

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

по научной работе

Драгунов В.К.

« ____ » _____ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.2. Электроника, фотоника, приборостроение
и связь

Научная специальность – 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики
материалов, изделий, веществ и природной среды

Москва, 2022

1. Общая часть

Основные функциональные узлы электронных средств измерения.

Методы анализа электромагнитных полей. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Электромагнитное поле и поверхностный эффект. Методы конечных элементов и интегральных уравнений при анализе электромагнитных полей.

2. Измерения, погрешности

Методы измерения напряжений, токов, сопротивлений, емкостей, индуктивностей, частоты и фазы.

Измерения магнитных величин.

Погрешности измерений и обработка результатов измерений. Вероятностные оценки погрешности результата измерений.

Электронные измерительные приборы, их общие свойства и технические характеристики. Электронные вольтметры: частотомеры, фазометры, измерительные генераторы, осциллографы.

3. Основы теории обработки цифровых сигналов и изображений

Элементы теории сигналов. Представление сигналов в цифровой форме. Дискретизация по времени. Теорема Котельникова. Квантование по уровню. Базовые аспекты цифровой обработки сигналов. Линейная система преобразования цифрового сигнала (процессор, оператор, фильтр), представление в виде дифференциального (разностного) уравнения, блокдиаграммы. Свойства линейных систем. Операция линейной цифровой свертки. Импульсный отклик процессора, реакция на ступенчатую функцию – возмущение. Z-преобразование. Основные свойства преобразования. Нули и полюса цифрового сигнала и передаточной функции процессора. Синтез простейших фильтров. Геометрическая интерпретация спектральной характеристики фильтра. Определение положения нулей и полюсов передаточной функции фильтра с заданными свойствами. Проектирование КИХ фильтров с помощью преобразования Фурье. Определение передаточной функции. Применение операции усечения с помощью окон. Выбор функции окна. Спектральные свойства окон. БИХ фильтры. Проектирование цифровых фильтров Баттерворта и Чебышева методом билинейного z-преобразования. Дифференцирование и интегрирование цифровых сигналов. Передаточная функция идеального дифференциатора. Цифровые интеграторы 0-го, 1-го и 2-го порядков, сопоставление их спектральных характеристик. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Различие рядов Фурье, непрерывного и дискретного преобразований Фурье. Свойства ДПФ, расчет спектральных коэффициентов.

4. Методы неразрушающего контроля и диагностики

4.1. Акустические методы Упругие свойства твердых тел. Диаграмма деформация – напряжение. Упругие и пластические деформации. Волновое уравнение. Величины, характеризующие акустическое поле. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Характеристический импеданс среды. Скорость распространения и затухание волн. Поглощение и рассеяние как составляющие затухания. Упругие волны в ограниченных средах. Дисперсия скорости. Распространение импульсов в дисперсных средах. Методы возбуждения и приема. Отражение, преломление и трансформация волн по границе раздела двух сред. Прохождение волн через слоистые структуры. Основные виды ультразвуковых (УЗ) преобразователей (ПЭП). Пьезоэлектрические материалы и их характеристики. Резонансные и антирезонансные частоты. Демпфирование ПЭП. Коэффициенты преобразования при излучении и приеме. Направленность. Диаграммы направленности при излучении. Фокусировка ультразвука. УЗ эхо-метод и его основные характеристики; чувствительность, лучевая и фронтальная разрешающая способность, мертвая зона. Возможности метода и ограничения его применения. Узлы эхо-дефектоскопов. Системы индикации (виды разверток), их достоинства и недостатки. Схемы выравнивания чувствительности. Основные формы импульсов, применяемых в акустической аппаратуре. Влияние отдельных звеньев электроакустического тракта на форму сигналов. УЗ импульсные толщиномеры. Методы уменьшения погрешностей. УЗ резонансные дефектоскопы-толщиномеры. УЗ теневые дефектоскопы. Приборы для контроля физико-механических свойств материалов. Низкочастотные средства контроля многослойных конструкций и изделий из неметаллов. Импакт эхо-метод. Структурные схемы дефектоскопов, использующих эти методы. Физические основы акустико-эмиссионного (АЭ) метода контроля. Источники АЭ при пластической деформации и при зарождении трещин. Дискретная и непрерывная АЭ. Характеристики импульсов АЭ – амплитуда, длительность, частотный спектр, суммарная АЭ, скорость счета АЭ. Эффект Кайзера. Технические средства АЭ, основные характеристики. Классификация источников АЭ. Преобразователи УЗ дефектоскопов (совмещенные, раздельносовмещенные, раздельные). Низкочастотные преобразователи. Электромагнитно-акустические преобразователи. Помехи и борьба с ними. Методы повышения помехоустойчивости ультразвуковой аппаратуры. Структурные шумы, их природа и пути уменьшения. Способы увеличения отношения сигнала к шуму. Механизация и автоматизация ультразвукового контроля. Акустическая томография. УЗ фазированные антенные решетки. Принципы акустической томографии. Область ее применения.

