

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:	20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль:	Безопасность жизнедеятельности в техносфере
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	Заочная
Институт:	Инжиниринговый центр в области химии и технологии энергонасыщенных материалов "Спецхимия"
Факультет:	Инжиниринговый центр в области химии и технологии энергонасыщенных материалов "Спецхимия"
Кафедра-разработчик:	Казанский межвузовский инженерный центр "Новые технологии" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет"
Курс; семестр	3; 8, 9

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	4	0,11
Лабораторная работа	8	0,22
Контроль самостоятельной работы	9	0,25
Самостоятельная работа	83	2,31
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 № 680 от 25.05.2020) по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность для профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Заведующий кафедрой

Р.А. Халитов

---

### **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании Казанского межвузовского инженерного центра "Новые технологии" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет", протокол от 19.05.2021 г. № 6.

Директор *Согласовано* А.Ф. Махоткин

### **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

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

формирование системы знаний, умений и навыков в области разработки и применения математических моделей химико-технологических процессов и аппаратов с целью оптимизации основного технико-экономического показателя «затраты : результат».

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» относится к обязательной части ООП и формирует у обучающихся по профилю «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» обучающийся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Высшая математика
2. Инженерная и компьютерная графика
3. Информационные технологии

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

1. Основы проектной деятельности
2. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
3. Системы управления химико-технологическими процессами
4. Чрезвычайные ситуации и методы защиты

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

**ОПК-1 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека**

ОПК-1.1. Знает современные тенденции развития техники и технологии, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в области техносферной безопасности человека

ОПК-1.2. Умеет решать типовые задачи с использованием измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека

ОПК-1.3. Владеет современными методами техники и технологии в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека

**ОПК-3 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом государственных требований в области обеспечения безопасности**

ОПК-3.1. Знает основные государственные требования в области обеспечения безопасности

ОПК-3.2. Умеет использовать теоретические и практические знания в области обеспечения безопасности с учетом государственных требований

ОПК-3.3. Владеет навыками управления техносферной безопасностью с учетом государственных требований в данной области

**ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности**

ОПК-4.1. Знает прикладное современное программное обеспечение, применяемое в отрасли

ОПК-4.2. Умеет выбрать и применить оптимальную прикладную программу для решения конкретной задачи

ОПК-4.3. Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности

## В результате освоения дисциплины обучающийся должен

### Знать:

действующую систему государственного управления, в том числе систему государственного надзора и контроля;

действующую систему нормативно-правовых актов и их требования в области обеспечения безопасности;

основы современных компьютерных технологий, измерительной и вычислительной техники в области техносферной безопасности, а также инженерной защиты на химических производствах  
современные тенденции развития техники и технологии, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий

характеристики современных цифровых информационных технологий

### Уметь:

использовать современные цифровые информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

осуществлять моделирование возможных чрезвычайных ситуаций, возникновение опасностей и их предотвращение на химических производствах с помощью измерительной и вычислительной техники, современных компьютерных технологий.

применять нормативные правовые акты, содержащие государственные нормативные требования в области обеспечения безопасности

### Владеть:

методологией получения и обработки результатов в области техносферной безопасности, инженерной защиты на химических производствах с помощью измерительной и вычислительной техники, а также современных информационных технологий.

навыком подбора и применения нормативно-правовых актов для решения локальных задач обеспечения безопасности

принципами работы соответствующих содержанию профессиональных задач современных цифровых информационных технологий

