

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:46

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)

# Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 8 (4.2) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | Неделя  |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Итого ауд.                                | 85      | 85  | 85    | 85  |
| Контактная работа                         | 85      | 85  | 85    | 85  |
| Сам. работа                               | 95      | 95  | 95    | 95  |
| Часы на контроль                          | 36      | 36  | 36    | 36  |
| Итого                                     | 216     | 216 | 216   | 216 |

Программу составил(и):

*к.ф.-.м.н., доц., Менушенков В.П.*

Рабочая программа

**Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы**

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 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-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:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а так же научить современным представлениям об основных закономерностях формирования высоких эксплуатационных свойств различных групп магнитно-твердых материалов, роли различных видов анизотропии и механизмов перемагничивания, а также об особенностях фазового и структурного состояния магнитотвердых материалов, их технологии производства и применения в современной технике. |
| 1.2 |  |
| 1.3 | Задачи дисциплины научить:   |
| 1.4 | 1. Роли различных видов анизотропии и механизмов перемагничивания в формировании магнитного гистерезиса;   |
| 1.5 | 2. Особенности фазового и структурного состояния магнитотвердых материалов в высококоэрцитивном состоянии;   |
| 1.6 | 3. Основам технологии производства магнитотвердых материалов и области применения постоянных магнитов в современной технике.   |
| 1.7 |  |

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В.ДВ.24 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                          |            |
| 2.1.1      | Атомное строение фаз  |            |
| 2.1.2      | Биохимия наноматериалов   |            |
| 2.1.3      | Инженерия поверхности   |            |
| 2.1.4      | Металловедение и термическая обработка металлов                                       |            |
| 2.1.5      | Методы исследования структур и материалов. Часть 1                                    |            |
| 2.1.6      | Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур                     |            |
| 2.1.7      | Наноматериалы   |            |
| 2.1.8      | Сверхтвердые материалы  |            |
| 2.1.9      | Технологии материалов с особыми физическими свойствами                                |            |
| 2.1.10     | Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур |            |
| 2.1.11     | Физика магнитных явлений  |            |
| 2.1.12     | Физика полупроводниковых приборов   |            |
| 2.1.13     | Физика прочности  |            |
| 2.1.14     | Физика прочности и механические свойства материалов                                   |            |
| 2.1.15     | Физико-химия металлов и неметаллических материалов                                    |            |
| 2.1.16     | Физические основы деформации и разрушения   |            |
| 2.1.17     | Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы  |            |
| 2.1.18     | Материаловедение  |            |
| 2.1.19     | Материаловедение полупроводников и диэлектриков                                       |            |
| 2.1.20     | Металловедение инновационных материалов   |            |
| 2.1.21     | Методы исследования материалов  |            |
| 2.1.22     | Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии      |            |
| 2.1.23     | Метрология и технические измерения функциональных материалов                          |            |
| 2.1.24     | Метрология, стандартизация и технические измерения                                    |            |
| 2.1.25     | Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике                      |            |
| 2.1.26     | Основы материаловедения и методов исследования материалов                             |            |
| 2.1.27     | Разработка новых материалов   |            |
| 2.1.28     | Фазовые равновесия и дефекты структуры  |            |
| 2.1.29     | Физика диэлектриков   |            |
| 2.1.30     | Физика полупроводников  |            |
| 2.1.31     | Введение в квантовую теорию твердого тела   |            |
| 2.1.32     | Дефекты кристаллической решетки   |            |
| 2.1.33     | Компьютеризация эксперимента  |            |
| 2.1.34     | Материалы альтернативной энергетики   |            |
| 2.1.35     | Материалы наукоемких технологий   |            |
| 2.1.36     | Основы дизайна металлических материалов   |            |

|            |   |
|------------|---|
| 2.1.37     | Планирование и организация научно-исследовательской работы  |
| 2.1.38     | Планирование научного эксперимента  |
| 2.1.39     | Современные проблемы материаловедения   |
| 2.1.40     | Теория поверхностных явлений  |
| 2.1.41     | Теория симметрии  |
| 2.1.42     | Электроника   |
| 2.1.43     | Кристаллография   |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1      | Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы  |
| 2.2.2      | Биофизика   |
| 2.2.3      | Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы   |
| 2.2.4      | Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве   |
| 2.2.5      | Материаловедение и технологии перспективных материалов  |
| 2.2.6      | Методы исследования характеристик и свойств материалов  |
| 2.2.7      | Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники   |
| 2.2.8      | Метрология и испытания функциональных материалов  |
| 2.2.9      | Основы научно-технического перевода   |
| 2.2.10     | Практика научно-технического перевода и редактирования  |
| 2.2.11     | Тензорные методы в кристаллофизике  |
| 2.2.12     | Технология получения кристаллов   |
| 2.2.13     | Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов   |
| 2.2.14     | Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований   |
| 2.2.15     | Функциональные наноматериалы  |
| 2.2.16     | Химия и технология полимерных материалов  |
| 2.2.17     | Биоорганическая химия   |
| 2.2.18     | Высокотемпературные керамические материалы  |
| 2.2.19     | Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы   |
| 2.2.20     | Квантовая теория твердого тела  |
| 2.2.21     | Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники  |
| 2.2.22     | Методы исследования макро- и микроструктуры материалов  |
| 2.2.23     | Методы непараметрической статистики   |
| 2.2.24     | Некоторые главы кристаллохимии  |
| 2.2.25     | Объемные наноматериалы  |
| 2.2.26     | Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов  |
| 2.2.27     | Структура и технологичность сплавов   |
| 2.2.28     | Физико-химия эволюции твердого вещества   |
| 2.2.29     | Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований   |
| 2.2.30     | Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов  |
| 2.2.31     | Аттестация и сертификация изделий электронной техники   |
| 2.2.32     | Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов                             |
| 2.2.33     | Материаловедение и технологии перспективных материалов  |
| 2.2.34     | Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики  |
| 2.2.35     | Менеджмент качества   |
| 2.2.36     | Металлические материалы для крупных транспортных систем   |
| 2.2.37     | Металловедение высокопрочных сплавов  |
| 2.2.38     | Методология и практика определения размерных характеристик материалов   |
| 2.2.39     | Методология научных исследований  |
| 2.2.40     | Оптические явления в кристаллах. Часть 2  |
| 2.2.41     | Основы клеточной биологии   |
| 2.2.42     | Оформление результатов научной деятельности   |
| 2.2.43     | Практическое применение теории функционала электронной плотности  |
| 2.2.44     | Симметрия наносистем  |

