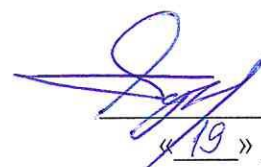


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по УР
А.В. Бурмистров
«19» 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.22 Химические реакторы

Направление подготовки (специальности) 18.03.01 «Химическая технология»
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки Для всех профилей подготовки

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ЗАОЧНАЯ

Институт, факультет ИНХН, ФННХ; ИНХН, ФННХ; ИНХН, ФХТ;
ИП, ФТППК; ИП, ФХТПМК

Кафедра-разработчик рабочей программы ОХТ

Курс, семестр 3 курс, 6 семестр*; 4 курс, 7 семестр*; 4 курс 7 и 8 семестр

* ☐ для профиля подготовки «Технология неорганических веществ»

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	6	0,17
Практические занятия	—	
Семинарские занятия	—	
Лабораторные занятия	9	0,25
Самостоятельная работа	89	2,58
Всего	108	3
Форма аттестации	Зачет	

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1005 от 11.08.2016 года, по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

По профилю «Химическая технология органических веществ», на основании учебного плана, утвержденного 01.07.2019 года, протокол № 6.

По профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», на основании учебного плана, утвержденного 01.07.2019 года, протокол № 6.

По профилю «Технология неорганических веществ», на основании учебного плана, утвержденного 01.07.2019 года, протокол № 6.

По профилю «Технология и переработка полимеров», на основании учебного плана, утвержденного 01.07.2019 года, протокол № 6.

По профилю «Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств», на основании учебного плана, утвержденного 01.07.2019 года, протокол № 6.

Рабочая программа составлена для приема студентов 2019 г.

Разработчик программы:

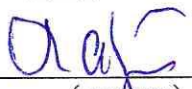
профессор кафедры ОХТ
(должность)


(подпись)

М.З. Зарифьянова
(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ОХТ,
протокол от 13.06. 2019 г. № 13

Зав. кафедрой


(подпись)

Х.Э. Харлампиди
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФННХ, реализующего подготовку образовательной программы, от 19.09. 2019 г. № 1

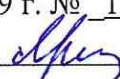
Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Н.Ю. Башкирцева
(Ф.И.О.)

Протокол заседания методической комиссии ФТППК, ФХТПМК, реализующего подготовку образовательной программы, от 17.06. 2019 г. № 11

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Х.М. Ярошевская
(Ф.И.О.)

Протокол заседания методической комиссии ФХТ, реализующего подготовку образовательной программы, от 17.09. 2019 г. № 1

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

С.С. Виноградова
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины «Химические реакторы»

1.1. *Объект* изучения дисциплины – химический реактор (ХР).

1.2. *Предмет* изучения – основы проектирования химических реакторов (ОПХР).

1.3. При организации учебного процесса по дисциплине «Химические реакторы» устанавливаются следующие *цели ее преподавания*:

- формирование знаний о предмете изучаемой дисциплины;
- раскрытие сущности протекающих в реакторе процессов и установление их взаимосвязи с наблюдаемыми и скрытыми явлениями в ходе эволюции технологического процесса;
- обучение методологии проектирования реактора путем последовательного использования основных факторов, обеспечивающих заданную степень совершенства конструкции и анализ альтернатив с оценкой реализуемости;
- ознакомление с современными промышленными гомо- и гетерофазными аппаратами, анализ их достоинств и недостатков и обоснование выбора существующего реактора под новую технологию;
- методические указания к дидактическому материалу учебной дисциплины для молодых преподавателей.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Химические реакторы» относится к *базовой* части гуманитарного, социального и экономического (*математического и естественнонаучного, профессионального*) цикла ООП и формирует у бакалавров по соответствующим направлениям подготовки набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской и инновационной, научно-педагогической, производственно-технологической, организационно-управленческой, консультационно-экспертной, проектно-конструкторской и проектно-технологической профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Химические реакторы» бакалавр по соответствующим направлениям подготовки должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Общая и неорганическая химия.
2. Органическая химия.
3. Физическая химия.
4. Коллоидная химия.
5. Математика.
6. Физика.
7. Прикладная механика.
8. Техническая термодинамика и теплотехника.
9. Процессы и аппараты химической технологии.
10. Материаловедение и защита от коррозии.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Химические реакторы» могут быть использованы при прохождении практик (*научно-исследовательской и технологической*) и выполнении выпускных квалификационных работ по соответствующим направлениям подготовки.

