

**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
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Графоаналитические исследования солевых технологий»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Технология неорганических веществ»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, доктором технических наук И.А. Почиталкиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

«05» июня 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Графоаналитические исследования солевых технологий»** относится к обязательной части (Б.1.В.05) дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области основных и специальных дисциплин программы магистратуры.

Цель дисциплины – создание для обучающихся условий приобретения знаний, умений, навыков и формирование необходимых компетенций в области теории и практики промышленных процессов солевых технологий и использование их результатов для осуществления профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины – ознакомление с научными основами и технологическими принципами процессов производства минеральных солей и удобрений, их номенклатурой и свойствами, развитие способностей к анализу и совершенствованию технологий на примерах рассмотрения существующих промышленных процессов, а также новых прогрессивных технологических решений по равновесным диаграммам растворимости, соответствующих водно-солевым системам, формирование у обучающихся системных знаний в области солевых технологий.

Дисциплина **«Графоаналитические исследования солевых технологий»** преподается в 3 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
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
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	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	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, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень
		ПК-4. Способен проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования химических веществ и функциональных материалов	ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования химических веществ и функциональных материалов	
			ПК-4.2. Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства и использования химических веществ и	

			функциональны х материалов	квалификации – 6).
			ПК-4.3. Владеет методами получения, исследования и применения химических веществ и функциональны х материалов	
		ПК-5. Способен выбирать исследовательс кие приборы и технологическо е оборудование	ПК-5.1 Знает исследовательск ое и технологическо е оборудование и правила его эксплуатации	
		и оптимизироват ь параметры процесса для производства и применения химических веществ и функциональн ых материалов с заданными свойствами	ПК-5.3. Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологическог о процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы получения неорганических солей и удобрений;
- свойства и требования к качеству солевых продуктов;
- химические и кинетические закономерности процессов солевых технологий;
- основные типы и конструкции аппаратов для реализации процессов получения минеральных солей и удобрений;
- общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий и процессов в целом;

Уметь:

- использовать методы исследования, определения и оптимизации технологических параметров изучаемых процессов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции;
- проводить эксперименты по заданным методикам, осваивать новые методики;
- анализировать результаты экспериментов.

Владеть:

- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами построения и оптимизации технологических схем;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	38,2
Лекции	0,48	17	12,8
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,4
Самостоятельная работа	3,58	129	96,8
Контактная самостоятельная работа	3,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		128,6	96,5
Виды контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	36	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	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Физико-химические основы и применение равновесных диаграмм растворимости в технологии солевых продуктов	80	-	7	-	12	-	-	-	61
1.1	Введение.	4	-	1	-	2	-	-	-	1
1.2	Принципы графического анализа процессов солевых технологий по диаграммам равновесных солевых систем.	19	-	2	-	4	-	-	-	15
1.3	Способы графического изображения многокомпонентных (3-х и более) водно-солевых систем, использование метода вторичных проекций.	19	-	2	-	2	-	-	-	15
1.4	Принципы построения на диаграммах растворимости полных технологических циклов процессов получения солей.	19		2		2				15

1.5	Определение температурно-концентрационных параметров оптимального ведения процессов, постадийный и общий расчет материальных потоков.	19		2		2				15
2.	Раздел 2. Графо-аналитические исследования процессов получения основных удобрений и солей.	136	-	10	-	24	-	-	-	96
2.1	Азотные удобрения: сульфат аммония ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$); нитрат аммония (аммиачная селитра, $\text{NH}_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$); карбамид (главные стадии) по диаграммам соответствующих систем	30	-	3	-	6	-	-	-	24
2.2	Хлорид калия из сильвинита и других руд галургическими методами ($\text{KCl-NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{KCl-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$); сульфат калия различными способами	30	-	3	-	6	-	-	-	24
2.3	Фосфорные удобрения: простой суперфосфат ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$); экстракционная фосфорная кислота ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$); двойной суперфосфат ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$)	30	-	3	-	6	-	-	-	24
2.4	Нитрат калия ($\text{KCl-NaNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{KCl-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$); фосфаты аммония (аммофос, диаммофос, $\text{NH}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); нитрофосы ($\text{CaO-N}_2\text{O}_5\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); другие соли: (бора, фтора)	46		1		6				24
	ИТОГО	216		17		34				159

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физико-химические основы и применение равновесных диаграмм растворимости в технологии солевых продуктов

1.1. Введение.