|        |  |
|--------|--|
| 2.2.45 | Современные компьютерные технологии в структурном анализе                |
| 2.2.46 | Спектроскопические и зондовые методы                                     |
| 2.2.47 | Термомеханическая обработка металлов и сплавов                           |
| 2.2.48 | Управление коллективами  |
| 2.2.49 | Управление проектами   |
| 2.2.50 | Химические основы биологических процессов                                |
| 2.2.51 | Цифровое материаловедение  |
| 2.2.52 | Нормы и правила оформления ВКР   |
| 2.2.53 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.54 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.55 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.56 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.57 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.58 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.59 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.60 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы  |

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

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-33 Методы определения эксплуатационных свойств магнитных материалов и изделий из них

ПК-1-32 Способы и средства текущего контроля технологических факторов типовых режимов обработки

ПК-1-31 Нормативную документацию по оборудованию, применяемому в производстве

**Уметь:**

ПК-1-У3 Устанавливать причины отклонений эксплуатационных свойств материалов и изделий от заданных параметров и принимать меры к их устранению

ПК-1-У4 Контролировать работу контрольно-измерительных приборов оборудования

ПК-1-У1 Производить измерения показателей, характеризующих эксплуатационные свойства материалов и изделий

ПК-1-У2 Контролировать работу исполнительных устройств, регулирующих технологические факторы режимов обработки

**Владеть:**

ПК-1-В3 Навыком изучения технической документации на стандартизацию и сертификацию технологических процессов

ПК-1-В2 Установлением причин отклонений эксплуатационных свойств материалов и изделий от заданных параметров

ПК-1-В1 Установлением требований к свойствам магнитных наноматериалов на основе моделирования условий эксплуатации

### 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. Физические основы формирования магнитных свойств магнитотвердых материалов.</b> |                |       |                                    |                          |            |    |                    |

|     |   |   |   |                                 |                   |  |     |    |
|-----|---|---|---|---------------------------------|-------------------|--|-----|----|
| 1.1 | Высококоэрцитивные сплавы и их основные характеристики. Развитие высококоэрцитивных сплавов и их применение. Стабильность свойств магнитно-твердых материалов и постоянных магнитов, методы стабилизации. /Лек/   | 8 | 4 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33         | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     |    |
| 1.2 | Гистерезис, обусловленный необратимыми процессами вращения в однодоменных частицах, обладающих различными видами одноосной анизотропии. Классификация высококоэрцитивных сплавов по видам одноосной анизотропии. /Лек/  | 8 | 4 | ПК-1-33                         | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     |    |
| 1.3 | Измерение основных магнитных характеристик сплавов для постоянных магнитов. /Лаб/   | 8 | 6 | ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У4 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     | Р3 |
| 1.4 | Подготовка к практичекному и лабораторным занятиям раздела; Подготовка к контрольной работе 1 /Ср/  | 8 | 6 | ПК-1-31                         | Л1.2Л3.2          |  |     |    |
| 1.5 | Магнитный свойства магнитотвердых материалов /Пр/   | 8 | 8 | ПК-1-32 ПК-1-33                 | Л1.1 Л1.2Л3.2     |  | КМ2 |    |
|     | <b>Раздел 2. Магнитотвердые сплавы в системах Fe-Ni-Al-Co; Fe-Cr-Co.</b>  |   |   |                                 |                   |  |     |    |
| 2.1 | Высококоэрцитивные сплавы в системе железо-никель-алюминий. Диаграмма фазового равновесия, механизм и кинетика структурных превращений. Теория распада и дораспада. Влияние состава и легирующих элементов на магнитные свойства сплавов. Основные сплавы в системе железо-никель-алюминий. /Лек/ | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33         | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     |    |

|     |  |   |   |   |                   |  |     |    |
|-----|--|---|---|---|-------------------|--|-----|----|
| 2.2 | Высококоэрцитивные сплавы на основе железо-хром-кобальт. Диаграмма фазового равновесия. Особенности фазовых и структурных превращений. Влияние легирующих элементов на фазовое равновесие. Область расслоения твердого раствора. Термообработка сплавов на основе железо-хром-кобальт. Структура высококоэрцитивного состояния. Область оптимальных составов сплавов. /Лек/  | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     |    |
| 2.3 | Формирование высококоэрцитивного состояния в сплавах типа ЮНДКТ и Fe-Cr-Co (термическая обработка, структура и магнитные свойства). /Лаб/  | 8 | 5 | ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-У4 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     | Р4 |
| 2.4 | Теория Стонера Вольфарта. Факторы, обеспечивающие снижение уровня магнитных свойств. /Пр/  | 8 | 8 | ПК-1-33 ПК-1-У3 ПК-1-В2   | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  | КМ3 |    |
| 2.5 | Подготовка к практическим занятиям раздела /Ср/  | 8 | 6 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.1 Л1.2         |  |     |    |
| 2.6 | Подготовка к контрольной работе 2 /Ср/   | 8 | 4 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.1 Л1.2         |  |     |    |
|     | <b>Раздел 3. Магнитотвердые сплавы Nd-Fe-B и Sm-Co.</b>  |   |   |   |                   |  |     |    |
| 3.1 | Высококоэрцитивные сплавы на основе редкоземельных металлов (РЗМ) с 3d-переходными металлами. Диаграмма фазового равновесия. Кристаллическая структура и магнитные свойства интерметаллических соединений РЗМ с переходными металлами. Особенности процессов перемагничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. Влияния напряженности магнитного поля и размера частиц на гистерезисные свойства. /Лек/ | 8 | 4 | ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |     |    |

