

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

Направленность (специальность) 05.11.13 Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Математическое моделирование в задачах неразрушающего контроля»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,

84 часов – самостоятельная работа,

18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии»,

утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 877, и паспорта специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение современных методов математического моделирования задач неразрушающего контроля

Задачами дисциплины являются:

- изучение математического описания физических явлений, лежащих в основе методов неразрушающего контроля и технической диагностики
- изучение теории построения конечно-элементных моделей для задач, описываемых дифференциальными уравнениями

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-4);
- Способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ОПК-5);
- Способность подготавливать научно-технические отчеты и публикации по результатам выполненных исследований (ОПК-6);
- Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-7);
- Способность формулировать цели, задачи научных исследований в области неразрушающего контроля, выбирать методы и средства решения задач технической диагностики (ПК-1);

- Способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-2);
- Способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем неразрушающего контроля и технической диагностики (ПК-3);
- Способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-4);
- Способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач неразрушающего контроля потенциально опасных технических объектов (ПК-8).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие **результаты образования**:

знать:

- как осуществить критический анализ и оценку современных научных достижений, генерацию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- работу российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

уметь:

- планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-4);
- оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ОПК-5);
- подготавливать научно-технические отчеты и публикации по результатам выполненных исследований (ОПК-6);
- быть готовым к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-7);

- формулировать цели, задачи научных исследований в области неразрушающего контроля, выбирать методы и средства решения задач технической диагностики (ПК-1);
- применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-2);
- применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем неразрушающего контроля и технической диагностики (ПК-3);
- организовывать и проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование с применением современных средств и методов (ПК-4);
- выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач неразрушающего контроля потенциально опасных технических объектов (ПК-8);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Задачи анализа физических полей при неразрушающем контроле

Физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной информации в задачах неразрушающего контроля. Основы взаимодействия физических полей с веществом. Постановка и методы решения задач анализа и синтеза физических явлений и эффектов для создания средств измерения, диагностики и контроля. История методов анализа электромагнитного поля. Соотношения векторной и скалярной алгебры, свойства векторных полей. Современное состояние методов анализа и проектирования средств электромагнитной и ультразвуковой интроскопии. Общие принципы организации программ численного расчета поля: препроцессор (диалоговая система, разбиение области), процессор, постпроцессор (визуализация результатов, расчет необходимых интегральных параметров)

2. Уравнения Максвелла для трехмерного электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной форме

Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме (соотношение векторов электрического и магнитного поля, свойства материалов: линейные, нелинейные, неоднородные, анизотропные, гистерезисные). Классификация задач электромагнитного поля (статические, стационарные, квазистационарные - изменяющиеся по гармоническому закону, нестационарные). Уравнения в частных производных: уравнения Лапласа и Пуассона, волновое уравнение, уравнение диффузии.

3. Трехмерные квазистационарные задачи электромагнитного поля

Квазистационарные задачи электромагнитного поля (поле квазистационарных токов в проводниках, поля в магнетиках, описываемые векторным потенциалом, поле, описываемое векторным электрическим потенциалом). Граничные условия на поверхности проводника. Граничные условия на поверхности раздела электропроводящих сред. Граничные условия для магнитной индукции и напряженности магнитного поля на поверхности раздела сред.

4. Вариационный принцип в применении к решению трехмерной задачи вихрекового контроля методом конечных элементов

Вариационный подход, вывод функционалов из дифференциальных уравнений, функционалы с векторным потенциалом. Метод конечных элементов: требования к дискретизации области на конечные элементы (тетраэдры), вывод уравнения для конкретного конечного элемента, объединение уравнений в общую систему. Реализация вариационного подхода в методе конечных элементов. Практическая реализация вариационного подхода в применении к задаче квазистационарных токов, к квазистационарным магнитным полям, описываемым векторным потенциалами, к полям, описываемым электрическим векторным потенциалом

5. Метод конечных элементов в трехмерной постановке

Метод конечных элементов в трехмерной постановке. Трехмерная задача, описываемая скалярным потенциалом (тетраэдр первого порядка, применение вариационного подхода, модель постоянного магнита). Методы взвешанных невязок в трехмерных задачах (методы Галеркина, коллокации, наименьших квадратов)

6. Осесимметричные задачи электромагнитного контроля

Применение метода конечных элементов к осесимметричным структурам объектов контроля и источников поля, дискретизация области решения на конечные элементы, вывод уравнения для конкретного конечного элемента, особенности решения в анизотропных средах.

7. Применение метода Галеркина к задаче с вихревыми токами

Применение метода Галеркина к трехмерной задаче с вихревыми токами (конечный элемент первого порядка в локальных координатах, уравнение для векторного потенциала с использованием дискретизации по времени, уравнение с комплексным векторным потенциалом, структуры с движущимися элементами конструкции, осесимметричные постановки, уравнение Гельмгольца). Изопараметрические конечные элементы высокого порядка (тетраэдрный элемент второго порядка, применение к методу Ньютона-Рафсона); два трехмерных изопараметрических элемента (тетраэдр второго порядка, линейный гексаэдр).

