

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 «**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**»

Специальность: 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий  
Специализация: Технология пиротехнических средств  
Квалификация выпускника: Инженер  
Форма обучения: Очная  
Институт: Инженерный химико-технологический институт  
Факультет: Факультет энергонасыщенных материалов и изделий  
Кафедра-разработчик: Кафедра «Химической кибернетики»  
Курс; семестр 4; 8

| Вид нагрузки                      | Часы | Зачётные единицы |
|-----------------------------------|------|------------------|
| Лекция                            | 16   | 0,44             |
| Лабораторная работа               | 32   | 0,89             |
| Практическое занятие              | 16   | 0,44             |
| Контроль самостоятельной работы   | 40   | 1,11             |
| Самостоятельная работа            | 85   | 2,36             |
| Форма аттестации: Экзамен (8 сем) | 27   | 0,75             |
| Всего                             | 216  | 6                |

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 907 от 07.08.2020) по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий для специализации «Технология пиротехнических средств» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Профессор

А.М. Гумеров

---

### **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Химической кибернетики», протокол от 26.05.2021 г. № 11.

Заведующий кафедрой *Согласовано* А.Г. Кутузов

### **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» являются:

- а) формирование компетенций к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала, используя различные источники информации с использованием современных компьютерных систем;
- б) приобретение навыков планировать, математически моделировать, проводить, обрабатывать и оценивать эксперимент технологических процессов;
- в) способность разрабатывать математические модели новых систем и осуществлять их экспериментальную проверку.

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

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» относится к обязательной части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Технология пиротехнических средств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» обучающийся по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Высшая математика
2. Информационные технологии
3. Процессы и аппараты химической технологии
4. Системы управления химико-технологическими процессами

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Методы исследований и обработка результатов эксперимента
2. Проектирование пиротехнических производств

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

### **ОПК-1 Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности**

ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы и понятия математических, естественнонаучных и инженерных знаний, теоретические и экспериментальные методы решения профессиональных задач, основы проектирования технических объектов, закономерности протекания химических превращений в масштабах промышленного оборудования

ОПК-1.2. Умеет применять законы и понятия математических, естественнонаучных и инженерных знаний, теоретические и экспериментальные методы решения профессиональных задач, закономерности протекания химических превращений, планировать и ставить научный эксперимент, обрабатывать результаты измерений, применять фундаментальные физические законы для решения инженерных задач

ОПК-1.3. Владеет навыками применения законов и понятий математических, естественнонаучных и инженерных знаний, методами исследования физико-химических свойств материалов и изделий в соответствии со спецификой специальности, навыками работы с измерительными приборами и математическими методами обработки экспериментальных результатов, навыками компьютерного моделирования

### **УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий**

УК-1.1. Знает методы анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода

УК-1.2. Умеет находить и применять информацию, необходимую для критического анализа проблемных ситуаций

УК-1.3. Владеет навыками выработки стратегии действий по решению проблемных ситуаций в профессиональной сфере

## В результате освоения дисциплины обучающийся должен

### Знать:

- теоретические основы построения математических моделей различных процессов;
  - принципы теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез;
  - допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность;
  - технологию решения прикладных задач на персональных компьютерах
- алгоритм системного анализа проблемных ситуаций

### Уметь:

- идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие математические модели;
- использовать методы математического моделирования материалов и технологических процессов;
- делать теоретический анализ и качественные выводы из количественных данных экспериментов.

пользоваться разными поисковыми система для создания объективной информационной картины, критически ее осмыслить для решения поставленной задачи

### Владеть:

- навыками применения методов вычислительной математики и математической статистики в решения инженерных задач;
- навыками разработки вычислительных алгоритмов;
- навыкам расчета технологических задач на персональном компьютере;
- навыками пользования пакетами прикладных программ универсального и проблемно-ориентированного назначения.

