	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
\_\_\_\_\_ А.А. Куркин

«5» мая 2022 г

**Кафедра «Технологическое оборудование и транспортные системы»**

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Область науки:	<u>2. Технические науки</u>
Группа научных специальностей:	<u>2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия</u>
Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:	<u>технические, химические, физико-математические науки</u>
Научная специальность	<u>2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий</u>

Форма обучения  
\_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

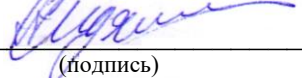
Нижний Новгород 2022

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» для аспирантов специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий»/авт. А.А. Сидягин – Нижний Новгород: НГТУ, 2022. – 20 с.

Рабочая программа предназначена для методического сопровождения преподавания дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты химических технологий» аспирантам очной формы обучения по специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий».

Рабочая программа дисциплины 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».
4. Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий».

Автор \_\_\_\_\_  А.А. Сидягин  
(подпись)

4 мая 2022 г.


© Сидягин А.А., 2022

© ФГБОУ ВО НГТУ, 2022

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
1 Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.....	4
3 Структура и содержание дисциплины (модуля).....	4
3.1 Структура дисциплины (модуля).....	5
3.2 Содержание дисциплины (модуля).....	5
3.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий.....	5
3.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля).....	6
3.3 Практические занятия (семинары).....	8
3.4 Лабораторные работы.....	8
3.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины	8
4 Образовательные технологии.....	12
5 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	12
6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ...	15
6.1 Основная литература.....	15
6.2 Дополнительная литература.....	15
6.3 Периодические издания.....	16
6.4 Интернет-ресурсы.....	16
6.5 Нормативные документы.....	16
6.6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта	16
7 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	17
Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	19
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....	20

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель освоения дисциплины:** формирование и развитие у аспирантов компетенций для профессиональной деятельности по специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий», включающих в себя совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленной на получение аспирантами знаний для понимания особенностей технологических процессов, используемых в химической промышленности.

### Задачи:

- формирование навыков и умений в области проведения расчетов процессов, аппаратов и машин, а также анализ закономерностей протекания основных процессов, масштабный переход и моделирование;
- знание теории основных процессов, принципа устройства и действия типовых аппаратов и машин.

## 2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина (модуль) «Процессы и аппараты химических технологий» включена в блок обязательных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.


Дисциплина базируется на знаниях, полученных аспирантами в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет).

Дисциплина направлена на сдачу кандидатского минимума, осуществление научно-исследовательской деятельности аспиранта по направленности программы аспирантуры и подготовку научного доклада о результатах НКР (диссертации).

Наименование блока	Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудовоемкость дисциплины				Вид промежуточной аттестации
		Зачетные единицы	Часы			
			Общая	В том числе		
				Аудиторная	СРО	
Обязательная дисциплина	6	3	108	24	84	
ИТОГО		3	108	24	84	Экзамен

## 3 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудовоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (108 часов).

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

### 3.1 Структура дисциплины (модуля)


Дисциплина преподается в 6 семестре.

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)							Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				Сам. работа	
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Процессы и аппараты химических технологий	108	24	24	-	-	-	84	Экзамен

### 3.2 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа (СР)
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Системный анализ процессов химической технологии	2	-	-	-	8
2	Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия	2	-	-	-	8
3	Течение жидкости в пленках, трубах, струях и пограничных слоях	1	-	-	-	8
4	Химическая термодинамика	2	-	-	-	8
5	Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах	2	-	-	-	6
6	Массообмен, осложненный поверхностной или объемной химической реакцией	2	-	-	-	6
7	Элементы механики твердых дисперсных сред в процессах химической технологии	1	-	-	-	6
8	Тепловые процессы	2	-	-	-	6
9	Диффузионные процессы	2	-	-	-	6
10	Математические модели сушильных установок	1	-	-	-	2
11	Математические модели кристаллизационных установок	1	-	-	-	2
12	Математические модели процессов разделения	2	-	-	-	4
13	Гомогенные химические реакторы	2	-	-	-	6
14	Гетерогенные химические реакторы	2	-	-	-	8
ИТОГО:		24	-	-	-	84


	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

### 3.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	2	3	4
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. 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, гидродинамическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделения неоднородных жидких и газовых систем, перемешивание в жидких средах.	Лекции
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. Ячеечная модель. Диффузионная модель.	Лекции
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.	Лекции
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. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онзагера. Потоки массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей.	Лекции
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.	Лекции

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины****СК-РП-15.1-04-22****Рабочая программа дисциплины  
«Процессы и аппараты химических технологий»**