Дисциплина «Химические реакторы» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) химического профиля;
- б) механического профиля.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Химические реакторы»

ПК-2 готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.

ПК-4 способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.

ПК-7 способностью проверять техническое состояние, организовать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта.

ПК-8 готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

3.1. Знать:

- основные функции бакалавра на химическом производстве: решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектной деятельности;
- классификацию реакторов;
- показатели эффективности функционирования реактора;
- конструкции современных гомо- и гетерофазных промышленных реакторных аппаратов;
- элементы структуры реактора;
- параметры и режимы работы реакторных устройств;
- динамические свойства гетерофазных реакторов;
- методику проектирования реактора;
- основные требования к конструкции реактора;
- основные факторы, заложенные в методике проектирования реакторного устройства;
- тенденции современного реакторостроения;
- условия безопасной работы;
- источники научно-технической информации в профессиональной сфере деятельности.

3.2. Уметь:

- разрабатывать альтернативные варианты эскизного проекта конструкции реактора для осуществления конкретного химико-технологического процесса;
- обосновать выбор элементов конструкции реактора для поддержания заданных параметров процесса;
- проанализировать химико-технологическую систему и выявить совокупность протекающих в ней процессов и явлений;
- рассчитать материальный и тепловой балансы реактора;
- дать экологическую и экономическую оценки конструкции промышленного реактора-аналога проектируемого аппарата;
- на основе анализа тепловых связей реактора с источниками энергии предложить возможные варианты энергосбережения.

3.3. Владеть:

- методами работы на ЭВМ для выполнения расчетов и нахождения необходимой для этих целей специнформации;
- методами математической статистики для обработки результатов активного и пассивного экспериментов на модели или промышленном реакторе.

4. Структура и содержание дисциплины «Химические реакторы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Инфор- мационные и другие образова- тельные техноло- гии, ис- пользуе- мые при осущест- влении об- разова- тельного процесса	Оце- ночные средства для прове- дения про- межуточ- ной атте- стации по разделам
				Лекция	Семинар (Практическое за- нятие)	Лабораторные работы	СРС		
1	Основные понятия теории химического реактора Гидродинамический режим реактора	6* 7	летняя сессия* зимняя сессия	2	—	—	7	При чтении лекций используются презентационная техника (проектор, экран, ноутбук), комплект электронных презентаций/слайдов	Коллоквиум; контрольная работа; обработка результатов эксперимента
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции. Функция распределения времени пребывания Материальный баланс химического реактора. Каскад реакторов. Сравнение РИС и РИВ.	7* 8	зимняя сессия* летняя сессия	2	—	9	82		
3	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Теплоперенос в химических реакторах. Тепловой баланс химического реактора. Промышленные реакторы.	7* 8	зимняя сессия* летняя сессия	2	—				
Форма аттестации									зачет

5. Содержание лекционных занятий

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; комплект электронных презентаций/слайдов; демонстрационные приборы, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные понятия теории химического реактора. Режимы работы реактора	2	Основные понятия теории химического реактора. Гидродинамический режим реактора.	Системотехническое определение понятия «химический реактор». Показатели эффективности работы реактора (производительность, мощность, пропускная способность, интенсивность, удельная производительность). Параметры реактора (конструкционные, технологические). Конструкционные параметры: габарит, объем, высота, диаметр, геометрические характеристики теплообменных, перемешивающих, транспортных устройств и пр. Технологические параметры: параметры входа и выхода (параметры потоков сырья, катализаторов, теплоносителей, хладагентов, продуктов). Параметры пе-	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8

