

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 17:12:28

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)

# Порошковая металлургия и композиционные материалы

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

38

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 7 (4.1)      |     | Итого |     |
|---|--------------|-----|-------|-----|
|   | Неделя<br>20 |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП           | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 17           | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 17           | 17  | 17    | 17  |
| Итого ауд.                                | 34           | 34  | 34    | 34  |
| Контактная работа                         | 34           | 34  | 34    | 34  |
| Сам. работа                               | 38           | 38  | 38    | 38  |
| Часы на контроль                          | 36           | 36  | 36    | 36  |
| Итого                                     | 108          | 108 | 108   | 108 |

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Лопатин Владимир Юрьевич*

Рабочая программа

### **Порошковая металлургия и композиционные материалы**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 28.03.2022 г., №12

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины - Формирование у аспирантов знаний, умений и навыков по получению порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений для создания порошковых материалов и композитов с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к ним в различных отраслях техники. Обучение основам процессов формования и спекания для создания различных порошковых материалов, обучение выбору составов исходных порошков и технологий их консолидации с учетом требуемых свойств порошковых материалов для их конкретного применения. Обучение основам выбора матриц и упрочняющих элементов композиционных материалов, познакомить с основными методами контроля свойств композитов. Ознакомление с основами математического планирования экспериментов. |
|-----|---|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |  |       |
|------------|--|-------|
| Блок ОП:   |  | 2.1.3 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |       |
| 2.1.1      | 3D-моделирование машин, агрегатов и процессов  |       |
| 2.1.2      | Биоматериаловедение  |       |
| 2.1.3      | Высокотемпературные и сверхтвердые материалы   |       |
| 2.1.4      | Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ  |       |
| 2.1.5      | Геотехнологии освоения месторождений полезных ископаемых   |       |
| 2.1.6      | Диагностика, экспертиза и коррозионный мониторинг состояния металлических материалов                     |       |
| 2.1.7      | Инновационные конструкционные материалы  |       |
| 2.1.8      | Инновационные литейные технологии  |       |
| 2.1.9      | Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий |       |
| 2.1.10     | Композиционные наноматериалы   |       |
| 2.1.11     | Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород                  |       |
| 2.1.12     | Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород                  |       |
| 2.1.13     | Логистика и экодизайн технологий черной металлургии  |       |
| 2.1.14     | Материаловедение и технологии материалов электроники   |       |
| 2.1.15     | Материаловедение функциональных материалов   |       |
| 2.1.16     | Металловедение и технологии легких сплавов   |       |
| 2.1.17     | Методология проектирования горных предприятий  |       |
| 2.1.18     | Механика подземных сооружений  |       |
| 2.1.19     | Обеспечение безопасного применения электроэнергии на предприятиях минерально-сырьевого комплекса         |       |
| 2.1.20     | Оптика и физика лазеров  |       |
| 2.1.21     | Организация и обеспечение качества аналитического контроля   |       |
| 2.1.22     | Порошковые, композиционные, аддитивные материалы и покрытия  |       |
| 2.1.23     | Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники   |       |
| 2.1.24     | Проблемы надежности горных машин и оборудования  |       |
| 2.1.25     | Процессы и технологии обогащения и глубокой переработки минерального сырья                               |       |
| 2.1.26     | Ресурсосбережение и комплексное использование сырья в металлургии цветных, редких и благородных металлов |       |
| 2.1.27     | Строительная геотехнология   |       |
| 2.1.28     | Теоретические исследования и моделирование перспективных сталеплавильных и ферросплавных процессов       |       |
| 2.1.29     | Теоретические основы и средства компьютерного моделирования процессов ОМД                                |       |
| 2.1.30     | Теория и практика решения металлургических задач   |       |
| 2.1.31     | Термохимия материалов и термодинамическое моделирование  |       |
| 2.1.32     | Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники                             |       |
| 2.1.33     | Физика конденсированного состояния   |       |
| 2.1.34     | Физика конденсированного состояния и квантовые технологии  |       |
| 2.1.35     | Физика конденсированного состояния функциональных материалов   |       |
| 2.1.36     | Физика наноразмерных материалов и структур   |       |
| 2.1.37     | Физика полупроводников и диэлектриков  |       |
| 2.1.38     | Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники          |       |
| 2.1.39     | Физико-химия наноматериалов  |       |
| 2.1.40     | Физико-химия процессов и материалов  |       |
| 2.1.41     | Химия и технология переработки твердых горючих ископаемых  |       |

