

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

УТВЕРЖДАЮ

  
Проректор по УР  
А.В. Бурмистров  
« 22 » 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине: Б1.Б21 – «Моделирование химико-технологических процессов»

Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»

Профилям подготовки: «Технология и переработка полимеров», «Химическая технология органических веществ», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Технология неорганических веществ», «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Технология защиты от коррозии», «Технология электрохимических производств», «Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств», «Фотографические технологии и материалы», «Инновационные технологии международных нефтегазовых корпораций», «Химическая технология переработки древесины».

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет Институт нефти, химии и нанотехнологии: ФННХ, ФНН, ФХТ.  
Институт полимеров: ФТПКЭ, ФТПСПК

Кафедра-разработчик рабочей программы Общая химическая технология

Курс 4, семестр 7(осенний)

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия		
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия	27	0,75
Самостоятельная работа	63	1,75
Форма аттестации	экзамен	1
Всего	144	4

Казань, 2018 г.

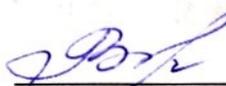
Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (приказ Минобрнауки РФ от 11.05.2016 № 1005) для направления 18.03.01 «Химическая технология» по профилям «Технология и переработка полимеров», «Химическая технология органических веществ», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Технология неорганических веществ», «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Технология защиты от коррозии», «Технология электрохимических производств», «Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств», «Фотографические технологии и материалы», «Инновационные технологии международных нефтегазовых корпораций», «Химическая технология переработки древесины».

Типовая программа по дисциплине отсутствует, рабочая программа составлена для студентов приёма 2015, 2016, 2017 и 2018 годов.

Разработчик программы:

Доцент

(должность)

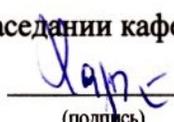
  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Воробьев Е.С.

(Ф.И.О)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ОХТ протокол от 06.09 № 1.

Зав. кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

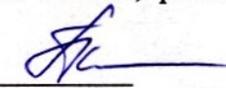
Харламиди Х.Э.

(Ф.И.О)

### СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ИНХН, реализующего подготовку по ООП от 07.09 2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор

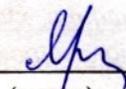
  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Н.Ю. Башкирцева

(Ф.И.О)

Протокол заседания методической комиссии ИП, реализующего подготовку по ООП от 14.09 2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Х.М. Ярошевская

(Ф.И.О)

### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФННХ, реализующего рабочую программу дисциплины от 20.09 2018 г. № 12

Председатель комиссии, профессор

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Н.Ю. Башкирцева  
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Л.А. Китаева

(Ф.И.О)

## **1. Цели освоения дисциплины**

При организации учебного процесса по дисциплине «*Моделирование химико-технологических процессов*» устанавливаются следующие **цели ее преподавания**:

- а) *Применение математического моделирования при исследованиях, анализе и оценке эффективности ХТП;*
- б) *Формирование способности выполнять расчеты химико-технологических процессов с использованием математических моделей, моделирующих систем и современных прикладных программ;*
- в) *Объединение знаний физико-химической сущности процессов и методологии построения математических моделей, и методов обработки экспериментальных данных при проведении научных исследований, с последующим анализом результатов;*
- г) *Формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных исследований с использованием современных компьютерных технологий.*

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО**

Дисциплина *Моделирование химико-технологических процессов* относится к базовой части профессионального цикла ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.01 «*Химическая технология*» набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, производственно-технологической, проектно-конструкторской и проектно-технологической профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины *Моделирование химико-технологических процессов* бакалавр по направлению подготовки 18.03.01 «*Химическая технология*» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а). Б2.Б.1                      *Математика;*
- б). Б2.Б.2                      *Информатика;*
- в). Б2.Б.3                      *Физика;*
- г). Б2.В.ОД.1                *Вычислительная математика;*

Знания, полученные при изучении дисциплины *Моделирование химико-технологических процессов*, могут быть использованы при прохождении производственной и преддипломной практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.03.01 «*Химическая технология*».