приемы

аналитической работы с информацией: выработка стратегии

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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.    | Математическое моделирование. Системный анализ. | 8       | 2                             | 4                    | 4            | 8   | 17  | Лабораторная работа  |
| 2.    | Статистические методы оптимизации               | 8       | 3                             | 6                    | 4            | 8   | 17  |  |

| № 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  |
| 3.    | Моделирование однофазных потоков.                        | 8        | 4                             |                      | 10           | 8         | 17        |  |
| 4.    | Математическое моделирование кинетики химических реакций | 8        | 5                             | 6                    | 6            | 8         | 17        | Коллоквиум; Лабораторная работа                                      |
| 5.    | Математическое моделирование процессов теплопередачи     | 8        | 2                             |                      | 8            | 8         | 17        | Лабораторная работа; Экзамен   |
|       | <b>Итого по семестру</b>                                 | <b>8</b> | <b>16</b>                     | <b>16</b>            | <b>32</b>    | <b>40</b> | <b>85</b> | <b>Экзамен</b>   |

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

| № п/п | Раздел дисциплины  | Часы      | Тема лекционного занятия  | Индикаторы достижения компетенции |
|-------|--|-----------|---|-----------------------------------|
| 1     | 2  | 3         | 4   | 5                                 |
| 1.    | Математическое моделирование. Системный анализ.          | 2         | Математическое моделирование. Системный анализ. Принципы построения математических моделей. Классификация математических моделей. | ОПК-1.1<br>УК-1.1                 |
| 2.    | Статистические методы оптимизации                        | 3         | Статистические методы оптимизации. Уравнение регрессии  | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
| 3.    | Моделирование однофазных потоков.                        | 2         | Структура потоков. Типовые модели структуры потоков   | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
| 4.    |  | 2         | Комбинированные модели  | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
| 5.    | Математическое моделирование кинетики химических реакций | 3         | Основные понятия химической кинетики. Прямая задача кинетики  | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
| 6.    |  | 2         | Идентификация параметров математической модели кинетики   | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
| 7.    | Математическое моделирование процессов теплопередачи     | 2         | Моделирование процессов теплопередачи   | ОПК-1.1<br>УК-1.1<br>УК-1.2       |
|       | <b>ВСЕГО</b>   | <b>16</b> |   |                                   |

### 6. Содержание практических/семинарских занятий

| № п/п | Раздел дисциплины                               | Часы | Тема занятия                 | Индикаторы достижения компетенции     |
|-------|---|------|------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | 2   | 3    | 4                            | 6                                     |
| 1.    | Математическое моделирование. Системный анализ. | 4    | Математическое моделирование | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 2.    | Статистические методы оптимизации               | 6    | Статистические методы        | ОПК-1.3                               |

| № п/п | Раздел дисциплины  | Часы      | Тема занятия                              | Индикаторы достижения компетенции     |
|-------|--|-----------|---|---------------------------------------|
| 1     | 2  | 3         | 4   | 6                                     |
|       |  |           | оптимизации                               | УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3            |
| 3.    | Математическое моделирование кинетики химических реакций | 6         | Моделирование кинетики химических реакций | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
|       | <b>ВСЕГО</b>   | <b>16</b> |   |                                       |

### 7. Содержание лабораторных занятий

| № п/п | Раздел дисциплины  | Часы      | Тема занятия  | Индикаторы достижения компетенции |
|-------|--|-----------|---|-----------------------------------|
| 1     | 2  | 3         | 4   | 6                                 |
| 1.    | Математическое моделирование. Системный анализ.          | 4         | Освоение работы в среде Mathcad. Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости.                                  | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
| 2.    | Статистические методы оптимизации                        | 4         | Обработка результатов полного трехфакторного эксперимента   | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
| 3.    | Моделирование однофазных потоков.                        | 5         | Определение основных характеристик процесса конвективной диффузии на основании решения однопараметрической диффузионной модели. | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
| 4.    |  | 5         | Исследование гидродинамики насадочного абсорбера  | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
| 5.    | Математическое моделирование кинетики химических реакций | 6         | Моделирование кинетики гомогенных химических реакций. Построение математической модели и решение уравнений модели               | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
| 6.    | Математическое моделирование процессов теплопередачи     | 8         | Моделирование теплообменного аппарата   | ОПК-1.2<br>УК-1.2<br>УК-1.3       |
|       | <b>ВСЕГО</b>   | <b>32</b> |   |                                   |

