

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:16

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Моделирование процессов и объектов в металлургии

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

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 9

аудиторные занятия

119

курсовая работа 9

самостоятельная работа

16

часов на контроль

45

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 9 (5.1) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | Неделя  |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Итого ауд.                                | 119     | 119 | 119   | 119 |
| Контактная работа                         | 119     | 119 | 119   | 119 |
| Сам. работа                               | 16      | 16  | 16    | 16  |
| Часы на контроль                          | 45      | 45  | 45    | 45  |
| Итого                                     | 180     | 180 | 180   | 180 |

Программу составил(и):

*к.тн, доцент, Еланский Дмитрий Геннадьевич*

Рабочая программа

**Моделирование процессов и объектов в металлургии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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.12 |
|------------|--|------------|
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |            |
| 2.1.1      | Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях                                  |            |
| 2.1.2      | Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза       |            |
| 2.1.3      | Информационные технологии управления металлургическими печами  |            |
| 2.1.4      | Конструирование литейной оснастки, раздел 2  |            |
| 2.1.5      | Логистика вторичных ресурсов   |            |
| 2.1.6      | Металловедение, часть 2  |            |
| 2.1.7      | Металлургия благородных металлов   |            |
| 2.1.8      | Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов  |            |
| 2.1.9      | Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ   |            |
| 2.1.10     | Модельное производство   |            |
| 2.1.11     | Огнеупоры металлургического производства   |            |
| 2.1.12     | Основы промышленного дизайна и ювелирного дела   |            |
| 2.1.13     | Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы. |            |
| 2.1.14     | Производство отливок из стали и чугуна   |            |
| 2.1.15     | Производство тяжелых цветных металлов  |            |
| 2.1.16     | Производство ферросплавов  |            |
| 2.1.17     | Разливка стали и спецэлектрометаллургия  |            |
| 2.1.18     | Технологические линии и комплексы ОМД  |            |
| 2.1.19     | Физико-механические свойства металлов  |            |
| 2.1.20     | Химия окружающей среды   |            |
| 2.1.21     | Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД   |            |
| 2.1.22     | Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов         |            |
| 2.1.23     | Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД   |            |
| 2.1.24     | Конструирование литейной оснастки, раздел 1  |            |
| 2.1.25     | Металловедение, часть 1  |            |
| 2.1.26     | Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов   |            |
| 2.1.27     | Металлургия тяжелых цветных металлов   |            |
| 2.1.28     | Методы анализа структуры металлов и сплавов  |            |
| 2.1.29     | Метрология и измерительная техника   |            |
| 2.1.30     | Производство отливок из сплавов цветных металлов   |            |
| 2.1.31     | Современные методы производства сплошных и полых изделий   |            |
| 2.1.32     | Теория и технология производства стали в электропечах  |            |
| 2.1.33     | Теплотехника и экодизайн металлургических печей  |            |
| 2.1.34     | Технологии и оборудование для модификации поверхности  |            |
| 2.1.35     | Технология композиционных материалов   |            |
| 2.1.36     | Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий   |            |
| 2.1.37     | Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии  |            |
| 2.1.38     | Металлургия алюминия и магния  |            |
| 2.1.39     | Многокомпонентные диаграммы состояния  |            |
| 2.1.40     | Научные основы нанесения покрытий  |            |
| 2.1.41     | Основы бизнеса в металлургии   |            |
| 2.1.42     | Основы электрометаллургического производства   |            |
| 2.1.43     | Производство стали в конвертерах   |            |
| 2.1.44     | Процессы формования и спекания металлических порошков  |            |
| 2.1.45     | Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением                              |            |

