

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Российский химико-
технологический университет имени Д.И. Менделеева»
в городе Ташкенте (Республика Узбекистан)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполнительный директор

_____ Б.Э. Нурматов

«29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Химическая технология биологически
активных веществ»**

Квалификация «магистр»

Ташкент 2024

Программа составлена: к.т.н., ассистентом кафедры химии и технологии органического синтеза Р.Р. Дашкиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии и технологии органического синтеза

«26» апреля 2024 г., протокол №7

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 **Химии и технологии органического синтеза** 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 дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по дисциплинам «Физическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», но главным образом в дисциплинах «Основы проектирования производств биологически активных веществ».

Цель дисциплины – повышение научно-технической и методологической компетенций магистранта, необходимых для решения профессиональных задач, связанных с масштабированием химических процессов в области технологии получения биологически активных веществ; ознакомление с современным уровнем развития, тенденциями развития и проблемами науки и техники в области технологии получения продуктов тонкого органического синтеза.

Задачи дисциплины – передача студентам систематизированных знаний и практических навыков, позволяющих решать теоретические и практические задачи в технологии получения биологически активных веществ и подборе оборудования для данного типа производств;

– развитию у студентов профессиональных навыков для решения конкретных практических задач.

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, технологические основы организации современных химических производств, современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности. ОПК-3.2. Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием, выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов, применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование ОПК-3.3. Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании, навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные тенденции развития технологического и аппаратного оформления процессов производства биологически активных веществ;
- принципы выбора аппаратного оформления процессов в технологии биологически активных веществ;
- принципы и методы оптимизации оборудования при производстве биологически активных веществ;
- физико-химические основы современных и перспективных технологий биологически активных веществ.

Уметь:

- подбирать оборудование и анализировать технологические схемы основных процессов в технологии биологически активных веществ, а также оптимизировать и оценивать эффективность выбранного оборудования.
- рассчитывать, оценивать и находить оптимальное технологическое решение с требуемыми характеристиками для конкретных процессов в технологии биологически активных веществ

Владеть:

- методами оценки и расчета основного технологического оборудования производств биологически активных веществ;
- принципами разработки современного оборудования производств биологически активных веществ.

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	38,3
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25,5
Лекции	0,47	17	12,8
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	0,58	21	15,7
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		21	15,7
Вид контроля:			
Экзамен	1,0	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,3	0,23
Подготовка к экзамену.		35,7	26,77
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.	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
	Введение. Основные понятия	4	-	3	-	-	-	-	-	1
1.	Раздел 1. Расчет параметров ёмкостного реакторного оборудования	21	12,5	3,5	-	12,5	12,5	-	-	5
1.1	Критерии подобия при расчёте реакторного оборудования.	5,5	4	0,5	-	4	4	-	-	1
1.2	Влияние конструкции реактора на вводимую мощность при перемешивании.	4,5	2,5	1	-	2,5	2,5	-	-	1
1.3	Влияние параметров реакторного оборудования на процесс теплообмена.	6	3	1	-	3	3	-	-	2
1.4	Оптимизация энергетических затрат на процесс в реакторном оборудовании.	5	3	1	-	3	3	-	-	1
2.	Раздел 2. Реактора для гетерофазных процессов в синтезе биологически активных веществ	35	17,5	7,5	-	17,5	17,5	-	-	10
2.1	Реактора для проведения процессов газ-жидкость.	12	6	3	-	6	6	-	-	3
2.2	Реактора для проведения процессов газ- жидкость-твёрдое вещество	10	5	2	-	5	5	-	-	3
2.3	Газозахватывающие мешалки.	13	6,5	2,5	-	6,5	6,5	-	-	4

3	Раздел 3. Оборудование для процессов выделения и очистки продуктов тонкой химии	12	4	3	-	4	4	-	-	5
3.1	Периодическая препаративная хроматография	2,5	1	0,5	-	1	1	-	-	1
3.2	Непрерывная препаративная хроматография	2	0,5	0,5	-	0,5	0,5	-	-	1
3.3	Расчет оборудования для процесса фильтрации	7,5	2,5	2	-	2,5	2,5	-	-	3
	ИТОГО	72	34	17	-	34	34	-	-	21
	Экзамен	36	-	-	-	0,4	-	-	-	35,6
	ИТОГО	108	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Основные понятия