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр – дифференцированный зачет.

В качестве оценочных средств освоения дисциплины используются вопросы для самоконтроля аспирантов и вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов.

Вопросы для самоконтроля

1. Физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной информации в задачах неразрушающего контроля.
2. Постановка и методы решения задач анализа и синтеза физических явлений и эффектов для создания средств измерения, диагностики и контроля.
3. Соотношения векторной и скалярной алгебры, свойства векторных полей.
4. Современное состояние методов анализа и проектирования средств электромагнитной и ультразвуковой интроскопии.
5. Общие принципы организации программ численного расчета поля: препроцессор (диалоговая система, разбиение области), процессор, постпроцессор (визуализация результатов, расчет необходимых интегральных параметров).
6. Классификация задач электромагнитного поля (статические, стационарные, квазистационарные - изменяющиеся по гармоническому закону, нестационарные).
7. Уравнения в частных производных: уравнения Лапласа и Пуассона, волновое уравнение, уравнение диффузии.

8. Квазистационарные задачи электромагнитного поля (поле квазистационарных токов в проводниках, поля в магнетиках, описываемые векторным потенциалом, поле, описываемое векторным электрическим потенциалом).
9. Вариационный подход, вывод функционалов из дифференциальных уравнений, функционалы с векторным потенциалом.
10. Метод конечных элементов: требования к дискретизации области на конечные элементы (тетраэдры), вывод уравнения для конкретного конечного элемента, объединение уравнений в общую систему.
11. Реализация вариационного подхода в методе конечных элементов.
12. Метод конечных элементов в трехмерной постановке.
13. Методы взвешанных невязок в трехмерных задачах (методы Галеркина, коллокации, наименьших квадратов).

Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Основы взаимодействия физических полей с веществом.
2. История методов анализа электромагнитного поля.
3. Современное состояние методов анализа и проектирования средств электромагнитной и ультразвуковой интроскопии.
4. Классификация задач электромагнитного поля (статические, стационарные, квазистационарные - изменяющиеся по гармоническому закону, нестационарные).
5. Граничные условия на поверхности проводника.
6. Граничные условия на поверхности раздела электропроводящих сред.
7. Граничные условия для магнитной индукции и напряженности магнитного поля на поверхности раздела сред.
8. Метод конечных элементов: требования к дискретизации области на конечные элементы (тетраэдры), вывод уравнения для конкретного конечного элемента, объединение уравнений в общую систему.
9. Практическая реализация вариационного подхода в применении к задаче квазистационарных токов, к полям, описываемым векторными потенциалами, к полям, описываемым электрическим векторным потенциалом.
10. Трехмерная задача, описываемая скалярным потенциалом (тетраэдр первого порядка, модель постоянного магнита).
11. Применение метода конечных элементов к осесимметричным структурам объектов контроля и источников поля, дискретизация области решения на конечные элементы, вывод уравнения для конечного элемента.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

- 1.Лунин В.П. "Моделирование поля в задачах вихретокового контроля", - М.: Из-во МЭИ, 2004, 56 с.
- 2.Покровский А.Д. Магнитные методы неразрушающего контроля. Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 88с.
- 3.В.П.Лунин Феноменологические и алгоритмические методы решения обратных задач электромагнитного контроля // Дефектоскопия. 2006. № 6. с.3-16.
- 4.В.П.Лунин Двухшаговый алгоритм конечно-элементного решения задач электромагнитного контроля. Электроемкостный контроль // Дефектоскопия. 2006. № 12. с.3-14.
- 5.В.П.Лунин Двухшаговый алгоритм конечно-элементного решения задач электромагнитного контроля. Вихретоковый контроль // Дефектоскопия. 2006. № 12. с.15-26.

Дополнительная литература:

- 6.Неразрушающий контроль. Справочник в 5 кн. Книга 3. Электромагнитный контроль. В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, В.В.Сухоруков. М.: Высш. шк., 1992, 490 с.
- 7.Лунин В.П. Метод конечных элементов в задачах прикладной электротехники. - учебное пособие по курсу "Численные модели в интроскопии". - М.: Изд-во МЭИ, 1996, 78 с.
- 8.В.П.Лунин Современные методы решения обратных задач электромагнитного контроля - Вестник МЭИ. 2003, №1, с.60-66 2003 -3
- 9.В.П.Лунин Эффективный алгоритм расчета сигнала преобразователя при вихретоковом контроле труб парогенераторов АЭС // Вестник МЭИ, 2003, №2 с.46-50

Лицензионное программное обеспечение:

1. Программное обеспечение «Windows 7»
2. Программный продукт «MS Office 2007».