Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 08.07.2024 10:25:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /А.С. Сок
«15» февраля 2(

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Химические реакторы

Направление подготовки/**специальность**
18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий

Профиль/**специализация**
Автоматизированное производство химических предприятий

Квалификация
Инженер

Формы обучения
очная

Москва, 2024 г.

Разработчик:

Профессор каф. «АОиАТП имени
профессора М.Б. Генералова»

к.х.н., профессор  /М.Г. Беренгартен /

Согласовано:
Зав. каф. «АОиАТП имени профессора М.Б. Генералова»

к.т.н.  /А.С. Кирсанов /

Содержание

Содержание
.....3
1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины..... 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение .....**Ошибка! Закладка не определена.**
5. Материально-техническое обеспечение..... 9
6. Методические рекомендации 9
7. Фонд оценочных средств 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Химические реакторы производств нитропродуктов» следует отнести:

– глубокую профессиональную подготовку специалистов, обеспечивающую успешное решение проектных, конструкторских задач, возникающих при создании нового реакторного оборудования для производства энергонасыщенных материалов и изделий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Химические реакторы производств нитропродуктов» следует отнести:

- освоение основных направлений и перспектив развития химической технологии производств энергонасыщенных материалов;
- освоение современных методов расчета, проектирования и эксплуатации технологического реакторного оборудования.

Обучение по дисциплине «Химические реакторы» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-2. Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование при проведении научного и технологического эксперимента, проводить обработку и анализ полученных результатов	ИОПК-2.5 Знать основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. ИОПК-2.8 Уметь выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. ИОПК-2.12 Владеть методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.
ПК-3 Владеет современными методами конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий	ИПК-3.1 Знать современные методы конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий.

В результате освоения дисциплины должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

Знать:

- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии.
- современные методы конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий.

Уметь:

- выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.

Владеть:

- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химические реакторы» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины и модули» Б1.1.35.3 и изучается в 7-м семестре.

Она опирается на знания, полученные при изучении дисциплин «Физическая химия» «Основы инжиниринга отрасли», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология» модуля «Математические и естественно-научные дисциплины».

Дисциплина «Химические реакторы» связана логически с дисциплинами модуля «Технология и оборудование производств энергонасыщенных материалов и изделий».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Химические реакторы» составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7
1	**Аудиторные занятия**	**72**	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72
	В том числе:		
2.1	Самостоятельная работа		
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Зачет**	Зачет
	Итого	**144**	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1.Введение.**		2	2			8
2	**Раздел 2. Процессы нитрования и свойства рабочих сред**		8	8			16
3	**Раздел 3. Химические реакторы в технологии получения нитропродуктов.**		12	12			24
4	**Раздел 4. Промышленный синтез нитропродуктов.**		14	14			28
Итого		**144**	**36**	**36**			**72**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1.Введение.

Общие принципы химических методов производства нитропродуктов в химической технологии энергонасыщенных материалов.

Раздел 2. Процессы нитрования и свойства рабочих сред

Классификация химических методов производства нитропродуктов.

Стехиометрия, термодинамика и химическая кинетика процессов нитрования. Материальный и тепловой баланс химических процессов.

Окислительно-восстановительные реакции при получении нитропродуктов. Одностадийные и многостадийные химические превращения. Используемые кислотные смеси и катализаторы. Методы подбора и оценка кислотных смесей и растворов. Используемые катализаторы в химических превращениях.

Раздел 3. Химические реакторы в технологии получения нитропродуктов.

Классификация реакторов по тепловому, гидродинамическому и организационным режимам эксплуатации. Основные типы конструкций химических реакторов. Агрегатное состояние исходных реагентов, гомогенные и гетерогенные химические системы.

Реакторы емкостного типа периодического действия в производстве НМ. Особенности расчета степени химического превращения реагентов при синтезе НМ. Расчет тепловых параметров процесса при изотермическом, адиабатическом и политропном условии проведения процессов синтеза НМ.

Реакторы емкостного типа непрерывного действия (переливные реакторы). Особенности расчета степени химического превращения реагентов процесса синтеза НМ. Особенности расчета тепловых параметров при проведении химических реакций. Тепловая устойчивость работы реакторов.