1.2. Принципы графического анализа процессов солевых технологий по диаграммам равновесных солевых систем.

1.3. Способы графического изображения многокомпонентных (3-х и более) водно-солевых систем, использование метода вторичных проекций.

1.4. Принципы построения на диаграммах растворимости полных технологических циклов процессов получения солей.

1.5. Определение температурно-концентрационных параметров оптимального ведения процессов, постадийный и общий расчет материальных потоков.

Раздел 2. Графо-аналитические исследования процессов получения основных удобрений и солей

2.1. Азотные удобрения: сульфат аммония ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$); нитрат аммония (аммиачная селитра, $\text{NH}_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$); карбамид (главные стадии) по диаграммам соответствующих систем

2.2. Хлорид калия из сильвинита и других руд галургическими методами ($\text{KCl-NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{KCl-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$); сульфат калия различными способами

2.3. Нитрат калия ($\text{KCl-NaNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{KCl-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$); фосфаты аммония (аммофос, диаммофос, $\text{NH}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); нитрофосы ($\text{CaO-N}_2\text{O}_5\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); другие соли: (бора, фтора)

2.4. Фосфорные удобрения: простой суперфосфат ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$); экстракционная фосфорная кислота ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$); двойной суперфосфат ($\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$)

2.5. Нитрат калия ($\text{KCl-NaNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{KCl-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$); фосфаты аммония (аммофос, диаммофос, $\text{NH}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); нитрофосы ($\text{CaO-N}_2\text{O}_5\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$); другие соли: (бора, фтора)

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	– теоретические основы получения неорганических солей и удобрений;	+	+
2	— свойства и требования к качеству солевых продуктов;	+	+
3	– химические и кинетические закономерности процессов солевых технологий;	+	+
4	– основные типы и конструкции аппаратов для реализации процессов получения минеральных солей и удобрений;	+	+
5	– общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий и процессов в целом	+	+
	Уметь:	+	+
6	– использовать методы исследования, определения и оптимизации технологических параметров изучаемых процессов;	+	+
7	– анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции;	+	+
8	– проводить эксперименты по заданным методикам, осваивать новые методики; – анализировать результаты экспериментов.	+	+
	Владеть:	+	+
9	– методами теоретического и экспериментального исследования эффективности технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+
10	– методами сравнительной оценки эффективности технологического оборудования в химической промышленности и смежных отраслях;	+	+
11	– приемами и практикой применения пакета прикладных программ для внесения конструктивных решений в типовые аппараты, функционирующие на предприятиях, в инжиниринговых компаниях и проектно-исследовательских институтах отрасли.	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения	

	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	+	+
12	ПК-4. Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования химических веществ и функциональных материалов	+	+
		ПК-4.2. Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+
		ПК-4.3. Владеет методами получения, исследования и применения неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	+	+
13	ПК-5. Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-5.1. Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности процессов производства неорганических химических веществ	+	+

		ПК-5.3. Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+
--	--	--	---	---

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. Терминология физико-химического анализа и связь с графическим изображением диаграмм	2
		Практическое занятие 2. Освоение методов графического изображения проекций двухкомпонентных водно-солевых систем.	2
		Практическое занятие 3. Освоение методов графического изображения проекций двухкомпонентных водно-солевых систем и метода вторичных проекций..	2
		Практическое занятие 4. Анализ балансовых расчетов, Освоение методов графического изображения проекций многокомпонентных водно-солевых систем.	2
		Практическое занятие 5. Освоение методов графического изображения проекций многокомпонентных водно-солевых систем и метода вторичных проекций.	2
2	2	Практическое занятие 1. Построение и анализ процессов синтеза минеральных солей на примере KCl. Определение оптимальных температурно-концентрационных условий процессов, постадийный расчет материальных потоков.	6
		Практическое занятие 2. Построение и анализ процессов синтеза азотных минеральных удобрений на примере NH_4NO_3 . Определение оптимальных температурно-концентрационных условий процессов, постадийный расчет материальных потоков.	6
		Практическое занятие 3. Построение и анализ процессов синтеза минеральных солей на примере $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; Определение оптимальных температурно-концентрационных условий процессов, постадийный расчет материальных потоков.	6
		Практическое занятие 4. Построение и анализ процессов синтеза основных минеральных удобрений на примере $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Определение оптимальных температурно-концентрационных условий процессов, постадийный расчет	6

