода для опреснения с солесодержанием 18 г/л (по NaCl) подаётся в аппарат. На выходе солесодержание должно составлять 0,15 г/л.
3. Требуется рассчитать электродиализную установку циркуляционного типа производительностью 10 м³/час. Исходная сыrovотка подаётся в аппарат с концентрацией 9,9 г/л. Концентрация минеральных веществ на выходе из аппарата должна составлять 0,99 г/л. Коэффициент экранирования мембраны рамкой принять равным 0,75.
4. Требуется рассчитать электродиализную установку проточного типа производительностью 25 м³/час. Вода для опреснения с солесодержанием 18 г/л (по NaCl) подаётся в аппарат. На выходе солесодержание должно составлять 0,15 г/л.
5. Требуется рассчитать электродиализную установку циркуляционного типа производительностью 15 м³/час. Исходная сыrovотка подаётся в аппарат с концентрацией 9,9 г/л. Концентрация минеральных веществ на выходе из аппарата должна составлять 0,99 г/л. Коэффициент экранирования мембраны рамкой принять равным 0,75.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 16 баллов, вопрос 2 – 16 баллов, вопрос 3 – 8 баллов.

1. Электропроводность ионов. Конвективная электропроводность
2. Зависимость напряжения от плотности тока на разных стадиях поляризации.
3. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,2 г/л и расходом 7 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5 А. Выход по току 65 %.

4. Селективность ионитов.
5. Электродиализ с биполярными мембранами.
6. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 5 г/л и расходом 6,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 66,2 %.
7. Ионообменное равновесие.
8. Предотвращение образования отложений на мембранах.
9. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,2 г/л и расходом 6 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5 А. Выход по току 60 %.
10. Обменная емкость ионитов.
11. Мембраны в электромембранных процессах.
12. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,6 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 68,8 %.
13. Классификация ионитов по материалу матрицы.
14. Электродеионизация.
15. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 5 г/л и расходом 5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 62,4 %.
16. Регенерация ионитов.
17. Принципы расчета электродиализной установки.
18. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,4 г/л и расходом 7 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5,5 А. Выход по току 63,8 %.
19. Принципы расчета ионообменного умягчения.
20. Электродиализное концентрирование.
21. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,8 г/л и расходом 6,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 67,4 %.
22. Практическое применение ионного обмена.
23. Электродиализное обессоливание.
24. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,6 г/л и расходом 6 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5,5 А. Выход по току 67,6 %.
25. Механизм ионного обмена. Лимитирующая стадия.
26. Электродеионизация.
27. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6,5 А. Выход по току 63,6 %.
28. Классификация ионитов по силе ионизации ионообменных групп.
29. Толщина диффузионного слоя. Факторы, влияющие на толщину диффузионного слоя.
30. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 62,6 %.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (7 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «**Электромембранные процессы**» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Пример билета для **зачета с оценкой**

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____ (Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра мембранной технологии</p>
	<p>18.03.01 «Химическая технология»</p>
	<p>Профиль – «Мембранная технология»</p>
<p>Электромембранные процессы</p> <p>Билет № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обменная емкость ионитов. 2. Мембраны в электромембранных процессах. 3. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 65,6 %. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие / Н. С. Орлов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.
2. Бытовые водоочистные устройства: учебное пособие / Г. В. Терпугов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 59 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Электромембранные процессы»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard	Контракт	150 лицензий	12 месяцев

	2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook 	№175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	для активации на рабочих станциях	(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
--	--	--------------------------------------	---	--

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах.	<i>Знает:</i> – факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов	Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)
Раздел 2. Ионный обмен.	<i>Знает:</i> – механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов <i>Умеет:</i> – проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Владеет:</i> – навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.	Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)
Раздел 3. Электромембранные методы разделения	<i>Знает:</i> – механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов <i>Умеет:</i> – проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Владеет:</i> – навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.	Оценка за контрольную работу №3 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)

<p>Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.</p>	<p><i>Знает:</i> – факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Умеет:</i> – проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах; <i>Владеет:</i> – методами сравнения вариантов проектных решений</p>	<p>Оценка за реферат (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)</p>
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Электромембранные процессы»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Введение в мембранную технологию»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«30» апреля 2025 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Введение в мембранную технологию»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам первичные знания о мембранных процессах разделения смесей, достаточные для понимания студентами особенностей и возможностей мембранной технологии.