|            |   |
|------------|---|
| 2.1.42     | Академическое письмо  |
| 2.1.43     | Иностранный язык  |
| 2.1.44     | История и философия науки   |
| 2.1.45     | Физико-химические и химические процессы обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья             |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.2      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.3      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.4      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.5      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.6      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.7      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.8      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.9      | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.10     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.11     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.12     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.13     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.14     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.15     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.16     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.17     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.18     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.19     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.20     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.21     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.22     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.23     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.24     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.25     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.26     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.27     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.28     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.29     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.30     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.31     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.32     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.33     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.34     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.35     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.36     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.37     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.38     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.39     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.40     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.41     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |
| 2.2.42     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  |

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

**А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата**

**Знать:**

|   |
|---|
| A-2-31 Основные принципы планирования многофакторных экспериментов.   |
| <b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                                 |
| <b>Знать:</b>   |
| A-3-31 Основные закономерности процессов получения металлических и оксидных материалов в порошкообразном состоянии.   |
| A-3-32 Основные закономерности процессов консолидации металлических и оксидных порошкообразных материалов.  |
| <b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>         |
| <b>Знать:</b>   |
| A-1-32 Пути достижения требуемых свойств композиционных материалов различного назначения.   |
| A-1-31 Основные направления развития порошковых и композиционных материалов и области их применения в технике.  |
| <b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                                 |
| <b>Уметь:</b>   |
| A-3-У1 Применять знания по основным закономерностям получения материалов в порошкообразном состоянии и их консолидации при разработке перспективных материалов и изделий. |
| <b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>         |
| <b>Уметь:</b>   |
| A-1-У2 Осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и обработке материалов.   |
| A-1-У1 Прогнозировать дальнейшее применение результатов, полученных в ходе исследований.  |
| <b>A-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>   |
| <b>Уметь:</b>   |
| A-2-У1 Анализировать результаты, полученные в ходе экспериментов по получению материалов в порошкообразном состоянии и их консолидации.                                   |
| <b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                                 |
| <b>Владеть:</b>   |
| A-3-В1 Методами статистической обработки экспериментальных данных и построения математических моделей.  |
| <b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>         |
| <b>Владеть:</b>   |
| A-1-В1 Навыками поиска научно-технической информации в различных источниках.  |
| <b>A-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>   |
| <b>Владеть:</b>   |
| A-2-В1 Методиками составления планов многофакторных экспериментов.  |

#### 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. Теоретические основы получения металлических и оксидных материалов в порошкообразном состоянии</b> |                |       |                                    |                          |            |    |                    |