		материальных потоков.	
--	--	-----------------------	--

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Графоаналитические исследования солевых технологий» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к практическим занятиям и выполнению самостоятельных работ по модулям дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной технической литературы, и 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 лекционного курса;
- подготовка к аналитической реферативной работе и оформление реферата с использованием электронных баз: РИНЦ, Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts и пакета программ для выполнения графической части работы;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

7.1. Примеры тем рефератов (максимальная оценка 10 баллов)

1. Трехкомпонентные системы с кристаллогидратами солей.
2. Трехкомпонентные системы с двойными солями.
3. Процессы высаливания и политермической кристаллизации в трехкомпонентных системах.
4. Пространственные диаграммы четырёхкомпонентных систем.
5. Построение смежных безводной и водной проекций четырёхкомпонентных систем.
6. Изотермическое упаривание растворов (растворение солей) в четырехкомпонентных системах.
7. Четырёхкомпонентная система взаимных солей.
8. Обменное разложение солей в четырехкомпонентной взаимной системе.
9. Совмещение водных и безводных проекций на единой координатной плоскости (метод вторичных проекций).
10. Физико-химические основы и графический анализ процесса получения нитрата аммония.
11. Физико-химические основы и графический анализ процесса получения сульфата аммония.
12. Трехкомпонентные системы со смешанными кристаллами и соль-кислота с одинаковым анионом.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 25 баллов за каждую), реферата - (максимальная оценка 10 баллов) и экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (3 семестр) составляет 25 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса: первый – 5 баллов, второй и третий - по 10 баллов.

Вопрос 1.1.

1. Основные понятия и термины, характеризующие диаграммы растворимости
2. Двухкомпонентная система, какие параметры её характеризуют
3. Метод материального баланса в расчётах на диаграммах растворимости.

Вопрос 1.2.

1. Метод неизменного компонента в расчётах на диаграммах растворимости.
2. Правила соединительной прямой и рычага в графических на диаграммах растворимости.
3. Как строится процесс упаривания (растворения) и ведут себя фазы на диаграмме простой двухкомпонентной системы?

Вопрос 1.3.

1. Чем характеризуется диаграмма двухкомпонентной системы с устойчивым кристаллогидратом соли?
2. Привести пример упаривания раствора с соотношением вода:соль больше, чем в устойчивом кристаллогидрате.
3. Привести примеры охлаждения раствора с соотношением вода:соль больше и меньше, чем в устойчивом кристаллогидрате.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 3 вопроса: первый – 5 баллов, второй и третий - по 10 баллов.

Вопрос 2.1.

1. Изображение диаграмм простых трёхкомпонентных систем. В чём сложности построений в объёмных диаграммах.
2. Как проводится проецирование на диаграммах из объёма на грани?
3. Привести пример построения процесса упаривания в объёмной диаграмме и на ортогональной проекции трёхкомпонентной системы.

Вопрос 2.2.

1. Что необходимо иметь на диаграмме, чтобы отслеживать изменение содержания воды в трёхкомпонентной системе в процессах упаривания (растворения)?
2. Чем характеризуется графическое представление диаграмм двухкомпонентных систем с кристаллогидратом?
3. Чем характеризуется графическое представление диаграмм двухкомпонентных систем с двойной (двойными) солью?

Вопрос 2.3.

1. Что отражают построения процесса упаривания на проекции на безводном основании?
2. Дать пример упаривания раствора с соотношением солей между их соотношением в инконгруэнтной двойной соли и в растворе состава точки перехода.
3. Как графически представляется диаграмма трёхкомпонентных систем со смешанными кристаллами солей?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен).

1. Метод вторичных проекций в изображении четырёхкомпонентных систем взаимных солей.