			риодических и непрерывных реакторов. Классификация реакторов. Организационная структура (периодические, непрерывные, полупериодические). Фазовое состояние реагентов и катализаторов (гомогенные, гетерогенные реакторы). Направление движения потоков реагентов (прямоточные, противоточные, с перекрестным потоком). Конструктивная форма (колонна, трубчатый, смеситель, типа печи, теплообменника, реакционной камеры). Тип гидродинамического режима (идеальный и неидеальный). Тип теплового режима (изотермический, политропический, адиабатический, автотермический). Материальное оформление (с наружной защитой, внутренней защитой материала реактора). Режимы работы реактора: Стационарный и нестационарный режимы. Классификация реакторов по гидродинамическому режиму: реактор смешения, реактор вытеснения. Три механизма переноса вещества, тепла и импульса – молекулярный, квантовый (излучением) и конвективный (перенос движущейся массой вещества). В ректорах смешения конвективный перенос вещества происходит путем интенсивного перемешивания. В реакторах вытеснения конвективный перенос вещества осуществляется путем направленного движения потока реакционной смеси вдоль оси реактора. В первом случае интенсивность конвективного переноса определяется скоростью вращения мешалки, во втором – линейной скоростью движения потока. Реактор идеального смешения периодического действия (РИС-П). Принцип действия реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н). Принцип действия проточного реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Реактор идеального вытеснения (РИВ). Проточный трубчатый реактор с большим соотношением габаритных размеров. Поршневой режим движения потоков. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Диффузионно-однопараметрическая модель реактора вытеснения. Диффузионно-двухпараметрическая модель реактора вытеснения. Причины отклонений от «идеальности» проточных реакторов.		
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции. Материальный баланс химического реактора Каскад реакто-	2	Функция распределения времени пребывания. Материальный баланс химического реактора. Каскад реакторов К-РИС.	Режим движения сырья в реакторе сказывается на времени пребывания реагентов и продуктов в реакционной зоне. Время пребывания реагентов является важнейшим технологическим показателем, от него зависит объем реактора, обеспечивающий заданную степень превращения, интенсивность реактора, селективность всего процесса. Для периодического реактора определение времени пребывания в зоне реакции является несложной зада-	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8

	ров		Сравнение РИС и РИВ	чей, т.к. все молекулы находятся в реакторе одинаковое время. В реакторе непрерывного действия на пути движущихся молекул влияет ряд физических факторов: гидродинамика, градиенты скоростей, градиенты температур, градиенты концентраций в различных точках сечения потока реактора. Движение молекулы непрямолинейное со сложной траекторией движения. Время пребывания реагентов в реакционной зоне – величина случайная, которая может принимать любое значение из определенного временного интервала. Для характеристики случайной величины пользуются понятием «функция распределения» времени пребывания. В зависимости от функций распределения различают типы реакторов по гидродинамике: реактор идеального смешения (РИС); реактор идеального вытеснения (РИВ). На основании функции распределения рассчитывается время пребывания реагентов в проточных реакторах, определяется вид модели и на основании характеристической модели определяется время пребывания реагентов в реакторах в зависимости от различных факторов. Характеристическое уравнение связывает четыре переменных реактора: время пребывания, конверсию, начальную концентрацию реагента, скорость химической реакции. Общий вид уравнения материального баланса реактора. Так как концентрация реагента непостоянна в различных точках реактора, непостоянна во времени, материальный баланс составляют в дифференциальной форме для элементарного объема реактора. Расчет реакторов сводится к определению времени пребывания. Вывод математической модели (характеристического уравнения) РИС-П. Вывод математической модели РИВ. Однопараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс. Двухпараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс. Вывод математической модели РИС-Н. Ячеечная модель реактора. Понятие. Обоснование использования. В единичном реакторе РИС нельзя достигнуть высокой степени превращения, для увеличения конверсии используют ряд последовательно расположенных РИС-Н – каскад реакторов К-РИС. Изменение концентрации реагента в каскаде реакторов. Расчет каскада реакторов сводится к определению числа реакторов, необходимых для достижения заданной степени превращения. Графический метод расчета. Аналитический метод расчета. Общий объем реактора в каскаде. Функция распределения каскада реакторов. Сравнение эффективности РИС и РИВ, изменение концентрации реагентов, конверсии реагентов, скорости химической реакции, времени пребывания в зоне реакции. Расчет времени пребывания в зоне реакции и объема реактора РИС и РИВ с изменением конверсии реагента. Сравнение объемов реакторов. Для повышения селективности применяется разное соединение реакторов, комбинирование РИС и РИВ, изменение концентрации реагентов.	
3	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Теплоперенос в химических	2	Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора.	Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Роль степени смешения реагентов в технологии гомогенных и гетерогенных систем. При идеальном ведении процесса в каждой точке реактора должна строго выдерживаться заданная величина концентрации. Однако даже в режиме идеального смешения бывает трудно получить	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8