Задачи дисциплины – дать студентам обобщенные знания о физико-химических свойствах, конденсированных и газообразных разделяемых сред, о механизме проницаемости в различных средах, о технологии получения мембран из полимерных и неорганических материалов. Задачами являются также ознакомление студентов с основами мембранной техники и прикладными вопросами мембранного разделения.

Дисциплина *«Введение в мембранную технологию»* преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к требованиям к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	<p>- Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-</p>	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	<p>ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий</p> <p>ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

<p>разработке технологической документации</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- классификацию и физико-химические основы процессов мембранного разделения с различной движущей силой;
- основы технологии полупроницаемых мембран из полимерных и неорганических материалов;
- принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;
- принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;
- основы функционирования рынка мембранной технологии

Уметь:

- измерять и рассчитывать осмотическое давление водных растворов;
- использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;
- разрабатывать технологические схемы мембранных установок;
- определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства

Владеть:

- методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;
- методами оценки уровня концентрационной поляризации;
- техническими приемами снижения уровня концентрационной поляризации в мембранных аппаратах;
- методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основные представления о мембранной технологии	10	2	0	8
1.1	Мембранная технология – отрасль науки и техники, связанная с использованием полупроницаемых мембран для разделения, очистки, фракционирования и концентрирования жидких и газовых смесей	2,5	0,5	0	2
1.2	Историография мембранной технологии. Роль и место российских ученых и РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии мембранной технологии	2,5	0,5	0	2
1.3	Обзор мембранных процессов разделения смесей – баромембранные, диффузионные, электромембранные, термомембранные. Мембранный рынок – мировой и российский.	2,5	0,5	0	2
1.4	Сферы применения мембранных технологий	2,5	0,5	0	2
2.	Раздел 2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов	22	6	6	10
2.1	Движущие силы мембранных процессов. Осмотическое давление водных растворов	11	3	3	5
2.2	Концентрационная поляризация (КП), блокирование мембран. Истинная и наблюдаемая селективность. Методы снижения влияния КП.	11	3	3	5
3.	Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам	18	4	2	12
3.1	Принципы классификации: по процессам применения, по методам получения, по геометрической форме, по внутренней структуре.	9	2	1	6
3.2	Обоснование требований пользователей к мембранам: удельная производительность, разделяющая способность, ресурс, механическая, химическая и термическая стойкость, устойчивость к действию микроорганизмов, санитарные требования, условия хранения, утилизируемость.	9	2	1	6
4.	Раздел 4. Полупроницаемые мембраны	28	8	8	12
4.1	Полимерные	6	2	2	2
4.2	Керамические	4	1	1	2
4.3	Графитовые	4	1	1	2

4.4	Металлические	4	1	1	2
4.5	Композиционные	6	2	2	2
4.6	Жидкие	4	1	1	2
	Раздел 5. Изучение структуры и свойств мембран	22	4	8	10
5.1	Исследование структуры мембран: пористость, распределение пор по размерам, средний размер пор, толщина селективного слоя, анизотропия. Дефектоскопия мембран.	11	2	4	5
5.2	Исследование технологических параметров мембран: удельная производительность, задерживающая способность, усадка мембран, ресурс работы. Методы калибровки пористых мембран. Сертификация мембран.	11	2	4	5
	Раздел 6. Мембранные аппараты и установки	20	4	4	12
6.1	Мембранные аппараты с плоскими, рулонными, трубчатыми, волоконными и патронными элементами. Способы изготовления различных элементов.	10	2	2	6
6.2	Мембранные установки: состав установки, компоновка. Способы рекуперации энергии.	10	2	2	6
	Раздел 7. Технологические процессы с использованием мембран	24	4	4	16
7.1	Проточные и тупиковые режимы работы. Периодические, непрерывные и циркуляционные схемы. Принципы диафильтрации	24	4	4	16
	ИТОГО	144	32	32	80
	Экзамен (если предусмотрен УП)	-			
	ИТОГО	144			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные представления о мембранной технологии