Что такое тонкая химия. История мирового рынка. Специфика используемого оборудования

Раздел 1. Расчет параметров ёмкостного реакторного оборудования

Критерии подобия при расчёте реакторного оборудования. Подobie геометрическое и динамическое. Критерий Рейнольдса, Фруда в ёмкостном оборудовании. Критерий мощности. Теоретические основы критерия мощности.

Влияние конструкции реактора на вводимую мощность при перемешивании. Характерное время перемешивания и минимальное время на перемешивание при гомогенизации. Оптимизация энергетических затрат на процесс в реакторном оборудовании. Зависимости вводимой энергии на перемешивание и на теплообмен.

Влияние параметров реакторного оборудования на процесс теплообмена. Коэффициент теплопередачи в реакторе с перемешивающим устройством. Коэффициент теплоотдачи в реакторе и рубашке.

Раздел 2. Реактора для гетерофазных процессов в синтезе биологически активных веществ

Реактора для проведения процессов газ-жидкость. Плёночная теория и массоперенос в реакторе. Комбинирование скорости реакции и массопереноса.

Реактора для проведения процессов газ-жидкость-твёрдое вещество. Плёночная и диффузионная теория и массоперенос в реакторе. Расчёт коэффициента массопередачи. Комбинирование скорости реакции и массопереноса.

Газозахватывающие мешалки. Принцип работы. Область применимости. Достоинства и недостатки.

Раздел 3. Оборудование для процессов выделения и очистки продуктов тонкой химии

Препаративная хроматография, как метод выделения биологически активных веществ в промышленности. Методы расчёта и подбора хроматографических систем. Периодическая препаративная хроматография, организация процесса и расчёт. Непрерывная препаративная хроматография, организация процесса и расчёт.

Фильтрация. Фильтрование и центрифугирование. Методы фильтрации. Масштабирование процесса фильтрации. Подбор и сравнение оборудования.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1.	– современные тенденции развития технологического и аппаратного оформление процессов производства биологически активных веществ;		+	+	+
2.	– принципы выбора аппаратного оформления процессов в технологии биологически активных веществ;		+	+	+
3.	– принципы и методы оптимизации оборудования на производстве биологически активных веществ;		+	+	+
4.	– физико-химические основы современных и перспективных технологий биологически активных веществ.		+	+	+
	Уметь:				
5.	– подбирать оборудование и анализировать технологические схемы основных процессов в технологии биологически активных веществ, а также оптимизировать и оценивать эффективность выбранного оборудования.		+	+	+
6.	– рассчитывать, оценивать и находить оптимальное технологическое решение с требуемыми характеристиками для конкретных процессов в технологии биологически активных веществ		+	+	+
	Владеть:				
7.	– методами оценки и расчета основного технологического оборудования производств биологически активных веществ;		+		+
8.	– принципами разработки современного оборудования производств биологически активных веществ.		+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
9.	– ОПК-3. Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок,	– ОПК-3.1 Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности, технологические основы организации современных химических производств, современные требования к аппаратному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности.	+	+	+

10.	топлива электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование технологическую оснастку.	и и	– ОПК-3.2 Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием, выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов, применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование.	+	+	+
11.			– ОПК-3.3 Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании, 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	Расчёт критерия мощности в емкостном реакторном оборудовании	4
2.		Расчёт характерного времени перемешивания в реакторном оборудовании. Оптимизация энергетических затрат в реакторном оборудовании.	5,5
3.		Расчёт коэффициентов теплоотдачи в реакторном оборудовании	3
4.	2	Расчёт скорости течения процесса в реакторах для проведения процесса газ-жидкость. Расчёт скорости течения процесса в реакторах для проведения процесса газ-жидкость-твёрдое вещество	11
5.		Подбор газозахватывающих перемешивающих устройств.	6,5
6.	3	Подбор оборудования и хроматографической системы для препаративного разделения биологически активных веществ.	1,5
7.		Расчёт и подбор оборудования для процесса фильтрации.	2,5
		Итого:	34

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума учебным планом дисциплины *«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»* не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- работа с рекомендованной учебной и научной литературой, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- подготовку к сдаче экзамена 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 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.

