

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»

Программа кандидатского экзамена

СК-РП-15.1-04-22

Факультет подготовки специалистов высшей квалификации



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

А.А. Куркин

«22» марта 2022 г

Кафедра «Технологическое оборудование и транспортные системы»

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.6.13

«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия


Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические науки

Научная специальность

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

Программа предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий».

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

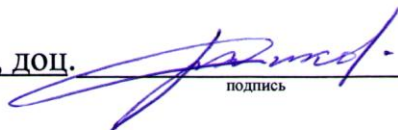
1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.
2. Паспорт научной специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.
3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий».

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Технологическое оборудование и транспортные системы» (ТОТС)

протокол № 6 от "21" марта 2022г.

Заведующий кафедрой «ТОТС»

к.т.н, доц.


подпись

Диков В.А.

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации



личная подпись

Трубочкина Е.Л.

расшифровка подписи


«22» марта 2022 г

дата

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения	4
2	Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.13 «Процес- сы и аппараты химической технологии»	4
3	Дополнительная программа	10
	Приложение. Пример оформления дополнительной программы	11

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине состоит из двух частей:


- 1) основная программа по специальности, разработанной в соответствии с паспортом научной специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий»;
 - 2) дополнительной программы, разрабатываемой аспирантом (соискателем).
- Экзаменационные билеты должны включать 2-3 вопроса из основной программы и 1-2 вопроса из дополнительной программы.

2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий»

Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий», с опорой на дисциплины, связанные с особенностями анализа общих закономерностей физических и химических явлений (перенос энергии и массы, химические превращения, физико-химические воздействия на перерабатываемые материалы), аппаратного оформления технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, использования особенностей нестационарных режимов с позиции экологической безопасности и надежности химических процессов и производств.

2.1. Системный анализ процессов химической технологии

Основные принципы системного анализа; взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах; иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов; иерархическая структура химического производства; взаимовлияние аппаратов. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов и химико-технологических систем. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии, формы представления информации о процессе (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Постановка задачи математического описания процесса. Два подхода к составлению математической модели процесса: детерминированный и стохастический. Их возможности и сферы использования. Теория подобия и анализ размерностей. Подобные преобразования, физическое моделирование, метода характеристических масштабов. Основы теории переноса количества движения, энергии, массы; гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидроди-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

намическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделения неоднородных жидких и газовых систем, перемешивание в жидких средах.

2.2. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия


Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Энтропийная оценка меры упорядоченности движения частиц. Каноническое и микроканоническое распределение Гиббса. Фактор распределения как выражение второго закона термодинамики. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Свойство детектируемости. Частотные характеристики и вид функции отклика. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

2.3. Течение жидкости в пленках, трубах, струях и пограничных слоях

Уравнения и граничные условия гидродинамики. Течение, вызванное вращением диска. Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения. Ламинарное течение в трубах различной формы. Продольное обтекание плоской пластины. Пограничный слой. Движение частиц, капель, пузырей в жидкости. Общее решение уравнений Стокса в осесимметричном случае. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря поступательным стоксовым потоком. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Сферические капли и пузыри в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря сдвиговым потоком. Обтекание не-сферических твердых частиц. Обтекание цилиндра (плоская задача). Обтекание деформированных капель и пузырей. Стесненное движение частиц.

2.4. Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Линейная термодинамика в задачах химии и химической технологии. Уравнения сохранения.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации


Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онзагера. Потoki массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей. Вариационный принцип минимума производства энтропии. Принцип минимума приведенных термодинамических потоков. Определение средней толщины пленки в дисперсно-кольцевых режимах течения. Неравновесная термодинамика необратимых процессов в химической технологии. Термодинамическая функция Ляпунова вдали от равновесия. Метод термодинамических функций Ляпунова для выявления химических осцилляторов. Современное состояние проблемы колебательных реакций в химии. Эксергия, эксергетический метод анализа химико-технологических систем; информационно-термодинамический принцип; использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств (прямые, декомпозиционные, структурно-декомпозиционные методы).

2.5. Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах

Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Диффузия к вращающемуся диску. Теплоперенос к плоской пластине. Массоперенос в пленках жидкости. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в круглой трубе. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в плоской трубе. Предельные числа Нуссельта при ламинарном течении жидкостей по трубам различной формы. Массо- и теплообмен частиц, капель и пузырей с потоком. Метод асимптотических аналогий в теории массо- и теплопереноса. Внутренние задачи о теплообмене тел различной формы. Массо- и теплообмен частиц различной формы с неподвижной средой. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле. Массоперенос в линейном сдвиговом потоке при малых числах Пекле. Массообмен частиц и капель с потоком при больших числах Пекле (теория диффузионного пограничного слоя). Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в поступательном потоке при различных числах Пекле и Рейнольдса. Диффузия к сферической частице, капле и пузырю. В линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле. Диффузия к сфере в поступательно-сдвиговом потоке и потоке с параболическим профилем.

