

Федеральное агентство научных организаций России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор института,
академик РАН

_____ В.В. Устинов

« _____ » _____ 2015 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»
по техническим наукам

Утверждено на заседании Ученого
совета ИФМ УрО РАН.
Протокол от 18.03.2015 № 4.

Екатеринбург 2015

Введение

Программа разработана на основе программы-минимума кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении», утвержденной Приказом Министерства образования и науки РФ от 08.10.2007 № 274.

Настоящая программа разработана на основе базовых дисциплин, рассматривающих вопросы контроля качества материалов, деталей, узлов изделий, сварных и других неразъемных соединений, а также современных достижений науки и техники в области диагностики и контроля качества машиностроительной продукции.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России по машиностроению при участии НПО ЦНИИТМАШ и МГТУ им. Баумана.

1. Качество продукции и методы контроля.

1.1. Основные задачи технической диагностики. Качество продукции и надежность изделий. Виды дефектов и причины их образования при основных технологических операциях. Влияние дефектов на эксплуатационные характеристики изделий и конструкций. Технические требования и ГОСТы на приемку готовых изделий.

1.2. Виды контроля. Разрушающий и неразрушающий, выборочный и сплошной контроль. Понятие входного, операционного, активного и приемочного контроля. Комплексный контроль. Прогнозирование работоспособности изделий.

1.3. Классификация физических методов неразрушающего контроля материалов, деталей, узлов изделий, сварных и др. неразъемных соединений и области их применения. Метрологическое обеспечение средств контроля. Стандартизация методов контроля.

1.4. Элементы прикладной математической статистики. Понятие о корреляционном и регрессионном анализе. Статистические методы обработки результатов контроля. Оценка достоверности методов контроля.

1.5. Прямые и обратные задачи с целью создания оптимальных технологий и средств контроля.

1.6. Общее представление о базовых элементах автоматизации контроля качества продукции: манипуляторы, сканирующие устройства, транспортные системы, роботы, системы программного управления, микропроцессоры и ЭВМ. Применение микропроцессоров и ЭВМ для обработки результатов контроля. Основы построения гибких автоматизированных модулей и систем контроля.

2. Акустические методы контроля.

2.1. Типы акустических волн и особенности их распространения. Способы получения и приема ультразвуковых колебаний. Свойства ультразвуковых колебаний. Классификация методов акустического контроля.

2.2. Пьезоэлектрические преобразователи. Их основные конструкции и требования к ним. Чувствительность, широкополосность, стабильность акустического контакта, реверберационно шумовая характеристика. Типы пьезоматериалов и основные технические характеристики. Характеристика акустического поля излучения-приема. Способы формирования акустических полей. Фазоуправление литейные решетки. Фазоманипулированные и другие сложные системы для управления полевыми характеристиками.

- 2.3. Методы отражения, прохождения, резонансных, свободных колебаний, импедансный и др. Основные характеристики методов и области их применения. Способы визуализации звуковых полей. Акустическая голография и томография.
- 2.4. Электромагнитоакустические (ЭМА) и лазерные излучатели ультразвука. Основы физики их применения, полные характеристики и конструкции.
- 2.5. Акустическая эмиссия, ее природа и регистрируемые параметры. Локация источника акустической эмиссии и оценка погрешностей измерения. Связь параметров сигналов акустической эмиссии с характеристиками их источников. Аппаратура для акустической эмиссии. Особенности конструкций преобразователей. Область применения.
- 2.6. Методика дефектоскопии и дефектометрии поковок, проката, сварных швов и неметаллических материалов. Основные положения технологии контроля. Измеряемые характеристики дефектов и критерии оценки качества при акустическом контроле. Оценка контролепригодности изделий.
- 2.7. Функциональная схема эхо-импульсного дефектоскопа. Параметры контроля и аппаратуры и способы их стандартизации. Дефектоскопы, преобразователи и вспомогательные средства при ультразвуковом контроле.
- 2.8. Автоматические системы акустического контроля. Принципы получения, обработки и архивирования информации.
- 2.9. Способы ультразвукового контроля толщины изделий и физико-механических свойств материалов. Способы измерения толщины изделий с чистыми и грубыми поверхностями. Контроль прочности и напряжения по изменению скорости и затуханию ультразвука.
- 2.10. Применение ЭВМ для обработки результатов ультразвукового контроля и решения прямых и обратных задач с целью пролонгирования работоспособности изделий и конструкций машиностроения.