реакторах. Промышлен- ные реакторы.		Тепловой баланс химического реактора. Промышленные реакторы.	требуемую степень однородности, т.е. гомогенизацию смеси. При проведении жидкофазных гомогенных реакций возможно возникновение несегрегированного и сегрегированного состояния потоков. Концентрационный режим реактора. Влияние степени сегрегации реагентов. Влияние растворителя (разбавителя). Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Микросостояние жидкости. Макросостояние жидкости. Понятие глобулы. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия. Влияние схемы питания на величину концентрации реагентов в реакторах различных типов. Реакторы для проведения процессов в жидкой фазе и в эмульсиях. Аппараты с мешалками. Типы перемешивающих устройств и их выбор. Теплоперенос в химических реакторах. Тепловые режимы работы химических реакторов: адиабатический (автотермический), изотермический и политропический. Оптимальный профиль температур для реакций различных классов. Температурный режим реактора. Режим постоянных и переменных температур. Линия оптимальных температур. Общий вид уравнения теплового баланса. В общем случае температура и другие параметры процесса изменяются в объеме реактора и во времени. Поэтому уравнение теплового баланса составляется в дифференциальной форме, для этого используется уравнение конвективного теплообмена, составленного в дифференциальной форме. Совместное решение уравнений материального и теплового балансов. Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при политропическом тепловом режиме. Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при адиабатическом и изотермическом тепловых режимах. Тепловая устойчивость режима реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой и обратимой экзотермической реакции при адиабатическом режиме. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой эндотермической реакции при адиабатическом режиме. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой экзотермической реакции при изотермическом и политропическом режимах. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплоносители и хладагенты. Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним теплообменом. Реакторы с наружным теплообменом. Высокотемпературные органические теплоносители. Оптимальный тепловой режим работы реакторов и способы его осуществления. Параметрическая чувствительность системы и ее оценка. Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость. Реакторы барботажной группы. Устройство барботажных колонн. Реакторы барботажные змеевиковые. Газлифтные реакторы. Конструкции. Принцип действия. Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость: с механическим диспергированием газа;	
--	--	---	--	--

			работающие в пленочном режиме; типа колонн с насадкой; колонны с колпачковыми тарелками; колонны с ситчатыми тарелками. Конструкции. Принцип действия. Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов. Классификация и общие требования. Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов: с неподвижным слоем катализатора; с компактно движущимся слоем катализатора; с псевдоожиженным слоем катализатора. Конструкции реактора. Принцип действия. Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов работающие под высоким внутренним давлением. Конструкции. Способы изготовления корпусов. Реакторы для проведения некаталитических газо-фазных процессов: реактор с газовыми горелками конструкции Саксе; промышленные печи (механические полочные, пылевидного обжига, с кипящим слоем); промышленные печи (ротационные; шахтные); трубчатые реакторы с огневым подогревом. Устройство. Принцип действия.	
--	--	--	---	--

6. Содержание семинарских, практических занятий

Учебными планами по вышеперечисленным направлениям подготовки бакалавров практических занятий не предусмотрено.