2.6. Массообмен, осложненный поверхностной или объемной химической реакцией

Массоперенос, осложненный поверхностной химической реакцией. Диффузия к вращающемуся диску и плоской пластине при протекании объемной реакции. Внешние задачи массообмена частиц, капель и пузырей с потоком при различных числах Пекле и наличии объемной химической реакции. Внутренние задачи массо-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

переноса при наличии объемной химической реакции. Нестационарный массообмен с объемной реакцией. Гидродинамика, массо- и теплообмен в неньютоновских жидкостях. Реологические модели неньютоновских несжимаемых жидкостей. Движение пленок неньютоновских жидкостей. Массоперенос в пленках реологически сложных жидкостей. Движение неньютоновских жидкостей по трубам и каналам. Теплоперенос в плоском канале и круглой трубе (с учетом диссипации). Гидродинамический тепловой взрыв в неньютоновских жидкостях. Обтекание плоской пластины степенной жидкостью. Затопленная струя степенной жидкости. Движение частиц, капель и пузырей в степенной жидкости.

2.7. Элементы механики твердых дисперсных сред в процессах химической технологии


Структура и структурные связи твердых дисперсных сред. Понятие форм и размеров твердых частиц, гранулометрического состава, сыпучести, сил взаимодействия между частицами. Реологические свойства сыпучих материалов, контактные силы внешнего трения и адгезионные свойства сыпучих материалов. Движение оживленных твердых дисперсных систем. Псевдооживленные слои. Процессы тепло- и массопереноса в псевдооживленных слоях. Механические процессы. Процессы измельчения и измельчающие машины. Классификация процессов и машин. Типы дробилок (щечковые, конусные, валковые, молотковые и роторные). Типы мельниц (баранные – центробежные и вибрационные, ударного действия и др.). Смесители сыпучих материалов, кинетика процессов смешения.

2.8. Тепловые процессы

Основные уравнения процессов. Классификация используемых аппаратов. Теплообменники с передачей тепла через стенку. Кипятильники. Основные переменные процесса. Объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. Примеры. Теплообменники смешения. Теплообменники с идеальной изоляцией, теплообменники с потерями тепла через стенку. Математические модели кожухотрубных теплообменников. Выпарные аппараты. Основные уравнения. Математическая модель однокорпусной и трехкорпусной установки. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между поверхностями твердых тел, между газом и твердой поверхностью.

2.9. Диффузионные процессы

Математическое описание равновесия в многокомпонентных системах. Термодинамика равновесных и неравновесных состояний. Математическое описание процессов диффузии. Однофазная неподвижная среда. Стационарная диффузия в дви-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

жущихся средах. Диффузия в многокомпонентных системах. Диффузионный потенциал. Массопередача в диффузионных процессах. Модели массопередачи. Пленочные и распылительные колонны. Математические модели аппаратов с поверхностью контакта, образующейся в процессе движения потоков. Модели тарельчатых колонн. Модели насадочных колонн. Деформация математических моделей при изменении гидродинамических режимов. Математическая модель эмульгационных колонн. Модели пульсационных колонн. Модели ротационных аппаратов.

2.10. Математические модели сушильных установок

Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущим слоем. Особенности математического описания сушилок.

2.11. Математические модели кристаллизационных установок


Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов. Математические модели кристаллизаторов различного типа.

2.12. Математические модели процессов разделения

Равновесие и массопередача в системах жидкость-жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Описание равновесия в системах жидкость-пар, жидкость-газ. Типы ректификационных и абсорбционных аппаратов, их математическое описание. Математические модели мембранных установок. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах. Математические модели фильтрационных установок, установок обратного осмоса, первапорационных установок.

2.13. Гомогенные химические реакторы


Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения. Оптимальное соотношение объемов реакторов в каскаде. Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режим). Выбор типа реактора с учетом селективности реакции. Микро- и макросмешение в реакторах. Расчет реактора при произвольном распределении и времени пребывания реагирующей смеси. Комбинированные модели реакторов. Примеры построения математических моделей и расчет некоторых типов промышленных реакторов. Фотохимические реакторы. Гомогенные неизотермические

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

реакторы. Классификация реакторов по энергетическому признаку. Адиабатические и политропические реакторы. Сравнение эффективности адиабатических и изотермических реакторов. Адиабатические и политропические реакторы с продольными перемешиваниями. Комбинированные модели неизотермических реакторов. Оптимальные профили температур в каскаде реакторов и трубчатом политропическом реакторе. Оптимизация трубчатого реактора с промежуточным вводом холодной реагирующей смеси. Автотермические реакторы. Устойчивость работы адиабатических и политропических реакторов. Взаимосвязь устойчивости и селективности. Примеры построения математических моделей и расчета некоторых типов промышленных неизотермических реакторов.

