

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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)

# Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 10

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Введенский Вадим Юрьевич*

Рабочая программа

**Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки**

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, предусмотренных учебным планом, а также научить современным представлениям об основных закономерностях формирования высоких эксплуатационных свойств различных групп магнитомягких х материалов, роли различных видов анизотропии и механизмов перемагничивания, об особенностях фазового и структурного состояния магнитомягких материалов, их технологии производства и применения в современной технике.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.31
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Проблемы нанотехнологий	
2.1.2	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.3	Технология термической обработки	
2.1.4	Физика дифракции	
2.1.5	Функциональные материалы электроники	
2.1.6	Материалы для биомедицины	
2.1.7	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.8	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.9	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.10	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.11	Физика и техника высоких давлений	
2.1.12	Введение в органическую электронику	
2.1.13	Высокотемпературные материалы	
2.1.14	Инструментальные стали	
2.1.15	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.16	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.17	Металловедение сварки	
2.1.18	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.19	Мехатроника	
2.1.20	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.2	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.3	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.4	Нелинейные кристаллы	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.14	Медицинская химия	
2.2.15	Металловедение реакторных материалов	
2.2.16	Солнечная энергетика	

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

**ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения**

**Знать:**

ПК-5-33 принципы разработки магнитомягких материалов различного назначения и проведения их комплексных исследований
ПК-5-32 физические основы формирования свойств и структуры магнитомягких материалов
ПК-5-31 Основные классы магнитомягких материалов, закономерности формирования их свойств, технологии получения оптимальной структуры
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У3 использовать знания фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности при изучении разработки, технологий, принципов и методик исследований, испытаний и диагностики магнитомягких материалов;
ПК-5-У2 Самостоятельно проводить сбор данных, анализ и обобщение научно-технической информации, основных нормативных документов на основе знаний материаловедения магнитомягких материалов
ПК-5-У1 Самостоятельно использовать знания о физико-химических основах, принципах и методиках исследований, испытаний и диагностики магнитомягких материалов
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В3 опытом планирования и осуществления комплексных исследований и разработки магнитомягких материалов для изделий различного назначения
ПК-5-В2 навыками формирования и аргументации собственных суждений и научной позиции в области материаловедения и технологии магнитомягких материалов на основе знаний фундаментальных наук и знаний в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.
ПК-5-В1 Опытom принятия решений при планировании научных исследований и разработке магнитомягких материалов

#### 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 магнитомягких материалов</b>							
1.1	Требования к магнитным свойствам магнитомягких материалов в разных областях применения /Лек/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3			
1.2	Требования к магнитным свойствам магнитомягких материалов в разных областях применения /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3			
1.3	Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов. Контрольная работа 1 /Пр/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1		КМ1	Р1
1.4	Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			
1.5	Особенности фазово-структурного состояния магнитомягких материалов /Лек/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			

1.6	Особенности фазово-структурного состояния магнитомягких материалов /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1			
	<b>Раздел 2. Электротехнические стали</b>							
2.1	Состав, структура, свойства и методы испытаний электротехнических сталей /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.2 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8			
2.2	Состав, структура, свойства и методы испытаний электротехнических сталей /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.2 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8			
2.3	Металлургия электротехнических сталей /Лек/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 2 Э1			
2.4	Металлургия электротехнических сталей /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 2 Э1			
2.5	Выплавка электротехнического железа в индукционных печах /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1Л2.3Л3. 2 Э1			Р2
2.6	Выплавка электротехнического железа в индукционных печах /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1Л2.3Л3. 2 Э1			
2.7	Прокатка и термическая обработка электротехнических сталей /Лек/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л2. 1 Э4 Э5 Э7 Э8			
2.8	Прокатка и термическая обработка электротехнических сталей /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л2. 1 Э4 Э5 Э7 Э8			
2.9	Рафинирующий отжиг /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э4 Э5 Э7 Э8			Р3

2.10	Рафинирующий отжиг /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э4 Э5 Э7 Э8			
2.11	Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э5 Э8			Р4
2.12	Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э5 Э8			
2.13	Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э4			Р5
2.14	Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 4 Э4			
2.15	Классификация электротехнических сталей с учётом применяемой технологии получения /Лек/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4 Э5 Э7 Э8			
2.16	Классификация электротехнических сталей с учётом применяемой технологии получения /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4 Э5 Э7 Э8			
2.17	Технология производства анизотропной электротехнической стали /Пр/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4			Р6
2.18	Технология производства анизотропной электротехнической стали /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4			
2.19	Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали. Контрольная работа 2 /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э8		КМ2	Р7
2.20	Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э8			

	<b>Раздел 3. Прецизионные магнитомягкие сплавы</b>							
3.1	Состав, структура, свойства и классификация прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э3			
3.2	Состав, структура, свойства и классификация прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э3			
3.3	Металлургия прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э3			
3.4	Металлургия прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э3			
3.5	Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1 Э3			Р8
3.6	Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1 Э3			
3.7	Способы выращивания монокристаллов /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			Р9
3.8	Способы выращивания монокристаллов /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			
3.9	Специальные способы переплава /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			Р10
3.10	Специальные способы переплава /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1			

3.11	Расчет шихты пермаллоя 79НМ /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1				Р11
3.12	Расчет шихты пермаллоя 79НМ /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1				
3.13	Термическая обработка прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1				
3.14	Термическая обработка прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1				
3.15	Термическая обработка пермаллоев /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1				Р12
3.16	Термическая обработка пермаллоев /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1				
3.17	Термомагнитная обработка. Контрольная работа 3 /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1		КМ3		Р13
3.18	Термомагнитная обработка /Ср/	10	6	ПК-5-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1				
	<b>Раздел 4. Аморфные, микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы</b>								
4.1	Аморфные магнитомягкие сплавы /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1				
4.2	Аморфные магнитомягкие сплавы /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1				

4.3	Спиннингование расплава для получения аморфных лент /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1			P14
4.4	Спиннингование расплава для получения аморфных лент /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1			
4.5	Микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы /Лек/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1			
4.6	Микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1			
4.7	Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1			P15
4.8	Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов /Ср/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1			

