

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
академик РАН

_____ Н.В. Мушников

« _____ » _____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **«Магнитный контроль»**
специальность **05.02.11 «Методы контроля и диагностика в
машиностроении»**

Всего учебных часов / зач. ед. – 72 / 2

Всего аудиторных занятий, час. – 18

Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 54

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составители рабочей программы:
член-корреспондент РАН В.Е. Щербинин
д.т.н. В.Н. Костин

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель Ученого совета ИФМ, академик РАН

« ____ » _____ 2019 г. _____ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

« ____ » _____ 2019 г. _____ М.А. Коротин

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Магнитный контроль» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- паспорта специальности научных работников специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении».

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных занятий

Вид занятий	Количество часов в семестр (первый)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Лекционные занятия	18	18	0,5
Самостоятельная работа	54	54	1,5
ИТОГО	72	72	2

2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
Магнитный контроль	Объекты и область применения магнитного контроля. Электрические свойства веществ. Законы постоянного и переменного тока. Закон электромагнитной индукции. Вихревые токи в электропроводящих материалах. Скин-эффект. Магнитное поле в вакууме и веществе. Система уравнений Максвелла. Магнитные свойства веществ. Кривые намагничивания и петли гистерезиса	12

	<p>ферромагнетиков. Способы размагничивания ферромагнитных объектов. Доменная структура ферромагнетиков. Энергии ферромагнитного кристалла. Обратимые и необратимые процессы намагничивания. Эффект Баркгаузена. Влияние дефектов и напряжений на магнитные свойства ферромагнетиков. Намагничивание ферромагнетиков. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле прямого провода с током. Поле циркулярного тока. Поле соленоида. Поле цилиндрического проводника и трубы с током. Полусное и комбинированное намагничивание. Однородное и неоднородное намагничивание. Коэффициент размагничивания. Магнитные свойства вещества и тела. Магнитные методы дефектоскопии. Граничные условия. Поле поверхностного дефекта. Поле внутреннего дефекта. MFL-метод дефектоскопии. Численное моделирование полей рассеяния. Магнитопорошковая дефектоскопия. Магнитографическая дефектоскопия. Феррозондовая дефектоскопия. Специальные методы магнитной дефектоскопии. Магнитная толщинометрия. Магнитный структурно-фазовый анализ. Структурночувствительные и фазочувствительные магнитные характеристики. Магнитные методы контроля качества термической, деформационной и поверхностной обработок. Метрологическое обеспечение приборов магнитного контроля.</p>	
<p>Обработка экспериментальных результатов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая схема измерений и обработки их результатов. Интерпретация результатов измерений. Прямая и обратная задачи измерений. Корректные обратные задачи: единственность и стабильность решения. Некорректные задачи измерений. Основы корреляционного и регрессионного анализа. Статистические методы обработки результатов контроля. Оценка достоверности методов контроля. 2. Полезный сигнал и шумы. Аддитивная, мультипликативная и функциональные комбинации сигнала и шумов. Регулярные и случайные сигналы и шумы. Ошибки измерений. Виды ошибок: инструментальные и алгоритмические; систематические и случайные. 3. Математические модели регулярных сигналов. Функциональное представление и представление в виде рядов. Преобразование Фурье. Спектральное представление регулярных сигналов. 4. Математические модели случайных сигналов. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Корреляционная функция и спектральная плотность 	<p>6</p>

	<p>стационарных процессов.</p> <p>5. Оценка случайной погрешности прямых измерений. Выявление и исключение промахов из серии измерений. Погрешности косвенных измерений. Нахождение параметров эмпирической зависимости методом наименьших квадратов.</p> <p>6. Экспертные системы. Нейронные сети.</p>	
	ИТОГО	18

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах.
Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач.ед.
Тема 1. Физическое и численное моделирование магнитных полей и потоков рассеяния на дефектах сплошности. Обратная задача дефектоскопии.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	10	
Тема 2. Численное моделирование полей и потоков в локально намагничиваемых объектах. Оптимизация преобразователей.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
Тема 3. Методы и средства измерения полей рассеяния.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
Тема 4. Основные параметры магнитной структуроскопии, способы и средства их определения на реальных объектах	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
Тема 5. Вихретоковая дефектоскопия	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом	6	