|     |  |   |   |   |                   |  |  |    |
|-----|--|---|---|---|-------------------|--|--|----|
| 3.2 | Основы технологии получения порошковых постоянных магнитов из сплавов РЗМ с кобальтом (подготовка порошков, способы прессования и создания текстуры в порошковых магнитах, способы их уплотнения). Дисперсионно-твердеющие литые и спеченные сплавы, их структура и свойства. Процессы перемагничивания сплавов на основе РЗМ с кобальтом и медью. /Лек/ | 8 | 4 | ПК-1-31 ПК-1-32                                 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |  |    |
| 3.3 | Постоянные магниты из сплавов на основе неодим-железо-бор. Фазовое равновесие, кристаллическая и магнитная структура, магнитные свойства соединений в системе Nd-Fe-B. Получение постоянных магнитов из сплавов неодим-железо-бор, их структура, магнитные свойства и процессы перемагничивания. /Лек/   | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32                                 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |  |    |
| 3.4 | Быстрозакаленные магнитно-твердые материалы в системе Nd-Fe-B. Методы получения быстрозакаленных сплавов и технологические схемы изготовления из них постоянных магнитов. Фазово-структурное состояние и формирование свойств быстрозакаленных сплавов. Основные типы быстрозакаленных сплавов и постоянных магнитов на их основе. /Лек/                 | 8 | 4 | ПК-1-31 ПК-1-32                                 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |  |    |
| 3.5 | Постоянные магниты на основе системы неодим-железо-бор, получаемые в результате HDDR технологии. Технологические процессы, позволяющие получать анизотропные композиционные материалы. Структурообразование при технологии HDDR. /Лек/   | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32                                 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |  |    |
| 3.6 | Формирование высококоэрцитивного состояния и механизм перемагничивания в сплавах на основе РЗМ. /Лаб/  | 8 | 6 | ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-У4 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3 | Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2 |  |  | Р6 |

|     |  |   |   |                         |                               |  |     |  |
|-----|--|---|---|-------------------------|-------------------------------|--|-----|--|
| 3.7 | Особенности процессов перемагничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. /Пр/   | 8 | 8 |                         | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |  | КМ4 |  |
| 3.8 | Подготовка к практическим занятиям раздела 3 /Ср/  | 8 | 6 | ПК-1-31 ПК-1-32         | Л1.1<br>Л1.2Л3.1<br>Л3.2      |  |     |  |
| 3.9 | Подготовка к контрольной работе 3 /Ср/   | 8 | 4 | ПК-1-32 ПК-1-33         | Л1.1 Л1.2                     |  |     |  |
|     | <b>Раздел 4. Магнитотвердые сплавы в системах Mn-Al, Co-Pt; Fe-Co-V.</b>   |   |   |                         |                               |  |     |  |
| 4.1 | Высококоэрцитивные сплавы в системе кобальт-платина. Диаграмма состояния кобальт-платина. Влияние процессов упорядочения на магнитные свойства. Термическая обработка сплавов. Магнитная структура. Основные сплавы, их магнитные свойства и пути их дальнейшего развития. Применение сплавов. /Лек/   | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 | Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2         |  |     |  |
| 4.2 | Высококоэрцитивные сплавы на основе марганец-алюминий и марганец-висмут. Диаграммы состояния, равновесные и метастабильные фазы. Термическая обработка сплавов. Природа высококоэрцитивного состояния. /Лек/   | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 | Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2         |  |     |  |
| 4.3 | Сплавы на основе медь-никель-железо. Диаграмма фазового равновесия. Влияние термообработки и холодной пластической деформации на структуру и магнитные свойства сплавов. Основные сплавы, их свойства и применение. Сплавы в системе железо-кобальт-ванадий (викаллой), железо-молибден-кобальт (типа "комол") и железо-марганец (типа "коэрцит"). Термическая обработка сплавов и особенности формирования высококоэрцитивного состояния под действием холодной пластической деформации. Основные сплавы, их свойства и применение. /Лек/ | 8 | 2 | ПК-1-31 ПК-1-32         | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2         |  |     |  |

|     |   |   |    |   |                                       |  |     |  |
|-----|---|---|----|---|---------------------------------------|--|-----|--|
| 4.4 | Природа высококоэрцитивного состояния в сплавах кобальт-платина, марганец-алюминий и марганец-висмут. Контрольная работа 4 /Пр/ | 8 | 10 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-У3 ПК-1-В2                                    | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Л3.2                  |  | КМ5 |  |
| 4.5 | Домашнее задание №1. Реферат с презентацией по тематике: «Перспективные магнитотвердые материалы». /Ср/                         | 8 | 12 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |  |     |  |
| 4.6 | Домашнее задание №2. Реферат с презентацией по одному из разделов курса. /Ср/   | 8 | 17 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |  |     |  |
| 4.7 | Подготовка к практическому занятию раздела 4 /Ср/   | 8 | 4  | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33   | Л1.1<br>Л1.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э2        |  |     |  |
| 4.8 | Подготовка к экзамену по курсу /Ср/   | 8 | 36 | ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3<br>ПК-1-У4 ПК-1-В1 ПК-1-В3 | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |  | КМ1 |  |