### 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		<p>1 В каком материале выше константа магнитной анизотропии, если один используется для изготовления сердечника индуктивности, а другой для изготовления постоянного магнита?</p> <p>2 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов (ГД). Внешнее магнитное поле приложено под углом 30 или 60° к ГД. Во сколько раз различается критическое поле смещения ГД?</p> <p>3 Оцените магнитную проницаемость образца сферической формы, если проницаемость вещества равна 500.</p> <p>4 После достижения магнитного насыщения к образцу приложили магнитное поле в противоположном направлении и получили нулевую намагниченность при напряженности поля <math>H = -600</math> А/м. Можно ли считать материал образца магнитно-мягким?</p> <p>5 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Как зависит напряжённость магнитного поля, в котором происходит скачок Баркгаузена, от ориентации этого поля?</p> <p>6 Кривую намагничивания материала измеряли на двух образцах – кольцевом, используя циркулярное магнитное поле, и стержневом, прикладывая поле вдоль оси стержня. Намагниченность <math>2 \cdot 10^5</math> А/м в первом случае достигалась в поле 200 А/м, а во втором – в поле</p>

		<p>8000 А/м. Чему равны коэффициенты размагничивания образцов?</p> <p>7 Почему прецизионные магнитно-мягкие сплавы используются, как правило, при более низких частотах перемагничивания по сравнению с ферритами?</p> <p>8 Используя модель напряжений для описания процесса смещения границ доменов, найдите связь между начальной проницаемостью и коэрцитивной силой магнитно-мягких материалов.</p> <p>9 По литературным данным, магнитная проницаемость материала равна 900, в то время как измерения дают значение 500. Предполагая, что различия связаны с влиянием размагничивающего поля при измерениях, рассчитайте коэффициент размагничивания.</p> <p>10 Укажите диапазон значений начальной магнитной проницаемости для используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>11 Доменная структура магнитного материала с индукцией насыщения 0,6 Тл состоит из полосовых доменов шириной 150 мкм, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Оцените величину скачка Баркгаузена, если после срыва с препятствия доменная граница проходит в среднем расстояние 3 мкм.</p> <p>12 В каком из двух материалов может быть получена большая начальная проницаемость, если индукция насыщения равна 1 Тл и 0,5 Тл, а константа магнитной анизотропии 100 и 50 Дж/м<sup>3</sup>, соответственно?</p> <p>13 Почему напряженность магнитного поля, в котором достигается максимум магнитной проницаемости, больше аналогичного значения поля максимума дифференциальной проницаемости?</p> <p>14 В рамках модели напряжений оцените коэффициент жёсткости границ доменов для материала с магнитоотрицательной насыщением <math>2 \cdot 10^{-6}</math> и толщиной границ доменов 0,15 мкм, если амплитуда напряжений равна 60 МПа, а длина волны напряжений 9 мкм.</p> <p>15 Для монокристалла с кубической решёткой работа намагничивания при приложении магнитного поля вдоль направлений [100], [110], [111] равна 105, 92 и 115 Дж/м<sup>3</sup>, соответственно. Найдите константу магнитной анизотропии <math>K_1</math>, принимая <math>K_2=0</math>.</p> <p>16 Укажите диапазон значений коэрцитивной силы для каждой из используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>17 Оцените наибольшее возможное значение коэффициента жёсткости 180-градусных границ доменов для материала с индукцией насыщения 0,65 Тл, если под действием поля напряжённостью 0,16 А/м граница доменов обратимо смещается на расстояние 0,1 мкм.</p> <p>18 В образце с коэффициентом размагничивания <math>N = 0,5</math> магнитное насыщение достигается в поле 5000 А/м. Найдите поле насыщения для образца с <math>N = 0,6</math>, если индукция насыщения равна 0,6 Тл.</p> <p>19 Почему к материалу, используемому для изготовления сердечников высокочастотных дросселей, предъявляют требования высокого удельного электрического сопротивления?</p> <p>20 Оцените удельные потери энергии на гистерезис (в Дж/м<sup>3</sup>) для материала с прямоугольной петлёй гистерезиса, имеющего коэрцитивную силу 13 А/м и остаточную индукцию 0,4 Тл.</p> <p>21 Какой вид магнитной анизотропии (магнитокристаллическая или магнитоупругая) определяет величину магнитных свойств ферромагнетика, если константа магнитокристаллической анизотропии равна 120 Дж/м<sup>3</sup>, магнитоотрицательная насыщения <math>3 \cdot 10^{-5}</math>, а внутренние напряжения (в среднем) 100 МПа?</p> <p>22 Почему коэффициент экранирования (для магнитостатического экрана цилиндрической формы из магнитно-мягкого материала) зависит от напряжённости магнитного поля по кривой с максимумом?</p> <p>23 Оцените наибольшее значение начальной магнитной проницаемости, обусловленной процессом вращения намагниченности, для материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 90 Дж/м<sup>3</sup>.</p> <p>24 Считая, что кривая намагничивания имеет вид прямой линии</p>
--	--	--