## 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.	Основные понятия метода моделирования.	8	2				7	Контрольная работа
	<b>Итого по семестру</b>	<b>8</b>	<b>2</b>				<b>7</b>	
1.	Детерминированные модели	9	1		4	3	40	Лабораторная 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
2.	Статистические модели.	9	1		4	6	36	Коллоквиум; Лабораторная работа
	<b>Итого по семестру</b>	<b>9</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>9</b>	<b>76</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.	Основные понятия метода моделирования.	1	Виды уравнений и методы их решения при моделировании химико-технологических процессов.	ОПК-1.1 ОПК-3.1 ОПК-4.1
2.		1	Коэффициенты кинетических моделей.	ОПК-1.1 ОПК-3.1
3.	Детерминированные модели	1	Математические модели основных процессов химической технологии	ОПК-1.1 ОПК-3.1 ОПК-4.1
4.	Статистические модели.	1	Регрессионные модели. Оптимизация химико-технологических процессов	ОПК-1.1 ОПК-3.1 ОПК-4.1
	<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.	Детерминированные модели	2	Моделирование кинетики гомогенных химических реакций	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
2.		2	Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	6
3.	Статистические модели.	2	Моделирование процесса смешения технологических потоков нефтехимического производства	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
4.		2	Моделирование теплообменных аппаратов в стационарном режиме	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
	<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.	Уравнения баланса. Математические модели простых и сложных химических реакций. Способы определения кинетических констант(4-5 способов). Метод нахождения обеих констант скорости для реакций последовательного типа, основанный на минимизации квадратичного функционала. Метод сеток для решения дифференциальных уравнений со смешанными производными.	7	подготовка к контрольной работе	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
2.	Моделирование теплообменных процессов. Процедура составления системы дифференциальных уравнений для теплообменника смешения. Решение дифференциального уравнения теплообмена и переход его решения в стационарное. Примеры реализации подобного варианта теплообмена в промышленных условиях	20	подготовка к лабораторной работе	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
3.	Моделирование процессов с межфазным переносом. Процедура составления системы дифференциальных уравнений теплообмена через стенку. Процедура составления дифференциальных уравнений для межфазных химических реакций, протекающих на границе двух сред. Системы уравнений, описывающие межфазные процессы абсорбции, ректификации и экстракции	20	подготовка к лабораторной работе	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
4.	Методы аппроксимации экспериментальных данных. Регрессионный анализ. Статистические критерии	20	подготовка к лабораторной работе	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
	воспроизводимости, адекватности и значимости. Метод дробных реплик. Понятия активного и пассивного эксперимента. Матричный метод решения системы уравнений для нахождения коэффициентов уравнения регрессии. Процедура рандомизации эксперимента			ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
5.	Основные виды функций отклика сложной системы на внешние возмущения и методы поиска экстремумов многомерных функций, систематизированные как градиентные и безградиентные методы. Метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска, симплекс метод поиска экстремума	16	подготовка к коллоквиуму, подготовка к лабораторной работе	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>83</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.	Уравнения баланса. Математические модели простых и сложных химических реакций. Способы определения кинетических констант(4-5 способов). Метод нахождения обеих констант скорости для реакций последовательного типа, основанный на минимизации квадратичного функционала. Метод сеток для решения дифференциальных уравнений со смешанными производными.	1	проверка контрольной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
2.	Моделирование теплообменных процессов.Процедура составления системы дифференциальных уравнений для теплообменника смешения. Решение дифференциального уравнения теплообмена и переход его решения в стационарное. Примеры реализации подобного варианта теплообмена в промышленных условиях	1	прием лабораторной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
3.	Моделирование процессов с межфазным переносом. Процедура составления системы дифференциальных уравнений теплообмена через стенку. Процедура составления дифференциальных уравнений для межфазных химических реакций, протекающих на границе двух сред. Системы уравнений, описывающие межфазные процессы абсорбции, ректификации и экстракции	1	прием лабораторной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
4.	Методы аппроксимации экспериментальных данных.Регрессионный анализ. Статистические критерии воспроизводимости, адекватности и значимости. Метод дробных реплик. Понятия активного и пассивного эксперимента. Матричный метод решения системы уравнений для	2	прием лабораторной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
	нахождения коэффициентов уравнения регрессии. Процедура рандомизации эксперимента			
5.	Основные виды функций отклика сложной системы на внешние возмущения и методы поиска экстремумов многомерных функций, систематизированные как градиентные и безградиентные методы. Метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска, симплекс метод поиска экстремума	2	прием коллоквиума, прием лабораторной работы	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3
	<b>ВСЕГО</b>	<b>7</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>			
Лабораторная работа	4	24	40
Контрольная работа	1	12	20
Коллоквиум	1	24	40
<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
Э. М. Кольцова, А. С. Скичко, А. В. Женса, Численные методы решения уравнений математической физики и химии [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/454210">https://urait.ru/bcode/454210</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
В. В. Кафаров, М. Б. Глебов, Математическое моделирование основных процессов химических производств [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/455050">https://urait.ru/bcode/455050</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек, Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло [Прочее] Учебное пособие для	<a href="https://urait.ru/bcode/455317">https://urait.ru/bcode/455317</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ

вузов: Москва : Юрайт, 2020	
В. В. Токарев, Методы оптимизации [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/454017">https://urait.ru/bcode/454017</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
Ю. Я. Болдырев, Вариационное исчисление и методы оптимизации [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/453455">https://urait.ru/bcode/453455</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
Е. А. Кочегурова, Теория и методы оптимизации [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/451213">https://urait.ru/bcode/451213</a> Режим доступа: по подписке 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

Базы данных

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

категория ПО Наименование Лицензионный договор, соглашение  
САПР Аскон Компас 3D v14  
Научное ПО Gaussian G09W Full Version  
САПР Altair Hyperworks

ПО для коллективной работы Microsoft Teams

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

- доска учебная настенная, экран настенный, проектор;
- столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя.

Оборудование учебных аудиторий для проведения практических и лабораторных занятий:

- 1) Посадочные места по количеству обучающихся;
- 2) Рабочее место преподавателя;
- 3) Комплект учебно- методической документации
- 4) Лабораторные установки

Технические средства обучения:

- 1) Персональный компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ
- 2) Проекционный экран;
- 3) Мультимедийный проектор;
- 4) Доска;
- 5) Колонки.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой:

- комплект учебной мебели;
  - 11 персональных компьютеров;
- с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» составляет 4 ч.

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

- работа в малых группах;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия,);
- системы дистанционного обучения;