### 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    | Экзамен                 | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-У4;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Основы конструирования постоянных магнитов. (Как выбрать материал для ПМ. Как заменить один материал другим.)</li> <li>2 Стабильность свойств постоянных магнитов. (Временная стабильность; Температурная стабильность; Влияние внешних магнитных полей. Методы стабилизации.)</li> <li>3 Виды одноосной анизотропии в однодоменных частицах. Теории <math>H_c</math>.</li> <li>4 Возможные причины магнитного гистерезиса, теория включений и напряжений.</li> <li>5 Теория Стонера Вольфарта. Запишите общее выражение для энергии однодоменной удлиненной частицы в виде эллипсоида вращения, произвольным образом ориентированной во внешнем магнитном поле. Опишите общий ход решения этого уравнения и механизм перемагничивания такой частицы. Изобразите петлю гистерезиса.</li> <li>6 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании цепочки однодоменных частиц.</li> <li>7 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании бесконечного цилиндра.</li> <li>8 Основные выводы из теории магнитного гистерезиса, если перемагничивание происходит с задержкой роста зародыша перемагничивания.</li> <li>9 Что такое обменная анизотропия, когда наблюдается смещенная петля гистерезиса.</li> <li>10 Основные причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках. (Как учесть взаимодействие частиц при оценке коэрцитивной силы. Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу. Какова зависимость коэрцитивной силы ферромагнитных частиц от их размера и чем она обусловлена. Как влияет изменение анизотропии формы и</li> </ol> |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу.)</p> <p>11 Что такое ESD-магниты, как их получают, каков их теоретический и реальный уровень свойств?</p> <p>12 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Ni-Al и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>13 Кинетика фазовых превращений в сплавах Fe-Ni-Al. Понятие об обработке I и II типа. Распад и дораспад.</p> <p>14 Механизм структурообразования в сплавах Fe-Ni-Al.</p> <p>15 Влияние химического состава и легирующих элементов на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al.</p> <p>16 В чем заключаются особенности механизма формирования высококоэрцитивного состояния в сплавах ЮНДК и Fe-Cr-Co?</p> <p>17 При каких условиях и почему наиболее эффективно проявляется термомагнитная обработка в сплавах ЮНДК, как при этом изменяется их структура и магнитные свойства?</p> <p>18 Сплавы Fe-Ni-Al с кристаллической текстурой. Способы получения столбчатой структуры. Уровень магнитных свойств сплавов.</p> <p>19 Особенности фазового равновесия сплавов Fe-Ni-Al-Co с повышенным содержанием Co.</p> <p>20 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ЮНДК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>21 Каковы основные закономерности термической обработки сплавов типа ЮНДК и как они проявляются при формировании высококоэрцитивного состояния (ВКС)?</p> <p>22 Особенности фазового и структурного состояния сплавов типа ЮНДК35Т5 и ЮНДК40Т8, термическая обработка и уровень магнитных свойств этих сплавов.</p> <p>23 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ЮНДК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>24 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Co-Cr и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>25 Какие принципы легирования реализованы при развитии сплавов ХК и как это легирования влияет на структуру, магнитные свойства и термическую обработку сплавов?</p> <p>26 Как получают анизотропные постоянные магниты из сплавов ХК методом деформационного старения?</p> <p>27 Создание в сплавах Fe-Co-Cr столбчатой и монокристаллической структуры. Особенности легирования, получаемые сплавы и их свойства.</p> <p>28 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ХК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>29 Термомагнитная обработка сплавов ХК, эффективность магнитного сплава, теория Кана и Зильстры.</p> <p>30 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ХК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>31 Как объясняют различие магнитных свойств Fe-Ni-Al сплавов при обработке 1-го и 2-го типа?</p> <p>32 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах Fe-Ni-Al и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>33 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах ХК и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>34 Можно ли для увеличения магнитных свойств сплавов Fe-Ni-Al подвергать их пластической деформации? Режим деформации, влияние на свойства.</p> <p>35 Как изменяется структура сплавов типа ЮНДК24 после термомагнитной обработки и как это влияет на свойства?</p> <p>36 Как влияет магнитное поле на магнитные свойства</p> |
|--|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>сплавов от алнико12 до ЮНДК24?</p> <p>37 Как сера и титан влияют на характер кристаллизации сплавов типа ЮНДК35Т5?</p> <p>38 Как сера и кремний, алюминий и титан влияют на характер кристаллизации сплавов ЮНДК35Т5?</p> <p>39 Как различаются фазовое равновесие сплавов Fe-Ni-Al, ЮНДК24 и ЮНДК35Т5 и как это различие влияет на режим термической обработки?</p> <p>40 Как формируется структура сплавов типа ЮНДК35Т5 в процессе получения высококоэрцитивного состояния?</p> <p>41 В чем заключается различие режимов термической обработки сплавов ЮНДК24 и ЮНДК35Т5?</p> <p>42 Промышленные технологии получения постоянных магнитов из сплавов типа ални, алнико, ЮНДК. Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>43 Особенности фазового равновесия и распада сплавов ХК и как они влияют на режим термической обработки?</p> <p>44 Почему при обработке 2-го типа коэрцитивная сила сплавов Fe-Ni-Al увеличивается наиболее интенсивно в интервале температур 900-800 (875-775) оС?</p> <p>45 Как влияет содержание Ni на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>46 Как влияет содержание Al на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>47 Как влияет содержание Si на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>48 Как влияет содержание Co на магнитные свойства сплавов алнико?</p> <p>49 Какие способы получения направленной кристаллической структуры сплавов Fe-Ni-Al получили промышленное применение?</p> <p>50 На какие группы по способу получения высококоэрцитивного состояния делятся сплавы Fe-Co-Cr? Приведите примеры сплавов и их свойств</p> <p>51 Каков режим термической обработки I типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>52 Каков режим термической обработки II типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>53 Как нужно изменить режим термической обработки I типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, чтобы уровень магнитных свойств был такой же как при обработке II типа.</p> <p>54 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алниси, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>55 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНТС, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>56 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНД4, каковы магнитные свойства?</p> <p>57 Как содержание меди в сплавах типа ЮНД влияет на оптимальный химический состав сплавов и уровень магнитных свойств?</p> <p>58 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ални, каковы магнитные свойства?</p> <p>59 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 4, каковы магнитные свойства?</p> <p>60 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 1, каковы магнитные свойства?</p> <p>61 Как изменение содержания Ni от 13 до 15% влияет на магнитные свойства сплава ЮНДК24?</p> <p>62 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК35Т5, каковы магнитные свойства?</p> <p>63 Как направленная кристаллизация изменяет магнитные свойства сплава ЮНДК35Т5, каков для этого сплава режим термической обработки?</p> <p>64 Как монокристалличность влияет на магнитные свойства сплавов ЮНДК25Б и ЮНДК35Т5Б по сравнению со сплавами с направленной кристаллизацией?</p> |
|--|--|--|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>65 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава 25НЮ, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>66 Как изменение содержания кобальта от среднего до очень высокого влияет на магнитные свойства сплава алнико 2? Как при этом нужно изменить содержание никеля и алюминия?</p> <p>67 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>68 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава АНКо1, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>69 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>70 Как отличаются магнитные свойства сплава ЮНДК24 в литом и деформированном состоянии?</p> <p>71 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 28Х20КЮ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>72 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25Х15КЮБ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>73 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х23К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>74 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х25К3М, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>75 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х18КФТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>76 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х15КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>77 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 21Х15К2Ф2ТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>78 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25Х12КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>79 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 20Х5К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>80 Как направленная кристаллизация и монокристалличность влияет на магнитные свойства сплава 22Х19К3М (сравнить с поликристаллом)?</p> <p>81 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 22Х17К4М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>82 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 27Х19К3М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>83 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21Х19К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>84 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21Х17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>85 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 25Х17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>86 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х7К2Д?</p> <p>87 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х12К2Д?</p> <p>88 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х16К2Д?</p> <p>89 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х20К2Д?</p> <p>90 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х23К2Д?</p> <p>91 Причины гистерезиса.</p> <p>92 Виды магнитной анизотропии.</p> <p>93 Определение поля анизотропии.</p> |
|--|--|--|--|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>94 Когерентный механизм перемагничивания.</p> <p>95 Некогерентный механизм перемагничивания.</p> <p>96 Переходная доменная структура.</p> <p>97 Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования.</p> <p>98 Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.</p> <p>99 Влияние напряженности магнитного поля при намагничивании на гистерезисные характеристики частиц.</p> <p>100 Определение поля возникновения зародыша обратной намагниченности. Влияние размера частиц на величину поля образования домена обратной намагниченности.</p> <p>101 Влияние намагничивающего поля на величину поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</p> <p>102 Гистерезис, обусловленный трудностью отрыва доменной стенки.</p> <p>103 Лимитирующее звено процесса перемагничивания.</p> <p>104 Критерий лимитирующего звена процесса перемагничивания.</p> <p>105 Магнитные структуры РЗМ-металлов.</p> <p>106 Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов.</p> <p>107 Диаграмма Sm-Co.</p> <p>108 Магнитные свойства соединений типа SmCo<sub>5</sub> (понимание).</p> <p>109 Магнитные свойства соединений типа Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> (понимание).</p> <p>110 Технология спечённых магнитов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>111 Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>112 Технология спекания и кривая Вестендорфа.</p> <p>113 Явление «порча-восстановление» SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>114 Явление термического намагничивания.</p> <p>115 Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu.</p> <p>116 Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>117 Технология текстурирования спечённых постоянных магнитов.</p> <p>118 Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее).</p> <p>119 Технология производства магнитов Nd-Fe-B.</p> <p>120 Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B.</p> <p>121 Магнитные свойства Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> - нитридов.</p> <p>122 HDDR – технология: технология диспергирования.</p> <p>123 Спин – ориентационный переход в Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.</p> <p>124 Пленочные постоянные магниты.</p> <p>125 Графики Хенкеля. Физический смысл и возможности применения.</p> <p>126 Магнитные свойства порошков Fe-O.</p> <p>127 Нанокристаллические магнитные порошки из соединения Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.</p> <p>128 Магнитокристаллическая одноосная анизотропия (определение, примеры соединений, возможности реализации).</p> <p>129 Что такое коэрцит, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H<sub>c</sub>?</p> <p>130 Что за сплав 12КВ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>131 Чем отличается обработка и свойства викаллоев для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>132 Как обрабатывают хромистые стали на ВКС? Использование?</p> <p>133 Что такое кунифе, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H<sub>c</sub>?</p> <p>134 Что за сплав 16КВМ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> |
|--|--|--|--|