			<p>вплоть до достижения магнитного насыщения в поле напряженностью 300 А/м, найдите работу намагничивания. Индукция насыщения материала равна 0,7 Тл.</p> <p>25 Почему в магнитно-мягких материалах константа магнитной анизотропии должна быть малой?</p> <p>26 Оцените критическое поле смещения 180-градусной границы домена с помощью модели включений. Считайте, что поле приложено параллельно намагниченности доменов, ширина доменов 110 мкм, а включения имеют сферическую форму и диаметр 4 мкм. Индукция насыщения материала равна 0,6 Тл.</p> <p>27 Константы магнитной кристаллической анизотропии материала с кубической решёткой равны: <math>K_1 = 340</math> Дж/м<sup>3</sup>, <math>K_2=0</math>. Какие кристаллографические индексы имеет направление, параллельное оси лёгкого намагничивания?</p> <p>28 Почему высокое значение магнитной проницаемости материала, используемого для изготовления сердечника катушки индуктивности, придаёт катушке свойства электромагнитного фильтра, снижающего высокочастотные помехи?</p> <p>29 Найдите связь между коэффициентом жесткости границ доменов и максимальным градиентом их удельной энергии, используя для описания смещения границ доменов модель синусоидальных напряжений.</p> <p>30 Доменная структура одноосного магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Найдите поле насыщения, если поле приложено перпендикулярно намагниченности доменов. Индукция насыщения материала равна 0,56 Тл, константа магнитной анизотропии 400 Дж/м<sup>3</sup>.</p> <p>31 В каком ферромагнитном металле наблюдается рекордно высокая температура Кюри? Является ли этот материал магнитно-мягким?</p> <p>32 Оцените наибольшее возможное значение магнитной проницаемости вращения для магнитно-одноосного материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 120 Дж/м<sup>3</sup>.</p> <p>33 Магнитная проницаемость цилиндрического образца длиной <math>l</math> и диаметром <math>d</math> измерялась при приложении внешнего магнитного поля вдоль оси цилиндра. Нарисуйте (схематично) график зависимости измеренной проницаемости от отношения <math>l/d</math>.</p> <p>34 Оцените вклад в коэрцитивную силу флуктуаций магнитострикции насыщения <math>\lambda_s</math> из-за концентрационных неоднородностей с амплитудой <math>\Delta C = 0,02</math> % и длиной волны <math>l = 0,3</math> мкм для железа с индукцией насыщения 2,16 Тл, толщиной границ доменов 0,1 мкм, внутренними напряжениями 120 МПа, если при изменении концентрации примеси на 1 % магнитострикция насыщения изменяется на 1.10-7.</p>
--	--	--	--

КМ2	Контрольная работа 2	<p>35 Почему при выплавке в вакуумных печах магнитные свойства прецизионных магнитно-мягких сплавов лучше по сравнению с открытой выплавкой?</p> <p>36 Как учитывают протекание фазовой перекристаллизации и фазового наклепа при выборе режима термической обработки магнитно-мягкого чистого железа?</p> <p>37 Оцените продолжительность контролируемого охлаждения магнитно-мягкого железа, используя данные о рекомендуемой скорости охлаждения при проведении рекристаллизационного отжига.</p> <p>38 Почему при индукционной плавке происходит перемешивание металлического расплава?</p> <p>39 Почему при получении карбонильного железа для синтеза пентакарбонила железа повышают давление и температуру, а для термического разложения карбонила – наоборот?</p> <p>40 Оцените величину удельных потерь на вихревые токи в пластине толщиной 0,35 мм из электротехнической стали с 3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц и амплитуде магнитной индукции 0,5 Тл, если ширина доменов равна 0,5 мм.</p> <p>41 Индукционная плавка производится с помощью спирального индуктора, внутри которого помещается цилиндрический тигель с шихтой (расплавом). Нарисуйте на изображении тигля и индуктора ориентацию магнитного и электрического поля, а также направление вихревых токов.</p> <p>42 Почему при использовании печей электросопротивления для термической обработки прецизионных сплавов обмотку печи делают бифилярной?</p> <p>43 Оцените относительное уменьшение потерь на вихревые токи в анизотропной электротехнической стали в результате лазерного скрайбирования, если ширина доменов уменьшается с 0,9 мм до 0,6 мм.</p> <p>44 Как по теплоте образования оксида элемента можно судить об эффективности использования данного элемента в качестве раскислителя?</p> <p>45 Нарисуйте упрощённую схему установки для получения электролитического железа.</p> <p>46 Нарисуйте (схематично) изменение со временем а) коэрцитивной силы, б) содержания азота, растворённого в железе, и в) массовой доли нитридов железа при ступенчатом изменении температуры отжига от 100 до 150 оС и обратно с выдержкой продолжительностью 100 ч при каждой температуре. Используйте диаграмму состояния Fe-N.</p> <p>47 Почему образующиеся при раскислении оксиды должны иметь малую плотность?</p> <p>48 Почему углерод и другие примеси, содержащиеся в аноде, не наследуются осаждённым электролитическим железом?</p> <p>49 Кинетика изменения коэрцитивной силы низкоуглеродистой электротехнической стали при магнитном старении в процессе выдержки при 100 оС описывается формулой <math>H_c [A/m] = 0,72 + 0,12 \cdot \lg 2t</math>, где <math>t</math> – продолжительность выдержки в часах. Рассчитайте коэффициент старения по коэрцитивной силе для продолжительности выдержки 120 часов. В качестве исходного значения примите <math>H_c</math> при <math>t=1</math> час.</p> <p>50 В чем отличие осаждающего раскисления от экстракционного?</p> <p>51 Почему при выплавке прецизионных сплавов на основе железа в качестве компоненты шихты не используют первичное карбонильное железо?</p> <p>52 Удельное электрическое сопротивление в сплавах Fe-Si увеличивается с ростом содержания кремния, что описывается выражением <math>\rho (\text{мкОм}\cdot\text{м}) = 0,1 + 0,12 \cdot \%Si</math>. Оцените с помощью этой формулы классическую составляющую потерь на вихревые токи (в расчете на единицу объёма) в чистом железе и сплаве Fe-3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц, амплитуде магнитной индукции 1,1 Тл и толщине листа 0,27 мм.</p> <p>53 На примере железа опишите способ рафинирования с помощью термической обработки.</p> <p>54 Как необходимость протекания вторичной рекристаллизации для получения текстуры в анизотропной электротехнической стали</p>
-----	----------------------	---

