

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 26.04.2023 11:40:35

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Моделирование и оптимизация металлургических процессов

Закреплена за подразделением Кафедра металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Цифровое управление технологическими процессами металлургии и машиностроения

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	8	8	8	8
Практические	26	26	26	26
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Еланский Дмитрий Геннадьевич*

Рабочая программа

**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление 22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-13.plx Цифровое управление технологическими процессами металлургии и машиностроения, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление 22.04.02 Металлургия, Цифровое управление технологическими процессами металлургии и машиностроения, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов**

Протокол от 09.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Дуб А.В.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины - сформировать представление о теоретических основах математического моделирования, научить студента использованию применительно к технологическим процессам черной металлургии.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.1.2	Автоматизация проектирования и моделирования систем	
2.1.3	Введение в аддитивные технологии	
2.1.4	Методы контроля и анализа	
2.1.5	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.6	Численные методы	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: Умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием инновационных средств автоматизированного и компьютерного проектирования</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31	Принципы моделирования применительные к металлургическим процессам.
ПК-3-32	Использовать различные методы построения математических моделей, базирующихся на статистическом анализе, термодинамических закономерностях, теории подобия.
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-5-31	Теоретические основы математического моделирования.
ОПК-5-32	Основные способы оптимизации модели.
<b>ПК-3: Умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием инновационных средств автоматизированного и компьютерного проектирования</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1	Применять принципы математического моделирования к технологическим процессам металлургии.
<b>Владеть:</b>	
ПК-3-В1	Навыком применения моделирования на всех этапах производства.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения</b>							

1.1	Натурный образец и модель. Математическая модель. Классификация моделей: по назначению, по уровню сложности, по выполняемой функции, по свойствам, по способу построения. Процесс построения математической модели. Особенности технологических процессов черной металлургии как объектов моделирования. /Лек/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.9			
	<b>Раздел 2. Статистические методы построения моделей</b>							
2.1	Пассивный эксперимент. Нахождение коэффициентов линейных моделей по минимуму дисперсии отклонений прогнозируемой величины от ее фактического значения. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2			
2.2	Активный многофакторный эксперимент. Нахождение линейных и перекрестных коэффициентов моделей по минимуму дисперсии отклонений прогнозируемой величины от ее фактического значения. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.4			
2.3	Корреляционный анализ. Основные этапы и приемы построения линейных гипотез прогноза определяющих переменных. /Лек/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6 Э3			
2.4	Анализ остатков. Выбор наилучшей модели из конкурирующих. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6			
	<b>Раздел 3. Методы построения детерминированных моделей, описывающих термодинамическое равновесие химических систем</b>							
3.1	Параметры, описывающие равновесные термодинамические системы. Основные компоненты и базис компонент химических систем. Стехиометрическая матрица. Закон действующих масс. /Лек/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.10			

3.2	Система уравнений для поиска равновесных концентраций при использовании принципа максимума энтропии. Использование метода неопределенных множителей Лагранжа для поиска оптимума функции, имеющей ограничения в виде равенств. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.7			
3.3	Использование принципа минимума энергии Гиббса. Энергия Гиббса многофазной многокомпонентной системы. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.9			
	<b>Раздел 4. Теория подобия как основа построения моделей сложных систем</b>							
4.1	Классы явлений, единичное явление. Подобные явления, группы явлений. Подобие геометрических фигур. /Лек/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.12			
4.2	Критерии подобия в теплопередаче и диффузии, при свободной и вынужденной конвекции, при взаимодействии затопленных струй с жидкой ванной. /Пр/	3	6	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.9			
	<b>Раздел 5. Динамические модели</b>							
5.1	Постановка задачи. Декомпозиция объекта моделирования, элементарные зоны, их взаимодействие. Синтез модели и ее идентификация. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.9			
5.2	Динамика окислительных процессов. Модель с сосредоточенными параметрами. Модель с распределенными параметрами. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.10			
	<b>Раздел 6. Использование принципа динамического моделирования</b>							
6.1	Принцип оптимальности Беллмана. Задача об оптимальной траектории /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.5 Э2			
	<b>Раздел 7. Методы оптимизации в задачах моделирования</b>							
7.1	Методы нулевого порядка – покоординатного спуска, симплексные методы. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Э1			