|     |                      |                         |  |
|-----|----------------------|-------------------------|--|
|     |                      |                         | <p>135 Чем отличается обработка и свойства комолов для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>136 Как обрабатывают вольфрамовые стали на ВКС? Использование?</p> <p>137 Что такое викаллой, как он (они) обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его <math>H_c</math>?</p> <p>138 Что за сплав 12ГН? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>139 Как обрабатывают кобальтовые стали на ВКС? Использование?</p>   |
| КМ2 | Контрольная работа 1 | ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-31 | <p>1 Основы конструирования постоянных магнитов.</p> <p>2 Как выбрать материал для ПМ.</p> <p>3 Как заменить один материал другим.</p> <p>4 Стабильность свойств постоянных магнитов.</p> <p>5 Временная стабильность.</p> <p>6 Температурная стабильность.</p> <p>7 Влияние внешних магнитных полей. Методы стабилизации.</p> <p>8 Виды одноосной анизотропии в однодоменных частицах. Теории <math>H_c</math>.</p> <p>9 Возможные причины магнитного гистерезиса, теория включений и напряжений.</p> <p>10 Теория Стонера Вольфарта. Запишите общее выражение для энергии однодоменной удлиненной частицы в виде эллипсоида вращения, произвольным образом ориентированной во внешнем магнитном поле. Опишите общий ход решения этого уравнения и механизм перемагничивания такой частицы. Изобразите петлю гистерезиса.</p> <p>11 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании цепочки однодоменных частиц.</p> <p>12 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании бесконечного цилиндра.</p> <p>13 Основные выводы из теории магнитного гистерезиса, если перемагничивание происходит с задержкой роста зародыша перемагничивания.</p> <p>14 Что такое обменная анизотропия, когда наблюдается смещенная петля гистерезиса.</p> <p>15 Основные причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках.</p> <p>16 Как учесть взаимодействие частиц при оценке коэрцитивной силы.</p> <p>17 Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу.</p> <p>18 Какова зависимость коэрцитивной силы ферромагнитных частиц от их размера и чем она обусловлена.</p> <p>19 Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу.</p> |