			<p>при высокотемпературном отжиге сказывается на химическом составе стали, который должен быть получен при выплавке?</p> <p>55 Оцените упрощённо (без учёта примесей, а также угара и пригара) массовые доли чистого железа, чистого никеля и ферромolibдена Fe-58 % Mo, используемых в качестве компонент шихты при выплавке сплава 79НМ (79 % Ni, 4 % Mo, ост. Fe).</p> <p>56 Для низкоуглеродистой электротехнической стали зависимость коэрцитивной силы от размера зерна описывается выражением <math>H_c [A/m] = 44 + 0,32/d [cm]</math>. Объясните причину такой зависимости, укажите факторы, влияющие на величину первого и второго слагаемого в правой части формулы.</p> <p>57 В чем состоит различие назначения покрытий из MgO и (AlPO<sub>4</sub>+SiO<sub>2</sub>), наносимых на разных стадиях технологии производства электротехнической анизотропной стали?</p> <p>58 Оцените оптимальный размер зерна изотропной электротехнической стали с наименьшими магнитными потерями, если зависимости от размера зерна <math>d [mm]</math> удельных потерь на гистерезис <math>P_g [Вт/кг]</math> и на вихревые токи <math>P_v [Вт/кг]</math> описываются аппроксимирующими выражениями: <math>P_g = 0,3+0,02/d</math>, <math>P_v = 0,01d^2</math>.</p> <p>59 Почему при выращивании монокристалла по методу Бриджмена не нужна монокристаллическая затравка?</p> <p>60 Опишите качественно различие химического состава (после выплавки) электротехнической анизотропной стали при использовании технологии производства с сульфидными и нитридно-медными вариантами ингибирования.</p> <p>61 Оцените, во сколько раз различается коэрцитивная сила образцов низкоуглеродистой электротехнической стали со средним размером зерна 0,1 и 1 мм.</p> <p>62 Нарисуйте график зависимости потерь на вихревые токи от размера зерна. Объясните причину этой зависимости.</p>
--	--	--	---

КМЗ	Контрольная работа 3	<p>63 Почему при выплавке сплава 79НМ не используют технически чистый молибден в качестве шихтового материала?</p> <p>64 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала однофазные сплавы Fe-Ni с малым содержанием никеля (например, 5 % Ni)?</p> <p>65 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала двухфазные сплавы Fe-Ni с небольшим содержанием никеля?</p> <p>66 Как классифицируют пермаллои по химическому составу?</p> <p>67 Каково различие магнитных свойств высоконикелевых и низконикелевых пермаллоев?</p> <p>68 Каково содержание никеля в средненикелевых пермаллоях?</p> <p>69 Каково содержание никеля в низконикелевых пермаллоях?</p> <p>70 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение начальной проницаемости?</p> <p>71 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение максимальной проницаемости? Какая термическая обработка для этого используется?</p> <p>72 В чем различие термической обработки низконикелевых и средненикелевых пермаллоев?</p> <p>73 В чем различие термической обработки низконикелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>74 В чем различие термической обработки средненикелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>75 В чем различие областей применения пермаллоев с разным содержанием никеля?</p> <p>76 Какие фазовые превращения протекают в пермаллоях при охлаждении от высоких температур?</p> <p>77 Почему магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев особенно чувствительны к механическим напряжениям?</p> <p>78 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге влияет на магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>79 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге практически не влияет на магнитные свойства низконикелевых пермаллоев?</p> <p>80 Перечислите основные технологические этапы а) производства и б) обработки пермаллоев.</p> <p>81 Для каких сплавов Fe-Ni используется термомагнитная обработка?</p> <p>82 Какая среда используется при финишной термической обработке пермаллоев?</p> <p>83 Какие факторы учитывают при выборе температуры отжига низконикелевых пермаллоев?</p> <p>84 Как двойную термическую обработку нелегированных высоконикелевых пермаллоев можно превратить в одинарную?</p> <p>85 Почему существует оптимальная скорость охлаждения при отжиге высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>86 Как осуществляют отжиг в продольном магнитном поле?</p> <p>87 Почему охлаждение с печью приводит в случае высоконикелевых пермаллоев приводит к более низким значениям проницаемости по сравнению с ускоренным охлаждением?</p> <p>88 Почему повышение удельного электрического сопротивления при легировании пермаллоев считают положительным фактором?</p> <p>89 Почему очень высокая скорость охлаждения при отжиге пермаллоев приводит к низким значениям проницаемости?</p> <p>90 Нарисуйте кольцевой образец и направление магнитного поля, прикладываемого при продольной термомагнитной обработке.</p> <p>91 Нарисуйте схему термической обработки легированного пермаллоя.</p> <p>92 Почему согласно стандарту отожжённые изделия из пермаллоев «не должны подвергаться в процессе сборки ударам, нагибам, рихтовке, шлифовке, а также чрезмерной затяжке или сдавливаемости обмоткой»?</p> <p>93 Почему время выдержки при отжиге пермаллоев зависит от размеров и массы образца?</p> <p>94 Какие факторы учитывают при выборе скорости нагрева при отжиге пермаллоев?</p>
-----	----------------------	--

			<p>95 Почему отжиг пермаллоев в продольном магнитном поле повышает максимальную магнитную проницаемость?</p> <p>96 Почему поле, прикладываемое при термомагнитной обработке, должно быть достаточно большим?</p> <p>97 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев формируется конечная толщина ленты?</p> <p>98 От каких факторов зависит выбираемая скорость изменения температуры при приложении магнитного поля в процессе охлаждения средненикелевого пермаллоя?</p> <p>99 От каких факторов зависит температурный интервал приложения магнитного поля при охлаждении средненикелевого пермаллоя?</p> <p>100 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев максимальной проницаемости.</p> <p>101 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев коэффициента прямоугольности петли гистерезиса.</p> <p>102 Нарисуйте схематично вид петли гистерезиса образца после ТМО для двух случаев: поле при измерениях параллельно (а) и перпендикулярно (б) направлению поля при ТМО.</p> <p>103 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев в сплаве может протекать направленное упорядочение?</p> <p>104 Как направленное упорядочение влияет на магнитные свойства пермаллоев при отжиге без поля и при термомагнитной обработке?</p> <p>105 Почему дальнейшее химическое упорядочение мешает развиваться направленному упорядочению?</p> <p>106 Опишите факторы, которые учитывают при легировании пермаллоев.</p> <p>107 Почему в тройных сплавах Fe-Ni-Mo могут быть получены состояния с практически нулевыми константами магнитокристаллической и магнитоупругой анизотропии одновременно?</p> <p>108 Опишите причины, по которым содержание молибдена в легированном пермаллое ограничено и сверху, и снизу.</p> <p>109 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев происходит очистка сплавов от примесей?</p> <p>110 Нарисуйте схематично на проекции тройной диаграммы состояния Fe-Ni-Mo (в интервале 0-10 % Mo) линии составов сплавов, для которых выполняется условие равенства нулю а) константы магнитокристаллической анизотропии и б) магнитострикции насыщения. Объясните, как подобные данные можно использовать для выбора оптимального содержания молибдена в пермаллое.</p> <p>111 Графически охарактеризуйте распределение направлений намагниченностей доменов магнитомягкого материала без кристаллографической текстуры в состоянии остаточной намагниченности до и после продольной термомагнитной обработки. [Используйте двумерную полярную диаграмму, откладывая векторы намагниченности из одной точки – начала координат].</p> <p>112 Как с помощью теории парного направленного упорядочения атомов объясняют явление наведения магнитной анизотропии при отжиге в магнитном поле?</p> <p>113 Почему химический состав пермаллоев влияет на эффективность термомагнитной обработки?</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	ПР 1 Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Изучение влияния на начальную проницаемость и коэрцитивную силу констант магнитной анизотропии, магнитострикции насыщения, внутренних напряжений, примесей, включений, размера зёрен, магнитной и кристаллографической текстуры