Выполнение реферативно-аналитической работы учебным планом дисциплины *«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»* не предусмотрено.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольные работы №1, №2 и №3 (1 семестр) составляет по 20, 25 и 15 баллов за каждую.

Раздел	Контрольные вопросы
Раздел 1 Расчет параметров емкостного реакторного оборудования	<ol style="list-style-type: none">1. Критерии подобия при расчёте реакторного оборудования.2. Подобие геометрическое и динамическое.3. Критерий Рейнольдса, Фруда в емкостном оборудовании.4. Критерий мощности, вывод уравнения.5. Теоретические основы критерия мощности.6. Влияние конструкции реактора на вводимую мощность при перемешивании.7. Характерное время перемешивания8. Минимальное время на перемешивание при гомогенизации.9. Влияние параметров реакторного оборудования на процесс теплообмена.10. Расчёт коэффициента теплопередачи в реакторе с перемешивающим устройством.11. Расчёт коэффициента теплоотдачи в реакторе и рубашке.12. Оптимизация энергетических затрат на процесс в реакторном оборудовании.13. Зависимости вводимой энергии на перемешивание и на теплообмен.
Раздел 2 Реактора для гетерофазных процессов в синтезе биологически активных веществ	<ol style="list-style-type: none">1. Промышленный реактора для проведения процессов газ-жидкость.2. Плёночная теория и массоперенос в реакторе.3. Расчёт скорости протекания процесса в реакторе газ-жидкость.4. Реактора для проведения процессов газ-жидкость-твёрдое вещество.5. Плёночная и диффузионная теория и массоперенос в реакторе.6. Расчёт коэффициента массопередачи в реакторе газ-жидкость-твёрдое вещество.7. Расчёт скорости протекания процесса в реакторе газ-жидкость-твёрдое вещество.8. Принцип работы газозахватывающих мешалок.9. Область применимости газозахватывающих мешалок.10. Достоинства и недостатки газозахватывающих мешалок.

Раздел 3. Методы выделения и очистки продуктов тонкой химии	1. Препаративная хроматография, как метод выделения биологически активных веществ 2. Расчёт и подбор периодических хроматографических систем, организация процесса 3. Непрерывная препаративная хроматография. 4. Теория фильтрования. 5. Сравнение фильтрации и центрифугирования. 6. Масштабирование процессов фильтрации 7. Расчёт, подбор и сравнение оборудования для фильтрации.
--	--

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 20 баллов за вопрос.

Вариант 1

Определите число модулей в КМ статическом смесителе диаметром 8 м. Среда аналогичная по свойствам воде с расходом 0,9 м³/ч (плотность 1000 кг/м³, вязкость 1сПз). Какая мощность требуется для осуществления перекачивания через данный смеситель. Шероховатость внутренней поверхности труб составляет 40 мкм.

