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 **«Вихретоковый 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.

Составитель рабочей программы
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 «Вихретоковый 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 (третий)	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
Вихретоковый контроль	Объекты и область применения вихретокового контроля. Классификация вихретоковых преобразователей (дифференциальный ВТП, накладные, проходные и комбинированные ВТП, экранный ВТП). Зазор и коэффициент заполнения. Обобщенный параметр вихретокового контроля. Сигнал датчика и схема влияния на него свойств объекта контроля. Годограф	12

	сигнала параметрического ВТП, находящегося над немагнитным полупространством. Контроль кругового цилиндра в однородном поле. Относительные комплексные чувствительности наружного проходного ВТП к изменениям радиуса, электропроводности и магнитной проницаемости кругового цилиндра. Определение наилучших условий контроля. Способы подавления мешающих параметров и стабилизации условий вихретокового контроля. Практика вихретокового контроля. Метрологическое обеспечение приборов вихретокового контроля.	
Обработка экспериментальных результатов	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 стационарных процессов. 5. Оценка случайной погрешности прямых измерений. Выявление и исключение промахов из серии измерений. Погрешности косвенных измерений. Нахождение параметров эмпирической зависимости методом наименьших квадратов. 6. Экспертные системы. Нейронные сети.	6
	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	Перечень заданий для самостоятельной работы	Трудоемкость	
		Час.	Зач.ед.

изучения	(рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)		
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 содержания дисциплины Подготовка доклада.	6	
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	8	

	журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.		
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.
13. Федосенко Ю.К., Шкатов Т.Н., Ефимов А.Г. Вихретоковый контроль. М.: ИД “Спектр”, 2011. – 224 с.

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. Клюев С.В. Комбинированные методы вихретокового, магнитного и электропо-тенциального контроля: уч. пособие / Клюев С.В., Шкатов П.Н.; под общ. ред. В.В. Клюева – 1-е изд. – М.: Спектр, 2011. – 191 с.
11. Герасимов В.Г., Останин Ю.А., Покровский А.Д. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. М.: Энергия, 1978. - 216 с.
12. Лухвич А.А., Каролик А.С., Шарандо В.И. Структурная зависимость термоэлектрических свойств и неразрушающий контроль.–Минск: Навука і тэхніка, 1990. –192 с.
13. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов измерений.– М.: Наука,1970.