

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

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:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические, химические, физико-математические науки

Научная специальность

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

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.

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

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 |

| | |
|-----------------------------|---|
| СК-РП-15.1-04-22 | НГТУ |
| | Рабочая программа дисциплины |
| | 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 | Трудоемкость 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 трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (108 часов).

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

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 |

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

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 процес- сов химиче- ской техноло- гии | 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 моде- ли структуры потоков в ап- паратах непре- рывного дей- ствия | 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. Ячеичная модель. Диффузионная модель. | Лекции |
| 3 | Течение жид- кости в плен- ках, трубах, струях и по- граничных 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 теп- лоперенос в пленках жид- кости, трубах и плоских каналах | Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Диффузия к врачающемуся 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 поверхностью или объемной химической реакцией | Массоперенос, осложненный поверхностной химической реакцией. Диффузия к врачающемуся 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 |

| | |
|-------------------------|---|
| | 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 |
|----------|--|--|--------------------------------|
| 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 |

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-15.1-04-22

Рабочая программа дисциплины
«Процессы и аппараты химических технологий»

| № 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 |

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-15.1-04-22

Рабочая программа дисциплины
«Процессы и аппараты химических технологий»

| № 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 | Псевдоожиженные слои. Процессы тепло- и массопереноса в псевдоожиженных слоях. Механические процессы. Процессы измельчения и измельчающие машины. Классификация процессов и машин. Типы дробилок (щековые, 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 псевдоожиженным 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, первапорационных установок. | 4 |

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-15.1-04-22

Рабочая программа дисциплины
«Процессы и аппараты химических технологий»

| № раздела | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение | Кол-во часов |
|-----------|--|--------------|
| 13 | 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. | 6 |
| 14 | 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 ячеекные 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. | 8 |
| ИТОГО: | | 84 |

| | |
|-------------------------|--|
| | <p style="text-align: center;">НГТУ</p> <p style="text-align: center;">Рабочая программа дисциплины</p> |
| СК-РП-15.1-04-22 | <p style="text-align: center;">Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</p> |

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.

| | |
|----------------------|---|
| СК-РП-15.1-04-22 | НГТУ Рабочая программа дисциплины 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.

| | |
|-------------------------------------|--|
| | <p style="text-align: center;">НГТУ</p> |
| Рабочая программа дисциплины | |
| СК-РП-15.1-04-22 | <p style="text-align: center;">Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</p> |

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.

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

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 ап- параты химической тех- нологии | М.: Химия, 1981 | Учебное пособие в 2-х кн., печатное | 4, 3 |
| 3 | Дытнер- ский Ю.И. | Процессы и аппараты хи- мической технологии | М.: Химия, 1995 | Учебник в 2-х кн., печатный | 133, 136 |
| 4 | Плановский А.Н. | Процессы и аппараты хи- мической и нефтехимиче- ской технологии | М.: Химия, 1972 | Учебник, печатный | 55 |
| 5 | Чернобыль- ский И.И. | Машины и аппараты хи- мических производств | М.: Машино- строение, 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 для отстойно- го разделения суспензий | НГТУ, 2013 | Учебное пособие, печатное | 100 |
| 5 | Ульянов В.М. | Грохоты | НГТУ, 2011 | Учебное пособие, печатное | 100 |

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

6.3 Периодические издания

- Журнал «Журнал прикладной химии» <http://жpx.рф/>
- Журнал «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://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.

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

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 |
|---|--|--|
| 3112 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. | |
| 3104 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». | |
| 3106 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». | |
| 3107 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 |
|---|---|--|
|---|---|--|



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-15.1-04-22

**Рабочая программа дисциплины
«Процессы и аппараты химических технологий»**

| ной работы | | |
|---|---|---|
| 1234 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">• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)• Foxit Reader (свободное ПО);• 7-zip для Windows (свободное ПО) |
| 1443а 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">• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);• Mozilla Firefox (свободное ПО);• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);• 7-zip для Windows (свободное ПО);• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018); |

| | |
|--|---|
| | НГТУ Рабочая программа дисциплины |
| | 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

подпись

В.А. Диков

расшифровка подписи

05.05.2022

дата

Автор:

д.т.н., профессор

подпись

А.А. Сидягин

расшифровка подписи

05.05.2022

дата

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

Е.Л. Трубочкина

05.05.2022

дата

подпись

расшифровка подписи

| | |
|-------------------------|--|
| | <p style="text-align: center;">НГТУ</p> <p style="text-align: center;">Рабочая программа дисциплины</p> |
| СК-РП-15.1-04-22 | <p style="text-align: center;">Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»</p> |

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

Внесенные изменения на 20__/20__ учебный 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 данный учебный год

СОГЛАСОВАНО:

Декан ФСВК

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