2. Какие исходные данные надо иметь для графического построения и поэтапного расчёта процесса по заданной химической реакции?
3. Как строится линия взаимодействия исходных реагентов и находятся точки составов исходной и конечной смесей?
4. Найти состав конечной смеси при получении нитрата аммония на диаграмме системы $\text{HNO}_3 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$.
5. Найти графически на диаграмме системы $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ точку состава упаренного раствора аммиачной селитры (2% H_2O).
6. Определить графически состав смеси аммиака и серной кислоты (избыток 10%).
7. Определить графически состав конечной точки упаривания раствора сульфата аммония при его наиболее полном выделении в твёрдую фазу.
8. Определить графически количество упариваемой воды из раствора сульфата аммония при его наиболее полном выделении в твёрдую фазу.
9. Определить графически массу кристаллов сульфата аммония при его наиболее полном выделении в твёрдую фазу.
10. Определить графически на диаграмме системы $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ состав конечной точки растворения сильвинита в воде при получении из него хлорида калия.
11. Определить графически состав маточного раствора и массу отхода хлорида натрия при растворении сильвинита в воде.
12. В чём принцип получения сульфата калия из хлорида калия и сульфата магния жидкофазным конверсионным способом?
13. Определить графически по диаграмме системы $\text{CaO-SO}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$ состав суперфосфатной массы при разложении фосфата серной кислотой и степени упаривания 10%.
14. Для получения простого суперфосфата определить концентрацию фосфорной кислоты по диаграмме системы $\text{CaO-SO}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$ при разложении фосфата серной кислотой и степени упаривания 10%.

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).

8.3.1. Экзамен по дисциплине «Графоаналитические исследования солевых технологий» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам: максимальная оценка за 1 и 2 вопросы - по 10 баллов, за 3 вопрос – 20 баллов. Максимальная оценка за экзамен составляет 40 баллов.

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В. «__» _____ 2024	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология
	Профиль - Технология неорганических веществ Графоаналитические исследования солевых технологий
Билет № 1 1. Процессы высаливания и политермической кристаллизации в трехкомпонентных системах. 2. Совмещение водных и безводных проекций на единой координатной плоскости (метод вторичных проекций). 3. Для получения сульфата калия конверсионным способом по диаграмме системы $\text{KCl} - \text{NaNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ определить соотношение $\text{KCl}:\text{NaNO}_3$, при котором выход сульфата калия максимальный.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. И.А. Петропавловский, Б.А. Дмитриевский, Б.В. Левин, И.А. Почиталкина. Химия и технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект науки, 2018. – 312 с.
2. И.А. Петропавловский, Б.А. Дмитриевский, Б.В. Левин, И.А. Почиталкина. Химия и технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект науки, 2022. – 344 с.

Б. Дополнительная литература

1. М.М. Викторов Графические расчеты в технологии неорганических веществ. 3-е изд. Л.: Химия, 1972. - 276 с.
2. Ксензенко В. И., Кононова Г. Н. Теоретические основы процессов переработки галургического сырья. М.: Химия, 1982. - 328 с.
3. М.Е. Позин. «Технология минеральных удобрений и солей». Химия, 1983.
4. А.А. Соколовский, Е.Л. Яхонтова «Применение равновесных диаграмм растворимости в технологии минеральных солей». М.Химия. 1982.
5. Е.Л. Яхонтова, И.А. Петропавловский «Кислотные методы переработки фосфатного сырья». М. Химия, 1988.
6. И.М. Кувшинников. «Минеральные удобрения и соли. Свойства, способы их улучшения». М. Химия. 1982.
7. М.Е. Позин. «Расчеты по технологии неорганических веществ». М. Химия. 1976.
8. М.Е. Позин, Р.Ю. Зинюк «Физико-химические основы неорганической технологии». Л. Химия. 1985.

А также рекомендуемые преподавателем при чтении курса и с учетом интересов студента и тематики его магистерской работы.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
- Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795
- Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
- Химическая технология. ISSN 1684-5811
- Химическая промышленность сегодня. ISSN 0023-11 ОХ
- Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
- Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
- Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
- Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет (*при необходимости*):

- www.14000.ru - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания

-<http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
-<http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
-<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
-<http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
-<http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
-<http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
-<http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
-<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 7, (общее число слайдов – 280);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 75).