1.1 Мембранная технология – отрасль науки и техники, связанная с использованием полупроницаемых мембран для разделения, очистки, фракционирования и концентрирования жидких и газовых смесей

1.2 Историография мембранной технологии. Роль и место российских ученых и РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии мембранной технологии

1.3 Обзор мембранных процессов разделения смесей – баромембранные, диффузионные, электромембранные, термомембранные. Мембранный рынок – мировой и российский.

1.4 Сферы применения мембранных технологий

Раздел 2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов

2.1 Движущие силы мембранных процессов. Осмотическое давление водных растворов

2.2 Концентрационная поляризация (КП), блокирование мембран. Истинная и наблюдаемая селективность. Методы снижения влияния КП.

Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам

3.1 Принципы классификации: по процессам применения, по методам получения, по геометрической форме, по внутренней структуре.

3.2 Обоснование требований пользователей к мембранам: удельная производительность, разделяющая способность, ресурс, механическая, химическая и термическая стойкость, устойчивость к действию микроорганизмов, санитарные требования, условия хранения, утилизируемость.

Раздел 4. Полупроницаемые мембраны

4.1. Полимерные

Основные сведения о полимерах, используемых для производства мембран.

Надмолекулярные структуры полимеров: агрегатные состояния, стеклование, релаксация, кристалличность и аморфность.

Растворы полимеров: влияние химической природы, молекулярной массы, надмолекулярной структуры и температуры на растворимость. Разбавленные и концентрированные растворы. Вязкость растворов полимеров.

Расплавы полимеров: условия перехода в расплав, вязкость расплавов, температуры переходов. Экструзия из расплавов, экструдеры.

Формование мембран из растворов полимеров. Состав поливочных растворов. Методы сухого, мокрого и сухомокрого формования. Механизмы образования пористости и анизотропии мембран. Машины для формования плоской ленты, трубок и капилляров.

Формование мембран из расплавов полимеров. Механизм образования пористости и анизотропии. Устройства для формования. Получение ионитов и ионообменных мембран.

Формование мембран растворением полимера. Трековые мембраны: принципы технологии, устройства.

4.2. Керамические.

Керамика как класс материалов. Цеолиты. Состав шихты, свойства компонентов. Методы получения керамических изделий, стадии процесса изготовления. Механизм образования пористости и анизотропии мембран. Изготовление мембранных элементов.

4.3. Графитовые

Общие сведения о графитах, получение графитов. Механизм образования пористости и анизотропии. Изготовление мембранных элементов.

4.4. Металлические

Металлы и сплавы. Технология металлических пористых и диффузионных мембран.

4.5. Композиционные

Композиционные полимерные мембраны. Выбор полимера, технология получения ультратонких слоев, устройство для формования слоев и изготовления мембран.

Композиционные неорганические мембраны.

Динамические мембраны: структура динамических мембран, пористые подложки, мембранообразующие добавки.

4.6. Жидкие

Жидкие мембраны на носителях. Способы фиксации структуры. Мембранные устройства, практическое применение.

Жидкие эмульсионные мембраны. Принципы функционирования, методы получения. Практическое применение эмульсионных мембран.

Раздел 5. Изучение структуры и свойств мембран

5.1 Исследование структуры мембран: пористость, распределение пор по размерам, средний размер пор, толщина селективного слоя, анизотропия. Дефектоскопия мембран.

5.2 Исследование технологических параметров мембран: удельная производительность, задерживающая способность, усадка мембран, ресурс работы. Методы калибровки пористых мембран. Сертификация мембран.

Раздел 6. Мембранные аппараты и установки

6.1 Мембранные аппараты с плоскими, рулонными, трубчатыми, волоконными и патронными элементами. Способы изготовления различных элементов.

