

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

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

Факультет металлургического и машиностроительного производства
Кафедра металлургических технологий



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и оптимизация технологических процессов
(наименование дисциплины)

22.04.02 Metallurgia
(код, наименование специальности)

Металлургия черных металлов
(магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов» является подготовка будущего магистра к решению научно-исследовательских и инженерных задач.

Задача изучения дисциплины:

–формирование практические навыки создания математических и физических моделей.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной (ОПК-1) и профессиональной (ПК-3) компетенций выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов»: курс входит в БЛОК 1 («Дисциплины (модули)», «Обязательная часть Блока 1») подготовки студентов специальности 22.04.02 Metallургия (магистерской программы «Metallургия черных металлов»).

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Основывается на базе дисциплин: «Моделирование процессов и объектов», «Математическое и компьютерное обеспечение металлургических технологий».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Организация и техника исследований», «Организация и математическое планирование эксперимента».

Приобретенные знания могут быть использованы при подготовке и защите выпускной квалификационной работы, при прохождении преддипломной практики, а также в процессе профессиональной деятельности.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 3 зачетные единицы, 108 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (9 ак.ч.), практические (27 ч) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 3 зачетные единицы, 108 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (100 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

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

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции по ОПОП ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции		
Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	ОПК-1	<p>ОПК-1.1 Знает: фундаментальные основы строения современных материалов; содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.</p> <p>ОПК-1.2 Умеет: выбирать перспективные стали и сплавы для решения производственных задач; решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.3 Имеет практический опыт: решения исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний.</p>
Профессиональные компетенции		
Способен анализировать, моделировать и совершенствовать процессы производства черных металлов и управлять современными технологическими процессами их получения.	ПК-3	<p>ПК-3.1 Знает: методики расчета материальных и тепловых балансов производства черных металлов; способы анализа, моделирования и совершенствования процессов производства черных металлов; технологические параметры существующих технологий производства черных металлов; особенности технологий производства черных металлов; современное состояние ресурсной базы металлургических предприятий; методы проведения исследований для подтверждения способов совершенствования технологии производства черных металлов.</p>

Продолжение таблицы 1

Содержание компетенции	Код компетенции по ОПОП ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенции
		<p>ПК-3.2 Умеет: проводить расчеты тепловых и материальных балансов производства черных металлов; управлять современными технологическими процессами получения черных металлов; искать и анализировать информацию по способам совершенствования процессов производства черных металлов; подбирать параметры работы технологических агрегатов при изменении параметров шихты; анализировать и совершенствовать технологии производства черных металлов; проводить исследование и анализировать полученные результаты.</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками расчетов тепловых и материальных балансов процессов плавки; моделирования современных технологических процессов получения черных металлов; поиска и анализа научной и научно-практической информации; расчетов тепловых и материальных балансов процессов получения черных металлов; моделирования процессов производства черных металлов; планирования и проведения исследований</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, к текущему контролю, 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
		1
Аудиторная работа, в том числе:	36	36
Лекции (Л)	9	9
Практические занятия (ПЗ)	27	27
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
Курсовая работа/курсовой проект	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	2	2
Подготовка к лабораторным работам	–	–
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	27	27
Расчетно-графическая работа (РГР)	–	–
Реферат (индивидуальное задание)	–	–
Домашнее задание	–	–
Подготовка к контрольной работе	13	13
Подготовка к коллоквиуму	–	–
Аналитический информационный поиск	–	–
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к зачету	12	12
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3(2)	3(2)
Общая трудоёмкость дисциплины		
ак.ч.	108	108
з.е.	3	3

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п. 3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Практика построения физических и математических моделей);
- тема 2 (Назначение и использование моделей);
- тема 3 (Постановка задачи оптимизации);
- тема 4 (Решение задач оптимизации металлургических технологий: линейное и динамическое программирование).