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

По направлению подготовки 18.03.01 «*Химическая технология*»

1. 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;
2. ПК-4        способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;
3. ПК-8        готовностью к освоению эксплуатации вновь вводимого оборудования;
4. ПК-11      способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса;

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

1) *Знать:*

- а). основные понятия и методы системного анализа, теории вероятностей и математической статистики;

- б). технические и программные средства реализации решений, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации;
- в). принципы физического моделирования химико-технологических процессов; типовые процессы и аппараты химической технологии;
- г). основные закономерности химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса применительно к химическим процессам, агрегатам и оборудованию;
- д). основные методы для решения оптимизационных задач.

2) *Уметь:*

- а). решать основные задачи математической статистики, определять основной набор статистических характеристик при обработке экспериментальных данных;
- б). строить решения для типовых моделей процессов и аппаратов химической технологии с использованием методов нахождения неизвестных параметров на основании экспериментальных данных;
- в). составлять и реализовывать основные планы при проведении исследований с применением приемов планирования эксперимента;

3) *Владеть:*

- а). методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов;
- б). приемами планирования и обработки экспериментальных данных.
- в). методами решения оптимизационных задач для нахождения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;

#### 4. Структура и содержание дисциплины *Моделирование химико-технологических процессов*

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Информационные и другие образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса	Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Семинар (Практ) занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение. Общие принципы и этапы построения модели	7	2	0		4	<i>Презентации и примеры решений на лекциях.</i>	<i>Реферат-презентация</i>
2	Методы изучения стохастических характеристик процесса	7	4	0	8	14	<i>Презентации и примеры решений на лекциях, индивидуальные именные рабочие файлы и индивидуальные задания по лабораторным работам. Примеры решений для демонстрации решений на лабораторных занятиях. Отчеты по результатам работы.</i>	<i>Отчет по результатам работы с его защитой. Отчет по СРС.</i>
3	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных для ХТП.	7	4	0	6	15		
4	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	7	4		13	24		
5	Введение в оптимизацию ХТП	7	4	0		6		<i>Реферат-презентация</i>
6	Подготовка к экзамену	7				36	<i>Учебники, пособия и электронные ресурсы</i>	<i>Экзамен</i>
Итого:			18		27	99		

#### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Введение. Общие принципы и этапы построения модели	2	Введение в дисциплину и основные понятия	<i>Основные понятия и определения. Системный анализ процессов химической технологии. Значение моделирования в научных исследованиях и промышленной практике. Классификация моделей.</i>	<i>ПК-2, ПК-8</i>
2	Методы изучения стохастических характеристик процесса	4	1. Основы статистического анализа. 2. Статистические анализы при реализации пассивного эксперимента.	<i>Статистические исследования при проведении параллельных испытаний. Точечные и интервальные характеристики для оценки случайных величин. Адекватность моделей. Общие принципы анализа типовых технологических процессов. Пассивный и активный эксперимент. Физическое и математическое моделирование. Общие принципы построения модели процесса.</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>

				<i>Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализы.</i>	
3	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных	4	1. Однопараметрические модели. 2. Многопараметрические модели.	<i>Модели потоков, их экспериментальные исследования с применением трассеров или индикаторов. Диагностика неполадок и отклонений в режимах работы исследуемых установок.</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>
4	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	6	1. Оптимальное планирование эксперимента. 2. Планы первого и второго порядков. 3. Планы «состав-свойство».	<i>Этапы оптимального планирования эксперимента. Реализация методов ранжирования параметров и случайного баланса. Полный и дробный факторные эксперименты, их построение, реализация и обработка. Центральные композиционные планы. Планы «состав-свойство», их реализация и обработка результатов.</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>
5	Введение в оптимизацию ХТП	2	Введение в оптимизацию ХТП	<i>Знакомство с задачами оптимизации. Приемы построения критерия оптимальности и ограничений. Решения оптимизационных задач.</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>

