

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

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 технологических процессов

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

Направление подготовки 27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Профиль Цифровизация и автоматизация технологических процессов

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 129

часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:

экзамен 3

курсовой проект 3

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 3 (2.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | 19 | | | |
| Неделя | УП | РП | УП | РП |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Итого ауд. | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Контактная работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Сам. работа | 129 | 129 | 129 | 129 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Итого | 216 | 216 | 216 | 216 |

Программу составил(и):

к.тн, доцент, Еланский Дмитрий Геннадьевич

Рабочая программа

Моделирование и оптимизация технологических процессов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (приказ Минобрнауки России от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, 27.04.04-МУТС-22-1.plx Цифровизация и автоматизация технологических процессов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, Цифровизация и автоматизация технологических процессов, 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 09.04.2022 г., №11

Руководитель подразделения А.В. Дуб

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.01 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Методы контроля и анализа | |
| 2.1.2 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.1.3 | Прикладная термодинамика и кинетика | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| | |
|---|--|
| ПК-1: Способность моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием инновационных средств автоматизированного проектирования | |
| Знать: | |
| ПК-1-31 Основные способы оптимизации модели. | |
| ОПК-9: Способен разрабатывать методики и выполнять эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств | |
| Знать: | |
| ОПК-9-32 Принципы моделирования применительные к металлургическим процессам. | |
| ОПК-9-31 Теоретические основы математического моделирования. | |
| ПК-1: Способность моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием инновационных средств автоматизированного проектирования | |
| Уметь: | |
| ПК-1-У1 Применять принципы математического моделирования к технологическим процессам металлургии. | |
| ОПК-9: Способен разрабатывать методики и выполнять эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств | |
| Уметь: | |
| ОПК-9-У1 Использовать различные методы построения математических моделей, базирующихся на статистическом анализе, термодинамических закономерностях, теории подобия. | |
| Владеть: | |
| ОПК-9-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 |
|-------------|---|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Основные понятия и определения | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|------------|--|--|--|
| 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-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.9 | | | |
| Раздел 2. Статистические методы построения моделей | | | | | | | | |
| 2.1 | Этапы построения статистической модели. Виды распределений и центральная предельная теорема. Способы лианеризации функции. /Лек/ | 3 | 5 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.8 | | | |
| 2.2 | Пассивный эксперимент. Нахождение коэффициентов линейных моделей по минимуму дисперсии отклонений прогнозируемой величины от ее фактического значения. /Пр/ | 3 | 8 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.2 | | | |
| 2.3 | Активный многофакторный эксперимент. Нахождение линейных и перекрестных коэффициентов моделей по минимуму дисперсии отклонений прогнозируемой величины от ее фактического значения. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.4 | | | |
| 2.4 | Корреляционный анализ. Основные этапы и приемы построения линейных гипотез прогноза определяющих переменных. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.6 Э3 | | | |
| 2.5 | Анализ остатков. Выбор наилучшей модели из конкурирующих. /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.6 | | | |
| Раздел 3. Методы построения детерминированных моделей, описывающих термодинамическое равновесие химических систем | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|--|-------|--|--|--|
| 3.1 | Параметры, описывающие равновесные термодинамические системы. Основные компоненты и базис компонент химических систем. Стехиометрическая матрица. Закон действующих масс. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.10 | | | |
| 3.2 | Использование принципа максимума энтропии. Энтропия многофазной многокомпонентной системы. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.11 | | | |
| 3.3 | 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-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.7 | | | |
| 3.4 | Использование принципа минимума энергии Гиббса. Энергия Гиббса многофазной многокомпонентной системы. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.9 | | | |
| | Раздел 4. Теория подобия как основа построения моделей сложных систем | | | | | | | |
| 4.1 | Классы явлений, единичное явление. Подобные явления, группы явлений. Подобие геометрических фигур. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.12 | | | |
| 4.2 | Теоремы подобия. Подобие стационарных и нестационарных потоков жидкости. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.4 | | | |
| 4.3 | Критерии подобия в теплопередаче и диффузии, при свободной и вынужденной конвекции, при взаимодействии затопленных струй с жидкой ванной. /Пр/ | 3 | 6 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.9 | | | |
| | Раздел 5. Динамические модели | | | | | | | |
| 5.1 | Постановка задачи. Декомпозиция объекта моделирования, элементарные зоны, их взаимодействие. Синтез модели и ее идентификация. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.9 | | | |
| 5.2 | Динамика окислительных процессов. Модель с сосредоточенными параметрами. Модель с распределенными параметрами. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.10 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|-----|--|---|--|--|--|
| | Раздел 6. Использование принципа динамического моделирования | | | | | | | |
| 6.1 | Принцип оптимальности Беллмана. Задача об оптимальной траектории /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.5 Э2 | | | |
| | Раздел 7. Методы оптимизации в задачах моделирования | | | | | | | |
| 7.1 | Методы нулевого порядка – покоординатного спуска, симплексные методы. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.1 Э1 | | | |
| 7.2 | Методы первого и второго порядков – выбор направления спуска, выбор способа движения вдоль направления спуска. /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.3 | | | |
| | Раздел 8. Самостоятельная работа | | | | | | | |
| 8.1 | Самостоятельная работа по выполнению курсового проекта /Ср/ | 3 | 129 | ОПК-9-31 ОПК-9-32 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 | 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 |
| Р1 | Курсовой проект | ОПК-9-31;ОПК-9-У1;ОПК-9-32;ОПК-9-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1 | Создать модель в соответствии с индивидуальным заданием и темой НИР студента. Подготовить демонстрацию модели и презентацию работы |
| 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.) | | | |
| Экзамен не предусмотрен. | | | |

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Конспект лекций

Конспект дополнительных материалов

Отчёт по трем ДЗ

Собеседование

Отлично

1. Знать основные принципы моделирования.
2. Уметь создавать модели различных металлургических процессов.
3. Уметь находить способы оптимизации модели различных металлургических процессов.

Хорошо

1. Знать основные принципы моделирования.
2. Уметь создавать модели различных металлургических процессов.

Удовлетворительно

1. Знать основные принципы моделирования.

Не удовлетворительно

Не и меть знаний в области моделирования.

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 |
| 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 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|---|--|------------------|-----------------------|
| 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 | | http://steeluniversity.org |
| Э2 | | http://elibrary.misis.ru |
| Э3 | | http://www.iqlib.ru |

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 |
|-------|--|---|
| A-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 |
| A-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 |
| A-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.