P2	ПР 2 Выплавка электротехнического железа в индукционных печах	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Достоинства и недостатки плавки в индукционной печи. Электродинамическое перемешивание расплава.
P3	ПР 3 Рафинирующий отжиг	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Очистка железа от примесей с помощью отжига в атмосфере водорода
P4	ПР 4 Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Фазовые превращения, приводящие к изменению со временем магнитных свойств низкоуглеродистой стали. Метод испытаний.
P5	ПР 5 Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Аномальный рост зерна и способы управления этим процессом с помощью фаз-ингибиторов для получения ребровой кристаллографической текстуры в электротехнической стали
P6	ПР 6 Технология производства анизотропной электротехнической стали	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Технологии выплавки, прокатки и термической обработки для получения текстуры в анизотропной электротехнической стали
P7	ПР 7 Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2	Особенности технологического процесса производства изотропной электротехнической стали
P8	ПР 8 Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Методы получения магнитомягкого железа с малым содержанием примесей
P9	ПР 9 Способы выращивания монокристаллов	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Методы получения монокристаллов магнитомягких сплавов
P10	ПР 10 Специальные способы переплава	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Вакуумно-индукционный, вакуумно-дуговой, плазменно-дуговой, электрошлаковый способы переплава. Зонная плавка
P11	ПР 11 Расчет шихты пермаллоя 79НМ	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Методы решения уравнений материального баланса для нахождения массовых долей компонентов шихты с учётом коэффициентов усвоения компонентов при плавке на примере сплава марки 79НМ
P12	ПР 12 Термическая обработка пермаллоев	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Выбор режима термической обработки нелегированных и легированных пермаллоев
P13	ПР 13 Термомагнитная обработка	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Отжиг в магнитном поле магнитомягких материалов

P14	ПР 14 Спиннингование расплава для получения аморфных лент	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Закалка из жидкого состояния методом спиннингования для получения лент аморфных магнитомягких сплавов
P15	ПР 15 Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Параметры термической обработки аморфных магнитомягких сплавов для получения состояния с оптимальными магнитными свойствами. Кристаллизационный отжиг для получения аморфно-нанокристаллического состояния сплавов фанмет.

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

По дисциплине предусмотрен экзамен.

Экзаменационные вопросы по дисциплине «Магнитомягкие материалы: технология производства и обработки»

- 1 В каком материале выше константа магнитной анизотропии, если один используется для изготовления сердечника индуктивности, а другой для изготовления постоянного магнита?
- 2 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов (ГД). Внешнее магнитное поле приложено под углом 30 или 60° к ГД. Во сколько раз различается критическое поле смещения ГД?
- 3 Оцените магнитную проницаемость образца сферической формы, если проницаемость вещества равна 500.
- 4 После достижения магнитного насыщения к образцу приложили магнитное поле в противоположном направлении и получили нулевую намагниченность при напряженности поля  $H = -600$  А/м. Можно ли считать материал образца магнитно-мягким?
- 5 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Как зависит напряжённость магнитного поля, в котором происходит скачок Баркгаузена, от ориентации этого поля?
- 6 Кривую намагничивания материала измеряли на двух образцах – кольцевом, используя циркулярное магнитное поле, и стержневом, прикладывая поле вдоль оси стержня. Намагниченность  $2 \cdot 10^5$  А/м в первом случае достигалась в поле 200 А/м, а во втором – в поле 8000 А/м. Чему равны коэффициенты размагничивания образцов?
- 7 Почему прецизионные магнитно-мягкие сплавы используются, как правило, при более низких частотах перемагничивания по сравнению с ферритами?
- 8 Используя модель напряжений для описания процесса смещения границ доменов, найдите связь между начальной проницаемостью и коэрцитивной силой магнитно-мягких материалов.
- 9 По литературным данным, магнитная проницаемость материала равна 900, в то время как измерения дают значение 500. Предполагая, что различия связаны с влиянием размагничивающего поля при измерениях, рассчитайте коэффициент размагничивания.
- 10 Укажите диапазон значений начальной магнитной проницаемости для используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.
- 11 Доменная структура магнитного материала с индукцией насыщения 0,6 Тл состоит из полосовых доменов шириной 150 мкм, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Оцените величину скачка Баркгаузена, если после срыва с препятствия доменная граница проходит в среднем расстоянии 3 мкм.
- 12 В каком из двух материалов может быть получена большая начальная проницаемость, если индукция насыщения равна 1 Тл и 0,5 Тл, а константа магнитной анизотропии 100 и 50 Дж/м<sup>3</sup>, соответственно?
- 13 Почему напряжённость магнитного поля, в котором достигается максимум магнитной проницаемости, больше аналогичного значения поля максимума дифференциальной проницаемости?
- 14 В рамках модели напряжений оцените коэффициент жёсткости границ доменов для материала с магнитострикцией насыщения  $2 \cdot 10^{-6}$  и толщиной границ доменов 0,15 мкм, если амплитуда напряжений равна 60 МПа, а длина волны напряжений 9 мкм.
- 15 Для монокристалла с кубической решёткой работа намагничивания при приложении магнитного поля вдоль направлений [100], [110], [111] равна 105, 92 и 115 Дж/м<sup>3</sup>, соответственно. Найдите константу магнитной анизотропии  $K_1$ , принимая  $K_2=0$ .
- 16 Укажите диапазон значений коэрцитивной силы для каждой из используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.
- 17 Оцените наибольшее возможное значение коэффициента жёсткости 180-градусных границ доменов для материала с индукцией насыщения 0,65 Тл, если под действием поля напряжённостью 0,16 А/м граница доменов обратимо смещается на расстояние 0,1 мкм.
- 18 В образце с коэффициентом размагничивания  $N = 0,5$  магнитное насыщение достигается в поле 5000 А/м. Найдите поле насыщения для образца с  $N = 0,6$ , если индукция насыщения равна 0,6 Тл.
- 19 Почему к материалу, используемому для изготовления сердечников высокочастотных дросселей, предъявляют требования высокого удельного электрического сопротивления?
- 20 Оцените удельные потери энергии на гистерезис (в Дж/м<sup>3</sup>) для материала с прямоугольной петлёй гистерезиса, имеющего коэрцитивную силу 13 А/м и остаточную индукцию 0,4 Тл.
- 21 Какой вид магнитной анизотропии (магнитокристаллическая или магнитоупругая) определяет величину магнитных свойств ферромагнетика, если константа магнитокристаллической анизотропии равна 120 Дж/м<sup>3</sup>, магнитострикция насыщения  $3 \cdot 10^{-5}$ , а внутренние напряжения (в среднем) 100 МПа?
- 22 Почему коэффициент экранирования (для магнитоэстатического экрана цилиндрической формы из магнитно-мягкого