|     |                      |                         |  |
|-----|----------------------|-------------------------|--|
| КМЗ | Контрольная работа 2 | ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-31 | <p>1 Что такое ESD-магниты, как их получают, каков их теоретический и реальный уровень свойств?</p> <p>2 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Ni-Al и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>3 Кинетика фазовых превращений в сплавах Fe-Ni-Al. Понятие о обработке I и II типа. Распад и дораспад.</p> <p>4 Механизм структурообразования в сплавах Fe-Ni-Al.</p> <p>5 Влияние химического состава и легирующих элементов на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al.</p> <p>6 В чем заключаются особенности механизма формирования высококоэрцитивного состояния в сплавах ЮНДК и Fe-Cr-Co?</p> <p>7 При каких условиях и почему наиболее эффективно проявляется термомагнитная обработка в сплавах ЮНДК, как при этом изменяется их структура и магнитные свойства?</p> <p>8 Сплавы Fe-Ni-Al с кристаллической текстурой. Способы получения столбчатой структуры. Уровень магнитных свойств сплавов.</p> <p>9 Особенности фазового равновесия сплавов Fe-Ni-Al-Co с повышенным содержанием Co.</p> <p>10 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ЮНДК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>11 Каковы основные закономерности термической обработки сплавов типа ЮНДК и как они проявляются при формировании высококоэрцитивного состояния (ВКС)?</p> <p>12 Особенности фазового и структурного состояния сплавов типа ЮНДК35Т5 и ЮНДК40Т8, термическая обработка и уровень магнитных свойств этих сплавов.</p> <p>13 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ЮНДК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>14 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Co-Cr и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>15 Какие принципы легирования реализованы при развитии сплавов ХК и как это легирования влияет на структуру, магнитные свойства и термическую обработку сплавов?</p> <p>16 Как получают анизотропные постоянные магниты из сплавов ХК методом деформационного старения?</p> <p>17 Создание в сплавах Fe-Co-Cr столбчатой и монокристаллической структуры. Особенности легирования, получаемые сплавы и их свойства.</p> <p>18 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ХК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>19 Термомагнитная обработка сплавов ХК, эффективность магнитного сплава, теория Кана и Зильстры.</p> <p>20 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ХК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>21 Как объясняют различие магнитных свойств Fe-Ni-Al сплавов при обработке 1-го и 2-го типа?</p> <p>22 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах Fe-Ni-Al и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>23 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах ХК и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>24 Можно ли для увеличения магнитных свойств сплавов Fe-Ni-Al подвергать их пластической деформации? Режим деформации, влияние на свойства.</p> <p>25 Как изменяется структура сплавов типа ЮНДК24 после термомагнитной обработки и как это влияет на свойства?</p> <p>26 Как влияет магнитное поле на магнитные свойства сплавов от алнико12 до ЮНДК24?</p> <p>27 Как сера и титан влияют на характер кристаллизации сплавов типа ЮНДК35Т5?</p> |
|-----|----------------------|-------------------------|--|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>28 Как сера и кремний, алюминий и титан влияют на характер кристаллизации сплавов ЮНДК35Т5?</p> <p>29 Как различаются фазовое равновесие сплавов Fe-Ni-Al, ЮНДК24 и ЮНДК35Т5 и как это различие влияет на режим термической обработки?</p> <p>30 Как формируется структура сплавов типа ЮНДК35Т5 в процессе получения высококоэрцитивного состояния?</p> <p>31 В чем заключается различие режимов термической обработки сплавов ЮНДК24 и ЮНДК35Т5?</p> <p>32 Промышленные технологии получения постоянных магнитов из сплавов типа ални, алнико, ЮНДК. Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>33 Особенности фазового равновесия и распада сплавов ХК и как они влияют на режим термической обработки?</p> <p>34 Почему при обработке 2-го типа коэрцитивная сила сплавов Fe-Ni-Al увеличивается наиболее интенсивно в интервале температур 900-800 (875-775) °C?</p> <p>35 Как влияет содержание Ni на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>36 Как влияет содержание Al на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>37 Как влияет содержание Si на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>38 Как влияет содержание Co на магнитные свойства сплавов алнико?</p> <p>39 Какие способы получения направленной кристаллической структуры сплавов Fe-Ni-Al получили промышленное применение?</p> <p>40 На какие группы по способу получения высококоэрцитивного состояния делятся сплавы Fe-Co-Cr? Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>41 Каков режим термической обработки I типа для сплава Fe-27% Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>42 Каков режим термической обработки II типа для сплава Fe-27% Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>43 Как нужно изменить режим термической обработки I типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, чтобы уровень магнитных свойств был такой же как при обработке II типа.</p> <p>44 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алниси, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>45 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНТС, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>46 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНД4, каковы магнитные свойства?</p> <p>47 Как содержание меди в сплавах типа ЮНД влияет на оптимальный химический состав сплавов и уровень магнитных свойств?</p> <p>48 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ални, каковы магнитные свойства?</p> <p>49 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 4, каковы магнитные свойства?</p> <p>50 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 1, каковы магнитные свойства?</p> <p>51 Как изменение содержания Ni от 13 до 15% влияет на магнитные свойства сплава ЮНДК24?</p> <p>52 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК35Т5, каковы магнитные свойства?</p> <p>53 Как направленная кристаллизация изменяет магнитные свойства сплава ЮНДК35Т5, каков для этого сплава режим термической обработки?</p> <p>54 Как монокристалличность влияет на магнитные свойства сплавов ЮНДК25Б и ЮНДК35Т5Б по сравнению со сплавами с направленной кристаллизацией?</p> <p>55 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава 25НЮ, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>56 Как изменение содержания кобальта от среднего до очень высокого влияет на магнитные свойства сплава алнико 2? Как при этом нужно изменить содержание никеля и алюминия?</p> <p>57 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>алнико12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>58 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава АНКo1, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>59 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>60 Как отличаются магнитные свойства сплава ЮНДК24 в литом и деформированном состоянии?</p> <p>61 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 28Х20КЮ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>62 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25Х15КЮБ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>63 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х23К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>64 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х25К3М, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>65 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х18КФТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>66 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х15КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>67 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 21Х15К2Ф2ТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>68 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25Х12КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>69 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 20Х5К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>70 Как направленная кристаллизация и монокристалличность влияет на магнитные свойства сплава 22Х19К3М (сравнить с поликристаллом)?</p> <p>71 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 22Х17К4М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>72 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 27Х19К3М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>73 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21Х19К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>74 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21Х17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>75 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 25Х17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>76 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х7К2Д?</p> <p>77 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х12К2Д?</p> <p>78 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х16К2Д?</p> <p>79 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х20К2Д?</p> <p>80 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х23К2Д?</p> |
|--|--|--|--|

