

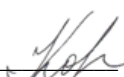


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

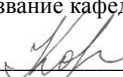
Руководитель ОП



(подпись) Короченцев В.И.
(Ф.И.О. рук. ОП)
«28» сентября 2018г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Приборостроения____
(название кафедры)



(подпись) Короченцев В.И.
(Ф.И.О. зав. каф.)
«28» сентября 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы неразрушающего контроля

Направление подготовки – 12.04.01 Приборостроение

магистерская программа «Гидроакустика»

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 1

лекции не предусмотрены учебным планом.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы 18 час.

в том числе с использованием МАО /6/12 час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 72 час.

контрольные работы -2

курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрен учебным планом

зачет 1 семестр

экзамен не предусмотрен учебным планом

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Приборостроения, протокол № 1 от 28 сентября 2018г.

Заведующий кафедрой: докт. Физ.-мат.наук, профессор Короченцев В.И.

Составитель: канд. физ.-мат.наук, доцент Сальникова Е.Н.

ВЛАДИВОСТОК
2018

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «28» сентября 2018 г. № I

Заведующий кафедрой _____ В.И.Короченцев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Аннотация
к рабочей учебной программе дисциплины
«Методы неразрушающего контроля»

Дисциплина «Методы неразрушающего контроля» является одной из обязательных дисциплин вариативной части рабочего учебного плана подготовки магистров направления 12.04.04 «Приборостроение» по профилю «Приборостроение».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов. Учебным планом предусмотрены практические занятия (18 часов), лабораторный практикум (18 час), самостоятельная работа студента (72 часа). Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 семестре.

Неразрушающие методы контроля (НМК), или дефектоскопия, – это обобщающее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения нарушения сплошности или однородности макроструктуры, отклонений химического состава и других целей, не требующих разрушения образцов материала и/или изделия в целом.

Широкое применение приборов и методов неразрушающего контроля позволяет избежать больших потерь времени и материальных затрат, обеспечить частичную или полную автоматизацию операций контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности изделий. В настоящее время ни один технологический процесс получения ответственной продукции не внедряется в промышленность без соответствующей системы неразрушающего контроля. Дисциплина «Методы неразрушающего контроля» призвана подготовить выпускника к решению следующих профессиональных задач в области проектно – конструкторской деятельности: разработка функциональных и структурных схем приборов и систем с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением требований на отдельные блоки и элементы; технические условия и другое, а также в области производственно – технологической деятельности: разработка и внедрение технологических

процессов и методов изготовления, контроля качества элементов и узлов приборов различного назначения.

Область профессиональной деятельности магистров включает исследования, разработки и технологии, направленные на развитие теории, производство и применение приборов и систем, предназначенных для получения, регистрации и обработки информации об окружающей среде, технических и биологических объектах.

Целями освоения дисциплины являются освоение существующих современных методов неразрушающего контроля, приобретение навыков анализа исследуемых объектов контроля с целью выбора наиболее эффективного метода, а также разработка концепций комплексных систем неразрушающего контроля

Задачи:

1. Изучение физических закономерностей и соотношений, характеризующих основу устройства и функционирования аппаратуры и приборов неразрушающего контроля;
2. Овладение методами расчета и проектирования элементов систем неразрушающего контроля;
3. Приобретение навыков разработки программ экспериментальных исследований и проведения измерений с выбором технических средств и обработкой результатов.

Для успешного освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: способность к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня; способность понимать, использовать, порождать и грамотно излагать инновационные идеи на русском языке; способность привлекать для решения различных технических задач соответствующий физико-математический аппарат; способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов

естественных наук и математики; способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируется следующая профессиональная компетенция.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2 способность и готовностью к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению измерений с выбором технических средств и обработкой результатов	Знает	Основные критерии выбора оптимального метода проведения неразрушающего контроля
	Умеет	Разработать программу проведения экспериментального исследования качества продукции на основных этапах ее производства
	Владеет	Навыками проведения измерений с выбором технических средств неразрушающего контроля и обработкой результатов

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Методы неразрушающего контроля» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: анализ конкретных ситуаций, выполнение лабораторных работ и защита отчетов.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Теоретическая часть курса не предусмотрена учебным планом

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (18, в том числе с применением МАО 6 час.)

Занятие 1. Система менеджмента качества (2 час.)

