

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и  
строительства

Кафедра металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе  
Д.В. Мулов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов  
(наименование дисциплины)

18.03.01 Химическая технология  
(код, наименование направления)

Химическая технология природных энергоносителей  
и углеродных материалов  
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

*Цели дисциплины.* Целью изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» является овладение методами математического моделирования и применение их в исследовании и оптимизации химико-технологических процессов.

*Задачи изучения дисциплины:*

– обучение студентов методологии составления математического описания процессов с учетом структуры потоков;

– проведение численных исследований химико-технологических процессов на ЭВМ и использование последних для решения задач проектирования и оптимизации;

– приобретение навыков управления технологическими процессами на тренажерах операторов технологических установок.

*Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональных компетенций (ОПК-5, ОПК-6) выпускника.*

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий. Основывается на базе дисциплин: «Математика», «Физика», «Информатика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Процессы и аппараты химической технологии».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с моделированием технологических процессов.

Курс является фундаментом для ориентации студентов в сфере построения и анализа моделей химико-технологических процессов.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак.ч.

Программой дисциплины предусмотрены:

– при очной форме обучения – лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (108 ак.ч.);

– при заочной форме обучения – лекционные (6 ак.ч.), практические (6 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (168 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ОПК-5	ОПК-5.1 Знает методы химического анализа и оборудование для научного эксперимента, основы информатики и компьютерной графики. ОПК-5.2 Умеет планировать и проводить физические и химические эксперименты по анализу сырья, материалов и готовой продукции с использованием правил техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, решать профессиональные задачи, применяя современные информационные технологии. ОПК-5.3 Владеет статистическими методами обработки экспериментальных данных для анализа технологических процессов
Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-6	ОПК-6.1 Знает основы информатики, информационных технологий. Осуществляет подбор современных информационных технологий и использует специализированное программное обеспечение в профессиональной деятельности. ОПК-6.2 Умеет использовать возможности информационно-вычислительных сетей, современные сервисы сети Интернет для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-6.3 Владеет навыками использования современных компьютерных технологий поиска информации, критического анализа этой информации и обоснования принятых идей и подходов для решению задач профессиональной деятельности.

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		5
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	108	108
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	36	36
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	10
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиумам	6	6
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к зачету	9	9
Промежуточная аттестация –зачет (З)	3	3
Общая трудоёмкость дисциплины		
	ак.ч.	180
	з.е.	5

## **5 Содержание дисциплины**

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 3 темы:

- тема 1 (Модели и моделирование);
- тема 2 (Физические модели);
- тема 3 (Основы математического моделирования).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Модели и моделирование	Система, элемент, связь. Классификация систем. Модель. Классификация моделей.	8	Знакомство с оснащением лабораторий кафедры МЧМ. Классификация имеющихся моделей технических систем	8		
2	Физические модели	Основные положения теории подобия. Критерии подобия. Анализ размерностей. Основные и производные единицы измерения.	10	Расчеты безразмерных соотношений при физическом моделировании. Использование критериев подобия при физическом моделировании	10	–	–
3	Основы математического моделирования	Этапы построения математической модели: постановка задачи, определение концептуальной модели, структурный синтез модели, идентификация параметров. Основные подходы к построению математических моделей. Алгебраические и дифференциальные уравнения. Стохастические модели. Идентификация параметров модели. Проверка адекватности модели. Корректировка и использование модели	18	Сбор и подготовка данных для математического моделирования. Пассивная идентификация параметров математической модели. Представление результатов моделирования. Проверка математической модели	18	–	–
Всего аудиторных часов			36		36		–

Таблицы 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Модели и моделирование	Система, элемент, связь. Классификация систем. Модель. Классификация моделей.	2	Знакомство с оснащением лабораторий кафедры МЧМ. Классификация имеющихся моделей технических систем	2		
2	Физические модели	Основные положения теории подобия. Критерии подобия. Анализ размерностей. Основные и производные единицы измерения.	2	Расчеты безразмерных соотношений при физическом моделировании. Использование критериев подобия при физическом моделировании	2	–	–
3	Основы математического моделирования	Этапы построения математической модели: постановка задачи, определение концептуальной модели, структурный синтез модели, идентификация параметров. Основные подходы к построению математических моделей. Алгебраические и дифференциальные уравнения. Стохастические модели. Идентификация параметров модели. Проверка адекватности модели. Корректировка и использование модели	2	Сбор и подготовка данных для математического моделирования. Пассивная идентификация параметров математической модели. Представление результатов моделирования. Проверка математической модели	2	–	–
Всего аудиторных часов			6		6		–