|     |                      |                         |  |
|-----|----------------------|-------------------------|--|
| КМ4 | Контрольная работа 3 | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33 | <p>1 Причины гистерезиса.</p> <p>2 Виды магнитной анизотропии.</p> <p>3 Определение поля анизотропии.</p> <p>4 Когерентный механизм перемагничивания.</p> <p>5 Некогерентный механизм перемагничивания.</p> <p>6 Переходная доменная структура.</p> <p>7 Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования.</p> <p>8 Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.</p> <p>9 Влияние напряженности магнитного поля при намагничивании на гистерезисные характеристики частиц.</p> <p>10 Определение поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</p> <p>11 Влияние размера частиц на величину поля образования домена обратной намагниченности.</p> <p>12 Влияние намагничивающего поля на величину поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</p> <p>13 Гистерезис, обусловленный трудностью отрыва доменной стенки.</p> <p>14 Лимитирующее звено процесса перемагничивания.</p> <p>15 Критерий лимитирующего звена процесса перемагничивания.</p> <p>16 Магнитные структуры РЗМ-металлов.</p> <p>17 Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов.</p> <p>18 Диаграмма Sm-Co.</p> <p>19 Магнитные свойства соединений типа SmCo<sub>5</sub> (понимание).</p> <p>20 Магнитные свойства соединений типа Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> (понимание).</p> <p>21 Технология спечённых магнитов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>22 Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>23 Технология спекания и кривая Вестендорфа.</p> <p>24 Явление «порча-восстановление» SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>25 Явление термического намагничивания.</p> <p>26 Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu.</p> <p>27 Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo<sub>5</sub>.</p> <p>28 Технология текстурирования спечённых постоянных магнитов.</p> <p>29 Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее).</p> <p>30 Технология производства магнитов Nd-Fe-B.</p> <p>31 Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B.</p> <p>32 Магнитные свойства Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> - нитридов.</p> <p>33 HDDR – технология: технология диспергирования.</p> <p>34 Спин – ориентационный переход в Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.</p> <p>35 Пленочные постоянные магниты.</p> <p>36 Графики Хенкеля. Физический смысл и возможности применения.</p> <p>37 Магнитные свойства порошков Fe-O.</p> <p>38 Нанокристаллические магнитные порошки из соединения Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.</p> <p>39 Магнитокристаллическая одноосная анизотропия ( определение, примеры соединений, возможности реализации).</p> |
|-----|----------------------|-------------------------|--|

|     |                      |                                 |  |
|-----|----------------------|---------------------------------|--|
| КМ5 | Контрольная работа 4 | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1 | <p>1 Что такое коэрцит, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его <math>H_c</math>?</p> <p>2 Что такое кунифе, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его <math>H_c</math>?</p> <p>3 Что такое викаллоу, как он (они) обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его <math>H_c</math>?</p> <p>4 Что за сплав 12ГН? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>5 Что за сплав 12КВ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>6 Что за сплав 16КВМ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>7 Чем отличается обработка и свойства комолов для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>8 Чем отличается обработка и свойства викаллоев для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>9 Чем отличается обработка и свойства викаллоев для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>10 Как обрабатывают хромистые стали на ВКС? Использование?</p> <p>11 Как обрабатывают вольфрамовые стали на ВКС? Использование?</p> <p>12 Как обрабатывают кобальтовые стали на ВКС? Использование?</p> <p>13 Чем отличается обработка и свойства сплавов типа 20НЮ для ПМ и для ГД?</p> <p>14 Как используют в ГД сплавы Fe-Co? Уровень свойств, составы сплавов?</p> <p>(ПМ – постоянный магнит, ГД – гистерезисный двигатель, ВКС – высококоэрцитивное состояние).</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         | Реферат 1   | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-У4;ПК-1-33 | <p>Тематика первого домашнего задания: «Перспективные магнитотвердые материалы».</p> <p>Примеры тем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Стронциевые ферриты как материал с особыми магнитоэлектрическими свойствами;</li> <li>- Материалы Fe-Co-Cr для роторов гистерезисных двигателей.</li> </ul> |
| P2         | Реферат 2   | ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-32;ПК-1-В1                         | <p>Тематика второго домашнего задания – реферат и доклад по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем.</p> <p>Примеры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Мезопористые материалы;</li> <li>- Магнитные наноматериалы</li> </ul>  |
| P3         | Лабораторная работа 1   | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1                                 | Измерение основных магнитных характеристик сплавов для постоянных магнитов  |
| P4         | Лабораторная работа 2   | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2                 | Формирование высококоэрцитивного состояния в сплавах типа ЮНДКТ и Fe-Cr-Co (термическая обработка, структура и магнитные свойства)  |
| P5         | Практическая работа "Теория Стонера Вольфарта. Факторы, обеспечивающие снижение уровня магнитных свойств" | ПК-1-33;ПК-1-32   | Решение задач по теме   |