4.2. Электромагнитные методы неразрушающего контроля. Основные физические принципы и общая характеристика электромагнитных методов НК. Классификация вихретоковых преобразователей. Основные уравнения электромагнитного поля в линейной и нелинейной электропроводящих средах.

Граничные условия. Связь сигналов проходных ВТП с параметрами круговых цилиндров и труб. Связь сигналов накладных ВТП с параметрами электропроводящего листа, методы контроля ферромагнитных материалов. Основные способы отстройки от мешающих параметров и выделения информации о контролируемых параметрах при электромагнитном неразрушающем контроле. Магнитные методы, основные задачи магнитного контроля. Основные магнитные величины (магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитный поток, намагниченность, магнитная проницаемость). Намагничивание ферромагнетиков. Методы определения магнитных характеристик. Кривая намагничивания, петли гистерезиса, частные циклы. Использование в магнитном контроле связи магнитных характеристик ферромагнитных объектов с их физико-химическими и механическими свойствами. Классификация магнитных методов. Способы получения первичной информации в магнитном контроле. Индукционные, феррозондовые, полупроводниковые, магнитооптические преобразователи. Магнитные ленты и магнитные порошки. Методы и средства намагничивания объектов контроля. Циркулярное, продольное и комбинированное намагничивание. Особенности намагничивания в постоянном, переменном и импульсном магнитных полях. Размагничивание объектов контроля. Магнитная дефектоскопия. Требования к поверхности контролируемых изделий. Выявление дефектов при продольном и циркулярном намагничивании. Способы контроля в приложенном поле и при остаточной намагниченности. Способы нанесения магнитного индикатора. Осмотр деталей. Мешающие факторы при контроле сварных соединений. Контроль деталей сложной формы. Условные уровни чувствительности. Измерение напряженности магнитного поля на поверхности контролируемой детали. Аппаратура для магнитопорошкового контроля. Определение режима контроля способом остаточной намагниченности. Методы проверки качества магнитных порошков и суспензий. Магнитографический метод дефектоскопии. Технология контроля. Размагничивание лент и деталей. Влияние ориентации дефектов. Магнитная толщинометрия. Принцип измерения толщины ферромагнитных листов и толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях. Основные мешающие факторы. Магнитная структуроскопия. Коэрцитиметры с приставным магнитом. Структуроскопия по остаточной намагниченности. Импульсный магнитный анализатор. Основные мешающие факторы. Магнитный метод контроля стальных канатов. Способ создания возбуждающего поля и получения информации. Оценка результатов контроля. Магнитный метод контроля трубопроводов. Способы намагничивания и снятия информации.