материала) зависит от напряжённости магнитного поля по кривой с максимумом?

23 Оцените наибольшее значение начальной магнитной проницаемости, обусловленной процессом вращения намагниченности, для материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 90 Дж/м<sup>3</sup>.

24 Считая, что кривая намагничивания имеет вид прямой линии вплоть до достижения магнитного насыщения в поле напряженностью 300 А/м, найдите работу намагничивания. Индукция насыщения материала равна 0,7 Тл.

25 Почему в магнитно-мягких материалах константа магнитной анизотропии должна быть малой?

26 Оцените критическое поле смещения 180-градусной границы домена с помощью модели включений. Считайте, что поле приложено параллельно намагниченности доменов, ширина доменов 110 мкм, а включения имеют сферическую форму и диаметр 4 мкм. Индукция насыщения материала равна 0,6 Тл.

27 Константы магнитной кристаллической анизотропии материала с кубической решёткой равны:  $K_1 = 340$  Дж/м<sup>3</sup>,  $K_2 = 0$ . Какие кристаллографические индексы имеет направление, параллельное оси лёгкого намагничивания?

28 Почему высокое значение магнитной проницаемости материала, используемого для изготовления сердечника катушки индуктивности, придаёт катушке свойства электромагнитного фильтра, снижающего высокочастотные помехи?

29 Найдите связь между коэффициентом жесткости границ доменов и максимальным градиентом их удельной энергии, используя для описания смещения границ доменов модель синусоидальных напряжений.

30 Доменная структура одноосного магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Найдите поле насыщения, если поле приложено перпендикулярно намагниченности доменов. Индукция насыщения материала равна 0,56 Тл, константа магнитной анизотропии 400 Дж/м<sup>3</sup>.

31 В каком ферромагнитном металле наблюдается рекордно высокая температура Кюри? Является ли этот материал магнитно-мягким?

32 Оцените наибольшее возможное значение магнитной проницаемости вращения для магнитно-одноосного материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 120 Дж/м<sup>3</sup>.

33 Магнитная проницаемость цилиндрического образца длиной  $l$  и диаметром  $d$  измерялась при приложении внешнего магнитного поля вдоль оси цилиндра. Нарисуйте (схематично) график зависимости измеренной проницаемости от отношения  $l/d$ .

34 Оцените вклад в коэрцитивную силу флуктуаций магнитострикции насыщения  $\lambda_s$  из-за концентрационных неоднородностей с амплитудой  $\Delta C = 0,02$  % и длиной волны  $l = 0,3$  мкм для железа с индукцией насыщения 2,16 Тл, толщиной границ доменов 0,1 мкм, внутренними напряжениями 120 МПа, если при изменении концентрации примеси на 1 % магнитострикция насыщения изменяется на  $1 \cdot 10^{-7}$ .

35 Почему при выплавке в вакуумных печах магнитные свойства прецизионных магнитно-мягких сплавов лучше по сравнению с открытой выплавкой?

36 Как учитывают протекание фазовой перекристаллизации и фазового наклёпа при выборе режима термической обработки магнитно-мягкого чистого железа?

37 Оцените продолжительность контролируемого охлаждения магнитно-мягкого железа, используя данные о рекомендуемой скорости охлаждения при проведении рекристаллизационного отжига.

38 Почему при индукционной плавке происходит перемешивание металлического расплава?

39 Почему при получении карбонильного железа для синтеза пентакарбонила железа повышают давление и температуру, а для термического разложения карбонила – наоборот?

40 Оцените величину удельных потерь на вихревые токи в пластине толщиной 0,35 мм из электротехнической стали с 3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц и амплитуде магнитной индукции 0,5 Тл, если ширина доменов равна 0,5 мм.

41 Индукционная плавка производится с помощью спирального индуктора, внутри которого помещается цилиндрический тигель с шихтой (расплавом). Нарисуйте на изображении тигля и индуктора ориентацию магнитного и электрического поля, а также направление вихревых токов.

42 Почему при использовании печей электросопротивления для термической обработки прецизионных сплавов обмотку печи делают бифилярной?

43 Оцените относительное уменьшение потерь на вихревые токи в анизотропной электротехнической стали в результате лазерного скрайбирования, если ширина доменов уменьшается с 0,9 мм до 0,6 мм.

44 Как по теплоте образования оксида элемента можно судить об эффективности использования данного элемента в качестве раскислителя?

45 Нарисуйте упрощённую схему установки для получения электролитического железа.

46 Нарисуйте (схематично) изменение со временем а) коэрцитивной силы, б) содержания азота, растворённого в железе, и в) массовой доли нитридов железа при ступенчатом изменении температуры отжига от 100 до 150 оС и обратно с выдержкой продолжительностью 100 ч при каждой температуре. Используйте диаграмму состояния Fe-N.