6.2 Мембранные установки: состав установки, компоновка. Способы рекуперации энергии.

Раздел 7. Технологические процессы с использованием мембран

7.1 Проточные и тупиковые режимы работы. Периодические, непрерывные и циркуляционные схемы. Принципы диафильтрации

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	Знать: (перечень из п.2)							
1	– классификацию и физико-химические основы процессов мембранного разделения с различной движущей силой	+	+					
2	– основы технологии полупроницаемых мембран из полимерных и неорганических материалов			+	+	+		
3	– принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов						+	
4	– принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок						+	
5	– основы функционирования рынка мембранной технологии							+
	Уметь: (перечень из п.2)							
6	– измерять и рассчитывать осмотическое давление водных растворов		+					
7	– использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок						+	
8	– разрабатывать технологические схемы мембранных установок;							+
9	– определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства						+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
10	– методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения		+			+		
11	– методами оценки уровня концентрационной поляризации		+					
12	– техническими приемами снижения уровня концентрационной поляризации в мембранных аппаратах		+					
13	– методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля						+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>(какие)</u> компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)								

	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
14	– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса						+	+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции						+	+
		ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом						+	+
15	ПК-4 Способен обосновывать технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии для повышения энерго- и ресурсосберегающих параметров.	ПК-4.1 Знает принципы разработки технологических процессов, инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+	+	+	+		
		ПК-4.2 Умеет обоснованно выбирать рациональные технологические процессы			+			+	+
		ПК-4.3 Владеет основами расчета параметров энергоэффективности и ресурсосбережения	+	+				+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела Дисциплины	Темы семинарских занятий	Часы
1	2	Расчет осмотического давления водных растворов электролитов	2
2	2	Расчет осмотической машины для выработки электроэнергии	2
3	2	Расчет ГПГ и ГДГ водных растворов	2
4	3	Вывод уравнений эффективности мембранных процессов	2
5	4	Оценка уровня анизотропности мембраны	2
6	4	Разработка схемы золь-гель процесса для керамической мембраны	2
7	4	Оптимизация состава композиционной мембраны	2
8	4	Расчет основных узлов экструдера для формования мембран	2
9	5	Расчет среднего размера пор на основе гидродинамического метода оценки пористости	2
10	5	Расчет объемной и поверхностной пористости	2
11	5	Расчет концентрационной поляризации	2
12	5	Расчет эффективности турбулизации жидкости в трубчатом аппарате	2
13	6	Расчет установки обратного осмоса для опреснения морской воды	2
14	6	Расчет установки ультрафильтрации с многостадийной циркуляционной схемой	2
15	7	Расчет расхода энергии при работе установки обратного осмоса	2
16	7	Составление калькуляции стоимости мембраны	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Введение в мембранную технологию*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях, подготовку к семинарам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами;
- подготовку рефератов, сообщений на выбранную тему по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (5 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (5 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Для концентрирования раствора CaCl_2 с $C_0=1,5$ г/л до $C_k=15,0$ г/л используют мембраны со степенью задержания 98,5% и 97,0%. Будет ли объем полученного концентрата одинаковый или разный, и почему?

2. В двух сосудах находятся растворы разных солей (NaCl и AlCl_3) с одинаковой массовой концентрацией – 10 г/л. Одинаковое или разное осмотическое давление будет в этих растворах? Приведите расчет.

3. Будут ли одинаковыми или разными массовые концентрации, соответствующие границе полной гидратации (ГПГ) у растворов солей Na_2SO_4 и AlBr_3 , если координационные числа ионов следующие: $\text{Na}^+ - 6$, $\text{SO}_4^{2-} - 9$, $\text{Al}^{3+} - 9$, $\text{Br}^- - 4$.

4. В осмометре с одной стороны мембраны находится раствор электролита с концентрацией 10 г/л состава Kt_3+An_3 с молекулярной массой 1200, а с другой стороны – раствор электролита $\text{Kt}+2\text{An}_2$ той же массовой концентрации с молекулярной массой 1900. Определить направление осмотического переноса воды через мембрану.