∞

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-5, ОПК-6	зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах – всего 40 баллов;

– написание реферата (выполнение контрольной работы – для студентов ЗФО) – всего 20 баллов;

– практические работы – всего 40 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.4).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

### 6.2 Темы для рефератов (контрольных работ) – индивидуальное задание

- 1) Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
- 2) Гидродинамические критерии подобия.
- 3) Тепловые критерии подобия.
- 4) Стохастические математические модели.
- 5) Верификация и валидация математической модели.
- 6) Построение графиков. Методы определения коэффициентов эмпирических формул. Метод средних. Метод наименьших квадратов.
- 7) Модель процесса абсорбции.
- 10) Модель процесса ректификации.
- 11) Модель процесса сушки.
- 12) Модель процесса адсорбции.
- 13) Составление материального баланса для периодических и непрерывных процессов.
- 14) Составление математической модели теплопереноса.

### 6.3 Оценочные средства (тесты) для текущего контроля успеваемости и коллоквиумов

Тема 1 Модели и моделирование.

- 1) Определение понятия система.
- 2) Что такое иерархическая система, элемент, связь?
- 3) Объясните свойства систем: управляемость, стойкость, надежность, др.
- 4) Объясните классификацию систем: статичные и динамические, непрерывные и дискретные, др.
- 5) Приведите примеры систем: технологические, производственные, экономические, др. (связки, элементы, др.)
- 6) Определения понятия модель.
- 7) Объясните классификацию моделей: вероятностные и детерминированные, статичные и динамические, имитационные,
- 8) Раскройте понятие оптимизации.
- 9) Поясните классификацию химических процессов по физико-химическим и физическим признакам.

Тема 2 Физические модели.

- 1) Что такое физическое моделирование?

- 2) Что такое аналоговое моделирование?
- 3) Поясните условия подобия системы и модели.
- 4) Поясните основные положения теории подобия.
- 5) Как строятся критерии подобия?
- 6) Что такое анализ размерностей?
- 7) Как построить физическую модель системы?
- 8) Поясните основные гидродинамические критерии подобия.
- 9) Поясните основные тепловые критерии подобия.
- 10) Поясните критерии подобия, характеризующие процессы массопереноса.

Тема 3 Основы математического моделирования.

- 1) Что такое интуитивное и знаковое моделирование?
- 2) Дайте определения понятия математической модели.
- 3) Приведите примеры классификации математических моделей.
- 4) Какие этапы построения математической модели?
- 5) Что такое идентификация параметров модели?
- 6) Как проводят пассивную идентификацию параметров модели?
- 7) Как проводят активную идентификацию параметров модели?
- 8) Каковы позитивные качества и недостатки статистических моделей?
- 9) Составьте математическую модель движущегося однофазного потока жидкости (уравнение движения Эйлера и Навье-Стокса).
- 10) Составьте математическую модель теплопроводности в элементарном объеме (дифференциальное уравнение теплопроводности).
- 11) Составьте математическую модель конвективного переноса тепла в элементарном объеме движущейся среды на основе уравнения Фурье-Кирхгофа.
- 12) Составьте модель массопереноса.
- 13) Поясните принципы математического описания процессов химического превращения (кинетические модели).
- 14) Поясните математические модели химических реакторов.

#### **6.4 Вопросы для подготовки к зачету**

- 1) Определение понятия система.
- 2) Что такое иерархическая система, элемент, связь?
- 3) Объясните свойства систем: управляемость, стойкость, надежность, др.
- 4) Объясните классификацию систем: статичные и динамические, непрерывные и дискретные, др.
- 5) Приведите примеры систем: технологические, производственные, экономические, др. (связки, элементы, др.)
- 6) Определения понятия модель.
- 7) Объясните классификацию моделей: вероятностные и детерминированные, статичные и динамические, имитационные,
- 8) Раскройте понятие оптимизации.