4.3. Радиационные методы Физические основы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом. Строение атома. Природа ионизирующего излучения. Характеристики ионизирующих излучений и параметры их взаимодействия с

веществом. Качественные характеристики рентгеновского и гаммаизлучения. Взаимодействие электронного излучения и альфа-частиц с веществом. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом. Источники ионизирующего излучения, используемые в радиационном неразрушающем контроле. Рентгеновские аппараты. (стационарные, переносные моноблочные) Рентгеновские трубки. Генераторы. Рекомендации по эксплуатации рентгеновских аппаратов. Регистрация проникающих излучений. Физические явления при воздействии ионизирующих излучений. Классификация детекторов. Радиографический метод неразрушающего контроля. Общие характеристики радиационных изображений. Энергетические и спектральные характеристики радиационного изображения. Влияние рассеянного излучения. Выбор параметров контроля. Схемы экспонирования объектов. Расшифровка радиографических снимков. Радиоскопический метод неразрушающего контроля. Общие характеристики радиоскопии. Выбор источников и энергии фотонного излучения при радиоскопии.

4.4. Оптический контроль Особенности оптических методов и их классификация. Взаимодействие электромагнитного излучения оптического диапазона с различными объектами. Законы зрительного восприятия. Информационные параметры систем оптического неразрушающего контроля. Фотометрические, световые, спектральные единицы измерения параметров оптических полей. Основы геометрической оптики. Взаимодействие световых волн с поверхностями различной шероховатости. Модели отражения световых волн от поверхности. Классификация методов по получению полезной информации. Структура автоматизированной системы оптического контроля. Особенности источников оптического излучения. Устройства для формирования излучений требуемой интенсивности, направленности, спектрального состава, поляризации. Вспомогательные устройства, применяемые при оптическом контроле. Влияние оптической системы на формирование изображения. Передаточные функции элементов оптических систем и системы в целом. Точность измерений при оптическом контроле. Особенности лазерные осветителей для задач контроля. Устройства лазерного сканирования.

4.5. Тепловой контроль Термины и определения. Особенности тепловых методов и их классификация. Виды теплообмена. Законы теплового излучения. Взаимодействие электромагнитного излучения ИК диапазона с различными объектами. Информационные параметры систем теплового неразрушающего контроля. Нагрев газом, током, электромагнитным полем. Применение лазера в непрерывном и импульсном режиме для нагрева объектов. Абсолютно черное тело. Серое тело. Излучение реальных тел – твердых, жидких, газообразных. Прохождение ИК излучения через атмосферу. Термоиндикаторы, термометры, термопары, термосопротивления, полупроводниковые приборы, пирозлектрические преобразователи, болометры и болометрические матрицы.

Аппаратура контактного и бесконтактного измерения температуры, достоинства и недостатки различных методов. Достижимая точность измерения температуры. Отстройка от влияния излучательной способности объекта контроля. Схема реализации. Типы тепловизоров. Работа в различных спектральных интервалах ИК излучения. Устройство неохлаждаемого тепловизора с фокальной матрицей. Методы борьбы с шумами бесконтактной ИК аппаратуры, операции коррекции неоднородности. Передаточные функции элементов систем тепловизора и ИК-системы в целом. Точность измерений при бесконтактном тепловом контроле.

4.6. СВЧ контроль Особенности радиоволнового диапазона СВЧ. Свойства материалов в диапазоне сверхвысоких частот. Элементы техники СВЧ. Классификация приборов радиоволнового контроля. Приборы амплитудно-фазовые «на прохождение» и «на отражение». Приборы поляризационные. Приборы резонансные. Метод преобразования вида волны. Лучевые приборы. Квазиоптические приборы. Радиоголографические приборы. Приборы с использованием нескольких частот. Объекты дефектоскопии СВЧ методами. Способы дефектоскопии. Классификация дефектоскопов и их принципы действия. Примеры структурных схем дефектоскопов. Типы СВЧ толщиномеров и принципы их действия. Структурные схемы, устройство, технические характеристики СВЧ толщиномеров. Физические основы и методы структуроскопии на СВЧ.

Литература

1. Под ред. А.В.Фремке. Электрические измерения. Изд-во "Энергия", Изд. 5-е 1980.
2. Неразрушающий контроль. Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 2003.
3. Методы компьютерной обработки изображений // под ред. В.А.Сойфера – М.: Физматлит, 2001

«Согласовано»

Директор ИВТИ
к.т.н., доцент

Вишняков С.В.