3. Вихретоковые методы контроля.

- 3.1. Физические основы метода вихревых токов. Разновидности преобразователей (накладные, проходные, комбинированные), их конструкции, характеристики, область применения. Уравнения Максвелла и расчет преобразователей.
- 3.2. Методы отстройки от влияния факторов, мешающих контролю (амплитудный, фазовый, амплитудно-фазовый, многочастотный).
- 3.3. Импульсный способ возбуждения преобразователей. Метод высших гармоник. Методы модуляционного анализа. Влияние движения изделия на результаты контроля.
- 3.4. Вихретоковые дефектоскопы статические и динамические, толщиномеры, структуроскопы. Функциональные схемы, характеристики и область применения различных средств вихретоковой дефектоскопии.

4. Капиллярные методы контроля.

- 4.1. Физические основы капиллярных методов контроля: люминесцентного, цветного и люминесцентно-цветного. Основные свойства проникающих жидкостей (пенетрантов), проявителей, очистителей, гасителей.
- 4.2. Средства и аппаратура для капиллярных методов контроля. Уровни чувствительности и факторы, обуславливающие ее. Область применения, производительность люминесцентного, цветного и люминесцентно-цветного методов контроля.

5. Магнитные методы контроля.

5.1. Природа ферромагнетизма. Физические основы магнитных методов контроля. Магнитное поле дефекта и способы его регистрации.

5.2. Магнитные методы контроля: магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, индукционный, магниторезисторный, с использованием эффекта Холла. Чувствительность методов и факторы, влияющие на нее.

5.3. Методы контроля физико-химических и механических свойств материалов. Метод магнитного фазового анализа, метод с использованием эффекта Баркгаузена, метод измерения напряженного состояния.

5.4. Виды намагничивания: продольное, циркулярное и комбинированное. Расчет величины тока намагничивания. Способы контроля: в приложенном поле и на остаточной намагниченности.

5.5. Магнитные дефектоскопы, толщиномеры, коэрцитиметры. Устройства намагничивания и размагничивания изделий. Область применения.

6. Оптические методы контроля.

6.1. Физические основы и классификация оптических методов контроля. Использование эффектов отражения, поляризации, дифракции и интерференции для контроля геометрии и дефектов изделий.

6.2. Средства оптического контроля. Когерентные и некогерентные источники излучения. Методы устройства приема оптических сигналов. Чувствительность и производительность оптических методов контроля и область их применения.

6.3. Оптическая голография. Чувствительность и область применения. Использование голографической интерферометрии в неразрушающем контроле.

7. Радиационные методы контроля.

7.1. Природа и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Прохождение через материалы рентгеновского, тормозного и гамма-излучения, заряженных частиц, нейтронов. Классификация радиационных методов контроля: радиографический, радиоскопический, радиометрический методы. Методы компьютерной радиографии и радиометрии.

7.2. Радиационно-физические и технические характеристики источников ионизирующего излучения: рентгеновских аппаратов, в том числе импульсных аппаратов и с постоянным анодным напряжением, радионуклидных источников излучения и гамма-дефектоскопов, бетатронов, микротронов и линейных ускорителей заряженных частиц, источников нейтронов.

7.3. Преобразователи ионизирующих излучений, применяемые в радиографии: радиографические пленки и фотобумаги, усиливающие металлические, флуоресцирующие и флюорометаллические экраны, экраны-преобразователи в нейтронной радиографии, электрорадиографические пластины и аппараты.

7.4. Преобразователи изображений, применяемые в радиоскопии: флуороскопические экраны, сцинтилляционные монокристаллы, рентгеновские электронно-оптические преобразователи, рентгеновидиконы. Телевизионные устройства. Основные типы радиоскопических систем.

7.5. Детекторы излучения, применяемые в радиометрии: ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, полупроводниковые детекторы. Счетные и анализирующие устройства. Основные типы радиометрических систем.

7.6. Основные технические характеристики установок и приборов для радиационно-дефектоскопического контроля, контроля толщины, плотности и других физических параметров материалов и изделий. Чувствительность и производительность контроля. Область применения.

7.7. Физические основы и область применения радиационной компьютерной томографии, газосорбционной дефектоскопии, диффузионной радиографии.

7.8. Физические основы дозиметрии ионизирующих излучений. Единицы изменения ионизирующих излучений. Обеспечение радиационной безопасности.