1. Основные понятия, термины и определения.
2. Методы неразрушающего контроля качества на всех этапах производства продукции приборостроения.
3. Нормативная документация.
4. Оценка выявляемости дефектов различными методами неразрушающего контроля.
5. Комплексные системы неразрушающего контроля. Критерии оптимального выбора метода и технических средств.
6. Преимущества и недостатки методов неразрушающего контроля.

Занятие 2. Методы обработки результатов контроля (2час., в том числе 1 час с применением МАО)

1. Виды дефектов продукции. Классификации дефектов.
2. Испытательные образцы. Искусственные дефекты.
3. Функции распределения дефектов и погрешностей методов контроля.
4. МАО: Выполнение индивидуального задания по статистической обработке результатов измерений. Обсуждение результатов расчетов.

Занятие 3. Визуально-оптические методы контроля (2 час., в том числе 1 час. с применением МАО)

1. Классификация приборов визуального осмотра и оптических методов контроля.
2. Функциональные схемы, элементы расчета отдельных узлов
3. МАО: анализ конкретной ситуации: выбор метода визуально-оптического контроля заданного изделия.
4. МАО: презентации студентов по теме занятия.

Занятие 4. Капиллярные методы контроля (2час, в том числе с применением МАО 1 час.)

1. Классификация капиллярных методов контроля.
2. Нормативная документация, возможности КНК, недостатки
3. Аппаратура и материалы КНК

4. МАО: просмотр учебного фильма «Методика проведения капиллярного контроля детали» с последующим обсуждением этапов контроля, выбора материалов и технических средств.

5. МАО: расчет времени проведения КНК изделия заданной формы и габаритов.

Занятие 5. Методы магнитного контроля (2 час, в том числе с применением МАО 1 час.)

1. Классификация и виды ММК.

2. Нормативная документация, область применения магнитных методов контроля, критерии выбора.

3. МАО: просмотр учебного фильма «Методика проведения магнитного контроля в приложенном поле» с последующим обсуждением этапов контроля, выбора материалов и технических средств

4. МАО: Презентации студентов по современным материалам для проведения магнитного контроля изделия.

Занятие 6. Электрический и токовихревой контроль (2 час., в том числе с применением МАО 1 час.)

1. Нормативная документация.

2. Сравнительный анализ капиллярных, магнитных и электрических методов контроля.

3. МАО: Постановка задачи для проведения токовихревого контроля протяженного изделия.

4. МАО: Презентации студентов по теме занятия.

Занятие 7. Система радиационного контроля (2час., в том числе с применением МАО 1 час.)

1. Радиография, радиоскопия, радиометрия. Нормативная документация. Правила радиационной безопасности.

2. Источники излучения. Основные параметры и характеристики.

3. Детекторы излучения. Определение чувствительности методов

РК

4. МАО: Презентации студентов по теме занятия.

Занятие 8. Акустические методы неразрушающего контроля (2час.)

1. Нормативная документация. Классификация акустических методов контроля.

2. Методика определения размеров дефектов с использованием АРД-диаграмм.

3. Методики определения коэффициента затухания.

Занятие 9. Итоговое занятие (2час. с применением МАО)

1. Занятие проводится в форме научно-практической конференции «Методы неразрушающего контроля». Проводится контроль степени сформированности ПК 2.

Лабораторные работы (_18_ час.)

Лабораторная работа №1. Визуальный метод контроля (4час.)

Лабораторная работа №2. Акустический дефектоскоп (4 час.)

Лабораторная работа №3. Магнитный дефектоскоп (4 час.)

Лабораторная работа №4. Тепловой метод контроля (4 час.)

Итоговое занятие (2 час.) Защита отчетов по лабораторным работам.

При выполнении всех работ используются методы активного обучения, защита лабораторных работ проводится в форме конференции.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы неразрушающего контроля» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Методы контроля поверхностных и подповерхностных дефектов	ПК2	знает	ЭКР ВОК, ЭКР КНК, ЭКР ТВК, ЭКР ЭК, ЭКР МНК	Зачет вопросы 1-15, 16-35, 54-55
			умеет	Лабораторные работы 1,3	Зачет вопросы 1-15, 16-19, 22-25,35
			владеет	Защита лабораторных работ 1,3	Зачет вопросы 1-19, 22-25,35
2	Методы контроля внутренних дефектов	ПК2	знает	ЭКР РНК, ЭКР АК	Зачет вопросы 1-15, 36-53, 54-55
			умеет	Лабораторные работы 2,4	Зачет вопросы 1-15, 43-55
			владеет	Защита лабораторных работ 2,4	Зачет вопросы 1-15, 43-55

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Методы неразрушающего контроля/ Учебное пособие. Изд-во ДВГТУ, 2007.-242с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:386981&theme=FEFU> 25экз.

2. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебник для вузов / Н. П. Алешин. Москва : Машиностроение, 2013. -574с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:810433&theme=FEFU> 7 экз.

3. Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика/ учебное пособие . Томский политехнический университет, 2010. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34724.html>.— ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/34724.html>

4. Калентьев В.К., Сидоров Ю.Д., Ли Н.И., Терехов П.В., Хабибуллин А.С., Исхаков О.А. Основы промышленной радиографии. Монография. Казанский национальный исследовательский университет. - 2008. 226 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62526.html>.— ЭБС «IPRbooks»

<http://www.iprbookshop.ru/62526.html>

5. В.Г.Бадалян, Е.Г.Базулин, А.Х.Вопилкин и др. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов. М.: Машиностроение. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/784>. — Загл. с экрана. <https://e.lanbook.com/book/784>

Дополнительная литература (печатные и электронные издания)

1. Неразрушающий контроль: [в 5 кн.]/ под ред Сухорукова. Москва, Высшая школа, 1991. 4 экз.

2. Алешин Н.П., Бобров В.Т., Ланге Ю.В., Щербинский В.Г. Ультразвуковой контроль. Под общей редакцией академика РАН В.В.

Клюева. Серия "ДИАГНОСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ"/ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Издательский дом "Спектр" 2011. Издание: 1-е. - 224 стр.

3. Туробов Б.В. Визуальный и измерительный контроль/ Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева. Серия "ДИАГНОСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ"/ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Издательский дом "Спектр" - 2011. Издание: 1-е.- 224 стр.

4. Герасимов В.Г.,Клюев В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы электромагнитного контроля. Под редакцией В.Е. Шатерникова. Изд. ООО "Издательский дом "Спектр", 2010. Издание: 1-е. 256 стр.

5. Ланге Ю.В. По страницам иностранных журналов.-Контроль. Диагностика. №10, 2009. С.5-8.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:386981&theme=FEFU>

6. Ланге Ю.В. По страницам иностранных журналов.-Контроль. Диагностика. №11, 2009. С.7-9. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Lan:Lan-784&theme=FEFU>

7. Ланге Ю.В. По страницам иностранных журналов.-Контроль. Диагностика. №12, 2009. С.5-7.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Каталог ГОСТ <http://www.internet-law.ru/gosts/>
2. Электронный журнал Техническая акустика Electronic Journal "Technical Acoustics". <http://www.ejta.org>
3. Ежемесячный журнал Контроль. Диагностика. <http://www.td-j.ru/>
4. Интернет библиотека Акустические методы дефектоскопии. <http://defectoscopia.narod.ru/>
5. Официальный сайт журнала Дефектоскопия <http://defectoskopiya.ru/index>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Ниже приведено распределение учебного материала по видам занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Распределение по видам (час)		
		Лабораторные занятия	ПЗ	СРС
1	Введение. Предмет, содержание и объем курса. Общие понятия НК.		2	7
2	Методы НК поверхностных дефектов	4	4	12
3	Электромагнитные методы НК	8	4	20
4	Радиационные методы НК (РНК).		4	16
5	Акустические методы контроля.	4	4	15
6	Перспективы развития аппаратуры неразрушающего контроля. Заключение. Подготовка к зачету	2	2	2
	Итого	18	18	72

Рабочим учебным планом предусмотрено 72 часа самостоятельной работы студента. По каждому занятию предусмотрено выполнение определенного задания с предоставлением отчета, сообщения, реферата либо презентации на заданную тему. Каждое задание имеет свой весовой коэффициент. Предусмотрена балльно-рейтинговая оценка текущей успеваемости. Ниже приведена таблица, содержащая задания, с весовыми коэффициентами.