2.14. Гетерогенные химические реакторы

Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам. Одно- и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная и гетерогенная модели. Горячие точки в реакторе со стационарным слоем катализатора. Оптимизация многослойных каталитических реакторов с промежуточным вводом холодной реагирующей смеси. Определение продольного и радиального перемешивания в адиабатических реакторах со стационарным слоем катализатора. Учет падения активности катализатора и изменение селективности. Устойчивость реактора со стационарным слоем катализатора и выбор диаметра трубок. Автотермические каталитические реакторы. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора. Двухфазная и трехфазная модели реактора. Реакторы с движущимся слоем катализатора. Учет изменения активности катализатора в реакторах с псевдооживленным и движущимся слоем катализатора. Понятие о многофазных каталитических реакторах. Примеры построения математических моделей расчета некоторых типов промышленных каталитических реакторов. Газожидкостные и жидкость-жидкостные реакторы. Классификация по конструктивному и гидродинамическим признакам. Реактор с мешалкой. Тарельчатые и насадочные реакторы. Модель идеального вытеснения в газовой и жидкой фазах. Симметричные и асимметричные ячеечные модели с образованием твердой фазы. Особенности составления математической модели многофазного реактора. Примеры составления математических моделей и расчета некоторых типов газожидкостных реакторов. Реакторы для проведения процессов в системах газ-твердое. Классификация промышленных реакторов по конструктивному и гидродинамическому признакам. Модели реакторов с твердой фазой. Пример составления математических моделей и расчета реакторов для окисления серного колчедана и извлечения металлов из руд.


	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

2.15 Список литературы

1. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973, 750 с.
2. А.Н. Плановский, П.И. Николаев. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1987, 496 с.
3. В.В. Кафаров. Основы массопередачи. М.: Высшая школа, 1979, 494 с.
4. Д.А. Баранов, А.В. Вязьмин, А.А. Гухман и др. Процессы и аппараты химической технологии. Том 1. Основы теории процессов химической технологии / Под ред. акад. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2001, 600 с.
5. Д.А. Баранов, В.Н. Блиничев, А.В. Вязьмин и др. Процессы и аппараты химической технологии. Том 2. Механические и гидромеханические процессы / Под ред. акад. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2001, 600 с.
6. В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Книга 1. М.: Химия, 1999, 888 с.
7. В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Книга 2. М.: Химия, 2000, 860 с.
8. В.В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1985, 444 с.
9. О. Левеншпиль. Инженерное оформление химических процессов. М.: Химия, 1969, 620 с.
10. А.М. Кутепов, А.Д. Полянин, З.Д. Запрянов, А.В. Вязьмин, Д.А. Казенин. Химическая гидродинамика. М.: Бюро Квантум, 1996, 336 с.
11. Э.М. Кольцова, Ю.Д. Третьяков, Л.С. Гордеев, А.А. Вертегел. Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии. М.: Химия, 2001, 408 с.
12. Ю.И. Дытнерский. Мембранные процессы разделения жидких смесей. М.: Химия, 1975, 229 с.
13. Д.А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987, 802 с.

3 Дополнительная программа

Дополнительная программа, самостоятельно составляемая аспирантом (соискателем), включает в себя титульный лист, не менее 15 вопросов по теме диссертации и не менее 15 источников литературы. Дополнительная программа должна быть подписана научным руководителем и согласована с деканом факультета подготовки специалистов высшей квалификации. Пример оформления дополнительной программы приведен в Приложении.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример оформления дополнительной программы

Минобрнауки России

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФСВК

_____ Р.Ш. Бедретдинов


«__» _____

Дополнительная программа

к кандидатскому экзамену


по специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-ПП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

Дополнительная программа экзамена по специальности

1. Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии на основе кинетических закономерностей и по принципу организации процессов
2. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Определение массовых потоков и энергетических затрат с помощью материальных и энергетических (тепловых) балансов.
3. Физическое и математическое моделирование. Применение для моделирования технологических процессов вычислительной техники; ее роль и значение для анализа, расчета и управления основными процессами и аппаратами.
4. Основные требования к исследованию процессов и аппаратов на лабораторных и полужаводских установках с целью распространения результатов на объекты промышленных масштабов
5. Влияние неравномерности распределения элементов потока по временам пребывания на среднюю движущую силу и учет структуры потоков при расчете основных процессов химической технологии
6. Лимитирующие стадии процесса теплопередачи и выбор рациональных гидродинамических режимов движения теплоносителей. Повышение интенсивности теплопередачи путем воздействия на ее лимитирующие стадии.
7. Аппаратурное оформление теплообменных процессов. Виды, устройство, режимы работы теплообменных аппаратов
8. Поверхностные теплообменники: с трубчатыми поверхностями теплообмена, с плоскими поверхностями. Внутренние устройства, применяемые в теплообменниках для повышения турбулентности движения теплоносителей. Оребренные теплообменники
9. Аппаратурное оформление массообменных процессов. Виды, устройство, режимы работы колонных аппаратов
10. Общие методы расчета основных размеров массообменных аппаратов. Аппараты с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Рациональный выбор взаимного направления движения фаз.
11. Расчет высоты аппаратов на основе модели теоретической ступени изменения концентрации; графическое и аналитическое определение числа теоретических ступеней. Высота эквивалентная теоретической ступени (ВЭТС); эмпирические уравнения по расчету ВЭТС для аппаратов с непрерывным контактом фаз
12. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн. Колонны с подвижной (шаровой) насадкой