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
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 массопереноса при наличии объемной химической реакции. Нестационарный массообмен с объемной реакцией.	Лекции
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.	Лекции
8	Тепловые процессы	Основные уравнения процессов. Классификация используемых аппаратов. Теплообменники с передачей тепла через стенку. Основные переменные процесса. Объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. Примеры.	Лекции
9	Диффузионные процессы	Математическое описание равновесия в многокомпонентных системах. Термодинамика равновесных и неравновесных состояний. Математическое описание процессов диффузии. Однофазная неподвижная среда. Стационарная диффузия в движущихся средах. Диффузия в многокомпонентных системах. Диффузионный потенциал. Массопередача в диффузионных процессах. Модели массопередачи.	Лекции
10	Математические модели сушильных установок	Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем.	Лекции
11	Математические модели кристаллизационных установок	Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов.	Лекции
12	Математические модели процессов разделения	Равновесие и массопередача в системах жидкость-жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Описание равновесия в системах жидкость-пар, жидкость-газ. Типы ректификационных и абсорбционных аппаратов, их математическое описание.	Лекции
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. Выбор типа реактора с учетом селективности реакции.	Лекции

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
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. Классификация по конструктивному и гидродинамическим признакам. Реактор с мешалкой. Тарельчатые и насадочные реакторы. Классификация промышленных реакторов по конструктивному и гидродинамическому признакам.	Лекции

### 3.3 Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

### 3.4 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.


### 3.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» составляет 84 часа.


В ходе самостоятельной работы аспирант:

- изучает материалы, не освещенные в лекциях;
- готовится к экзамену.


№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	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.	8

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>


№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
2	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. Свойство детектируемости. Частотные характеристики и вид функции отклика. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.	8
3	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 несферических твердых частиц. Обтекание цилиндра (плоская задача). Обтекание деформированных капель и пузырей. Стесненное движение частиц.	8
4	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).	8
5	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.	6

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
6	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.	6
7	Псевдооживленные слои. Процессы тепло- и массопереноса в псевдооживленных слоях. Механические процессы. Процессы измельчения и измельчающие машины. Классификация процессов и машин. Типы дробилок (щелевые, конусные, валковые, молотковые и роторные). Типы мельниц (барабанные – центробежные и вибрационные, ударного действия и др.). Смесители сыпучих материалов, кинетика процессов смешения	6
8	Кипятильники. 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.	6
9	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.	6
10	Сушилки с псевдооживленным и движущим слоем. Особенности математического описания сушилок.	2
11	Математические модели кристаллизаторов различного типа.	2
12	Математические модели колонных экстракторов. 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, пермембранных установок.	4

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
13	<p>Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режим). 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 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.</p>	6
14	<p>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 псевдоожиженным слоем катализатора. Двухфазная и трехфазная модели реактора. Реакторы с движущимся слоем катализатора. Учет изменения активности катализатора в реакторах с псевдоожиженным и движущимся слоем катализатора. Понятие о многофазных каталитических реакторах. Примеры построения математических моделей расчета некоторых типов промышленных каталитических реакторов. Газожидкостные и жидкость-жидкостные 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. Модели реакторов с твердой фазой. Пример составления математических моделей и расчета реакторов для окисления серного колчедана и извлечения металлов из руд.</p>	8
<b>ИТОГО:</b>		<b>84</b>

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

#### 4 Образовательные технологии

При освоении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» используются следующие образовательные технологии:

- активные (лекции);
- информационные (анализ и обзор источников информации);
- компьютерные (виртуальные и сетевые интернет-технологии),
- информационно-коммуникативные (компьютеры, телекоммуникационные сети),
- коммуникативные (обсуждение проблем на аудиторных занятиях, круглые столы, диспуты, участие в аспирантских научных и научно-практических конференциях),
- проблемные задания аспирантам, и их представление, разбор конкретных ситуаций.

#### 5 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины аспирантом сдается экзамен.

Экзамен оценивается по системе: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Отлично	полный грамотный ответ по всем трем вопросам, содержащий примеры, в том числе соответствующие теме научно-исследовательской деятельности соискателя.
Хорошо	правильный грамотный ответ, но: а) требующий уточнения по одному из заданных вопросов; б) при наличии одного - двух недочетов; в) допущена одна негрубая ошибка.
Удовлетворительно	правильный грамотный ответ, но: а) требующий уточнений по всем вопросам; б) допущена грубая ошибка; в) при наличии более двух недочетов; г) на теоретические вопросы даны исчерпывающие ответы, но отсутствуют примеры, иллюстрирующие соискателем понимание сути вопросов.
Неудовлетворительно	а) неправильные ответы на два и более вопросов билета; б) когда число ошибок превосходит норму, при которой может быть выставлена положительная оценка.

Текущий контроль освоения материала по каждому разделу дисциплины осуществляется тестированием.