5. Нанопермембранному разделению подвергается раствор двух веществ А и В. Массовые концентрации веществ одинаковы и равны 2,4 г/л. Задерживающая способность мембраны по компоненту А – 96%, по компоненту В – 69%. Определить массовое соотношение компонентов в пермеате.

Вопрос 1.2.

1. Что из перечисленного ниже влияет на величину удельной производительности полимерных мембран при их получении методом Лозба-Сурироджана? Дать обоснование по всем пунктам:

- природа полимера;
- использование порообразователей;
- летучесть растворителя;

- продолжительность стадии сухого формования;
- температура ванны отжига.

2. Что из перечисленного ниже влияет на величину задерживающей способности полимерных мембран при их получении методом Лозба-Сурироджана? Дать обоснование по всем пунктам:

- природа полимера;
- летучесть растворителя;
- продолжительность стадии сухого формования;
- температура ванны мокрого формования;
- продолжительность стадии отжига.

3. Что из перечисленного ниже влияет на величину удельной производительности керамических мембран, полученных золь-гель методом? Дать обоснование по всем пунктам:

- средний размер частиц основы;
- природа материала разделительного слоя;
- толщина разделительного слоя;
- температура отжига разделительного слоя;
- геометрическая форма мембранного элемента.

4. Что из перечисленного ниже влияет на величину задерживающей способности керамических мембран, полученных золь-гель методом? Дать обоснование по всем пунктам:

- природа материала частиц основы;
- природа материала разделительного слоя;
- продолжительность стадии сушки разделительного слоя;
- температура стадии отжига разделительного слоя;
- толщина разделительного слоя.

5. Что из перечисленного ниже влияет на стремление изготовить полимерные мембраны композиционными? Дать обоснование по всем пунктам:

- снижение стоимости;
- повышение удельной производительности;
- расширение ассортимента;
- повышение задерживающей способности;
- увеличение ресурса работы мембраны.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 30 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Для концентрирования раствора CaCl_2 с $C_0=1,5$ г/л до $C_k=15,0$ г/л используют мембраны со степенью задержания 98,5% и 97,0%. Будет ли объем полученного концентрата одинаковый или разный, и почему?

2. В двух сосудах находятся растворы разных солей (NaCl и AlCl_3) с одинаковой массовой концентрацией – 10 г/л. Одинаковое или разное осмотическое давление будет в этих растворах? Приведите расчет.

3. Будут ли одинаковыми или разными массовые концентрации, соответствующие границе полной гидратации (ГПГ) у растворов солей Na_2SO_4 и AlBr_3 , если координационные числа ионов следующие: $\text{Na}^+ - 6$, $\text{SO}_4^{2-} - 9$, $\text{Al}^{3+} - 9$, $\text{Br}^- - 4$.

4. В осмометре с одной стороны мембраны находится раствор электролита с концентрацией 10 г/л состава $\text{Kt}^{3+}\text{An}^{-3}$ с молекулярной массой 1200, а с другой стороны – раствор электролита $\text{Kt}^{+2}\text{An}^{2-}$ той же массовой концентрации с молекулярной массой 1900. Определить направление осмотического переноса воды через мембрану.

5. Наночислтрационному разделению подвергается раствор двух веществ А и В. Массовые концентрации веществ одинаковы и равны 2,4 г/л. Задерживающая способность мембраны по компоненту А – 96%, по компоненту В – 69%. Определить массовое соотношение компонентов в пермеате.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам рабочей программы дисциплины и содержит 5 вопросов. 1 вопрос – 8 баллов, вопрос 2 – 8 баллов, вопрос 3 – 8 баллов, вопрос 4 – 8 баллов, вопрос 5 – 8 баллов.