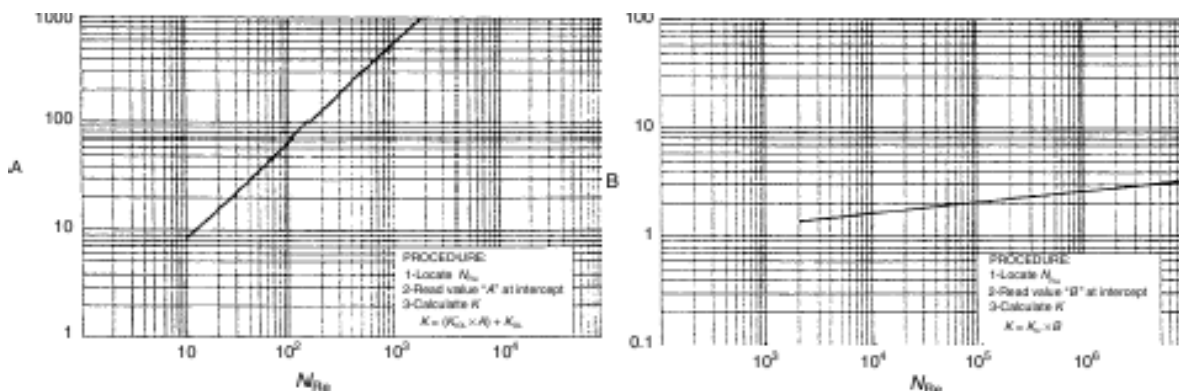


Диаграмма для $10 < Re < 2000$. $K = (K_{OL} * A) + K_{OL}$ $Re > 2000$. $K = K_{OL} * B$

TABLE 7-21 The Correct Number of Kenics Mixer Modules for Blending Applications

N_{Re} (Based on empty pipe)	Standard Modules Required
< 10	4
10 to 1,000	3
1,000 to 2,000	2
> 2,000	1

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 25 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 10, 7 и 8 баллов за вопрос, соответственно.

Вариант 1

В реакторе с диаметром 1м и высотой столба жидкости 1 м с газозахватывающей мешалкой PBTД с диаметром 0,3м со статором в сочетании с расположенной ниже на 300 мм пропеллерной мешалкой с восходящим потоком, находящейся на расстоянии в 300 мм от дна реактора, проходит реакция гидрирования анилина до циклогексиламина при 130 °С, при данной температуре константа скорости на единицу объёма катализатора равняется 90 с-1. Реакцию считать псевдопервого порядка по водороду.

Соотношение объёма катализатора к объёму жидкой фазы в реакторе составляет 0,05. Размер частиц катализатора - 1,0 мм;
 Размер пузырьков газа – 0,8 мм;
 Эффективный коэффициент диффузии в порах катализатора – $1,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$;
 Коэффициент массопереноса водорода на границе жидкость/твёрдое - $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$;
 Коэффициент массопереноса водорода в пленке жидкости – $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$;
 Константа Генри – $2240 \text{ бар} \cdot \text{м}^3/\text{кмоль}$;
 Плотность жидкой фазы - 700 кг/м^3 ;
 Плотность водорода - $0,09 \text{ кг/м}^3$;
 Вязкость жидкой фазы - $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
 Критерий мощности – 5;
 Давление газа в реакторе – 50 бар.

1. Рассчитать мощность, затрачиваемую на перемешивание при скорости вращения мешалки $N_{CG} \cdot 1,1$, $N_{CG} \cdot 2$, $N_{CG} \cdot 3$. (учитывать среднюю плотность реакционной массы за счёт газа, без учёта твёрдых частиц).
2. Рассчитать требуемый для проведения реакции расход водорода и расход водорода через газозахватывающую мешалку при данных числах оборотов. Рассчитать мощность рециклового компрессора взамен газозахватывающей.
3. Рассчитать мощность рециклового компрессора взамен газозахватывающей мешалки, при условии сохранения гидродинамических параметров в реакторе. Перепад давления при рецикле составит 1 бар. Расчёт мощности проводить по следующей формуле

$$P_{\text{комп}} = P_1 \cdot Q_{\text{H}_2} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) / \eta$$

$\eta = 0,75$, $k=1,4$, P_1 – входное давление, P_2 – выходное давление.

Сравнить энергозатраты при использовании газозахватывающей мешалки и рециклового компрессора.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7 и 8 баллов за вопрос, соответственно.

Вариант 1

1. SMB хроматография. Описать виды, схемы и принцип работы.
2. Сравнение процессов фильтрации при помощи избыточного давления и центрифугирования. Критические факторы процесса влияющие на подбор оборудования.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

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

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Примеры теоретических вопросов:

1. Производства малотоннажной химии. Особенности производств. Рынок.
2. Критерии подобия при расчёте реакторного оборудования. Теоретические основы критерия мощности.
3. Влияние конструкции реактора на вводимую мощность при перемешивании. Характерное время перемешивания и минимальное время на перемешивание при гомогенизации.