|     |  |   |    |  |  |  |     |    |
|-----|--|---|----|--|--|--|-----|----|
| 1.1 | Теоретические основы получения порошкообразных металлических и оксидных материалов механическими методами /Лек/  | 7 | 2  | A-3-31   | Л1.3<br>Э1 Э2                                  |  |     |    |
| 1.2 | Теоретические основы получения порошкообразных металлических и оксидных материалов физико-химическими методами /Лек/   | 7 | 2  | A-3-31 A-1-31  | Л1.3<br>Э1 Э2                                  |  |     |    |
| 1.3 | Основные области применения порошковых и композиционных материалов в технике. Перспективы развития этих материалов. /Пр/                                       | 7 | 2  | A-3-У1 A-1-31  | Л1.1 Л1.2<br>Э1 Э2                             |  |     | P1 |
| 1.4 | Основные принципы планирования многофакторного эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Построение простых регрессионных моделей. /Пр/ | 7 | 2  | A-2-31 A-2-У1<br>A-2-В1 A-1-У1   | Л1.7Л2.4<br>Э1 Э2                              |  |     | P2 |
| 1.5 | Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/   | 7 | 10 | A-1-В1 A-3-31<br>A-1-У1 A-1-31<br>A-3-У1 A-3-В1<br>A-2-31 A-2-У1<br>A-2-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.7<br>Л1.8Л2.4<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |    |
|     | <b>Раздел 2. Теоретические основы консолидации порошкообразных металлических и оксидных материалов</b>   |   |    |  |  |  |     |    |
| 2.1 | Теоретические основы формования порошкообразных материалов с приложением давления в статическом и динамическом режимах /Лек/                                   | 7 | 2  | A-3-32 A-1-31  | Л1.4Л2.7<br>Э1 Э2                              |  |     |    |
| 2.2 | Теоретические основы твердо- и жидкофазного спекания порошковых одно- и многокомпонентных формовок /Лек/   | 7 | 3  | A-3-32 A-1-31  | Л1.4Л2.5<br>Л2.6<br>Э1 Э2                      |  |     |    |
| 2.3 | Применение различных методов формования при получении порошковых материалов /Пр/   | 7 | 2  | A-3-У1 A-3-32  | Л1.4Л2.7<br>Э1 Э2                              |  |     | P3 |
| 2.4 | Применение твердо- и жидкофазного спекания при получении порошковых материалов. Контрольная работа №1. /Пр/  | 7 | 2  | A-3-32 A-1-31<br>A-3-У1 A-2-У1 A-3-31                                      | Л1.2<br>Л1.4Л2.5<br>Л2.6<br>Э1 Э2              |  | КМ1 | P4 |
| 2.5 | Основные свойства порошковых материалов (по классам) /Пр/  | 7 | 1  | A-1-31 A-3-32  | Л1.1 Л1.2<br>Э1 Э2                             |  |     | P5 |

|     |  |   |    |   |  |  |     |    |
|-----|--|---|----|---|--|--|-----|----|
| 2.6 | Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/   | 7 | 10 | A-3-31 A-3-32<br>A-3-У1 A-1-31<br>A-1-B1 A-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л2.5<br>Л2.6 Л2.7<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |    |
|     | <b>Раздел 3. Порошковые и волокнистые композиционные материалы</b>   |   |    |   |  |  |     |    |
| 3.1 | Цели и задачи создания композиционных материалов. Классификация композиционных материалов. Теоретические основы конструирования композиционных материалов. Методы контроля свойств композиционных материалов /Лек/ | 7 | 2  | A-1-32 A-1-31                                   | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  |     |    |
| 3.2 | Межфазное взаимодействие в композиционных материалах. Методы получения и свойства армирующих материалов. Металлические матрицы композиционных материалов /Лек/   | 7 | 3  | A-1-32 A-1-31                                   | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  |     |    |
| 3.3 | Технология и свойства металломатричных композиционных материалов. Эвтектические композиционные материалы. Контрольная работа №2. /Лек/   | 7 | 3  | A-1-32 A-1-У2<br>A-3-32 A-3-У1<br>A-2-У1 A-1-31 | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  | КМ2 |    |
| 3.4 | Прочность композиционных материалов, армированных непрерывными и дискретными волокнами. Определение оптимальной объемной доли волокон. Методы определения механических свойств армированных композитов. /Пр/       | 7 | 2  | A-3-У1 A-1-У2<br>A-1-31                         | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  |     | Р6 |
| 3.5 | Свойства армирующих материалов. Анализ матриц на основе на основе алюминия, магния, титана, меди и тугоплавких металлов /Пр/   | 7 | 2  | A-1-32 A-1-У2                                   | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  |     | Р7 |
| 3.6 | Композиционные материалы на основе алюминия: технология получения, свойства и применение /Пр/  | 7 | 2  | A-1-31 A-1-32<br>A-1-У2                         | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2                 |  |     | Р8 |
| 3.7 | Композиционные материалы на основе титана: технологии получения, свойства и применение /Пр/  | 7 | 2  | A-1-31 A-1-32<br>A-1-У2                         | Л1.5 Л1.6<br>Э1 Э2                                     |  |     | Р9 |



|     |   |   |    |                                |   |  |  |  |
|-----|---|---|----|--------------------------------|---|--|--|--|
| 3.8 | Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2 /Ср/ | 7 | 18 | A-1-31 A-1-32<br>A-1-У2 A-1-B1 | Л1.5<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
|-----|---|---|----|--------------------------------|---|--|--|--|