7.2	Методы первого и второго порядков – выбор направления спуска, выбор способа движения вдоль направления спуска. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.3			
	<b>Раздел 8. Самостоятельная работа</b>							
8.1	Самостоятельная работа по выполнению курсового проекта /Ср/	3	74	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Зачет с оценкой		<p>1. Что понимается под объектом моделирования?</p> <p>2. Что такое гипотеза в моделировании?</p> <p>3. Дайте определение модели.</p> <p>4. Что такое математическая модель?</p> <p>5. Приведите пример аналогии в физических процессах.</p> <p>6. Дайте классификацию процессов как объектов моделирования.</p> <p>7. Чем отличаются стохастические процессы от детерминированных?</p> <p>8. Опишите постановку задачи моделирования в общем виде.</p> <p>9. Дайте общую классификацию математических моделей.</p> <p>10. Какова структура модели математического программирования?</p> <p>11. Что понимают под структурно-параметрическим описанием объекта моделирования?</p> <p>12. В чем состоит различие между линейными и нелинейными моделями?</p> <p>13. В каких случаях используется корреляционный коэффициент, а в каких – корреляционное отношение как критерий адекватности модели?</p> <p>14. Дайте классификацию моделируемых процессов по характеру протекания.</p> <p>15. Сформулируйте задачу безусловной оптимизации.</p> <p>16. Каковы необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах одномерной безусловной оптимизации?</p> <p>17. В чем состоит свойство унимодальности функций?</p> <p>18. Сформулируйте утверждение, на которое опираются все методы одномерной минимизации.</p> <p>19. Опишите алгоритм, позволяющий найти начальный отрезок локализации минимума.</p> <p>20. Назовите преимущества и недостатки методов дихотомии, Фибоначчи и золотого сечения.</p> <p>21. В чем состоит суть интерполяционных методов минимизации?</p> <p>22. Дайте определение направления убывания. Сформулируйте необходимые и достаточные условия направления убывания.</p> <p>23. В чем состоит общая идея методов спуска? Укажите хотя бы один метод, являющийся методом спуска.</p> <p>24. Что такое моно- и мультимодальные функции?</p>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Курсовой проект		Создать модель в соответствии с индивидуальным заданием и темой НИР студента. Подготовить демонстрацию модели и презентацию работы
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
Экзамен не предусмотрен.			
<b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>			
<p>Конспект лекций          Конспект дополнительных материалов          Отчёт по трем ДЗ          Собеседование</p> <p>Отлично</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знать основные принципы моделирования.</li> <li>2. Уметь создавать модели различных металлургических процессов.</li> <li>3. Уметь находить способы оптимизации модели различных металлургических процессов.</li> </ol> <p>Хорошо</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знать основные принципы моделирования.</li> <li>2. Уметь создавать модели различных металлургических процессов.</li> </ol> <p>Удовлетворительно</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знать основные принципы моделирования.</li> </ol> <p>Не удовлетворительно</p> <p>Не иметь знаний в области моделирования.</p>			

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Васильев Ф. П.	Методы оптимизации: учебник	Электронная библиотека	Москва: МЦНМО, 2011
Л1.2	Трусов П. В.	Введение в математическое моделирование: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2004
Л1.3	Летова Т. А., Пантелеев А. В.	Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2011
Л1.4	Беликова Н. А., Горелова В. В., Юсупова О. В.	Математическое моделирование: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009
Л1.5	Беллман Р., Дрейфус С., Митрофанова Н. М., Первозванский А. А., Хусу А. П., Шалаевский О. В., Первозванский А. А.	Прикладные задачи динамического программирования	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1965
Л1.6	Коннов Н. М.	Корреляционный анализ: методические указания: методическое пособие	Электронная библиотека	Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2012
Л1.7	Добронец Б. С., Попова О. А.	Численный вероятностный анализ неопределенных данных: монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014
Л1.8	Румшицкий Л. З.	Математическая обработка результатов эксперимента: справ. руководство	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1971

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.9	Сургучев Г. Д.	Математическое моделирование сталеплавильных процессов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1978
Л1.10	Григорян В. А., Белянчиков Л. Н., Стомахин А. Я.	Теоретические основы электросталеплавильных процессов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.11	Куприянов В. В.	Энтропия и информация. Ч. 1: учеб. пособие по дисц. "Теория информации" для студ. спец. 22.02	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГТУ, 2000
Л1.12	Арутюнов В. А., Говорова Н. М., Неведомская И. Н., др. В. А., Арутюнов	Металлургическая теплотехника: лаб. практикум для студ. спец. 0401, 0402, 0403, 0404, 0405, 0408, 0635, 1708	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1		<a href="http://steeluniversity.org">http://steeluniversity.org</a>
Э2		<a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a>
Э3		<a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
А-319	Компьютерный класс:	комплект учебной мебели на 14 рабочих мест, оснащенных компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
А-311	Компьютерный класс:	комплект учебной мебели на 14 рабочих мест, оснащенных компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
А-516	Аудитория для самостоятельной работы студентов и курсового проектирования:	комплект учебной мебели на 15 рабочих мест, 3 из которых оборудованы персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, доска с маркерами. В аудитории в свободном доступе находятся учебники по специальности, учебно-методические материалы, разработанные на кафедре МЗМ, и профильные научные журналы

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Предмет рекомендуется изучать в первую очередь во время аудиторных занятий. При этом основная задача лекционного курса – это усвоение основных подходов к построению математических моделей, важности формулировки допущений и ограничений сферы применимости моделей, их недостатков и источников погрешностей. Вопросы, которые возникают при изучении учебной литературы и лекционного материала, необходимо обсуждать с лектором на консультациях, которые должны проводиться в обстановке творческой дружеской беседы.