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	Практика построения физических и математических моделей	Общие принципы построения модели процесса. Блочный принцип описания объекта исследований. Применение типовых операторов для описания объекта исследований. Типы моделей. Методы проверки адекватности модели и объекта и ее коррекция	2	Понятие модели. Классификация моделей. Практика моделирование металлургических процессов. Основные положения теории размерностей и их использование для моделирования.	4 4	–	–
2	Назначение и использование моделей	Модели материальных и тепловых балансов металлургических процессов. Принципы составления материальных и тепловых балансов металлургических процессов. Анализ материальных балансов	2	Решение задачи физического моделирования процесса Использование критериев подобия в физическом моделировании процесса	4 4	–	–
3	Постановка задачи оптимизации	Формулирование задачи оптимизации. Физическое моделирование. Эмпирические модели.	2	Эмпирические модели	3	–	–
4	Решение задач оптимизации металлургических технологий: линейное и динамическое программирование	Математические модели как основа оптимизации технологических процессов. Оптимизация методом дифференциального исчисления. Поиск оптимума численными методами	3	Решение задачи оптимизации динамическим программированием Основные подходы к решению многокритериальных задач оптимизации	4 4	–	–
Всего аудиторных часов			9	–	27	–	–

Таблица 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	Практика построения физических и математических моделей	Общие принципы построения модели процесса. Блочный принцип описания объекта исследований. Применение типовых операторов для описания объекта исследований. Типы моделей. Методы проверки адекватности модели и объекта и ее коррекция	2	Основные положения теории размерностей и их использование для моделирования.	2	–	–
2	Назначение и использование моделей	Модели материальных и тепловых балансов металлургических процессов. Принципы составления материальных и тепловых балансов металлургических процессов. Анализ материальных балансов	2	Использование критериев подобия в физическом моделировании процесса	2	–	–
Всего аудиторных часов			4	–	4	–	–

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) 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-1, ПК-3	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

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

- Устный опрос – всего 25 баллов;
- практические работы – всего 55 баллов.
- итоговая контрольная работа – 20 баллов

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе 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 и оптимизация технологических процессов» проводится устно по вопросам, представленным ниже (п.п. 6.5).

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 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Практика построения физических и математических моделей

- 1) Назовите основные этапы моделирования.
- 2) Чем характеризуется физическое моделирование?
- 3) Чем характеризуется математическое моделирование?

Тема 2 Назначение и использование моделей

- 1) Назовите этапы составления математического описания.
- 2) Что является задачей моделирующего алгоритма?
- 3) Что понимают под системным анализом процесса?
- 4) Дайте характеристику модели идеального перемешивания.
- 5) Дайте характеристику модели идеального вытеснения.
- 6) Дайте характеристику диффузионной модели.
- 7) Дайте характеристику комбинированной модели.
- 8) Какая методика является общепринятой методикой определения параметров моделей по кривым отклика аппарата на ввод трассера в форме различных возмущающих функций?

10) Назовите основные принципы построения кинетических моделей для описания химических превращений.

11) Какими методами нелинейного программирования осуществляют определение кинетических констант сложных реакций?

12) Опишите методику составления уравнений модели с учетом химических превращений и переноса вещества движущимся потоком в аппарате идеального смешения.

13) Приведите расчетную формулу метода Эйлера для численного решения дифференциальных уравнений.

14) К какому типу относится модель, являющаяся комбинацией последовательных ячеек идеального смешения?

15) При каком значении m (число ячеек) ячеечная модель переходит в модель идеального вытеснения?

Тема 3 Постановка задачи оптимизации

- 1) Уравнение факторной дисперсии?
- 2) Что определяется на основании данных параллельных опытов и характеризует равноточность измерения во всех опытах?
- 3) Математическая модель, воспроизводящая поведение процессов во времени?

4) Какой критерий является мерой отношения сил инерции, характеризующихся скоростью, к силам внутреннего трения, характеризующихся вязкостью?

5) Мера первоначальной неопределенности объекта, зависящая от числа возможных его состояний и от вероятностей этих состояний?

6) Отношение общей суммы квадратов отклонений величины Y от общей средней y к числу степеней свободы?

Тема 4 Решение задач оптимизации металлургических технологий: линейное и динамическое программирование.

1) Понятие экстремальной задачи. Классификация задач. Лагранжева теория двойственности. Слабая теорема двойственности.

2) Лагранжева теория двойственности. Седловая точка. Теорема о седловой точке.

3) Задача линейного программирования. Базисное допустимое решение (БДР). Теорема о связи БДР и крайней точки множества. Критерий разрешимости (без доказательства).

4) Идея Симплекс метода. Элементарное преобразование БДР.

5) Симплекс таблица. Элементарное преобразование БДР. Симплекс метод. Лексикографический симплекс метод. Метод искусственного базиса.

6) Двойственность в линейном программировании. Теоремы двойственности.

7) Теорема Фаркаша-Минковского, ее следствия (теорема Гордана).