47 Почему образующиеся при раскислении оксиды должны иметь малую плотность?

48 Почему углерод и другие примеси, содержащиеся в аноде, не наследуются осаждённым электролитическим железом?

49 Кинетика изменения коэрцитивной силы низкоуглеродистой электротехнической стали при магнитном старении в процессе выдержки при 100 оС описывается формулой  $H_c [A/m] = 0,72 + 0,12 \cdot \lg 2t$ , где  $t$  – продолжительность выдержки в часах. Рассчитайте коэффициент старения по коэрцитивной силе для продолжительности выдержки 120 часов. В качестве исходного значения примите  $H_c$  при  $t = 1$  час.

50 В чем отличие осаждающего раскисления от экстракционного?

51 Почему при выплавке прецизионных сплавов на основе железа в качестве компоненты шихты не используют первичное карбонильное железо?

52 Удельное электрическое сопротивление в сплавах Fe-Si увеличивается с ростом содержания кремния, что описывается выражением  $\rho (\text{мкОм} \cdot \text{м}) = 0,1 + 0,12 \cdot \% \text{Si}$ . Оцените с помощью этой формулы классическую составляющую потерь на вихревые токи (в расчёте на единицу объёма) в чистом железе и сплаве Fe-3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц, амплитуде магнитной индукции 1,1 Тл и толщине листа 0,27 мм.

53 На примере железа опишите способ рафинирования с помощью термической обработки.

54 Как необходимость протекания вторичной рекристаллизации для получения текстуры в анизотропной

- электротехнической стали при высокотемпературном отжиге сказывается на химическом составе стали, который должен быть получен при выплавке?
- 55 Оцените упрощённо (без учёта примесей, а также угара и пригара) массовые доли чистого железа, чистого никеля и ферромолибдена Fe-58 % Mo, используемых в качестве компонент шихты при выплавке сплава 79НМ (79 % Ni, 4 % Mo, ост. Fe).
- 56 Для низкоуглеродистой электротехнической стали зависимость коэрцитивной силы от размера зерна описывается выражением  $H_c [A/m] = 44 + 0,32/d [см]$ . Объясните причину такой зависимости, укажите факторы, влияющие на величину первого и второго слагаемого в правой части формулы.
- 57 В чем состоит различие назначения покрытий из MgO и (AlPO<sub>4</sub>+SiO<sub>2</sub>), наносимых на разных стадиях технологии производства электротехнической анизотропной стали?
- 58 Оцените оптимальный размер зерна изотропной электротехнической стали с наименьшими магнитными потерями, если зависимости от размера зерна  $d [мм]$  удельных потерь на гистерезис  $P_g [Вт/кг]$  и на вихревые токи  $P_v [Вт/кг]$  описываются аппроксимирующими выражениями:  $P_g = 0,3+0,02/d$ ,  $P_v = 0,01d^2$ .
- 59 Почему при выращивании монокристалла по методу Бриджмена не нужна монокристаллическая затравка?
- 60 Опишите качественно различие химического состава (после выплавки) электротехнической анизотропной стали при использовании технологии производства с сульфидными и нитридно-медными вариантами ингибирования.
- 61 Оцените, во сколько раз различается коэрцитивная сила образцов низкоуглеродистой электротехнической стали со средним размером зерна 0,1 и 1 мм.
- 62 Нарисуйте график зависимости потерь на вихревые токи от размера зерна. Объясните причину этой зависимости.
- 63 Почему при выплавке сплава 79НМ не используют технически чистый молибден в качестве шихтового материала?
- 64 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала однофазные сплавы Fe-Ni с малым содержанием никеля (например, 5 % Ni)?
- 65 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала двухфазные сплавы Fe-Ni с небольшим содержанием никеля?
- 66 Как классифицируют пермаллои по химическому составу?
- 67 Каково различие магнитных свойств высоконикелевых и низконикелевых пермаллоев?
- 68 Каково содержание никеля в средникелевых пермаллоях?
- 69 Каково содержание никеля в низконикелевых пермаллоях?
- 70 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение начальной проницаемости?
- 71 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение максимальной проницаемости? Какая термическая обработка для этого используется?
- 72 В чем различие термической обработки низконикелевых и средникелевых пермаллоев?
- 73 В чем различие термической обработки низконикелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?
- 74 В чем различие термической обработки средникелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?
- 75 В чем различие областей применения пермаллоев с разным содержанием никеля?
- 76 Какие фазовые превращения протекают в пермаллоях при охлаждении от высоких температур?
- 77 Почему магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев особенно чувствительны к механическим напряжениям?
- 78 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге влияет на магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев?
- 79 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге практически не влияет на магнитные свойства низконикелевых пермаллоев?
- 80 Перечислите основные технологические этапы а) производства и б) обработки пермаллоев.
- 81 Для каких сплавов Fe-Ni используется термомагнитная обработка?
- 82 Какая среда используется при финишной термической обработке пермаллоев?
- 83 Какие факторы учитывают при выборе температуры отжига низконикелевых пермаллоев?
- 84 Как двойную термическую обработку нелегированных высоконикелевых пермаллоев можно превратить в одинарную?
- 85 Почему существует оптимальная скорость охлаждения при отжиге высоконикелевых пермаллоев?
- 86 Как осуществляют отжиг в продольном магнитном поле?
- 87 Почему охлаждение с печью приводит в случае высоконикелевых пермаллоев приводит к более низким значениям проницаемости по сравнению с ускоренным охлаждением?
- 88 Почему повышение удельного электрического сопротивления при легировании пермаллоев считают положительным фактором?
- 89 Почему очень высокая скорость охлаждения при отжиге пермаллоев приводит к низким значениям проницаемости?
- 90 Нарисуйте кольцевой образец и направление магнитного поля, прикладываемого при продольной термомагнитной обработке.
- 91 Нарисуйте схему термической обработки легированного пермаллоя.
- 92 Почему согласно стандарту отожжённые изделия из пермаллоев «не должны подвергаться в процессе сборки ударам, нагибам, рихтовке, шлифовке, а также чрезмерной затяжке или сдавливаемости обмоткой»?
- 93 Почему время выдержки при отжиге пермаллоев зависит от размеров и массы образца?
- 94 Какие факторы учитывают при выборе скорости нагрева при отжиге пермаллоев?
- 95 Почему отжиг пермаллоев в продольном магнитном поле повышает максимальную магнитную проницаемость?
- 96 Почему поле, прикладываемое при термомагнитной обработке, должно быть достаточно большим?
- 97 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев формируется конечная толщина ленты?
- 98 От каких факторов зависит выбираемая скорость изменения температуры при приложении магнитного поля в процессе охлаждения средникелевого пермаллоя?
- 99 От каких факторов зависит температурный интервал приложения магнитного поля при охлаждении средникелевого пермаллоя?