|            |   |
|------------|---|
| 2.1.46     | Рециклинг металлов  |
| 2.1.47     | Теория термической обработки металлов и основы эксперимента   |
| 2.1.48     | Технология литейного производства   |
| 2.1.49     | Физико-химические процессы в литейном производстве  |
| 2.1.50     | Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов   |
| 2.1.51     | Инженерные расчеты в металлургии  |
| 2.1.52     | Методы исследования свойств металлов и сплавов  |
| 2.1.53     | Организация и математическое планирование эксперимента  |
| 2.1.54     | Органическая химия в металлургии  |
| 2.1.55     | Основы пиро- и гидрометаллургического производства  |
| 2.1.56     | Основы теории литейных процессов  |
| 2.1.57     | Потребительские свойства металлургической продукции   |
| 2.1.58     | Процессы получения металлических порошков   |
| 2.1.59     | Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий  |
| 2.1.60     | Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации                                       |
| 2.1.61     | Термодинамика и кинетика металлургических процессов   |
| 2.1.62     | Технологические измерения и приборы   |
| 2.1.63     | Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов  |
| 2.1.64     | ARTCAD  |
| 2.1.65     | Обогащение руд  |
| 2.1.66     | Оборудование для процессов порошковой металлургии   |
| 2.1.67     | Оборудование и технологии сталеплавильных цехов   |
| 2.1.68     | Основы минералогии и петрографии  |
| 2.1.69     | Прикладная кристаллография  |
| 2.1.70     | Проектирование технологии изготовления отливок  |
| 2.1.71     | Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов   |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1      | Автоматизация машин и агрегатов ОМД   |
| 2.2.2      | Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов   |
| 2.2.3      | Дизайн литого изделия   |
| 2.2.4      | Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства   |
| 2.2.5      | Компьютерное проектирование и инжиниринг  |
| 2.2.6      | Материаловедческие основы производства твердых сплавов  |
| 2.2.7      | Методы аттестации наноструктурированных поверхностей  |
| 2.2.8      | Моделирование технологических процессов   |
| 2.2.9      | Мониторинг работы металлургического предприятия   |
| 2.2.10     | Основы теории сварки и пайки литых изделий  |
| 2.2.11     | Особенности получения высокоточных отливок  |
| 2.2.12     | Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей   |
| 2.2.13     | Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы                          |
| 2.2.14     | Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов  |
| 2.2.15     | Производство прямовосстановленного железа   |
| 2.2.16     | Промышленная экология и технологии декарбонизации   |
| 2.2.17     | Разливка стали и спецэлектрометаллургия   |
| 2.2.18     | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов   |
| 2.2.19     | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов                           |
| 2.2.20     | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов                         |
| 2.2.21     | СВС-технологии получения неорганических материалов  |
| 2.2.22     | Современные производственные технологии   |
| 2.2.23     | Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы   |
| 2.2.24     | Технологии Big Data   |
| 2.2.25     | Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов   |

|        |  |
|--------|--|
| 2.2.26 | Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД   |
| 2.2.27 | Экодизайн и зеленые технологии   |
| 2.2.28 | Экология литейного производства  |
| 2.2.29 | Автоматизация процессов экстракции   |
| 2.2.30 | Аддитивные технологии в литейном производстве  |
| 2.2.31 | Анализ данных и аналитика в принятии решений   |
| 2.2.32 | Аффинаж благородных металлов   |
| 2.2.33 | Дефекты в отливках, способы выявления и устранения   |
| 2.2.34 | Защита интеллектуальной собственности и патентоведение                                       |
| 2.2.35 | Инженерия биоповерхностей  |
| 2.2.36 | Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов                                |
| 2.2.37 | Конструирование и моделирование металлических материалов                                     |
| 2.2.38 | Материалы на основе углерода   |
| 2.2.39 | Металловедение, часть 3  |
| 2.2.40 | Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов                           |
| 2.2.41 | Методы и инструменты бережливого производства  |
| 2.2.42 | Моделирование литейных процессов   |
| 2.2.43 | Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств                        |
| 2.2.44 | Оборудование и технологии специальной электротеплотехники                                    |
| 2.2.45 | Обращение со шлаками и шламами   |
| 2.2.46 | Планирование эксперимента  |
| 2.2.47 | Разработка и реализация предпринимательских проектов   |
| 2.2.48 | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния                       |
| 2.2.49 | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов |
| 2.2.50 | Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов |
| 2.2.51 | Совмещенные процессы деформационно-термической обработки                                     |
| 2.2.52 | Современные методы металлургии и машиностроения  |
| 2.2.53 | Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов            |
| 2.2.54 | Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния                               |
| 2.2.55 | Техногенное сырье и вторичные ресурсы  |
| 2.2.56 | Технологические основы аддитивного производства и специальной электротеплотехники            |
| 2.2.57 | Технология производства твердых сплавов  |
| 2.2.58 | Экологическая экспертиза   |
| 2.2.59 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.60 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.61 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.62 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.63 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.64 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.65 | Научно-исследовательская работа  |
| 2.2.66 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.67 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.68 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.69 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.70 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.71 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.72 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                     |
| 2.2.73 | Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности                         |

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

**ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке**

**Знать:**

|   |
|---|
| ПК-4-31 Принципы моделирования, применительно к металлургическим процессам.   |
| ПК-4-32 Основные способы оптимизации модели.  |
| <b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b> |
| <b>Знать:</b>   |
| ПК-1-31 Теоретические основы математического моделирования.   |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-1-У1 Использовать различные методы построения математических моделей, базирующихся на статистическом анализе, термодинамических закономерностях, теории подобия.                         |
| <b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>   |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-2-У1 Применять принципы математического моделирования к технологическим процессам металлургии.   |
| <b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>   |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-4-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/ | 9              | 20    | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.9<br>Э1 Э2 Э3         |            |    |                    |
|             | <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. /Лаб/   | 9              | 12    | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.2                     |            |    |                    |
| 2.2         | Активный многофакторный эксперимент. Нахождение линейных и перекрестных коэффициентов моделей по минимуму дисперсии отклонений прогнозируемой величины от ее фактического значения. /Лаб/  | 9              | 5     | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.4                     |            |    |                    |