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 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 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 «Графо-аналитические исследования солевых технологий» проводятся в форме лекций, практических занятий, и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

- Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

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; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.
- Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Физико-химические основы и применение равновесных диаграмм растворимости в технологии солевых продуктов.	<i>Знает:</i> – теоретические основы получения неорганических солей и удобрений; – свойства и требования к качеству солевых продуктов; – химические и кинетические закономерности процессов солевых технологий; – основные типы и конструкции аппаратов для реализации процессов получения минеральных солей и удобрений; – общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий и процессов в целом; <i>Умеет:</i> – использовать методы исследования, определения и оптимизации технологических параметров изучаемых процессов;	Оценка за контрольную работу №1 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)

	– анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции; – проводить эксперименты по заданным методикам, осваивать новые методики; – анализировать результаты экспериментов. <i>Владеет:</i> – методами качественного и количественного анализа неорганических веществ; – методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; – методами построения и оптимизации технологических схем;.	
Раздел 2. Графо-аналитические исследования процессов получения основных удобрений и солей.	<i>Знает:</i> – теоретические основы получения неорганических солей и удобрений; – свойства и требования к качеству солевых продуктов; – химические и кинетические закономерности процессов солевых технологий; – основные типы и конструкции аппаратов для реализации процессов получения минеральных солей и удобрений; – общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий и процессов в целом; <i>Умеет:</i> – использовать методы исследования, определения и оптимизации технологических параметров изучаемых процессов; – анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции; – проводить эксперименты по заданным методикам, осваивать новые методики; – анализировать результаты экспериментов. <i>Владеет:</i> – методами качественного и количественного анализа	Оценка за контрольную работу №2 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)

	неорганических веществ; – методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; – методами построения и оптимизации технологических схем;	
--	--	--

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 в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- 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
«Графоаналитические исследования солевых технологий»**

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

программа магистратуры «Технология неорганических веществ и сорбентов и
катализаторов для их производства»

»

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
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов
химической технологии»**

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Технология неорганических веществ»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, доктором технических наук И.А. Почиталкиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

« 05 » июня 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»**, относится к обязательной части (Б.1.О.05) дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области основных и специальных дисциплин программы магистратуры.

Цель дисциплины – создание для обучающихся условий приобретения необходимых знаний, умений и навыков для самостоятельного решения профессиональных задач, предусмотренных программой дисциплины, а также формирования необходимых компетенций для осуществления профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины – ознакомление с классификацией промышленных процессов и оборудования, справочной технической литературой и стандартами на технологию его изготовления, развитие способностей к анализу эффективности работы используемого типового оборудования, совершенствованию химико-технологических процессов, а также формирование у обучающихся системных знаний в области технологии неорганических веществ.

Дисциплина **«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»**, преподается в 1 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-3. Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку.	ОПК-3.1 Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности; ОПК-3.2. Знает технологические основы организации современных химических производств соответствующего профиля; ОПК-3.3. Знает современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности; ОПК-3.4. Знает конструкцию современного технологического оборудования соответствующего профиля; ОПК-3.5 Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием; ОПК-3.6. Умеет выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико- химических свойств перерабатываемых материалов; ОПК-3.7. Умеет находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов химической технологии соответствующего профиля; ОПК-3.8. Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов. ОПК-3.9. Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование. ОПК-3.10. Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности. ОПК-3.11. Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля.
--	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы технологических процессов и современные проблемы технологии неорганических веществ;
- классификацию, специфику, материалы, конструкции и способы изготовления современного типового оборудования;
- способы повышения эффективности производства (продуктов основной неорганической химии, подготовки и переработки минерального сырья и обезвреживания промышленных выбросов);
- общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий типовых процессов

Уметь:

- пользоваться технической литературой и проводить анализ технической документации;
- анализировать технические характеристики оборудования и взаимосвязь технологических параметров процесса с их эффективностью и качеством продукции;
- осуществлять выбор аппаратного оформления технологических процессов и способы их интенсификации на основе технико-экономического обоснования.

Владеть:

- методами теоретического и экспериментального исследования эффективности технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами сравнительной оценки эффективности технологического оборудования в химической промышленности и смежных отраслях;
- приемами и практикой применения пакета прикладных программ для внесения конструктивных решений в типовые аппараты, функционирующие на предприятиях, в инжиниринговых компаниях и проектно-исследовательских институтах 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:	1,42	51	38,2
Лекции	0,47	17	12,8
Практические занятия (ПЗ)	0,5	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Самостоятельная работа	0,58	21	15,7
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,58	21	15,7
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	36	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	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Типовые процессы и оборудование в технологии неорганических веществ.	40	-	10	-	20	-	-	-	10
1.1	Введение.	2	-	1	-	-	-	-	-	1
1.2	Типовое оборудование для проведения основных химико-технологических процессов	24	-	7	-	12	-	-	-	5
1.3	Анализ основных уравнений тепло- и массопередачи.	14	-	2	-	8	-	-	-	4
2.	Раздел 2. Анализ аппаратного оформления технологических схем и способы повышения эффективности технологических процессов.	32	-	7	-	14	-	-	-	11
2.1	Анализ аппаратного оформления технологических схем. Способы повышения эффективности технологических процессов. Инструменты оценки эффективности технологических процессов.	15	-	3	-	6	-	-	-	6