- 100 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев максимальной проницаемости.
- 101 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев коэффициента прямоугольности петли гистерезиса.
- 102 Нарисуйте схематично вид петли гистерезиса образца после ТМО для двух случаев: поле при измерениях параллельно (а) и перпендикулярно (б) направлению поля при ТМО.
- 103 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев в сплаве может протекать направленное упорядочение?
- 104 Как направленное упорядочение влияет на магнитные свойства пермаллоев при отжиге без поля и при термомагнитной обработке?
- 105 Почему дальнейшее химическое упорядочение мешает развиваться направленному упорядочению?
- 106 Опишите факторы, которые учитывают при легировании пермаллоев.
- 107 Почему в тройных сплавах Fe-Ni-Mo могут быть получены состояния с практически нулевыми константами магнитокристаллической и магнитоупругой анизотропии одновременно?
- 108 Опишите причины, по которым содержание молибдена в легированном пермаллоеве ограничено и сверху, и снизу.
- 109 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев происходит очистка сплавов от примесей?
- 110 Нарисуйте схематично на проекции тройной диаграммы состояния Fe-Ni-Mo (в интервале 0-10 % Mo) линии составов сплавов, для которых выполняется условие равенства нулю а) константы магнитокристаллической анизотропии и б) магнитострикции насыщения. Объясните, как подобные данные можно использовать для выбора оптимального содержания молибдена в пермаллоеве.
- 111 Графически охарактеризуйте распределение направлений намагниченностей доменов магнитомягкого материала без кристаллографической текстуры в состоянии остаточной намагниченности до и после продольной термомагнитной обработки. [Используйте двумерную полярную диаграмму, откладывая векторы намагниченности из одной точки – начала координат].
- 112 Как с помощью теории парного направленного упорядочения атомов объясняют явление наведения магнитной анизотропии при отжиге в магнитном поле?
- 113 Почему химический состав пермаллоев влияет на эффективность термомагнитной обработки?

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – 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
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
Л1.3	Кекало Игорь Борисович	Аморфные магнитные материалы: Разд.: Получение, процессы аморфизации, атомное строение, свойства: Курс лекций для студ. направл. 651800 и 654100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Перминов Александр Сергеевич, Шуваева Евгения Александровна, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.2	Кекало Игорь Борисович, Введенский Вадим Юрьевич, Нуждин Георгий Анатольевич, Кекало Игорь Борисович	Микрокристаллические магнитно-мягкие материалы: Курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л2.3	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Стародубцев Ю. Н.	Магнитномягкие материалы: энциклопедический словарь-справочник: словарь	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2011
Л3.2	Явойский В. И., Кряковский Ю. В., Григорьев В. П., др., Явойский В. И.	Металлургия стали: Учебник для вузов по спец. 'Металлургия черных металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1983
Л3.3	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л3.4	Новиков И. И.	Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1986

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

Э1	Савченко А.Г. Магнитно-мягкие сплавы. // Машиностроение. Энциклопедия. Т. 11-2. - М.: Машиностроение, 2001. - С. 371-390. Эл. ресурс: <a href="https://mash-xxl.info/info/703890/">https://mash-xxl.info/info/703890/</a> Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="https://mash-xxl.info/info/703890/">https://mash-xxl.info/info/703890/</a>
Э2	ГОСТ 19693-74 Материалы магнитные. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 34 с. <a href="http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&amp;id=165732">http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&amp;id=165732</a> Эл. ресурс: Дата обращения 12.05.2020.	<a href="http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&amp;id=165732">http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&amp;id=165732</a>
Э3	ГОСТ 10994-74 Сплавы прецизионные. Марки (с Изменениями N 1-5). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. Эл. ресурс: <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009057">http://docs.cntd.ru/document/1200009057</a> Дата обращения 12.05.2020	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009057">http://docs.cntd.ru/document/1200009057</a>

Э4	ГОСТ 21427.1-83 Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия (с Изменениями N 1-5). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009103">http://docs.cntd.ru/document/1200009103</a> Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009103">http://docs.cntd.ru/document/1200009103</a>
Э5	ГОСТ 33212-2014 Прокат тонколистовой холоднокатаный из электротехнической изотропной стали. Технические условия. Эл. ресурс: <a href="https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014">https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014</a> Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014">https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014</a>
Э6	ГОСТ 12119.0-98 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Общие требования. - М.: Изд-во стандартов, 2003. Эл. ресурс: <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200004949/">http://docs.cntd.ru/document/1200004949/</a> Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200004949/">http://docs.cntd.ru/document/1200004949/</a>
Э7	ГОСТ 21427.2-83 Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия (с Изменениями N 1-5, с Поправкой). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009104">http://docs.cntd.ru/document/1200009104</a> Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200009104">http://docs.cntd.ru/document/1200009104</a>
Э8	ГОСТ 3836-83 СТАЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ НЕЛЕГИРОВАННАЯ ТОНКОЛИСТОВАЯ И ЛЕНТЫ. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: <a href="http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83">http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83</a> . Дата обращения: 12.05.2020.	<a href="http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83">http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas

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

И.1	Учебно-методическое сопровождение практики по решению заведующего кафедрой может быть реализовано с применением LMS Canvas.
И.2	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.4	— Полнотекстовые деловые публикации информгентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.5	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.8	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.9	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.10	Справочно-правовая система Консультант плюс <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
И.11	Справочно-правовая система <a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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; дилатометр; твердометр 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
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.
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; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели

### 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),
- трёх письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных работ.

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.