### 8. Самостоятельная работа

| № п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу                | Часы | Форма СРС                       | Индикаторы достижения компетенции     |
|-------|--|------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | 2  | 3    | 5                               | 6                                     |
| 1.    | Математическое моделирование. Системный анализ           | 17   | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 2.    | Статистические методы оптимизации                        | 17   | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 3.    | Моделирование однофазных потоков                         | 17   | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 4.    | Математическое моделирование кинетики химических реакций | 17   | коллоквиум, лабораторная работа | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2           |

| № п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу            | Часы      | Форма СРС           | Индикаторы достижения компетенции     |
|-------|--|-----------|---------------------|---------------------------------------|
| 1     | 2  | 3         | 5                   | 6                                     |
|       |  |           |                     | УК-1.3                                |
| 5.    | Математическое моделирование процессов теплопередачи | 17        | лабораторная работа | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
|       | <b>ВСЕГО</b>   | <b>85</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.    | Математическое моделирование. Системный анализ | 8         | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 2.    | Статистические методы оптимизации              | 8         | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 3.    | Моделирование однофазных потоков               | 8         | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 4.    | Моделирование кинетики химических реакций      | 8         | коллоквиум, лабораторная работа | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
| 5.    | Моделирование процессов теплопередачи          | 8         | лабораторная работа             | ОПК-1.3<br>УК-1.1<br>УК-1.2<br>УК-1.3 |
|       | <b>ВСЕГО</b>                                   | <b>40</b> |                                 |                                       |

### 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Математическое моделирование 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>8-й семестр</b>  |        |            |             |
| Лабораторная работа | 6      | 12         | 24          |
| Коллоквиум          | 1      | 24         | 36          |
| Экзамен             | 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 «Математическое моделирование технологических процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| Основные источники информации  | Количество экземпляров  |
|--|---|
| Ас.М. Гумеров, Н.М. Валеев, Аз.М. Гумеров [и др.], Математическое моделирование химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 240802 "Основные процессы хим. производств и хим. кибернетика": М. : КолосС, 2008 | 490 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «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><br>Режим доступа: по подписке КНИТУ |
| А.Р. Мухутдинов, З.Р. Вахидова, М.Р. Файзуллина, Основы моделирования и оптимизации материалов и процессов в Microsoft Excel [Учебник] учеб. пособие: Казань : Изд-во КНИТУ, 2017  | 66 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «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><br>Режим доступа: по подписке КНИТУ |
| , Математическое и физическое моделирование химико-технологических процессов [Прочее] Рабочая программа по направл. 550900 Теплоэнергетика, для спец. 100800 Энергетика теплотехнологий: Казань : КГТУ, 2003   | 10 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»   |

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| Дополнительные источники информации  | Количество экземпляров        |
|--|-------------------------------|
| , Математическое моделирование гидродинамических характеристик реактора [Методическое пособие] метод. указ.: Казань : Изд-во КНИТУ, 2016                                       | 10 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |
| , Математическое моделирование технологических процессов в среде Mathcad [Методическое пособие] метод. указания к лабораторным работам: Казань : Изд-во КГТУ, 2006             | 10 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»  |

### 11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Математическое моделирование 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 «Znaniium.com»: Режим доступа: <http://znaniium.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 «Математическое моделирование 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

Научное ПО PTC Mathcad Education University Edition

Научное ПО PTC Mathcad Education University Edition

Научное ПО Mathematica Professional Version Educational

Управленческое ПО 1С: Предприятие8. Комплект для обучения в высших средних учебных заведениях

Научное ПО Gaussian G09W Full Version

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 персональными компьютерами и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой 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 «Математическое моделирование технологических процессов» составляет 34 ч.

В процессе освоения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» используются следующие образовательные технологии:

- 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);
- разработка проекта (метод проектов);
- использование общественных ресурсов, социальные проекты и другие внеаудиторные методы обучения, например просмотр и обсуждение видеофильмов, экскурсии, приглашение специалиста, спектакли, выставки;
- системы дистанционного обучения.