4. Влияние параметров реакторного оборудования на процесс теплообмена.
5. Реактора для проведения процессов газ-жидкость. Плёночная теория и массоперенос в реакторе. Комбинирование скорости реакции и массопереноса.
6. Реактора для проведения процессов газ-жидкость-твёрдое вещество. Пленочная и диффузионная теория и массоперенос в реакторе. Расчет коэффициента массопередачи. Комбинирование скорости реакции и массопереноса.
7. Теория фильтрования. Фильтрация и центрифугирование. Особенности. Сравнение. Масштабирование. Выбор оборудования.
8. Препаративная хроматография. Основы метода. Область применимости. Периодическое и непрерывное исполнение.

Пример экзаменационной задачи:

Вариант 1

1. Критерии выбора и область применимости проточных смесителей.
2. Расчёт и подбор хроматографических систем, организация процесса.
3. В реакторе с турбинной мешалкой и рубашкой происходит непрерывный процесс окисления о-ксилола кислородом воздуха до о-метилбензойной кислоты. В реактор с постоянным расходом вводится свежий о-ксилол и отбирается раствор продукта в о-ксилоле. Концентрация продукта в выходящем потоке составляет 20 мол. %. Т.к. концентрация ксилола изменяется не сильно, то реакцию можно считать псевдопервого порядка по кислороду. Константа скорости равняется $1,05 \text{ с}^{-1}$ при 160°C и 10 атм (при данных условиях проходит процесс). Расход воздуха составляет $360 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Параметры реактора:

- объём реактора	3,2 м^3 ,
- диаметр реактора	1,6 м,
- диаметр мешалки.....	500 мм,
- высота уровня жидкости.....	1,6 м,
- диаметр рубашки	1,8 м,
- толщина стенки реактора и рубашки	8 мм,
- теплопроводность материала стенки.....	17,8 Вт/м*К,
- критерий мощности мешалки	5,0,
- число оборотов мешалки	180 об/мин,
- КПД муфты	0,97,
- КПД двигателя.....	0,95.

Параметры реакционной массы:

- удерживаемый объём газа ε_g	0,3,
- коэффициент Генри.....	127
$\text{м}^3 \cdot \text{атм} / \text{кмо}$	
- коэффициент диффузии.....	$1,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$,
- коэффициент массопереноса в жидкости k_L	$4,1 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$,
- средний диаметр пузырьков	1,2 мм,
- плотность ксилола	
(жидкой составляющей реакционной массы)	880 $\text{кг}/\text{м}^3$,
- плотность воздуха	1,25 $\text{кг}/\text{м}^3$,
- теплопроводность ксилола (160°C)	0,11 Вт/м*К,
- вязкость ксилола (160°C)	0,345 мПа*с,
- теплоёмкость ксилола	1721
Дж/кг*К,	
- начальная температура ксилола	20 $^\circ\text{C}$,
- теплота реакции образования о-метилбензойной кислоты	149
кДж/моль.	

Параметры теплоносителя:

- температура начальная.....120 °С,
- температура конечная125 °С,
- плотность теплоносителя (123 °С).....980 кг/м³,
- теплопроводность теплоносителя (123 °С).....0,167 Вт/м*К,
- вязкость теплоносителя (123 °С).....5 мПа*с,
- теплоёмкость теплоносителя (123 °С).....1500 Дж/кг*К.

Задание:

1. Рассчитать мощность привода перемешивающего устройства (**5 баллов**).
2. Рассчитать производительность реактора по продукту в кмоль/ч (**5 баллов**).
3. Рассчитать коэффициент теплопередачи в текущих условиях проведения процесса (**5 баллов**).
4. Рассчитать требуемый коэффициент теплопередачи для съёма тепла, образуемого в ходе реакции и, если потребуется, предложить способы увеличения К (**5 баллов**).

