

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

Д.Ш. Султанова

«07» июня 2021 г.



Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу  
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060  
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова  
Дата 07.06.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «**МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**»

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология  
Профиль: Технология неорганических веществ  
Квалификация выпускника: Бакалавр  
Форма обучения: Заочная  
Институт: Институт нефти, химии и нанотехнологии  
Факультет: Факультет химических технологий  
Кафедра-разработчик: Кафедра «Общей химической технологии»  
Курс; семестр 3; 8, 9

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	4	0,11
Лабораторная работа	8	0,22
Контроль самостоятельной работы	4	0,11
Самостоятельная работа	88	2,44
Форма аттестации: Зачет (9 сем), Контрольная работа (9 сем)	4	0,11
Всего	108	3

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 922 от 07.08.2020) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология для профиля «Технология неорганических веществ» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Доцент

Н.М. Нуруллина

---

### **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Общей химической технологии», протокол от 28.05.2021 г. № 12.

Заведующий кафедрой *Согласовано* Х.Э. Харлампиди

### **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» являются:

- 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 образовательной программы**

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» относится к обязательной части ООП и формирует у обучающихся по профилю «Технология неорганических веществ» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

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

1. Высшая математика
2. Информационные технологии
3. Физика

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2. Производственная практика (преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа)

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

**ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности**

ОПК-2.1. Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, технические и программные средства реализации информационных технологий, физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, основы химии, принципы строения вещества, основы классификации соединений, основные механизмы протекания химических реакций, основные законы термодинамики

ОПК-2.2. Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений, работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования, использовать физические законы, химические законы, термодинамические справочные данные, результаты физико-химического эксперимента

ОПК-2.3. Владеет навыками использования математического аппарата, навыками поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации, проведения физических измерений, корректной оценки погрешностей, проведения дисперсного анализа и синтеза, экспериментальными навыками определения физических и химических свойств соединений, установления структуры соединений, навыками решения типовых задач в области химической термодинамики

**ОПК-6 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их**

#### для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-6.1. Знает прикладное современное программное обеспечение, применяемое в отрасли

ОПК-6.2. Умеет выбрать и применить оптимальную прикладную программу для решения конкретной задачи

ОПК-6.3. Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

#### Знать:

- основные понятия и методы системного анализа, теории вероятностей и математической статистики;
- принципы физического моделирования химико-технологических процессов; типовые процессы и аппараты химической технологии;
- основные закономерности химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса применительно к химическим процессам, агрегатам и оборудованию;
- основные методы для решения оптимизационных задач.
- технические и программные средства реализации решений, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации;

#### Уметь:

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

#### Владеть:

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

### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Общие принципы и этапы	8	2				7	Контрольная работа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	построения модели. Методы изучения стохастических характеристик процесса							
	<b>Итого по семестру</b>	<b>8</b>	<b>2</b>				<b>7</b>	
1.	Общие принципы и этапы построения модели. Методы изучения стохастических характеристик процесса	9			6	1	20	Контрольная работа; Лабораторная работа; Тест
2.	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных	9	0,5		2	1	20	Лабораторная работа; Расчетно-графическая работа; Тест
3.	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	9	1			1	20	Тест
4.	Введение в оптимизацию ХТП	9	0,5			1	21	Собеседование
	<b>Итого по семестру</b>	<b>9</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>4</b>	<b>81</b>	<b>Зачет, Контрольная работа</b>

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	5
1.	Общие принципы и этапы построения модели. Методы изучения стохастических характеристик процесса	2	Введение в дисциплину и основные понятия. Основы статистического анализа. Статистические анализы при реализации пассивного эксперимента.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
2.	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных	0,5	Однопараметрические модели. Многопараметрические модели	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
3.	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	1	Оптимальное планирование эксперимента. Планы первого и второго порядков.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	5
				ОПК-6.3
4.	Введение в оптимизацию ХТП	0,5	Введение в оптимизацию ХТП	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>4</b>		

## 6. Содержание практических/семинарских занятий

Проведение практических/семинарских занятий не предусмотрено учебным планом

## 7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	6
1.	Общие принципы и этапы построения построения модели. Методы изучения стохастических характеристик процесса	6	Исследование случайных величин.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
2.	Методы и приемы построения моделей на основании экспериментальных данных	2	Восстановление математических зависимостей для однопараметрических моделей. Восстановление математических зависимостей для многопараметрических моделей.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>8</b>		

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Системный анализ	7	подготовка к контрольной работе	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2.	Статистические расчеты по оценке случайных величин	20	оформление отчетов, подготовка к лабораторной работе, подготовка к тестированию, проверка контрольной работы	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
3.	Восстановление математических зависимостей для различных моделей.	20	выполнение расчетно-графической работы, оформление отчетов, подготовка к лабораторной работе	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
4.	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	20	подготовка к тестированию	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
				ОПК-6.3
5.	Введение в оптимизацию ХТП	21	проработка тем отведенных для самостоятельной работы	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>88</b>		