Каскад реакторов непрерывного действия. Особенности расчета кинетических закономерностей процесса синтеза НМ. Определения числа реакторов в каскаде и технологических параметров их работы.

Раздел 4. Промышленный синтез нитропродуктов.

Теоретические основы синтеза НМ в непрерывных реакторах идеального вытеснения (трубчатых реакторах).

Особенности расчета технологических параметров, материальных и энергетических потоков.

Основы химической термодинамики получения нитропродуктов

Каталитический синтез нитропродуктов.

Механизм и кинетика роста нанопродуктов на активных центрах катализаторов.

Основы технологии выделения нитропродуктов из гомогенных реакционных сред. Основные типы используемого оборудования и методы его расчета.

Основы технологии выделения НМ из гетерогенных реакционных сред. Основные типы используемого оборудования и методы его расчета.

Гранулирование расплавов нитропродуктов. Используемое оборудование и методы расчета технологических параметров.

Технологическое обеспечение качества нитроматериалов.

Защита от воздействия окружающей среды: защитные газовые среды, покрытия и капсулирование.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Тематика практических занятий

Тепловые эффекты типовых реакций синтеза нитропродуктов.

Стандартные энтальпии химических реакций. Расчет энтальпий химических реакций при различных температурах и с учетом фазовых превращений.

Гидромеханические процессы в химических реакторах производства нитропродуктов. Примеры расчета для реакторов емкостного типа.

Методики расчета тепловых потоков и теплоотводящих устройств реакторов емкостного типа.

Методики расчета тепловых потоков и теплоотводящих устройств реакторов трубчатого типа.

Гидродинамический расчет нитраторов вихревого типа.

Примеры расчета каскадов реакторов.

Примеры расчета составов кислотных смесей.

Сравнение по эффективности работы (селективности) реакторов емкостного и трубчатого типов

3.4.2. Тематика лабораторных занятий

Лабораторные занятия не предусмотрены

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

ФГОС 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий. Приказ Минобрнауки России от 07.08. 2020 № 907

4.2. Основная литература

Генералов М.Б., Силин В.С. Химические реакторы производств нитропродуктов. – М,: ИКЦ «Академкнига»,2004.- 393 с.

4.3. Дополнительная литература

Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. – Л.: Химия, 1981, 312 с.

Физико-химические основы и аппаратурное оформление технологии производства пироксилиновых порохов. Т.1: Нитраты целлюлозы / Под ред. Г. Марченко. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2003 – 268 с.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1. Электронные образовательные ресурсы

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование электронной информационно-образовательной среды соответствует законодательству Российской Федерации. Доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин, практик, расписаниям занятий и промежуточных аттестаций, нормативно-правовым документам, регламентирующим порядок организации образовательной деятельности в аспирантуре Мосполитеха, электронному портфолио аспирантов и научных руководителей аспирантов осуществляется по адресу: https://www.mospolytech.ru/.

Также имеется доступ к информационным ресурсам на других платформах (в объемах, доступных в Российской Федерации):

- Информационно-аналитический ресурс Web of Science на платформе ISI Web of Knowledge компании Thomson Reuters. Адрес в сети Интернет: http://apps.webofknowledge.com
- Издательство Наука. Адрес в сети Интернет: http://elibrary.ru
- База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier. Адрес в сети Интернет: www.scopus.com База данных издательства Elsevier – книги, журналы www.elsevier.com База данных издательства Springer – книги, журналы www.springer.com База данных издательства Wiley – журналы www.wiley.com База данных SciFinder компании Chemical Abstracts Service (поиск рефератов публикаций, химических соединений и реакций по химии и смежным наукам). Scifinder https://sso.cas.org/

5.1. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Internet-ресурсы:

1. http://www.issep.rssi.ru
2. http://www.nature.ru
3. http://www.sciencemag.org

4. http://www.biodat.ru
5. http://www.moseco.ru
6. http://www.informeco.ru
7. http://www.sci.aha.ru
8. http://www.zin.ru/BioDiv/index.html
9. http://www.seu.ru
10. http://www.ecoportal.ru
11. http://www.ecosistema.ru
12. http://www.unep.org
13. http://www.iucn.ru
14. http://naveki.ru/ - экологические портал, социальная экологическая сеть
15. http://www.artefact.lib.ru/ - электронная база
16. http://www.elibrary.ru/ - электронная база Эльзевир