№	Тема	Задание	Содержание и основные требования	Балл
1	Классификация и виды НК	Краткий конспект действующих ГОСТов	Не менее 2 по каждому виду контроля	1
2	Виды дефектов	Изучение табл. 1, 2 пособия "Неразрушающие методы контроля" Каневский И.Н., Сальникова Е.Н., 2007	Обоснование выбора метода контроля	1
3		Тест	Виды контроля	1
4	Статистическая обработка	ИДЗ		4

5	Визуально-оптический контроль	Подготовка презентации: современные приборы ВОК	В презентации обязательно должно быть: принцип действия, чувствительность, иллюстрации, основные производители, соотношение цена/качество, источники информации, в том числе иностранные. Также должны быть разработаны вопросы для контроля усвоения представленного материала, оформленные в виде теста. Число вопросов не менее 5, ответы в тестах не менее 4.	4
6	Капиллярные методы контроля	Подготовка презентации: современные материалы КНК	В презентации обязательно должно быть: принцип действия, чувствительность, иллюстрации, основные производители, соотношение цена/качество, источники информации, в том числе иностранные. Также должны быть разработаны вопросы для контроля усвоения представленного материала, оформленные в виде теста. Число вопросов не менее 5, ответы в тестах не менее 4.	4
7	Электромагнитные методы неразрушающего контроля	Подготовка презентации: современные материалы магнитного контроля	В презентации обязательно должно быть: принцип действия, чувствительность, иллюстрации, основные производители, соотношение цена/качество, источники информации, в том числе иностранные. Также должны быть разработаны вопросы для контроля усвоения представленного материала, оформленные в виде теста. Число вопросов не менее 5, ответы в тестах не менее 4.	4
8		Подготовка презентации: современные приборы электрического контроля	В презентации обязательно должно быть: принцип действия, конструкции, иллюстрации, технические характеристики, основные производители, соотношение цена/качество, источники информации, в том числе иностранные. Вопросы для контроля усвоения представленного материала, оформленные в виде теста. Число вопросов не менее 5, ответы в тестах не менее 4.	4
9	Тепловой контроль	Подготовка презентации: современные приборы теплового контроля	те же	4
10	Методы радиационного контроля	Подготовка презентации: радиационный контроль заданного вида изделий	те же	4
11		Экспресс- контрольные работы		12

12	Методы акустического контроля	Подготовка презентации: акустический контроль заданного вида изделий	те же	4
13		ИДЗ акустический контроль	Расчет параметров	7
14		Защита лабораторных работ	Обработка результатов измерений, подготовка отчетов и защита выводов по лабораторной работе	16
15	Итоговая контрольная работа			30
	Всего			100

Студентам также предлагается подготовить глоссарий по тематике дисциплины, написать реферат по заинтересовавшей их теме или подготовить сообщение и выступить с презентацией на занятиях с использованием таких МАО, как пресс-конференция или круглый стол.

Методические указания к составлению глоссария

Глоссарий охватывает все узкоспециализированные термины, встречающиеся в тексте. Глоссарий должен содержать не менее 50 терминов, они должны быть перечислены в алфавитном порядке, соблюдена нумерация. Глоссарий должен быть оформлен по принципу реферативной работы, в обязательном порядке присутствует титульный лист и нумерация страниц. Объем работы должен составлять 10-15 страниц. Тщательно проработанный глоссарий помогает избежать разночтений и улучшить в целом качество всей документации. В глоссарии включаются самые частотные термины и фразы, а также все ключевые термины с толкованием их смысла. Глоссарии могут содержать отдельные слова, фразы, аббревиатуры, слоганы и даже целые предложения.

Методические указания к выполнению реферата

Цели и задачи реферата

Реферат (от лат. *refero* — докладываю, сообщаю) представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников. В отличие от курсовой работы, представляющей

собой комплексное исследование проблемы, реферат направлен на анализ одной или нескольких научных работ.

Целями написания реферата являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем современного приборостроения;
- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;
- развитие навыков анализа изученного материала и формулирования собственных выводов по выбранному вопросу в письменной форме, научным, грамотным языком.

Задачами написания реферата являются:

- научить студента максимально верно передать мнения авторов, на основе работ которых студент пишет свой реферат;
- научить студента грамотно излагать свою позицию по анализируемой в реферате проблеме;
- подготовить студента к дальнейшему участию в научно – практических конференциях, семинарах и конкурсах;
- помочь студенту определиться с интересующей его темой, дальнейшее раскрытие которой возможно осуществить при написании курсовой или выпускной квалификационной работы;
- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с мнением того или иного автора по данной проблеме.

Основные требования к содержанию реферата

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, монографии, пособия), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Содержание реферата должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться

логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы). Реферат должен заканчиваться выведением выводов по теме.