### 8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Статистические расчеты по оценке случайных величин	1	прием лабораторной работы, прием отчетов, проверка тестирования	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
2.	Восстановление математических зависимостей для различных моделей	1	прием лабораторной работы, прием отчетов, проверка расчетно-графической работы, проверка тестирования	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
3.	Методы планирования экспериментов для исследования процессов	1	проверка тестирования	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
4.	Введение в оптимизацию ХТП	1	опрос, проверка контрольной работы	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ОПК-6.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>4</b>		

### 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Мин.баллов	Макс.баллов
<b>9-й семестр</b>			
Контрольная работа	1	7	15
Расчетно-графическая работа	1	7	15
Лабораторная работа	2	28	40
Тест	3	18	30
<b>Итого</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

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

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

## 11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1. Основная литература

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

Основные источники информации	Количество экземпляров
Ф.И. Воробьева, Е.С. Воробьев, Э.А. Каралин, Моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] учеб. пособие : в 2-х ч.: Казань : Изд-во КНИТУ, 2019	<a href="http://ft.kstu.ru/ft/Vorobev-Modelir_khim_tekhnol_prot_s_Ch2_planir_optim_eksperim.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Vorobev-Modelir_khim_tekhnol_prot_s_Ch2_planir_optim_eksperim.pdf</a> Доступ с IP адресов КНИТУ
А. М. Гумеров, Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/168613">https://e.lanbook.com/book/168613</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
А. Ю. Закгейм, Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] Учебное пособие: Москва : Логос, 2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66419.html">http://www.iprbookshop.ru/66419.html</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
Т. . Гартман, Д. . Клушин, Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Основные процессы хим. производств и хим. кибернетика": М. : Академкнига, 2006	200 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
С. В. Натарева, Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии [Электронный ресурс] : Иваново : ИГХТУ, 2007	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=4496">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=4496</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
, Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем [Электронный ресурс] сборник статей (23-25 мая): Казань : Изд-во КНИТУ, 2016	<a href="http://ft.kstu.ru/ft/Modelirovanie_i-optim_khim_tekhnol_prot_s_i_sistem_sbornik_2016.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Modelirovanie_i-optim_khim_tekhnol_prot_s_i_sistem_sbornik_2016.pdf</a> Доступ с IP адресов КНИТУ
Н. А. Самойлов, Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/169384">https://e.lanbook.com/book/169384</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ

В. . Кафаров, И. . Дорохов, Введение в системный анализ и моделирование химико-технологических процессов и систем [Учебник] учеб. пособие: М. : , 1984	1 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А.В. Аксянова, А.М. Гумеров, Д.В. Елизаров, Excel 2000. Математическое моделирование химико-технологических и экономических процессов [Прочее] лаб. практикум: Казань : , 2001	3 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
В. . Макаров, Математическое моделирование периодических процессов и систем химической технологии [Учебник] учебное пособие: М. : МХТИ, 1984	1 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А. . Бондарь, Математическое моделирование в химической технологии [Учебник] учеб. для студ. хим.-технол. спец. вузов: Киев : Вища школа, 1973	14 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

### 11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

**УНИЦ**  
*Согласовано*

### 11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Scopus Доступ свободный: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Web of Science Доступ свободный: [apps.webofknowledge.com](http://apps.webofknowledge.com)

Информационные справочные системы

Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: [www.garant.ru](http://www.garant.ru)

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

### 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»:

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

ПО для коллективной работы Microsoft Teams

Научное ПО: Aspen HYSYS (ANSYS Academic Research Mechanical and CFD; ANSYS LS-DYNA; ANSYS LS-DYNA HPC-8)

Научное ПО: MATLAB Academic (в комплекте с Simulink Academic)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

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, интерактивной доской;

2. Лабораторные работы

- а) Занятия проводятся в компьютерных классах А-220, А-212, оснащенных компьютерной техникой (10 и 13 рабочих мест соответственно), с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.
- б) Оба класса оборудованы презентационной техникой – проектором, экраном и ноутбуком, интерактивной доской;

3. Прочее

- а) Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»: MS Office 2010-2016 Standard (правообладатель - Microsoft Corporation, США);
- б) лицензионный доступ к ЭБС, БД и отдельным электронным версиям изданий из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров ФГБОУ ВО «КНИТУ».

### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» составляет 3 ч.

В процессе освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» используются следующие образовательные технологии:

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе составляет 3 часов. В качестве образовательных технологий могут быть использованы:

- работа в малых группах;
- дискуссия;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция- пресс-конференция, мини-лекция);
- системы дистанционного обучения;