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

13. Тарельчатые колонны и основные конструкции тарелок. Общие направления усовершенствования конструкций тарелок

14. Непрерывная ректификация бинарных смесей. Анализ работы и расчет ректификационных колонн. Определение минимального и рабочего (оптимального) флегмового числа. Зависимость между флегмовым числом, рабочей высотой колонны и энергозатратами (расходами греющего пара и охлаждающей воды).

15. Адсорбционная и ионнообменная аппаратура. Общий принцип устройства и классификация аппаратов для проведения массообменных процессов с твердой фазой

16. Сравнительные характеристики и области применения сушилок различных конструкций. Выбор типа сушилки; расчет основных размеров

17. Сравнение и выбор реакторов. Принципы расчета, моделирования и оптимизации работы реакторов

Список литературы

1. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость. Л.: Химия, 1974.

2. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ. М.: Химия, 1977.

3. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.: Химия, 1978.

4. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. М.: Химия, 1974.

5. Брайнес Я.М. Введение в теорию и расчеты химических и нефтехимических реакторов. М.: Химия, 1978.

6. Бэрд Р.В., Стюарт В.Е., Лайтфут Е.Н. Явления переноса. М.: Мир, 1974.

7. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии, Ч.1, П. М.: Химия, 1981. – 812 с.

8. Жужиков В.А. Фильтрование. М.: Химия, 1980.

9. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии - Изд.9-е, М.: Химия, 1973. – 754 с.


10. Кафаров В.В. Основы массопередачи. Изд.2-ое, М.: Высшая школа, 1972.

11. Кельцев И.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1976.

12. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1973.

13. Протодяконов И.О., Марцулевич Н.А., Марков А.В. Явления переноса в процессах химической технологии, М.: Химия, 1981.

14. Рамм В.М. Абсорбция газов. Изд. 2-ое, М.: Химия, 1976. – 767 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

15. Романков П.Г., Курочкина М.А. Гидродинамические процессы химической технологии, 2-ое изд., М.: Химия, 1974.

16. Романков П.Г., Рашковская Н.Б., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с твердой фазой). Л.: Химия, 1975.

17. Сажин Б.С. Основы техники сушки. М.: Химия, 1982.

18. Соколов В.И. Центрифугирование. М.: Химия, 1976.

19. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. М.: Химия, 1966.

20. Taghizaden M., Non-isothermal gas-liquid absorption with chemical reaction studies. Temperature measurements' of spherical laminar film surface and comparison with a model for the CO₂/NaOH system./ M. Taghizaden, C. Jallut, M. Tayakout-Fayolle, J. Lieto/ Chemical engineering Journal, 2000, No.82, 143-148.

21. Nakoryakov V.E. Vapor absorption by immobile solution layer/ V.E. Nakoryakov, N.S. Bufetov, N.I. Grigorieva/ International Journal of Heat and Mass Transfer, 2004, Vol. 47, pp.1525-1533.

22. Пленочная тепло-массообменная аппаратура. Под ред. В.М. Олевского. М.: Химия.– 1988.– С. 240.

23. Пушнов А.С. Каган А., Структура и газораспределение в колонных аппаратах с насадкой для осуществления тепло- и массообменных процессов/LAP LAM-BART Academic Publishing, 2012

24. Стабников В.Н. Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов. / Стабников В.Н./Киев: “Техніка”, 1970. – 208 с

25. Кутепов А.М., Общая химическая технология/ А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен// М.: “Высшая школа”, 1990.–520 с.

26. Холпанов Л. П., Шкадов В.Я. Гидродинамика и тепломассообмен с поверхностью раздела. – М.: “Наука”, 1990

27. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: “Государственное издательство физико-математической литературы”, 1959.

28. Кутателадзе С.С., Накоряков В.Е., Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах.– Новосибирск: Наука, 1984.

29. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования/ Розен А.М., Матюшкин Е.И., Олевский Е.И.; Под. Ред. А.М. Розена. – М: Химия, 1980. – 320 с.

Научный руководитель

д.т.н., профессор

А.А.Сидягин