1. Активный слой мембраны.
2. Байпасная линия насоса.
3. Ближний порядок в жидкой воде.
4. Вакуумный способ газоразделения.
5. Внутренняя структура мембраны.
6. Водные кластеры.
7. Диализ.
8. Диализат.
9. Изотропные мембраны.
10. Инверсия фаз в технологии полимерных мембран.
11. Материал мембраны.
12. Мембранная экстракция.
13. Нагнетательный способ газоразделения.
14. Надмолекулярная структура воды.
15. Отжиг в фазоинверсионном методе.
16. Патронный мембранный модуль.
17. Поливочная машина.
18. Полимерные мембраны.
19. Половолоконный мембранный модуль.
20. Разделительный слой мембраны.
21. Рулонный мембранный модуль.
22. Стабильность водных кластеров.
23. Трубчатый мембранный модуль
24. Фазоинверсионные мембранные процессы.
25. Электронная модель молекулы воды.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Введение в мембранную технологию» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 5 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p>«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Введение в мембранную технологию
<p align="center">Билет № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> Осмотическое давление раствора. Паромный перенос в жидкой мембране. Армированные мембраны. Импрегнированные мембраны. Рабочее давление. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. – М., ДеЛи принт., 2007, - 207с.

Б. Дополнительная литература

- Дытнерский, Ю. И. Мембранное разделение газов / Ю. И. Дытнерский, В. П. Брыков, Г. Г. Каграманов. - М. : Химия, 1991. - 344 с.
- Мулдер М. Введение в мембранную технологию. - М., Мир, 1999. - 513 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Введение в мембранную технологию»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook 	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>1. Основные представления о мембранной технологии.</p> <p>2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов.</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структура воды, водных растворов. Понятие об осмотическом давлении. Границы дальней и полной гидратации. Тепловые эффекты растворения. Концентрационная и гелевая поляризация. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет величины осмотического давления. Расчет движущей силы мембранного переноса. Расчет эффективности разделения. Расчет удельной производительности мембраны. Расчет величины концентрационной поляризации. Расчет величины наблюдаемой селективности. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятийный аппарат, навыки работы со справочной литературой. Методы анализа причин неточностей при определении параметров концентрационной поляризации, наблюдаемой селективности, удельной производительности мембран. 	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 1.</p> <p>Оценка за контрольную работу.</p>
<p>3. Классификация мембран и требования к ним.</p> <p>4. Полупроницаемые мембраны.</p> <p>5. Изучение структуры и свойств мембран.</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы классификации. Материалы для изготовления мембран. Технологии мембран из полимерных и неорганических материалов. Устройство композиционных мембран. Основные параметры для паспортизации мембран. Методы калибровки пористых мембран. Правила сертификации мембран. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> обоснование требований к мембране. Выбор материала мембран для конкретных условий разделения. Обоснование рабочих параметров на стадиях получения полимерных мембран. Обоснование свойств полимеров для изготовления мембран. Состав 	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 1.</p> <p>Оценка за коллоквиум.</p>

	<p>установок для определения свойств мембран.</p> <p>владеть:</p> <p>- навыки составления перечня требований к мембранам для конкретного варианта их применения. Методы определения основных технологических свойств мембран – степень разделения и удельная производительность. Методика расчета мембранных параметров – пористости, среднего размера пор. Оценка качества мембран по виду кривой задержания.</p>	
<p>6. Мембранные аппараты и установки.</p> <p>7. Технологические процессы с использованием мембран.</p>	<p>знать:</p> <p>- принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов. Технологические схемы мембранных установок. Технологические приемы ведения процессов мембранного разделения. Основы функционирования рынка мембранной технологии.</p> <p>уметь:</p> <p>- разрабатывать технологические схемы мембранных установок. Выбирать тип мембранного модуля для конкретного применения. Выбирать логистическую схему поставок мембранных модулей.</p> <p>владеть:</p> <p>- методами сравнения мембранных модулей и выбора лучшей конструкции для конкретного применения. Методикой определения ресурса мембранного модуля.</p>	<p>Работа на практических занятиях.</p> <p>Оценка за контрольную работу 2.</p> <p>Оценка за зачет с оценкой.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

**«Введение в мембранную технологию»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович
Проректор по учебной работе,
Ректорат

Подписан: 16:01:2026 18:03:23