|    |  |                                 |  |
|----|--|---------------------------------|--|
| P6 | Лабораторная работа 3  | ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У2;ПК-1-У3 | Формирование высококоэрцитивного состояния и механизм перемагничивания в сплавах на основе РЗМ |
| P7 | Практическая работа "Особенности процессов перемагничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура" | ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У3         | Решение задач по теме работы   |
| P8 | Практическая работа "Природа высококоэрцитивного состояния в сплавах кобальт-платина, марганец-алюминий и марганец-висмут"                 | ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У2;ПК-1-У3 | Решение задач по теме работы   |

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

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенций студента при изучении дисциплины или её части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков.

Экзамен проводится по расписанию, сформированному учебным отделом, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Экзамен может проводиться на компьютере в форме тестирования или в устной форме. По данной дисциплине экзамен проводится в устной форме и студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. Время подготовки к ответу составляет 90 минут. По истечении установленного времени студент должен ответить на вопросы экзаменационного билета.

Экзамен принимается преподавателем ведущим лектором. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине (сведения фиксируются допуском в ведомости).

Экзаменационные вопросы приведены в КМ1

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

Оценка «отлично» или «хорошо» ставится, если студент полно излагает изученный материал, обнаруживает понимание специфики вопроса, дает правильное определение основных понятий речевой коммуникации; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка; владеет навыками языкового анализа. Ответ не содержит фактические ошибки.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, т.е. обнаруживает понимание специфики вопроса, но при ответе не демонстрирует достаточной обоснованности суждений, и/или отчасти подменяет рассуждения пересказом текста, и/или допускает одну фактическую ошибку.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части материала, неверно отвечает на вопрос, даёт ответ, который содержательно не соотносится с поставленной задачей, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно излагает материал.

Оценка "неявка" - студент 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     |
|------|-----------------------------|--|------------------|-----------------------|
| Л1.1 | Мишин Д. Д.                 | Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов   | Библиотека МИСиС | М.: Высш. шк., 1991   |
| Л1.2 | Кекало И. Б., Самарин Б. А. | Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов' | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1989 |

| <b>6.1.2. Дополнительная литература</b>   |  |   |                      |                        |
|---|--|---|----------------------|------------------------|
|   | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека           | Издательство, год      |
| Л2.1  | Пикунов Михаил Владимирович, Коновалов А. Н.   | Основы теории литейных процессов. Кристаллизация сплавов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150400 - Metallurgy   | Библиотека МИСиС     | М.: Изд-во МИСиС, 2015 |
| <b>6.1.3. Методические разработки</b>   |  |   |                      |                        |
|   | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека           | Издательство, год      |
| Л3.1  | Кекало Игорь Борисович, Менушенков Владимир Павлович   | Быстрозакаленные магнитно-твердые материалы системы Nd-Fe-B: Курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та   | Библиотека МИСиС     | М.: Учеба, 2000        |
| Л3.2  | Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.   | Новые материалы   | Библиотека МИСиС     | М.: Изд-во МИСиС, 2002 |
| <b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>    |  |   |                      |                        |
| Э1  | Межуниверситетская сетевая система междисциплинарной подготовки и профессиональной переподготовки кадров для nanoиндустрии.                |   | www.nano-obr.ru      |                        |
| Э2  | Научная электронная библиотека eLIBRARY  |   | https://elibrary.ru/ |                        |
| <b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>  |  |   |                      |                        |
| П.1   | ESET NOD32 Antivirus   |   |                      |                        |
| П.2   | Win Pro 10 32-bit/64-bit   |   |                      |                        |
| П.3   | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr  |   |                      |                        |
| П.4   | Microsoft Office   |   |                      |                        |
| П.5   | MS Teams   |   |                      |                        |
| <b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b> |  |   |                      |                        |
| И.1   | Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:  |   |                      |                        |
| И.2   | — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |   |                      |                        |
| И.3   | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a> |   |                      |                        |
| И.4   | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):   |   |                      |                        |
| И.5   | — Аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>    |   |                      |                        |
| И.6   | — Аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>                            |   |                      |                        |
| И.7   | — Научометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>                           |   |                      |                        |
| И.8   | — Научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>                        |   |                      |                        |
| <b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>                                       |  |   |                      |                        |
| Ауд.  | Назначение   | Оснащение   |                      |                        |
| Б-429   | Учебная аудитория  | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; dilatометр; твердомер по Роквеллу; комплект учебной мебели |                      |                        |
| Б-416   | Учебная аудитория  | проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели  |                      |                        |

|                                       |  |  |
|---------------------------------------|--|--|
| 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, 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<br>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.   |

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение проводится в один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- индивидуального опроса студентов при проведении практических занятий (часть проводится в форме семинаров),
- сдачи домашних заданий в форме докладов с презентациями MS PowerPoint,
- трех письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий. Сдача домашних заданий происходит в форме представления мультимедийных докладов.

К экзамену студент допускается при условии выполнения учебного плана дисциплины, положительных оценок за контрольные работы. Проставление экзамена возможно на основе оценок за семестровые контрольные мероприятия, а также на основе активности студента при проведении семинарских занятий, выступлении с мультимедийными докладами. Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных работ и график выдачи и сдачи домашних заданий.

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.