2.2	Технико-экономическое обоснование и выбор типового высокоинтенсивного оборудования для оформления промышленных технологических схем, опытно-промышленных установок, научно-исследовательских лабораторий и инжиниринговых компаний.	12	-	2	-	6	-	-	-	4
2.3	Компьютерные системы проектирования для оформления технологических схем и внесения конструктивных решений в типовые аппараты.	5	-	2	-	2	-	-	-	1
		72		17		34				21
	Экзамен	36								
	ИТОГО	108								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Типовые процессы и оборудование в технологии неорганических веществ.

1.1. **Введение.** Современное состояние и проблемы технологии неорганических веществ.

1.2. **Типовое оборудование для проведения основных химико-технологических процессов** (растворения, кристаллизации, кислотного разложения, фильтрования, упаривания, грануляции, сушки, абсорбции, адсорбции и др.) и его технические характеристики; классификация типового оборудования по фазовым группам: Г-Ж; Ж-Т; Г-Т; специфика и особенности аппаратов высокой турбулентности, материалы и способы их изготовления.

1.3. **Анализ основных уравнений тепло- и массопередачи.** Способы интенсификации химико-технологических процессов. Взаимосвязь аппаратного оформления технологического процесса с его эффективностью.

Раздел 2. Анализ аппаратного оформления технологических схем и способы повышения эффективности технологических процессов.

2.1. Анализ аппаратного оформления технологических схем. Способы повышения эффективности технологических процессов. Инструменты оценки эффективности технологических процессов.

2.2. Технико-экономическое обоснование и выбор типового высокоинтенсивного оборудования для оформления промышленных технологических схем, опытно-промышленных установок, научно-исследовательских лабораторий и инжиниринговых компаний.

2.3. Компьютерные системы проектирования. Оформление технологических схем и внесение конструктивных решений в типовые аппараты.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	– теоретические основы технологических процессов и современные проблемы технологии неорганических веществ;	+	+
2	– классификацию, специфику, материалы, конструкции и способы изготовления современного типового оборудования;	+	+
3	– способы повышения эффективности производства (продуктов основной неорганической химии, подготовки и переработки минерального сырья и обезвреживания промышленных выбросов);	+	+
4	– общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий типовых процессов	+	+
	Уметь:		
5	– пользоваться технической литературой и проводить анализ технической документации;	+	+
	– анализировать технические характеристики оборудования и взаимосвязь технологических параметров процесса с их эффективностью и качеством продукции;	+	+
6	– осуществлять выбор аппаратного оформления технологических процессов и способы их интенсификации на основе технико-экономического обоснования.	+	+
	Владеть:	+	+
7	– методами теоретического и экспериментального исследования эффективности технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+
8	– методами сравнительной оценки эффективности технологического оборудования в химической промышленности и смежных отраслях;	+	+

9	– приемами и практикой применения пакета прикладных программ для внесения конструктивных решений в типовые аппараты, функционирующие на предприятиях, в инжиниринговых компаниях и проектно-исследовательских институтах отрасли.			
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения		
10	ОПК-3. Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов.	– ОПК-3.1. Способен использовать законы и методы математических и естественных наук при решении научно-исследовательских и производственных задач;	+	+
		– ОПК-3.2. Способен решать производственные задачи из области технологии оборудования и конструкционных материалов с применением фундаментальных знаний;	+	+
		– ОПК-3.3. Способен решать исследовательские задачи из области материаловедения и технологии материалов с применением фундаментальных знаний;	+	+
		– ОПК-3.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач;	+	+
		– ОПК-3.5. Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования;	+	+
		– ОПК-3.6. Владеет методами научного исследования;	+	+
		– ОПК-3.7. Владеет приемами формулирования основных компонентов научного исследования и изложения научного труда (выпускной квалификационной работы).	+	+

		– ОПК-3.8. Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов.	+	+
		– ОПК-3.9. Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование.	+	+
		– ОПК-3.10. Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности.	+	+
		– ОПК-3.11. Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля.	+	+