7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основы теории химического реактора	1	Вводное занятие (лаборатория кафедры ОХТ)	Организация работ на практикуме. Ознакомление с целями и задачами практикума. Техника безопасности при выполнении работ. Выдача рабочего задания. Ознакомление с методикой работы и лабораторной установкой.	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
2	Режимы работы реактора	2	Исследование гидродинамических характеристик реактора вытеснения (лаборатория кафедры ОХТ)	Технологический эксперимент выполняется в течение 4-х занятий для определения функции распределения времени пребывания реагентов в химическом реакторе, вывода математической модели исследуемого реактора, построения кривых отклика (7 ч).	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
3	Режимы работы реактора; время пребывания реагентов в зоне реакции.	2	Исследование гидродинамических характеристик реактора смешения (лаборатория кафедры ОХТ)	Программа коллоквиума посвящена теории химического реактора (1 ч). Обсуждаемые проблемы связаны с теоретическими закономерностями изучаемых реакторов и их практическим применением.	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
4	Режимы работы реактора; время пребывания реагентов в зоне реакции.	2	Исследование гидродинамических характеристик ячеечной модели (лаборатория кафедры ОХТ)		ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
5	Режимы работы реактора; материальный баланс химического реактора.	2	Исследование гидравлического сопротивления в РИВ, РИС (лаборатория кафедры ОХТ)		ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8

*Лабораторные работы выполняются на технологическом оборудовании, размещенном в помещении учебной лаборатории модельных установок кафедры общей химической технологии (ауд. А-213).

Лабораторные занятия по дисциплине «Химические реакторы» преследуют следующие цели:

- ✓ Обучение методике определения гидродинамического режима работы химического реактора, вывода математической модели химического реактора;

- ✓ Ознакомление студентов с понятием технологического эксперимента и практикой его постановки для получения математической модели химического реактора;
- ✓ Формирование представления об инновационной деятельности специалиста в области модернизации существующих промышленных систем на основе результатов системного анализа.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Наименование темы	Время на подготовку, ч	Формируемые компетенции
1	Время пребывания реагентов в зоне реакции. Материальный баланс химического реактора. Каскад реакторов. ☐ Экспериментальное определение функции распределения времени пребывания, исследования кривых отклика, дифференциальная функция распределения, интегральная функция распределения. ☐ Типы реакторов по гидродинамике: реактор идеального смешения (РИС); реактор идеального вытеснения (РИВ). ☐ Время пребывания реагентов в проточных реакторах, вид модели, характеристическое уравнение времени пребывания реагентов в реакторах в зависимости от различных факторов. ☐ Общий вид уравнения материального баланса реактора, материальный баланс в дифференциальной форме для элементарного объема реактора. ☐ Вывод математической модели (характеристического уравнения) РИС-П. ☐ Вывод математической модели РИВ. Однопараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс. Двухпараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс. ☐ Вывод математической модели РИС-Н. Ячеечная модель реактора. – Каскад реакторов К-РИС. Изменение концентрации реагента в каскаде реакторов. Расчет каскада реакторов. Графический метод расчета. Аналитический метод расчета.	35	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
2	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. ☐ Несегрегированное и сегрегированное состояния потоков. ☐ Концентрационный режим реактора. ☐ Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. ☐ Реакторы для проведения процессов в жидкой фазе и в эмульсиях. ☐ Аппараты с мешалками. Типы перемешивающих устройств и их выбор.	20	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
3	Теплоперенос в химических реакторах. ☐ Теплоперенос в химических реакторах. ☐ Тепловые режимы работы химических реакторов: адиабатический (автотермический), изотермический и политропический. ☐ Общий вид уравнения теплового баланса. Уравнение теплового баланса в дифференциальной форме. ☐ Совместное решение уравнений материального и теплового балансов. ☐ Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при политропическом тепловом режиме. ☐ Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при адиабатическом и изотермическом тепловых режимах. ☐ Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. ☐ Теплоносители и хладагенты. ☐ Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним теплообменом. Реакторы с наружным теплообменом. Высокотемпературные органические теплоносители.	20	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
4	Промышленные реакторы: ☐ контактные аппараты; ☐ многофазные реакторы; ☐ жидкофазные реакторы; ☐ высокотемпературные реакторы; ☐ реакторы под давлением; ☐ реакторы с нетрадиционным источником энергии; ☐ совмещенные реакторы	14	ПК-2 ПК-4 ПК-7 ПК-8
	ИТОГО:		89ч

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Химические реакторы» используется рейтинговая система.

Усвоение учебного материала контролируется по всем видам учебных занятий: лекционному курсу, лабораторному практикуму и контрольной работе.

При изучении дисциплины планируются следующие виды учебных занятий: экспериментальные, теоретический практикум, а также проверка выполнения СРС, посещаемости занятий.