5.2. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. http://www.iclschazter.org.
2. http:www.agroecology.org.
3. http://cordis Europa eu\fp7
4. http://www.ecolife.ru
5. http://ecoproduct.priroda.ru
6. http://en.edu.ru

6.7.Материально-техническое обеспечение

Используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

7. Методические рекомендации

а. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной

дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Химические реакторы» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и самостоятельных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

b. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям и выполнение практических работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

8. Фонд оценочных средств

a. Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Общая химическая технология»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля

Самостоятельная работа	Представить одну самостоятельную работу по выбранной тематике с оценкой преподавателя «зачтено».

7.2.1. Шкала оценивания самостоятельной работы

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все требования к написанию и защите самостоятельной работы: обозначена проблема, сделан краткий анализ различных точек зрения, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению.
Не зачтено	Имеются существенные отступления от требований к работе. Тема не раскрыта.

7.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Не зачтено	зачтено
Знать: - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии - современные методы конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии - современные методы конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии - современные методы конструирования оборудования и проектирования производств энергонасыщенных материалов и изделий
уметь: выбрать тип реактора и	Обучающийся демонстрирует полное отсут-	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следую-

рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.	ствие или недостаточное соответствие следующих умений: выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.	щих умений: выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.
владеть: методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.	Обучающийся не владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.	Обучающийся в полном объеме владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.

b. Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1.1. Темы индивидуальных самостоятельных работ по дисциплине «Химические реакторы»

Индивидуальное задание №1 – Гравитационные осадительные аппараты в процессах получения нитропродуктов

Индивидуальное задание №2 – Аппараты центробежного разделения гетерогенных жидкостных смесей в процессах получения нитропродуктов

Индивидуальное задание №3 – Аппараты для кристаллизации нитропродуктов из растворов

Индивидуальное задание №4 – Сублимационная кристаллизация в процессах получения нитропродуктов

Индивидуальное задание №5 – Кристаллизация расплавов в процессах получения нитропродуктов

Индивидуальное задание №6 – Аппараты ля стабилизации нитроглицерина

Индивидуальное задание №7 – Аппараты для стабилизации нитроцеллюлозы

Индивидуальное задание №8 – Аппараты для стабилизации гетероциклических аминов

Индивидуальное задание №9 – Аппараты для стабилизации ароматических нитросоединений

Индивидуальное задание №10 – Аппараты для гранулирования нитропродуктов

Индивидуальное задание №11 – Аппараты для сушки нитропродуктов

7.2. Вопросы к зачету по дисциплине «Химические реакторы»

1. Основные понятия о химии и технологии нитропродуктов.
2. Стехиометрия, термодинамика и химическая кинетика процессов нитрования.
3. Основные уравнения явлений переноса и свойства рабочих тел.
4. Общие сведения и классификация реакторов нитрования.
5. Основные типы нитрационных аппаратов.
6. Реакторы емкостного типа для системы «жидкость-жидкость».
7. Реакторы емкостного типа для системы «жидкость-твердое тело»
8. Вихревые аппараты.
9. Струйные инжекционные аппараты.
10. Роторные нитраторы.
11. Пульсационные аппараты.
12. Основные принципы выбора типа аппарата для производства нитропродуктов.
13. Основные уравнения гидродинамики вязких жидкостей.
14. Перемешивания жидких сред.
15. Диспергирование жидких сред.
16. Тепловой расчет нитрационных аппаратов.
17. Общие принципы математического моделирования химических реакторов.
18. Реакторы идеального смешения.
19. Реакторы идеального вытеснения.
20. Каскад реакторов идеального смешения.
21. Тепловая устойчивость реакторов.
22. Гетерогенные процессы нитрования.
23. Сравнение реакторов и вопросы их оптимизации.
24. Расход кислот для процессов нитрования.