8) Конус возможных направлений. Достаточное условие возможного направления. Конусы внутренней и внешней аппроксимации. Теорема о замыкании конуса возможных направлений.

9) Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера.

6.5 Вопросы для подготовки к зачету

1) Что такое модель?

2) Какие модели существуют?

3) В какой области применяют модели?

4) Что такое активная идентификация модели?

5) Опишите основные этапы построения математической модели.

6) Что называют подобием исследуемого процесса и модели?

7) Как назначают критерии подобия?

8) Чем ограничиваются модели?

9) Опишите эволюционное планирование в технологическом процессе.

10) Что понимают под оптимизацией процесса?

11) Как оценивается оптимизация процесса?

12) Что такое критерий оптимизации?

13) Опишите сущность оптимизации линейным программированием.

14) Опишите сущность оптимизации динамическим программированием.

15) В чем заключается преимущество решения задач многокритериаль-

ной оптимизации?

16) Опишите метод Эйлера для численного решения дифференциальных уравнений.

17) Что такое диффузионная модель?

18) В чем суть метода наименьших квадратов?

19) Что называют экстремальными задачами?

20) Опишите метод Лагранжа.

21) В чем заключается задача линейного программирования?

22) В чем заключается задача динамического программирования?

23) Опишите основы симплекс метода.

24) Опишите метод штрафных функций.

25) В чем суть решения дифференциальных уравнений методом Коши?

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендованная литература

Основная литература

1. Рябов, А. В. Моделирование и оптимизация технологических процессов : учебное пособие / А. В. Рябов, И. В. Чуманов, О. Ю. Тарасова. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-1850-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/428597> (дата обращения: 25.07.2024).

2. Попов, Моделирование технологических процессов : учебное пособие / Попов, М. Д. . — Кемерово : КемГУ, 2020. — 138 с. — ISBN 978-5-8353-2765-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/233378> (дата обращения: 25.07.2024).

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: 25.07.2024).

Дополнительная литература

4. Гончаров, В. А. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. А. Гончаров. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 191 с. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/A3F5043E-A3B7-445C-BA24-48EDCD4F9EAE/> (дата обращения: 25.07.2024).

5. Шариков Ю.В. Моделирование процессов и объектов в химических технологиях. / Ю. В. Шариков. — СПб.: Горн. ун-т, 2015. 145 с.— URL: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&ask=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=I=%2D096995 (дата обращения: 27.07.2024).

6. Введение в управление технологиями: учеб. пособие / П.А. Петров/ — Издательство Art-Xpress, — 2015. — 66 с. URL: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=I=%D0%90%2088946%2F%D0%92%2024%2D929524889 (дата обращения: 25.07.2024)

7. Власов К.П. Методы научных исследований и организации эксперимента: Учеб. пособие / Ред. А.А. Гальнбек. — С.-Петербург. гос. горн. ин-т. Каф. печей, контроля и автоматизации металлургического производства. СПб.: СПГИ, 2000. 116 с.
<https://search.rsl.ru/ru/record/01000674383?ysclid=m84b10rgn4531483293> (дата обращения: 25.07.2024).

8. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач цветной металлургии. М.: ГУП Изд. дом "Руда и металлы", 1999. —

147 с.

https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_2b762dfd47b68d8d9a3c432b48941cfc/?ysclid=m84bp9r12l720844149 (дата обращения: 25.07.2024).

9. Шариков Ю.В. Моделирование процессов и объектов в химических технологиях: учеб. пособие / Ю. В. Шариков. СПб. : Горн. ун-т, 2015. 145 с. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=I=%2D096995 (дата обращения: 25.07.2024).

Учебно-методическое обеспечение

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

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст: электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.
3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.
4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст: электронный.
5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.—Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.
6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>
7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>
8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>
9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>
10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>
11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>
12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>
13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>
14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>
15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

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
Компьютер AMD K-6, компьютер CELERON, звуковые колонки Microsoft Office, Тренажер доменщика, тренажер агломератчика, Тренажер сталеплавильщика	207 лабораторный корпус Площадь 29,68 м ² Компьютерный класс

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.

И.о. декана факультета горно-металлургической
промышленности и строительства

(подпись)

О. В. Князьков

(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
22.04.02 Металлургия

(подпись)

Н.Г. Митичкина

(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра



(подпись)

О.А. Коваленко

(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	