### 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    | Контрольная работа №1 "Теоретические основы получения порошкообразных материалов и их консолидации" | A-3-31;A-3-32;A-3-У1;A-1-31;A-2-У1 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии</li> <li>2. Классификация методов получения порошкообразных материалов</li> <li>3. Классификация методов формования порошкообразных материалов</li> <li>4. Классификация методов спекания сформованных порошковых материалов.</li> <li>5. Общие принципы получения металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ</li> <li>6. Общие принципы получения металлических и оксидных порошков диспергированием расплавов</li> <li>7. Физико-химические основы получения порошков восстановлением химических соединений</li> <li>8. Физико-химические основы получения порошков электролизом растворов и расплавов</li> <li>9. Физико-химические основы получения порошков карбонильным методом</li> <li>10. Физико-химические основы получения порошков испарением-конденсацией</li> <li>11. Основные особенности прессования порошков</li> <li>12. Основные преимущества и недостатки методов формования порошков (кроме прессования)</li> <li>13. Термодинамические предпосылки и движущие силы твердофазного спекания однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>14. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>15. Особенности твердофазного спекания многокомпонентных порошковых материалов</li> <li>16. Особенности жидкофазного спекания порошковых материалов</li> <li>17. Основные эксплуатационные свойства порошковых материалов (по классам)</li> </ol> |

|     |                       |   |   |
|-----|-----------------------|---|---|
| КМ2 | Контрольная работа №2 | А-3-32;А-3-У1;А-2-У1;А-1-31;А-1-32;А-1-У2 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы</li><li>2. Классификация композиционных материалов по типу армирующих составляющих и их ориентации</li><li>3. Классификация композиционных материалов по назначению</li><li>4. Основные требования, предъявляемые к композиционным материалам</li><li>5. Использование закона Гука в технологиях композиционных материалов</li><li>6. Методика определения оптимальной объемной доли армирующих волокон</li><li>7. Методика расчета удельной прочности композита</li><li>8. Понятие критической длины волокна и факторы, влияющие на нее</li><li>9. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах</li><li>10. Методика оценки прочности композитов на сжатие</li><li>11. Основные методы определения механических свойств армированных композитов</li><li>12. Принципа Кавальери</li><li>13. Основные материалы, используемые в качестве матриц композиционных материалов</li><li>14. Основные материалы, используемые в качестве упрочняющих волокон</li><li>15. Основные материалы и соединения, используемые в качестве дисперсных упрочнителей</li></ol> |
|-----|-----------------------|---|---|

|     |         |  |  |
|-----|---------|--|--|
| КМЗ | Экзамен | А-3-31;А-3-32;А-3-У1;А-2-У1;А-1-31;А-1-32;А-1-У2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии</li> <li>2. Классификация методов получения порошкообразных материалов</li> <li>3. Классификация методов формования порошкообразных материалов</li> <li>4. Классификация методов спекания сформованных порошковых материалов.</li> <li>5. Получение металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ</li> <li>6. Получение металлических и оксидных порошков диспергированием расплавов</li> <li>7. Получение порошков восстановлением химических соединений</li> <li>8. Получение порошков электролизом растворов и расплавов</li> <li>9. Получение порошков карбонильным методом</li> <li>10. Получение порошков испарением-конденсацией</li> <li>11. Преимущества, недостатки и основные особенности прессования как способа формования порошков</li> <li>12. Основные преимущества и недостатки методов формования порошков (кроме прессования)</li> <li>13. Термодинамические предпосылки и движущие силы твердофазного спекания однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>14. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>15. Особенности спекания многокомпонентных порошковых материалов в твердом состоянии</li> <li>16. Особенности жидкофазного спекания порошковых материалов</li> <li>17. Основные эксплуатационные свойства порошковых материалов (по классам)</li> <li>18. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы</li> <li>19. Классификация композиционных материалов по типу армирующих составляющих и их ориентации</li> <li>20. Классификация композиционных материалов по назначению</li> <li>21. Основные требования, предъявляемые к композитам</li> <li>22. Закон Гука в технологиях композиционных материалов</li> <li>23. Определение оптимальной объемной доли армирующих волокон</li> <li>24. Расчет удельной прочности композита</li> <li>25. Критическая длина волокна и факторы, влияющие на нее</li> <li>26. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах</li> <li>27. Оценка прочности композитов на сжатие</li> <li>28. Основные методы определения механических свойств армированных композитов</li> <li>29. Принцип Кавальери</li> <li>30. Основные материалы, используемые для матриц композиционных материалов</li> <li>31. Основные материал для упрочняющих волокон</li> <li>32. Основные материалы и соединения, используемые в качестве дисперсных упрочнителей</li> </ol> |
|-----|---------|--|--|