Значения параметров, если расчёт не получился на промежуточных этапах:

1. Доля непрореагировавшего кислорода $f_n = 0,16$.

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

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

Экзамен по дисциплине «*Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии*» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **экзамена**:

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____ (Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) С.В. Попков (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Филиал РХТУ им. Д.И. Менделеева в г. Ташкенте</p>
	<p>18.04.01 Химическая технология</p> <p>Магистерская программа –</p> <p>«Химическая технология биологически активных</p> <p>веществ»</p>
	<p>Современное технологическое и аппаратное</p> <p>оформление процессов химической технологии</p>
<p>Билет № 1</p>	
<p>1. Влияние параметров реакторного оборудования на процесс теплообмена.</p>	
<p>2. В реакторе с турбинной мешалкой и рубашкой происходит непрерывный процесс окисления о-ксилола кислородом воздуха до о-метилбензойной кислоты. В реактор с постоянным расходом вводится свежий о-ксилол и отбирается раствор продукта в о-ксилоле. Концентрация продукта в выходящем потоке составляет 20 мол. %. Т.к. концентрация ксилола изменяется не сильно, то реакцию можно считать псевдопервого порядка по кислороду. Константа скорости равняется 1,05 с⁻¹ при 160 °С и 10 атм (при данных условиях проходит процесс). Расход воздуха составляет 360</p>	

м³/ч.

Параметры реактора:

- объём реактора3,2 м³,
- диаметр реактора1,6 м,
- диаметр мешалки500 мм,
- высота уровня жидкости1,6 м,
- диаметр рубашки1,8 м,
- толщина стенки реактора и рубашки8 мм,
- теплопроводность материала стенки17,8 Вт/м*К,
- критерий мощности мешалки5,0,
- число оборотов мешалки180 об/мин,
- КПД муфты0,97,
- КПД двигателя0,95.

Параметры реакционной массы:

- удерживаемый объём газа ε_g 0,3,
- коэффициент Генри127
м³*атм/кмо
- коэффициент диффузии1,4*10⁻⁹ м²/с,
- коэффициент массопереноса в жидкости k_L 4,1*10⁻⁴ м/с,
- средний диаметр пузырьков1,2 мм,
- плотность ксилола
(жидкой составляющей реакционной массы)880 кг/м³,
- плотность воздуха1,25 кг/м³,
- теплопроводность ксилола (160 °С)0,11 Вт/м*К,
- вязкость ксилола (160 °С)0,345 мПа*с,
- теплоёмкость ксилола1721
Дж/кг*К,
- начальная температура ксилола20 °С,
- теплота реакции образования о-метилбензойной кислоты149
кДж/моль.

Параметры теплоносителя:

- температура начальная120 °С,
- температура конечная125 °С,
- плотность теплоносителя (123 °С)980 кг/м³,
- теплопроводность теплоносителя (123 °С)0,167
Вт/м*К,
- вязкость теплоносителя (123 °С)5 мПа*с,
- теплоёмкость теплоносителя (123 °С)1500
Дж/кг*К.

Задание:

1. Рассчитать мощность привода перемешивающего устройства (**5 баллов**).
2. Рассчитать производительность реактора по продукту в кмоль/ч (**5 баллов**).
5. Рассчитать коэффициент теплопередачи в текущих условиях проведения процесса (**5 баллов**).
6. Рассчитать требуемый коэффициент теплопередачи для съёма тепла, образуемого в ходе реакции и, если потребуются, предложить способы увеличения К (**5 баллов**).

Значения параметров, если расчёт не получился на промежуточных этапах:

1. Доля непрореагировавшего кислорода $f_n = 0,16$.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии/ Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. - М.: Химия, 2011. – 1229 с.
2. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии/ Баранов Д.А., — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 408 с.
3. Химическая технология лекарственных веществ. Основные процессы химического синтеза биологически активных веществ [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Иозеп [и др.] ; под ред. Иозеп А.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 356 с.