По своей *структуре* реферат состоит из:

1. Титульного листа;
2. Введения, где студент формулирует проблему, подлежащую анализу и исследованию;
3. Основного текста, в котором последовательно раскрывается избранная тема. В отличие от курсовой работы, основной текст реферата предполагает разделение на 2-3 параграфа без выделения глав. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст;
4. Заключения, где студент формулирует выводы, сделанные на основе основного текста.
5. Списка использованной литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и иные, которые были изучены им при подготовке реферата.

Объем реферата составляет 10-15 страниц машинописного текста, но в любом случае не должен превышать 15 страниц. Интервал – 1,5, размер шрифта – 14, поля: левое — 3см, правое — 1,5 см, верхнее и нижнее — 1,5см.. Страницы должны быть пронумерованы. Абзацный отступ от начала строки равен 1,25 см.

Порядок сдачи реферата и его оценка

Реферат пишется студентами в течение семестра в сроки, устанавливаемые преподавателем по данной дисциплине, и сдается преподавателю, ведущему дисциплину.

По результатам проверки студенту выставляется определенное количество баллов, которое входит в общее количество баллов студента, набранных им в течение семестра. При оценке реферата учитываются

соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления.

Методические рекомендации для подготовки презентаций

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 15 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название проекта; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет и размер шрифта текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.

VII. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры приборостроения, Ауд. Е628, 21	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования

	<p>методом конечных элементов (МКЭ);</p> <ul style="list-style-type: none"> – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете
--	--

VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В специализированной лаборатории ауд. Е629 установлено мультимедийное оборудование, стенды для выполнения лабораторных работ по дисциплине, а также плакаты и слайды, образцы и макеты приборов неразрушающего контроля

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
<p>Компьютерный класс кафедры приборостроения, Ауд. Е628, 21</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ); – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Лаборатория	Частотомер Ф-551А; частотомер ЧЗ-34; Частотомер ЧЗ-

Гидроакустических систем кафедры приборостроения, ауд. Е 627	32; Ноутбук Lenovo ThinkPad X121e Black 11.6" HD(1366x768) AMD E300.2GB DDR3.320GB
Лаборатория Шумо и виброзащиты кафедры приборостроения, ауд. Е 629	Лабораторные установки для проведения работ Акустический дефектоскоп УД2-12, Шумомер svan, акустический калибратор, генераторы звуковой частоты, милливольтметры, шумомеры ВШВ 3М, комплект пружин для исследования виброизоляции, вибростол, осциллограф.
Компьютерный класс, Ауд. Е628	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.
Мультимедийная аудитория	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avertision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Методы неразрушающего контроля»

Направление подготовки – 12.04.01 Приборостроение

профиль/ специализация/ магистерская программа «Гидроакустика»

Форма подготовки очная

Владивосток

2018

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

«Методы неразрушающего контроля»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Изучение нормативной документации, действующих ГОСТ	3 час	Отчет
2	1-2 недели семестра	Анализ таблиц	1 час	Отчет, устный опрос, тест
3	1-2 недели семестра	Выполнение ИДЗ	3 час.	Отчет, устный опрос
4	3-5 недели	изучение методов неразрушающего контроля поверхностных дефектов	12	Защита лабораторной работы, выступления с презентациями, экспресс-контрольные работы (ЭКР ВОК, ЭКР КНК)
5	6-10 недели	Изучение электромагнитных методов контроля	20	Защита лабораторных работ, выступления с презентациями, экспресс-контрольные работы (ЭКР ТВК, ЭКР ЭК, ЭКР МНК, ЭКР ТК)
6	11-13 неделя	Изучение методов радиационного контроля	16 час.	Выступления с презентациями, экспресс-контрольные работы ЭКР РНК
7	14-17 недели	Изучение акустических методов контроля	15 час.	Защита лабораторной работы, выступления с презентациями, экспресс-контрольные работы ЭКР АК, ИДЗ акустический

				контроль
8	18 неделя	Подготовка к итоговой контрольной работе и зачету	2час.	Итоговая контрольная работа

Методические указания к составлению глоссария

Глоссарий охватывает все узкоспециализированные термины, встречающиеся в тексте. Глоссарий должен содержать не менее 50 терминов, они должны быть перечислены в алфавитном порядке, соблюдена нумерация. Глоссарий должен быть оформлен по принципу реферативной работы, в обязательном порядке присутствует титульный лист и нумерация страниц. Объем работы должен составлять 10-15 страниц. Тщательно проработанный глоссарий помогает избежать разночтений и улучшить в целом качество всей документации. В глоссарии включаются самые частотные термины и фразы, а также все ключевые термины с толкованием их смысла. Глоссарии могут содержать отдельные слова, фразы, аббревиатуры, слоганы и даже целые предложения.