**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         | Практическое занятие "Основные области применения порошковых и композиционных материалов в технике. Перспективы развития этих материалов." | А-3-У1;А-1-31                      | Ознакомление с основными классами порошковых материалов, применяемых в современной технике. Изучение основных отличий порошковых материалов от материалов, получаемых по другим технологиям. Оценка перспектив применения существующих и перспективных порошковых материалов в технике. |

|    |  |                             |   |
|----|--|-----------------------------|---|
| P2 | Практическое занятие "Основные принципы планирования многофакторного эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Построение простых регрессионных моделей."   | A-2-31;A-2-У1;A-2-В1;A-1-У1 | Изучение основных принципов планирования многофакторного эксперимента и построения регрессионных моделей неполного второго порядка на примере плана полного факторного эксперимента $2^3$ .   |
| P3 | Практическое занятие "Применение различных методов формования при получении порошковых материалов"   | A-3-У1;A-3-32               | Изучение классификации методов формования порошкообразных материалов и особенностей их применения для получения порошковых изделий. Оценка ограничений различных методов формования.  |
| P4 | Практическое занятие "Применение твердо- и жидкофазного спекания при получении порошковых материалов."   | A-3-32;A-3-У1;A-1-31;A-2-У1 | Изучение особенностей твердо- и жидкофазного спекания порошковых материалов. Применение разных видов спекания для получения порошковых материалов различного назначения. Ограничения технологий получения порошковых материалов, связанных с операцией спекания.                |
| P5 | Основные свойства порошковых материалов (по классам)   | A-1-31;A-3-32               | Классификация свойств порошковых материалов по диаграмме Бальшина-Хюттига. Виды зависимостей свойств порошковых материалов от пористости.   |
| P6 | Практическое занятие "Прочность композиционных материалов, армированных непрерывными и дискретными волокнами. Определение оптимальной объемной доли волокон. Методы определения механических свойств армированных композитов." | A-3-У1;A-1-У1;A-1-31        | Изучение основных принципов расчета прочности КМ. Расчет прочности при армировании непрерывными волокнами. Расчет прочности дискретными волокнами. Расчет прочности пучка волокон. Изучение принципа определения оптимальной объемной доли волокон.                             |
| P7 | Практическое занятие "Свойства армирующих материалов. Анализ матриц на основе алюминия, магния, титана, меди и тугоплавких металлов"   | A-1-32;A-1-У2               | Ознакомление с основными классами армирующих материалов применяемых для создания КМ. Оценка перспектив применения существующих армирующих материалов для создания различных видов КМ. Оценка свойств порошковых, литых и деформируемых металлических матриц, оценка их свойств. |

|    |  |                      |  |
|----|--|----------------------|--|
| P8 | Практическое занятие<br>"Композиционные материалы на основе алюминия: технология получения, свойства и применение" | A-1-31;A-1-32;A-1-У2 | Ознакомление с основными технологиями получения композиционных материалов на основе алюминия и его сплавов при введении различных видов армирующих составляющих. |
| P9 | Практическое занятие<br>"Композиционные материалы на основе титана: технологии получения, свойства и применение"   | A-1-31;A-1-32;A-1-У2 | Ознакомление с основными технологиями получения композиционных материалов на основе титана и его сплавов при введении различных видов армирующих составляющих.   |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Порошковая металлургия и композиционные материалы"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"  
Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Порошковая металлургия и композиционные материалы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Получение металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ.
2. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов.
3. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие                      | Библиотека       | Издательство, год     |
|------|---------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|
| ЛП.1 | Либенсон Г. А.      | Основы порошковой металлургии | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1987 |