|     |   |   |    |   |            |  |  |  |
|-----|---|---|----|---|------------|--|--|--|
| 2.3 | Корреляционный анализ. Основные этапы и приемы построения линейных гипотез прогноза определяющих переменных. /Лек/  | 9 | 14 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.6<br>Э3 |  |  |  |
| 2.4 | Анализ остатков. Выбор наилучшей модели из конкурирующих. /Пр/  | 9 | 12 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-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/   | 9 | 4  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-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/ | 9 | 4  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.7       |  |  |  |
| 3.3 | Использование принципа минимума энергии Гиббса. Энергия Гиббса многофазной многокомпонентной системы. /Пр/  | 9 | 4  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-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/  | 9 | 18 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.12      |  |  |  |
| 4.2 | Критерии подобия в теплопередаче и диффузии, при свободной и вынужденной конвекции, при взаимодействии затопленных струй с жидкой ванной. /Пр/  | 9 | 6  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-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/ | 9 | 2  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.9  |  |     |    |
| 5.2 | Динамика окислительных процессов. Модель с сосредоточенными параметрами. Модель с распределенными параметрами. /Лек/                | 9 | 12 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.10   |  |     |    |
|     | <b>Раздел 6. Использование принципа динамического моделирования</b>   |   |    |   |   |  |     |    |
| 6.1 | Принцип оптимальности Беллмана. Задача об оптимальной траектории /Пр/   | 9 | 2  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.5<br>Э2  |  |     |    |
|     | <b>Раздел 7. Методы оптимизации в задачах моделирования</b>   |   |    |   |   |  |     |    |
| 7.1 | Методы нулевого порядка – поординатного спуска, симплексные методы. /Пр/  | 9 | 2  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.1<br>Э1  |  |     |    |
| 7.2 | Методы первого и второго порядков – выбор направления спуска, выбор способа движения вдоль направления спуска. /Пр/                 | 9 | 2  | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.3  |  |     |    |
|     | <b>Раздел 8. Самостоятельная работа</b>   |   |    |   |   |  |     |    |
| 8.1 | Самостоятельная работа по выполнению курсового проекта /Ср/   | 9 | 16 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5 Л1.6<br>Л1.7 Л1.8<br>Л1.9 Л1.10<br>Л1.11 Л1.12 |  | КМ1 | Р1 |

### 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 |
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|



|     |                 |   |  |
|-----|-----------------|---|--|
| KM1 | Зачет с оценкой | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-В1 | <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 | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-В1 | 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.)**

|  |
|--|
| Билет с 3 теоретическими вопросами и блок-схемой моделирования |
|--|

**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:<br>учебник  | Электронная библиотека | Москва: МЦНМО, 2011   |
| Л1.2  | Трусов П. В.   | Введение в математическое<br>моделирование: учебное<br>пособие              | Электронная библиотека | Москва: Логос, 2004   |
| Л1.3  | Летова Т. А.,<br>Пантелеев А. В.   | Методы оптимизации.<br>Практический курс: учебное<br>пособие                | Электронная библиотека | Москва: Логос, 2011   |
| Л1.4  | Беликова Н. А.,<br>Горелова В. В.,<br>Юсупова О. В.  | Математическое<br>моделирование: учебное<br>пособие                         | Электронная библиотека | Москва: Самарский<br>государственный<br>архитектурно-строительный<br>университет, 2009                          |
| Л1.5  | Беллман Р., Дрейфус<br>С., Митрофанова Н.<br>М., Первозванский<br>А. А., Хусу А. П.,<br>Шалаевский О. В.,<br>Первозванский А. А. | Прикладные задачи<br>динамического<br>программирования                      | Электронная библиотека | Москва: Наука, 1965   |
| Л1.6  | Коннов Н. М.   | Корреляционный анализ:<br>методические указания:<br>методическое пособие    | Электронная библиотека | Нижний Новгород:<br>Нижегородский<br>государственный<br>архитектурно-строительный<br>университет (ННГАСУ), 2012 |
| Л1.7  | Добронец Б. С.,<br>Попова О. А.  | Численный вероятностный<br>анализ неопределенных<br>данных: монография      | Электронная библиотека | Красноярск: Сибирский<br>федеральный университет<br>(СФУ), 2014   |
| Л1.8  | Румшицкий Л. З.  | Математическая обработка<br>результатов эксперимента:<br>справ. руководство | Библиотека МИСиС       | М.: Наука, 1971   |
| Л1.9  | Сургучев Г. Д.   | Математическое<br>моделирование<br>сталеплавильных процессов                | Библиотека МИСиС       | М.: Металлургия, 1978   |
| Л1.10 | Григорян В. А.,<br>Белянчиков Л. Н.,<br>Стомахин А. Я.   | Теоретические основы<br>электросталеплавильных<br>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 Владимир Александрович,<br>Говорова Наталья Михайловна,<br>Неведомская Ирина Николаевна, др.,<br>Арутюнов Владимир Александрович | 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 15 рабочих мест, оснащенных компьютерами с подключением к сети «Интернет»(13 шт) и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета   |
| А-311 | Компьютерный класс | комплект учебной мебели на 15 рабочих мест, оснащенных компьютерами с подключением к сети «Интернет»(14 шт) и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, доска, проектор  |
| А-516 | Учебная аудитория  | 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.