- 9) Поясните классификацию химических процессов по физико-химическим и физическим признакам.
- 10) Что такое физическое моделирование?
- 11) Что такое аналоговое моделирование?
- 12) Поясните условия подобия системы и модели.
- 13) Поясните основные положения теории подобия.
- 14) Как строятся критерии подобия?
- 15) Что такое анализ размерностей?
- 16) Как построить физическую модель системы?
- 17) Поясните основные гидродинамические критерии подобия.
- 18) Поясните основные тепловые критерии подобия.
- 19) Поясните критерии подобия, характеризующие процессы массопереноса.
- 20) Что такое интуитивное и знаковое моделирование?
- 21) Дайте определения понятия математической модели.
- 22) Приведите примеры классификации математических моделей.
- 23) Какие этапы построения математической модели?
- 24) Что такое идентификация параметров модели?
- 25) Как проводят пассивную идентификацию параметров модели?
- 26) Как проводят активную идентификацию параметров модели?
- 27) Каковы позитивные качества и недостатки статистических моделей?
- 28) Составьте математическую модель движущегося однофазного потока жидкости (уравнение движения Эйлера и Навье-Стокса).
- 29) Составьте математическую модель теплопроводности в элементарном объеме (дифференциальное уравнение теплопроводности).
- 30) Составьте математическую модель конвективного переноса тепла в элементарном объеме движущейся среды на основе уравнения Фурье-Кирхгофа.
- 31) Составьте модель массопереноса.
- 32) Поясните принципы математического описания процессов химического превращения (кинетические модели).
- 33) Поясните математические модели химических реакторов.

### **6.5 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### *Основная литература*

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211445> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Федорова, С. А. Моделирование химико-технологических процессов. Конспект лекций : учебное пособие / С. А. Федорова. — Севастополь : СевГУ, 2022. — 182 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301628> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Арутюнян, С. А. Моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / С. А. Арутюнян. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. — 98 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195081> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### *Дополнительная литература*

1. Егорова, Е. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебно-методическое пособие / Е. В. Егорова, А. Ю. Закгейм. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218615> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Моделирование химико-технологических процессов в пакете Mathcad Prime : учебное пособие / А. В. Клинов, А. В. Малыгин, И. П. Анашкин, Л. Р. Минибаева. — Казань : КНИТУ, 2022. — 148 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/412325> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Чернухин, Р. В. Моделирование и исследование систем управления химико-технологических процессов : учебное пособие / Р. В. Чернухин. — Новосибирск : НГТУ, 2021. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/216329> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### *Учебно-методическое обеспечение*

1. Методические указания к лабораторным и самостоятельным занятиям по дисциплине «Моделирование систем и процессов» : (для студентов, обучающихся по специальности 15.04.03 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Управление и

инновации в автоматизированных системах и технологических процессах», бакалавр, форма обучения: очная и заочная) / сост. Н.Н. Шиков, Н.З. Бойко, Р.Ю. Ткачев ; Каф. Управления инновациями в промышленности . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2023 . — 131 с. — URL: <https://www.library.dstu.education/download.php?rec=131708> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Моделирование и оптимизация технологических процессов» : (для студентов по специальности 22.04.02 «Металлургия» профиль «Обработка металлов давлением») / сост. А.В. Токарев, Н.Г. Митичкина ; Каф. Обработки металлов давлением и металловедения . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2021 . — 34 с. URL: <https://www.library.dstu.education/download.php?rec=127529> (дата обращения: 28.08.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education). — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст : электронный.

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения:  <i>Лекционная аудитория. (60 посадочных мест)</i>            Аудитории для проведения лабораторных занятий, для самостоятельной работы:  <i>компьютерный класс (учебная аудитория) для проведения лабораторных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</u></i>  <i>Персональные компьютеры, Проектор АСЕР X110</i></p>	<p>ауд. <u>302</u> лабораторный корп.</p> <p>ауд. <u>207</u> лабораторный корп.</p>

## Лист согласования РПД

Разработал

проф. кафедры металлургических  
технологий

(должность)



(подпись)

А.Л. Кухарев

(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(должность)\_\_\_\_\_  
(подпись)\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)\_\_\_\_\_  
(должность)\_\_\_\_\_  
(подпись)\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)И.о. заведующего кафедрой  
металлургических технологий

(подпись)

Н.Г. Митичкина

(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры  
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

Согласовано

Председатель методической комиссии по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»	 (подпись) <u>Н.Г. Митичкина</u> (Ф.И.О.)
Начальник учебно-методического центра	 (подпись) <u>О.А. Коваленко</u> (Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	