	содержания дисциплины Подготовка доклада.		
Тема 6. Вихретоковая структуроскопия.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
Тема 7. Вихретоковая толщинометрия.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
Тема 8. Обработка экспериментальных результатов	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	8	
ИТОГО		54	1,5

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
2. Технические средства диагностирования / Под ред. В.В.Клюева.– М.: Машиностроение, 1989, 672 с.
3. Н.П.Алешин, А.И.Потапов. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 283 с.
4. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн 3. Электромагнитный контроль / В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, В.В.Сухоруков. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 312 с.
5. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 1: В 2 кн.: Кн. 1: Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Радиационный контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.: ил.
6. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т 2: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с: ил. Контроль герметичности. Книга 1/А.И.Евлампиев, Е.Д.Попов, С.Г.Сажин, Л.Д.Муравьева, С.А.Добротин, А.В.Половинкин, Ю.А.Кондратьев. Вихретоковый контроль. Книга 2 / Ю.К.Федосенко, В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, Ю.Я.Останин.
7. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.: ил.

8. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 6: В 3 кн. Кн. 1: Магнитные методы контроля / В.В.Клюев, В.Ф.Мужицкий, Э.С.Горкунов, В.Е.Щербинин. Кн. 2: Оптический контроль / В.Н.Филинов, А.А.Кеткович, М.В.Филинов. Кн. 3: Радиоволновой контроль / В.И.Матвеев. – М.: Машиностроение, 2004. – 832 с.: ил.
9. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 8: В 2 кн. Кн. 1: В.В.Клюев, А.А.Кеткович, В.Ф.Крапивин и др. Экологическая диагностика / Кн. 2: А.В.Ковалев. Антитеррористическая и криминалистическая диагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 789 с.: ил.
10. Янош Л. Теория и практика обработки результатов измерений. — М.: Мир, 1968.
11. Пытьев Б.П. Математические методы интерпретации эксперимента. Учеб. пособие для ВУЗов.—М.: Высш. шк., 1989.
12. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений: Учебник для вузов.— СПб: Политехника, 2001.

Дополнительная литература

1. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. – 1032 с.
2. Вонсовский С.В., Шур Я.С. Ферромагнетизм. М.: Л.: ОГИЗ, 1948. – 816 с.
3. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1983. – 279 с.
4. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. – М.: Физматлит, 2005. – 510 с.
5. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Пер. с японского под ред. Р.В. Писарева. - М.: Мир, 1987. - 420 с.
6. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: Высшая школа, 2007. – 535 с.
7. Щербинин В.Е., Костин В.Н. Магнитные методы дефектоскопии и структурного анализа металлов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007, электронное издание.
8. Апаев Б.А. Фазовый магнитный анализ сплавов. М.: Металлургия, 1976. - 198 с.
9. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. – М.: Наука, 1993. – 252 с.
10. Щербинин В.Е., Горкунов Э.С. Магнитный контроль качества металлов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 265с.
11. Мельгуй М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. – Минск: Наука.
12. Клюев С.В. Комбинированные методы вихретокового, магнитного и электропотенциального контроля: уч. пособие / Клюев С.В., Шкатов П.Н.; под общ. ред. В.В. Клюева – 1-е изд. – М.: Спектр, 2011. – 191 с.
13. Герасимов В.Г., Останин Ю.А., Покровский А.Д. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. М.: Энергия, 1978. - 216 с.
14. Лухвич А.А., Каролик А.С., Шарандо В.И. Структурная зависимость термоэлектрических свойств и неразрушающий контроль.—Минск: Навука і тэхніка, 1990. –192 с.

15. Кассандро́ва О.Н., Лебеде́в В.В. Обработка результатов измерений.– М.: Наука,1970.
16. Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники. Иркутск: Инфра-М, 2009. – 320 с.