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. Классификация типового оборудования по фазовым группам. Физико-химические основы и способы интенсификации химико-технологических процессов. Специфика аппаратов, предназначенных для проведения гетерогенных процессов, модели, реализуемые в них. Работа с научно-технической литературой.	5
		Практическое занятие 2. Система Ж-Т. Анализ балансовых расчетов, оценка технологических параметров и сравнение эффективности работы типового емкостного оборудования стадии кислотного разложения минерального сырья (удельная производительность, энергопотребление и т.д.) и фильтровального оборудования стадии кристаллизации (необходимая площадь основной фильтрации, производительность по основному фильтрату ($\text{м}^3/\text{ч}$), удельная производительность основной зоны фильтрации ($\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и т.д.	5
		Практическое занятие 3. Система Г-Ж. Анализ балансовых расчетов, оценка технологических параметров и сравнение эффективности работы типового оборудования стадии нейтрализации, абсорбции на примере (реактора-аммонизатора, трубчатого реактора, ИТН, САИ аммонизатора-гранулятора, абсорберов и др.).	5
		Практическое занятие 4. Система Г-Т. Анализ балансовых расчетов, оценка технологических параметров и сравнение эффективности работы типового оборудования стадии охлаждения, грануляции, сушки, адсорбции на примере сушильного барабана, барабана-гранулятора, РКСГ, адсорберов, циклонов и др.	5
2	2	Практическое занятие 2. Анализ аппаратного оформления технологических схем и способов повышения эффективности химико-технологических процессов.	6
		Технико-экономическое обоснование и выбор аппаратного оформления технологических процессов в химической промышленности и смежных отраслях с целью повышения их эффективности.	6
		Использование пакета программ для выполнения графической части работы.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к практическим занятиям и выполнению самостоятельных работ по модулям дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной технической литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, We 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 лекционного курса;
- выполнение курсовой работы с использованием рекомендованной технической литературы, электронных баз: РИНЦ, Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts и пакета программ для выполнения графической части работы;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (1 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Цель и общее содержание курса «Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии», его связь с другими дисциплинами.
2. Цель мониторинга работы технологического оборудования.
3. Критерии оценки эффективности технологического процесса.
4. Проблемы химической технологии и пути их решения.

Вопрос 1.2.

1. Основные характеристики типового оборудования и их влияние на эффективность процессов.
2. Основные технологические аппараты для проведения гетерогенных процессов.
3. Влияние режима развитой турбулентности на конструкцию аппарата. Рассмотреть на конкретном примере.
4. Способы интенсификации процесса теплообмена на примере выпарного аппарата производства нитрата аммония.

Вопрос 1.3.

1. Способы повышения эффективности взаимодействия компонентов в системе Ж:Т. Рассмотреть на примере вскрытия минерального сырья.
2. Специфика конструкции аппаратов для фильтрации (системы Ж-Т).
3. Специфика конструкции аппаратов, предназначенных для гетерогенной системы Г-Т на примере адсорбера.
4. Конструктивные и технологические решения аппарата РКСТГ, обеспечивающие высокую эффективность процесса сушки.

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

Вопрос 2.1.

1. Выбор способа интенсификации процесса грануляции на основе анализа основного уравнения массопередачи.
2. Анализ эффективности работы барабана-гранулятора с использованием ретурной схемы.
3. Связь процесса абсорбции и экологической безопасности производства нитрата аммония.

Вопрос 2.2.

1. Способы интенсификации технологического процесса в системе Г-Ж производства ЭФК на примере абсорбера с экологической точки зрения.
2. Анализа основного уравнения массопередачи и выбор способа интенсификации процесса грануляции.
3. Анализ основного уравнения массопередачи и выбор способа интенсификация процесса абсорбции.

Вопрос 2.3.

1. Модель, реализуемая в аппарате шнекового типа, привести вид зависимости.
2. Модель, реализуемая в реакторе смешения высокой турбулентности, привести вид зависимости.
3. Привести пример реализации моделей идеального смешения и вытеснения на примере промышленного аппарата.

8.3. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (1 семестр).

8.4.1. Экзамен по дисциплине «*Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам, максимальная оценка за каждый 10 баллов. Максимальная оценка составляет 40 баллов.