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|--|--|------------------------|------------------------|
| Л1.2 | Либенсон Г. А.   | Производство спеченных изделий: Учебник для машиностроит. техникумов по спец. 'Порошковая металлургия'   | Библиотека МИСиС       | М.: Металлургия, 1982  |
| Л1.3 | Либенсон Г. А.,<br>Лопатин В. Ю.,<br>Комарницкий Г. В.         | Т.1: Производство металлических порошков   | Электронная библиотека | , 2001                 |
| Л1.4 | Либенсон Г. А.,<br>Лопатин В. Ю.,<br>Комарницкий Г. В.         | Т.2: Формование и спекание   | Электронная библиотека | , 2002                 |
| Л1.5 | Костиков Валерий<br>Иванович                                   | Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Теоретические основы процессов создания композиционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л1.6 | Костиков Валерий<br>Иванович                                   | Физико-химические основы технологии композиционных материалов: директивная технология композиционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия                  | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л1.7 | Лопатин Владимир<br>Юрьевич                                    | Математическое планирование эксперимента: Ч.1: Выбор факторов и параметра оптимизации. Планы первого порядка: Курс лекций для студ. спец. 1108   | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1999        |
| Л1.8 | Лопатин Владимир<br>Юрьевич, Шуменко<br>Владимир<br>Николаевич | Организация эксперимента. Планы второго порядка и исследование области оптимума: учеб. пособие   | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека       | Издательство, год |
|------|--|--|------------------|-------------------|
| Л2.1 | Варенков Анатолий<br>Николаевич,<br>Костиков Валерий<br>Иванович, Комарова<br>Наталья Михайловна | Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Физико-химия, технология и свойства композитов системы углерод-алюминий с использованием дисперсноупрочненных и дисперсионно-твердеющих сплавов алюминия. Структурная повреждаемость углеалюминиевых композитов: Учеб. пособие для студ. спец. 070800: Ч.2 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999   |

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека       | Издательство, год      |
|------|--|--|------------------|------------------------|
| Л2.2 | Варенков Анатолий Николаевич   | Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Углеалюминиевые композиционные материалы: Учеб. пособие для студ. спец. 070800 'Физ.-хим. методы исслед. процессов и материалов' | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1997        |
| Л2.3 | Варенков Анатолий Николаевич, Костиков Валерий Иванович                                | Физико-химия и технология углеалюминиевых композиционных материалов: Разд.: Теория и процессы межфазного взаимодействия углеродных материалов с металлами и сплавами в композитах: Учеб. пособие для студ. спец. 070800                  | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1998        |
| Л2.4 | Лопатин Владимир Юрьевич   | Организация и планирование эксперимента: Ч.2: Учеб. пособие  | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999        |
| Л2.5 | Аникин Вячеслав Николаевич, Блинков Игорь Викторович, Челноков Валентин Сергеевич, др. | Теоретические основы спекания порошков. Механизмы припекания сферических тел: курс лекций  | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |
| Л2.6 | Аникин Вячеслав Николаевич, Блинков Игорь Викторович, Челноков Валентин Сергеевич, др. | Теоретические основы спекания порошков. Кинетика спекания реальных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'  | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2014 |
| Л2.7 | Жадан В. Т., Осадчий В. А.   | Исследование процесса горячего изостатического прессования порошковых материалов   | Библиотека МИСиС | М.: [МИСиС], 1989      |

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

|    |  |   |
|----|--|---|
| Э1 | Учебно-методическая литература для студентов   | <a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a> |
| Э2 | Государственная публичная научно-техническая библиотека России   | <a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>       |
| Э3 | Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» | <a href="https://www1.fips.ru">https://www1.fips.ru</a>       |

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                      |
|-----|----------------------|
| П.1 | Microsoft Office     |
| П.2 | MS Teams             |
| П.3 | WinRAR               |
| П.4 | Microsoft PowerPoint |
| П.5 | Microsoft Excel      |

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

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                           | Назначение   | Оснащение   |
|--------------------------------|--|---|
| Любой корпус<br>Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |

|                                    |             |  |
|------------------------------------|-------------|--|
| К-107                              | Лаборатория | демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков |
| Читальный зал №3 (Б)               |             | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.   |
| Читальный зал №4 (Б)               |             | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета  |
| Читальный зал электронных ресурсов |             | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.   |
| К-107                              | Лаборатория | демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

|  |
|--|
|  |
|--|