Сумма баллов, выставяемых студентам в процессе изучения ими курса «Химические реакторы» составляет **100**. Распределение баллов по текущему контролю представлено в таблице.

Максимальные оценки знаний по всем видам занятий

Вид учебного занятия	Оценка контрольной точки	Количество контрольных точек
1. Лекции	20	
1.1. Контроль за усвоением учебного материала	20	9
2. Лабораторные занятия	40	
2.1. Коллоквиум по теории химического реактора	20	4
2.2. Выполнение технологического эксперимента	10	4
2.3. Статистическая обработка результатов эксперимента в форме математической модели химического реактора	10	1
3. Контрольная работа	30	
3.1. Контроль СРС	30	12
4. Посещение занятий (лекций, лабораторных работ)	10	1
ИТОГО:	100	

Рейтинговую оценку за усвоение учебного материала по курсу «Химические реакторы» получают путем суммирования баллов, полученных при выполнении всего объема работ.

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Химические реакторы» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экз.
1. Кузнецова И.М., Харлампики Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологического процесса. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампики. – СПб.: Лань, 2013. 448 с. Глава 6. Введение в теорию химического реактора.	100 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ
2. Кузнецова И.М., Харлампики Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампики. – СПб.: Лань, 2014. 384 с.	100 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ
3. Кузнецова И.М., Харлампики Х.Э., Батыршин Н.Н. Общая химическая технология. Материальный баланс химико-технологического процесса: учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2007 – 264 с.	990 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ

10.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экз.
1. Аболонин Б.Е., Кузнецова И.М., Харлампики Х.Э. Основы химических производств. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2013.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP- адресов КНИТУ
2. Бесков В.Г., Сафронов М.С. Общая химическая технология: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 452 с.	25 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точ- ки Интернета после регистрации с IP- ад- ресов КНИТУ
3. Гайфуллин А.А., Воробьева Ф.И., Тунцева С.Н. Математическое моделирование гидродинамических характеристик реактора: методические указания. – Казань: КНИТУ, 2016. – 36 с.	60 экз. на кафедре ОХТ В Электронной библиотеке УНИЦ КНИ- ТУ: http://ft.kstu.ru/ft/Gayfullin- matematicheskoe_modelirovaniye.pdf Доступ с IP-адресов КНИТУ

10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Химические реакторы» рекомендуется использование следующих электрон-ных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://libraru.kstu.ru/>
2. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://elibraru.ru>
3. ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>

4. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
5. ЭБС «Книгафонд» – Режим доступа: www.knigafund.ru
6. ЭБС «БиблиоТех» – Режим доступа: <http://kstu.bibliotech.ru>
7. ЭБС «РУКОНТ» – Режим доступа: <http://rucont.ru>
8. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
9. ЭБС «Znaniyum.com» – Режим доступа: <http://znaniyum.com/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



Володягина А.А.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Химические реакторы»

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов; демонстрационные приборы.

1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы:

- лаборатория, оснащенная лабораторными установками, перечень которых приведен в списке экспериментальных работ;
- измерительная аппаратура (колориметр КФК);
- лабораторные занятия обеспечены лицензированным программным обеспечением и свободно распространяемым программным обеспечением, используемым в учебном процессе при освоении дисциплины «Химические реакторы»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard

Архиватор 7 Zip

Блокнот Notepad

Яндекс Браузер

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Химические реакторы»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф от 19.11.2008 № AF90-3S1V01-102;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard от 08.11.2016 № 16/2189/Б;

Дополнительное ПО доступное по бесплатной подписке от Microsoft ПО для коллективной работы Microsoft Teams.

3. Расчетно-графические занятия:

- комплект задач с примерами решения;
- методика обработки экспериментальных данных по расчету статистической модели реактора.

4. Теоретический практикум:

- а) комплекты описания основных проблем, обсуждаемых на занятии.

3. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе, составляет 8 часов.

Статистическая обработка результатов экспериментов, расчет математической модели реактора, определение гидродинамического режима движения потоков в реакторе, расчеты коэффициента продольного перемешивания, критерия Рейнольдса проводятся с применением специализированных компьютерных программ.