#### 6. Содержание практических занятий

(планом не предусмотрены)

#### 7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Методы изучения стохастических характеристик процесса	8	1. Исследование случайных величин. 2. Создание рабочего листа Excel для расчета основных характеристик случайных величин.	<i>Исследование выборок разного объема с использованием стандартных функций Excel и средствами надстройки «Анализ данных». Создание рабочего листа для расчета основных характеристик случайных величин с заранее заданными условиями (вероятность, точность и тип интервала).</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>
2	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных для ХТП.	6	1. Восстановление математических зависимостей для однопараметрических моделей. 2. Восстановление математических зависимостей	<i>Создание рабочего листа для подготовки плана эксперимента по исследованию однопараметрической и проведение расчетов на модельных функциях. Построение графиков и их настройка Преобразование листа для многопараметрических функций и</i>	<i>ПК-2, ПК-4, ПК-11</i>

			стей для многопараметрических моделей.	выполнение расчетов по модельной функции. Построение диаграмм «Поверхность» и «Контурная», их настройка.	
3	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	13	1. Метод случайного баланса. 2. Полный факторный эксперимент. 3. Центральный композиционный план.	Создание рабочих листов для МСБ, ПФЭ и ЦКП, их реализация с использованием индивидуальной модельной функции. Проведение исследования от выбора значимых параметров (3 из 5), построения линейной модели с последующим крутым восхождением в область экстремума и построением ЦКП для получения модели второго порядка с нахождением максимального значения.	ПК-2, ПК-4, ПК-11

### 8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС*	Формируемые компетенции
1	Реферат-сообщение по вопросам системного анализа	4	Подготовка реферата (презентация) и выступление перед группой по своей теме	ПК-8, ПК-11
2	Статистические расчеты по оценке случайных величин	14	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета по её итогам	ПК-2, ПК-4, ПК-11
3	Восстановление математических зависимостей для различных зависимостей. СРС по аппроксимации данных с использованием статистики.	15	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета по её итогам Выполнение расчетно-графического индивидуального задания и представление результатов расчетов.	ПК-2, ПК-4, ПК-11
4	Проведение исследования модельной функции методами оптимального планирования. СРС ранжирование входных параметров исследуемой модельной функции.	24	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета по её итогам Выполнение расчетно-графического индивидуального задания и представление результатов расчетов.	ПК-2, ПК-4, ПК-11
5	Введение в оптимизацию ХТП	6	Подготовка реферата (презентация) и выступление перед группой по своей теме	ПК-2, ПК-8, ПК-11
6	Подготовка к экзамену	36		Экзамен

### 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе.

При изучении дисциплины предусматривается выполнение трех лабораторных и одной самостоятельной работ, за эти четыре контрольные точки студент может получить макси-

мальное кол-во баллов – 60 (до 18б. за самостоятельную работу, до 14б – за выполнение и защита лабораторной работы.). При выполнении лабораторных работ студент может потерять баллы из-за пропуска занятий, которые должны быть отработаны самостоятельно и результаты представлены преподавателю, который ведет занятия, небрежного выполнения работы и отчета по ней, низкой активности во время лабораторной работы при ответах на вопросы преподавателя. При защите самостоятельной работы баллы могут быть срезаны из-за неполного выполнения задания, ошибочно выбранной функции для аппроксимации, плохого оформления отчета и графического материала. В результате максимальный текущий рейтинг может составить – 60 б, что обеспечивает студенту автоматический допуск к экзамену. За экзамен студент может получить максимальное кол-во баллов – 40. Снижение баллов на экзамене может быть связано с ошибками во время ответа.

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

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой аттестации находятся, согласно положению о Фондах оценочных средств, в отдельном документе.