8. Радиоволновые методы контроля.

8.1. Распространение радиоволн, взаимодействие их с веществом. Диэлектрические характеристики материалов, деталей и соединений. Источники и приемники СВЧ-излучения.

8.2. Физические основы радиоволновых методов контроля. Прохождение, отражение и поляризации СВЧ-излучения. Классификация методов радиодефектоскопии.

8.3. Устройства и технические характеристики радиоволновых контрольных установок и приборов для дефектоскопии и толщинометрии радиопрозрачных материалов и деталей. Чувствительность, производительность и область применения радиоволновых методов контроля.

9. Тепловые методы контроля.

9.1. Природа теплового излучения. Теплофизические характеристики вещества. Уравнение теплопроводности.

9.2. Физические основы пассивных тепловых методов контроля (контактных и собственного излучения). Физические основы активных тепловых методов (стационарного и нестационарного). Способы и устройства теплового нагружения. Способы регистрации тепловых полей. Характеристики преобразователей теплового излучения.

9.3. Чувствительность и производительность тепловых методов контроля. Область применения.

10. Методы течеискания.

10.1. Понятие герметичности. Основные виды нарушения герметичности. Физические основы течеискания. Регистрация проникающих через течи жидких и газообразных пробных веществ. Определение суммарной герметичности и локализация течей.

10.2. Основные методы течеискания: манометрический, масс-спектрометрический, галогенный, пузырьковый, химический, гидростатический, люминесцентный. Чувствительность методов и область применения. Производительность контроля.

10.3. Средства контроля герметичности. Технические характеристики масс-спектрометрических, галогенных и других течеискателей.

11. Электрические методы контроля.

11.1. Взаимодействие электрического поля с веществом и возникновение электрического поля под влиянием внешних взаимодействий.

11.2. Физико-технические основы применения электрических методов контроля: электропотенциального, электроемкостного, трибоэлектрического,

термоэлектрического, экзоэлектронной эмиссии. Чувствительность методов, производительность контроля, область применения.

11.3. Резисторные, емкостные, пьезоэлектрические преобразователи.

12. Вибрационные методы контроля.

12.1. Физические основы вибрационного метода контроля. Типы колебаний. Понятие об абсолютной и относительной вибрации. Основные параметры вибрации, измеряемые в процессе вибрационного контроля.

12.2. Классификация методов вибрационного контроля. Перечень основных дефектов, выявляемых методами вибрационного контроля. Основные математические зависимости, используемые в вибрационном контроле.

12.3. Средства вибрационного контроля. Типы датчиков, используемых для вибрационного контроля. Метрологическое обеспечение вибрационного контроля.

13. Диагностика объектов машиностроения.

13.1. Общие характеристики и эффективность систем технической диагностики машин (СТДМ) и ее информационно-статистические показатели.

13.2. Классификация методов и параметров диагностирования. Прямые и обратные задачи диагноза.

13.3. Первичные измерительные преобразователи СТДМ и их конструкции, преобразователи сопротивления, емкостные, электромагнитные, пьезоэлектрические, фотоэлектрические, преобразователи температуры. Промежуточные преобразователи и приборы СТДМ.

13.4. Метрологическое обеспечение диагностирования.

13.5. Системы диагноза технического состояния, объемы диагноза, математические модели объектов диагноза (аналитические, графо-аналитические, функциональные). Способы диагностики (вибрационный, шумовой, химический).

13.6. Принципы организации систем функционального диагностирования технического состояния сложных объектов.

13.7. Методы оптимизации безусловных и условных алгоритмов диагностирования. Принципы построения алгоритмов поиска неисправностей.

13.8. Анализ работоспособности объекта. Показатели оценки работоспособности. Методы определения работоспособности. Вопросы прогнозирования остаточного ресурса. Модели изменения диагностического параметра. Определение предельных значений диагностических параметров. Периодичность диагностирования.

13.9. Обнаружение возникшей неисправности. Признаки наличия и методы обнаружения неисправности.

13.10. Автоматизированные методы диагностирования.

14. Повышение научно-технического уровня методов контроля и диагностики в машиностроении.

14.1. Основные требования к технологичности (контролепригодности) изделий машиностроения на этапах их разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта.

14.2. Пути повышения производительности и надежности методов и средств контроля качества продукции и их технико-экономической эффективности.