Б. Дополнительная литература

1. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. / Н.Н. Мельников // М.: Химия, 1987. - 712 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Химико-фармацевтический журнал» ISSN 0023-1134
- Журнал «Кинетика и катализ» ISSN 0453-8811
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Фармацевтическая промышленность»

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

- <https://gmpnews.ru/>
- <http://www.remedium.ru/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – по 3 разделам дисциплины, (общее число слайдов – 486);

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЕИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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 аппаратное оформление процессов химической технологии»* проводятся в форме лекций, практических 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.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные пособия по дисциплине.

Раздаточный материал к разделам дисциплины.

Раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине. Электронные презентации к разделам дисциплины.

Справочные материалы в печатном и электронном виде.

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.

Мультимедийный проектор в комплекте с ноутбуком, Оверхед проектор Medium 524 Р 3-х линзовый.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками полимерных материалов.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно
2.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная
3.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно
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	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	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>Раздел 1. Расчет параметров ёмкостного реакторного оборудования</p>	<p><i>Знать:</i> –современные тенденции развития технологии биологически активных веществ; –принципы выбора аппаратурного оформления процессов в технологии биологически активных веществ; –принципы и методы оптимизации процессов в технологии биологически активных веществ; –физико-химические основы современных и перспективных технологий биологически активных веществ; <i>Уметь:</i> –составлять и анализировать технологические схемы основных процессов в технологии биологически активных веществ, а также оптимизировать и оценивать их эффективность. –рассчитывать, оценивать и находить оптимальное технологическое решение с требуемыми характеристиками для конкретных процессов в технологии биологически активных веществ <i>Владеть:</i> –методами оценки и расчета основного технологического оборудования производств биологически активных веществ; –принципами разработки современного оборудования производств биологически активных веществ.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (1 семестр)</p>
<p>Раздел 2. Реактора для гетерофазных процессов в синтезе биологически активных веществ</p>	<p><i>Знать:</i> –современные тенденции развития технологии биологически активных веществ; –принципы выбора аппаратурного оформления процессов в технологии биологически активных веществ; –принципы и методы оптимизации процессов в технологии биологически активных веществ; –физико-химические основы современных и перспективных технологий биологически активных веществ; <i>Уметь:</i> –составлять и анализировать технологические схемы основных процессов в технологии биологически активных веществ, а также оптимизировать и оценивать их эффективность. –рассчитывать, оценивать и находить оптимальное технологическое решение с требуемыми характеристиками для конкретных процессов в технологии биологически активных веществ</p>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (1 семестр)</p>

	<p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –методами оценки и расчета основного технологического оборудования производств биологически активных веществ; –принципами разработки современного оборудования производств биологически активных веществ. 	
<p>Раздел 3. Методы выделения и очистки продуктов тонкой химии</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –современные тенденции развития технологии биологически активных веществ; –принципы выбора аппаратурного оформления процессов в технологии биологически активных веществ; –принципы и методы оптимизации процессов в технологии биологически активных веществ; –физико-химические основы современных и перспективных технологий биологически активных веществ; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –составлять и анализировать технологические схемы основных процессов в технологии биологически активных веществ, а также оптимизировать и оценивать их эффективность. –рассчитывать, оценивать и находить оптимальное технологическое решение с требуемыми характеристиками для конкретных процессов в технологии биологически активных веществ <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –методами оценки и расчета основного технологического оборудования производств биологически активных веществ; –принципами разработки современного оборудования производств биологически активных веществ. 	<p>Оценка за Контрольную работу №3 (1 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (1 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 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
«Современное технологическое и аппаратурное оформление
процессов химической технологии»**

основной образовательной программы

Направление подготовки 18.04.01 – Химическая технология
Магистерская программа «Химическая технология биологически активных веществ»

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: *Макаров Николай Александрович*
И.о. директора, Филiaal РХТУ
им. Д.И. Менделеева в г.
Ташкенте (Республика
Узбекистан)

Подписан: 04:02:2026 11:56:27