#### *Образцы оценочных средств*

##### *для проведения текущего контроля в виде тестов*

##### **Тесты к разделу 1:**

**Вопрос 1:** Физическое и математическое моделирование. Применение для моделирования технологических процессов вычислительной техники; ее роль и значение для анализа, расчета и управления основными процессами и аппаратами.

<b>Версия: 1.0</b>	Без подписи документ действителен 3 суток после распечатки. Дата и время распечатки:	КЭ: _____	УЭ № _____	Стр. 12 из 20
--------------------	--	-----------	------------	---------------

	НГТУ
	Рабочая программа дисциплины
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

**Вопрос 2:** Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Определение массовых потоков и энергетических затрат с помощью материальных и энергетических (тепловых) балансов.

**Тесты к разделу 2:**

**Вопрос 1:** Модели идеального смешения и идеального вытеснения.

**Вопрос 2:** Частотные характеристики и вид функции отклика.

**Тесты к разделу 3:**

**Вопрос 1:** Ламинарное течение в трубах различной формы.

**Вопрос 2:** Общее решение уравнений Стокса в осесимметричном случае.

**Тесты к разделу 4:**

**Вопрос 1:** Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей.

**Вопрос 2:** Линейная термодинамика в задачах химии и химической технологии.

**Тесты к разделу 5:**

**Вопрос 1:** Аппаратурное оформление массообменных процессов. Виды, устройство, режимы работы колонных аппаратов.

**Вопрос 2:** 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.


**Тесты к разделу 6:**

**Вопрос 1:** Общие методы расчета основных размеров массообменных аппаратов. Аппараты с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Рациональный выбор взаимного направления движения фаз.

**Вопрос 2:** Внутренние задачи массопереноса при наличии объемной химической реакции.

**Тесты к разделу 7:**

**Вопрос 1:** Процессы тепло- и массопереноса в псевдоожиженных слоях.

	НГТУ
	Рабочая программа дисциплины
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

**Вопрос 2:** Характеристика способов измельчения. Понятия: степень измельчения, прочность, твердость и хрупкость материала. Затраты энергии на измельчение.

**Тесты к разделу 8:**

**Вопрос 1:** Лимитирующие стадии процесса теплопередачи и выбор рациональных гидродинамических режимов движения теплоносителей. Повышение интенсивности теплопередачи путем воздействия на ее лимитирующие стадии.

**Вопрос 2:** Аппаратурное оформление теплообменных процессов. Виды, устройство, режимы работы теплообменных аппаратов.

**Тесты к разделу 9:**

**Вопрос 1:** Математическое описание процессов диффузии.

**Вопрос 2:** Массопередача в диффузионных процессах. Модели массопередачи.

**Тесты к разделу 10:**

**Вопрос 1:** Сравнительные характеристики и области применения сушилок различных конструкций. Выбор типа сушилки; расчет основных размеров.

**Вопрос 2:** Способы сушки. Формы связи влаги с материалом. Равновесие в процессах сушки.

**Тесты к разделу 11:**

**Вопрос 1:** Типы используемых кристаллизаторов.

**Вопрос 2:** Кристаллизация. Сущность метода.

**Тесты к разделу 12:**

**Вопрос 1:** Непрерывная ректификация бинарных смесей. Анализ работы и расчет ректификационных колонн.


**Вопрос 2:** Определение минимального и рабочего (оптимального) флегмового числа. Зависимость между флегмовым числом, рабочей высотой колонны и энергозатратами (расходами греющего пара и охлаждающей воды).

**Тесты к разделу 13:**

**Вопрос 1:** Классификация реакторов по энергетическому признаку.

**Вопрос 2:** Расчет реактора при произвольном распределении и времени пребывания реагирующей смеси.

Версия: 1.0	Без подписи документ действителен 3 суток после распечатки. Дата и время распечатки:	КЭ: _____	УЭ № _____	Стр. 14 из 20
-------------	--	-----------	------------	---------------

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

### Тесты к разделу 14:

**Вопрос 1:** Сравнение и выбор реакторов. Принципы расчета, моделирования и оптимизации работы реакторов.

**Вопрос 2:** Классификация реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам.


## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
1	2	3	4	5	6
1	Касаткин А.Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии	М.: Химия, 2009	Учебник, печатный	60
2	Гельперин Н.И.	Основные процессы и аппараты химической технологии	М.: Химия, 1981	Учебное пособие в 2-х кн., печатное	4, 3
3	Дытнерский Ю.И.	Процессы и аппараты химической технологии	М.: Химия, 1995	Учебник в 2-х кн., печатный	133, 136
4	Плановский А.Н.	Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии	М.: Химия, 1972	Учебник, печатный	55
5	Чернобыльский И.И.	Машины и аппараты химических производств	М.: Машиностроение, 1975	Учебник, печатный	118