Литература.

1. Боровиков А.С., Прохоренко П.П., Дежкунов Н.В. Физические основы и средства капиллярной дефектоскопии /Под ред. акад. АН БССР И.И.Лиштвана и докт. хим. наук А.В. Карякина. – Минск: Наука и техника, 1983. – 295 с.
2. Дорофеев А.Л., Казамаков Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. – 2 изд. Перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.
3. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. М.: Машиностроение, 1982. – 240 с.
4. Методы акустического контроля металлов. Под ред. Н.П.Алешина. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с. пл.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомеф А.С. Теплопередача. – 4 изд. Перераб. И доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
6. Кузьмичев Д.А., Радкевич И.А., Смирнов А.Д. Автоматизация экспериментальных исследований. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 392 с.
7. Ланис В.А., Левина Л.Е. Техника вакуумных испытаний. Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 218 с.
8. Матис И.Г. Емкостные преобразователи для неразрушающего контроля. Рига: Зинатне, 1982. – 380 с.
9. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. / Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с. пл.
10. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. Изд. 2 е, перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1974. – 512 с.
11. Румянцев С.В., Штань А.С., Гольцев В.А. Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля / Под ред. С.В.Румянцева. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 235 с.
12. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля / Под общ. ред. И.Н.Ермолова – М.: Машиностроение, 1986. – 280 с. пл.
13. Макаров Р.А. Средства технической диагностики машиностроения. М.: Машиностроение, 1981, 223 с.
14. Основы технической диагностики. В 2-х книгах. Под ред. П.П.Пархоменко. М.: Энергия, 1976, 464 с.
15. Мозгалевский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика (непрерывные объекты). Учебное пособие для вузов. М.: «Высшая школа», 1975, 207 с.
16. Методы дефектоскопии сварных соединений / Под общ.ред. В.Г.Щербинского – М.: Машиностроение, 1987 – 336 с. пл.
17. Васильева Э.Ю., Косарев Э.И., Кузелев Н.Р. Радиационная компьютерная томография в атомной энергетике. М.: Энергоатомиздат, 1998, 128 с.
18. Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Теория и практика радиационного контроля. М.: Машиностроение, 1998, 170 с.
19. Неразрушающий контроль. В 5-и кн. Под редакцией В.В.Сухорукова. М.: Высшая школа, 1991-1995 гг.
20. Акустическая диагностика и контроль на предприятиях топливно-энергетического комплекса / В.М.Баранов, А.И.Гриценко, А.М.Карисевич и др. М.: Наука, 1998, 304 с.
21. Волченко В.Н. Вероятность и достоверность оценки качества металлопродукции. – М.: Metallurgia, 1979, 88 с.

22. Башкатова Л.В., Гурвич А.К. и др. Компьютеризированные средства неразрушающего контроля и диагностики рельсового пути / Под ред. В.М.Бугаенко. СПб: Изд-во Радиоавионика, 1997, 118 с.
23. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства неразрушающего контроля многослойных конструкций. М.: Машиностроение, 1991, 272 с.
24. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-7. Измерение, контроль, испытание и диагностика /Под ред. В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 1996, 464 с.
25. Чабанов В.Е. Лазерный ультразвуковой контроль материалов. Л.: изд-во ЛГУ, 1986, 232 с.
26. Михайлов С.П., Щербинин В.Е. Физические основы магнитографической дефектоскопии. М.: Наука, 1992, 240 с.
27. Система технического зрения. Справочник /В.И.Сыряпкин, В.С.Титов, Ю.Г.Якушенков и др. Под общей ред. В.И.Сыряпкин, В.С.Титова. Томск: МГП «Алеко», 1992, 317 с.
28. Потапов А.И. Контроль качества и прогнозирование надежности конструкций из композиционных материалов. Л.: Машиностроение, 1980, 262 с.
29. Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля. М.: Машиностроение, 1991, 240 с.
30. Вакуумная техника: Справочник/под ред. В.С.Фролова, В.Е.Минайчева. М.: Машиностроение, 1992, 471 с.
31. Щербинский В.Г., Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль сварных соединений – 3-е изд.перераб. и доп. М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2000, 496 с. пл.
32. Генкин М.Д., Соколов А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1987, 256 с.
33. Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия. Физико-механические аспекты. Ростов н/Д.: изд-во РГУ, 1986, 160 с.