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В. «__» _____ 2024 г	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.03.01 Химическая технология Профиль - Технология неорганических веществ
	Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии

Билет № 1

1. Критерии оценки эффективности технологического процесса.
2. Способы изготовления аппаратов высокого давления.
3. Конструкция аппарата ИТН.
4. Анализа основного уравнения массопередачи и выбор способа интенсификации процесса грануляции.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Основы проектирования химических производств. Под ред. А.И. Михайличенко. М.: ИКЦ «Академкнига». 2005. - 332 с.
2. Почиталкина И. А., Петропавловский И. А., Филенко И. А. Основы проектирования и оборудование: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 56 с.
3. Петропавловский И.А., Дмитриевский А.Б., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Химия и технология минеральных удобрений: учебник.- С-Пб.: Проспект науки, 2021.-344 с

Б. Дополнительная литература

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. - 493 с.
2. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л.: Химия. 1999. - 176 с.
3. Технология аммиачной селитры, под ред. В. М. Олевского, М., 1991. 311 с.
4. Захаров В.П., Берлин А.А., Монаков Ю.Б., Дебердеев Р.Я. Физико-химические основы протекания быстрых жидкофазных процессов. М.: Наука, 2008. – 348 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:

- Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
- Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795
- Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
- Химическая технология. ISSN 1684-5811
- Химическая промышленность сегодня. ISSN 0023-11 ОХ
- Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
- Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
- Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
- Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет (*при необходимости*):

- www.14000.ru - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства

-www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
-<http://bookfi.org/g/> - Book Finder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
-<http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
-<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
-<http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
-<http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
-<http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
-<http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
-<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

-компьютерные презентации интерактивных лекций – 7, (общее число слайдов – 280);
-банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 75).

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 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 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 «Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии» проводятся в форме лекций, практических занятий, и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

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; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.
- Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Типовые процессы и оборудование в технологии неорганических веществ.	<i>Знает:</i> – теоретические основы технологических процессов и современные проблемы технологии неорганических веществ; – классификацию, специфику, материалы, конструкции и способы изготовления современного типового оборудования; – способы повышения эффективности производства (продуктов основной неорганической химии, подготовки и переработки минерального сырья и обезвреживания промышленных выбросов); – общие и технологические	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (1 семестр)

	принципы осуществления отдельных стадий типовых процессов <i>Умеет:</i> – пользоваться технической литературой и проводить анализ технической документации; – анализировать технические характеристики оборудования и взаимосвязь технологических параметров процесса с их эффективностью и качеством продукции; – осуществлять выбор аппаратурного оформления технологических процессов и способы их интенсификации на основе технико-экономического обоснования. <i>Владеет:</i> – методами теоретического и экспериментального исследования эффективности технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; – методами сравнительной оценки эффективности технологического оборудования в химической промышленности и смежных отраслях; – приемами и практикой применения пакета прикладных программ для внесения конструктивных решений в типовые аппараты, функционирующие на предприятиях, в инжиниринговых компаниях и проектно-исследовательских институтах отрасли.	
Раздел 2. Анализ аппаратурного оформления технологических схем и способы повышения эффективности технологических процессов.	<i>Знает:</i> – теоретические основы технологических процессов и современные проблемы технологии неорганических веществ; – классификацию, специфику, материалы, конструкции и способы изготовления типового высокоинтенсивного оборудования; – способы повышения эффективности производства (продуктов основной неорганической химии, подготовки и переработки минерального сырья и обезвреживания промышленных	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (1 семестр)

	выбросов); – общие и технологические принципы осуществления отдельных стадий типовых высокоинтенсивных процессов. <i>Умеет:</i> – пользоваться технической литературой и проводить анализ технической документации; – анализировать технические характеристики оборудования и взаимосвязь технологических параметров процесса с их эффективностью и качеством продукции; – выполнять технико-экономическое обоснование аппаратного оформления высокоинтенсивных технологических процессов и выбирать способы их интенсификации. <i>Владеет:</i> – методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; – методами оценки эффективности технологического оборудования в химической промышленности и смежных отраслях; – приемами и практикой применения пакета прикладных программ для внесения конструктивных решений в типовые аппараты, функционирующие на предприятиях, в инжиниринговых компаниях и проектно-исследовательских институтах отрасли.	
--	--	--

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 в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– 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
«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»

основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
программа магистратуры «Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»

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: Комарницкая Елена Анатольевна
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 06:08:2025 12:06:46