## 10 Информационно-методическое обеспечение дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»

### 10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Морозов В. К. Моделирование процессов и систем : Учебник / В. К. Морозов, Г. Н. Роговичев. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2015. - 263	УНИЦ КНИТУ 50 шт. [Электронный ресурс] \\Server-oxt\материалы для студентов\Электронные книги по предметам\Моделирование\Моделирование Морозов, доступ с компьютеров ОХТ под соответствующей учётной записью.
2. Статистика : введение в регрессионный анализ : временные ряды : учеб. пособие / И.А. Ларионова. - М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. - 75 с.	ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239365.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239365.html</a> , доступ с любой точки Internet, после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Сафин, Р.Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента : учеб. пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев ; Казан. нац. исслед. техн. ун-т. — Казань, 2013. — 156 с.	УНИЦ КНИТУ 129 шт.

### 10.2 Дополнительная литература

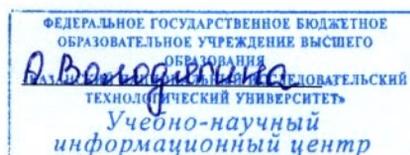
Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
4. Ахназарова С.Л. Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. Учеб. пособ. – М. Высшая школа. 1985 г. – 327 с.	УНИЦ КНИТУ 35 шт. [Электронный ресурс] \\Server-oxt\материалы для студентов\Электронные книги по предметам\Моделирование\Методы оптимизации в ХТ Ахназарова, доступ с компьютеров ОХТ под соответствующей учётной записью.
5. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие / А.Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с.	ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987044971.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987044971.html</a> , доступ с любой точки Internet, после регистрации с IP-адресов КНИТУ

### 10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» используется дополнительная литература на сервере кафедры по адресу: \\Server-oxt\материалы для студентов

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

1. Лекционные занятия:
  - а). Все лекционные занятия обеспечены комплектами электронных презентаций и компьютерными моделями для демонстрации процессов и событий;
  - б). аудитория оснащена проектором, экраном, ноутбуком и презентатором,
2. Лабораторные работы
  - а). Занятия проводятся в компьютерных классах А-220, А-212, оснащенных компьютерной техникой (10 и 13 рабочих мест соответственно),
  - б). Оба класса оборудованы презентационной техникой – проектором, экраном и ноутбуком;
  - в). Все рабочие места обеспечены лицензионным ПО общего назначения:
    - i. Системная оболочка Windows 7, Windows 10;
    - ii. Офисный пакет MS Excel, версии 2010 и 2013;
3. Прочее
  - а). Все рабочие места студентов и преподавателя обеспечены с доступом в Интернет и предназначенные для работы в электронной образовательной среде;
  - б). Все работы, выполненные студентами, хранятся на сервере кафедры в течение всего срока их обучения.

## **13. Образовательные технологии**

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе, составляет 27 часов аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 18 часов аудиторных занятий.

Все лекционные занятия обеспечены презентациями и моделями для визуального представления результатов изменения различных параметров объекта. Во время лабораторных занятий каждый студент имеет свою личную книгу с индивидуальным номером задания. Лаборатории обеспечены модельными функциями, которые позволяют каждому студенту решать свое индивидуальное задание, электронными и печатными методическими пособиями.

Все занятия проводятся в аудиториях, оборудованных видеопроекторами, что позволяет демонстрировать приемы выполнения работ непосредственно на экран.

## Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине « Б1.Б.21 Моделирование химико-технологических процессов»

(наименование дисциплины)

по направлению 18.03.01 «Химическая технология»

(шифр)

(название)

для профилей «Технология и переработка полимеров», «Химическая технология органических веществ», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Технология неорганических веществ», «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Технология защиты от коррозии», «Технология электрохимических производств», «Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств», «Фотографические технологии и материалы», «Инновационные технологии международных нефтегазовых корпораций», «Химическая технология переработки древесины»

для набора обучающихся 2019 года

пересмотрена на заседании кафедры общей химической технологии

(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
	протокол заседания кафедры № 13 от 13.06.2019	есть*	нет			

\* Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- elibrary.ru

В учебном процессе используется лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение:

- MS Office 2007 Russian.