### 6.2 Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
1	2	3	4	5	6
1	Ульянов В.М.	Химические реакторы и печи	НГТУ, 2006	Учебное пособие, печатное	169
2	Ульянов В.М.	Сушильные аппараты	НГТУ, 2006	Учебное пособие, печатное	167
3	Сидягин А.А.	Колонные аппараты для массообменных процессов	НГТУ, 2009	Учебное пособие, печатное	192
4	Ульянов В.М.	Оборудование длястойного разделения суспензий	НГТУ, 2013	Учебное пособие, печатное	100
5	Ульянов В.М.	Грохоты	НГТУ, 2011	Учебное пособие, печатное	100

	НГТУ
	Рабочая программа дисциплины
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

### 6.3 Периодические издания

- Журнал «Журнал прикладной химии» <http://жпх.рф/>
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» <http://www.memtech.ru/>
- Журнал «Журнал общей химии» <http://genchem.ru/>
- Журнал «Журнал органической химии»  
<http://www.chemjournals.net/main/mjoc.htm/>
- Журнал «Химическая промышленность» <http://www.chemprom.org/>
- Журнал «Кинетика и катализ» <http://www.maik.ru/ru/journal/kinkat/>
- Журнал «Журнал физической химии» <http://www.maik.ru/ru/journal/physcha/>
- Журнал «Доклады академии наук. Химия»  
<http://www.maik.ru/ru/journal/danchem/>

### 6.4 Интернет-ресурсы

- Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
- Электронно-библиотечная система <http://elanbook.com>
- Электронно-библиотечная система <http://ibooks.ru>
- Российское образование. Федеральный портал <http://www.edu.ru/>
- Сайт Минобрнауки России <http://mon.gov.ru/>
- Научно-техническая библиотека НГТУ им. Р.Е. Алексеева  
<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>
- Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/>


### 6.5 Нормативные документы

- Федеральный закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.»;
- Федеральный закон № 261-ФЗ об энергосбережении и энергоэффективности (ред. от 13.07.2015)
- стандарт ИСО 9001:2008 (ГОСТ Р ИСО 9001-2008).

### 6.6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий.


	<b>ННТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные монографии, учебники и учебно-методические пособия, периодическую литературу, а также конспекты лекций.


## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<b>3112</b> Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт.; Экран – 1 шт.	
<b>3104</b> Лаборатория "Массообменных и тепловых процессов" Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Кинетика сушки»; «Испытание кожухотрубного теплообменника»; «Испытание теплообменника труба в трубе»; «Массоотдача в газовой фазе»; «Гидравлическое сопротивление насадочной колонны»; «Гидравлическое сопротивление колонны с колпачковыми тарелками»; «Гидравлическое сопротивление колонны с провальными тарелками».	
<b>3106</b> Лаборатория «Гидромеханических процессов» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Исследование гидравлических сопротивлений трубопроводов»; «Снятие характеристик центробежного насоса»; «Снятие характеристик вихревого насоса»; «Испытание циклона»; «Испытание лабораторного вакуум-фильтра».	
<b>3107</b> Лаборатория «Гидромеханических и тепловых процессов» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки: «Испытание поршневого компрессора»; «Испытание выпарной установки».	

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	--

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</b>

<b>ной работы</b>		
<b>1234</b> Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт.; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
<b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox (свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

	НГТУ
	Рабочая программа дисциплины
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

## ЛИСТ согласования рабочей программы

Группа научных специальностей: 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Научная специальность: 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий

Дисциплина: Процессы и аппараты химических технологий

Форма обучения: очная

Учебный год: 2022 - 2023

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Технологическое оборудование и транспортные системы»

протокол № 7 от "5" мая 2022 г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой «Технологическое оборудование и транспортные системы»

К.Т.Н., доцент

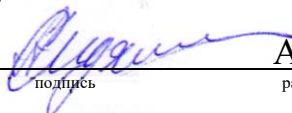


В.А. Диков  
расшифровка подписи

05.05.2022  
дата

Автор:

Д.Т.Н., профессор

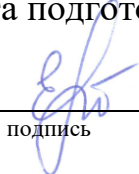


А.А. Сидягин  
расшифровка подписи

05.05.2022  
дата


СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации



Е.Л. Трубочкина  
расшифровка подписи

05.05.2022  
дата

	НГТУ
	Рабочая программа дисциплины
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учеб-  
ный год

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на дан-  
ный учебный год

**СОГЛАСОВАНО:**

Декан ФСВК

\_\_\_\_\_  
наименование факультета (института, где реализуется данное направление)    личная подпись    расшифровка подписи    дата