Методические указания к выполнению реферата

Цели и задачи реферата

Реферат (от лат. *refero* — докладываю, сообщаю) представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников. В отличие от курсовой работы, представляющей собой комплексное исследование проблемы, реферат направлен на анализ одной или нескольких научных работ.

Целями написания реферата являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем шумо и виброзащиты современного приборостроения;

- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;
- развитие навыков анализа изученного материала и формулирования собственных выводов по выбранному вопросу в письменной форме, научным, грамотным языком.

Задачами написания реферата являются:

- научить студента максимально верно передать мнения авторов, на основе работ которых студент пишет свой реферат;
- научить студента грамотно излагать свою позицию по анализируемой в реферате проблеме;
- подготовить студента к дальнейшему участию в научно – практических конференциях, семинарах и конкурсах;
- помочь студенту определиться с интересующей его темой, дальнейшее раскрытие которой возможно осуществить при написании курсовой или выпускной квалификационной работы;
- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с мнением того или иного автора по данной проблеме.

Основные требования к содержанию реферата

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, монографии, пособия), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Содержание реферата должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы). Реферат должен заканчиваться выведением выводов по теме.

По своей *структуре* реферат состоит из:

1. Титульного листа;
2. Введения, где студент формулирует проблему, подлежащую анализу и исследованию;
3. Основного текста, в котором последовательно раскрывается избранная тема. В отличие от курсовой работы, основной текст реферата предполагает деление на 2-3 параграфа без выделения глав. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст;
4. Заключения, где студент формулирует выводы, сделанные на основе основного текста.
5. Списка использованной литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и иные, которые были изучены им при подготовке реферата.

Объем реферата составляет 10-15 страниц машинописного текста, но в любом случае не должен превышать 15 страниц. Интервал – 1,5, размер шрифта – 14, поля: левое — 3 см, правое — 1,5 см, верхнее и нижнее — 1,5 см.. Страницы должны быть пронумерованы. Абзацный отступ от начала строки равен 1,25 см.

Порядок сдачи реферата и его оценка

Реферат пишется студентами в течение семестра в сроки, устанавливаемые преподавателем по данной дисциплине, и сдается преподавателю, ведущему дисциплину.

По результатам проверки студенту выставляется определенное количество баллов, которое входит в общее количество баллов студента, набранных им в течение семестра. При оценке реферата учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления.

Методические рекомендации для подготовки презентаций

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 15 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название проекта; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет и размер шрифта текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Методы неразрушающего контроля»
Направление подготовки – 12.04.01 Приборостроение
профиль/ специализация/ магистерская программа «Гидроакустика»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2 способность и готовностью к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению измерений с выбором технических средств и обработкой результатов	Знает	Основные критерии выбора оптимального метода проведения неразрушающего контроля
	Умеет	Разработать программу проведения экспериментального исследования качества продукции на основных этапах ее производства
	Владеет	Навыками проведения измерений с выбором технических средств неразрушающего контроля и обработкой результатов

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Методы контроля поверхностных и подповерхностных дефектов	ПК2	знает	ЭКР ВОК, ЭКР КНК, ЭКР ТВК, ЭКР ЭК, ЭКР МНК	Зачет вопросы 1-15, 16-35, 54-55
			умеет	Лабораторные работы 1,3	Зачет вопросы 1-15, 16-19, 22-25,35
			владеет	Защита лабораторных работ 1,3	Зачет вопросы 1-19, 22-25,35
2	Методы контроля внутренних дефектов	ПК2	знает	ЭКР РНК, ЭКР АК	Зачет вопросы 1-15, 36-53, 54-55
			умеет	Лабораторные работы 2,4	Зачет вопросы 1-15, 43-55
			владеет	Защита лабораторных работ 2,4	Зачет вопросы 1-15, 43-55

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-2 способнос	Знает	Основные критерии	Знание основных	Критерии эффективности

ть и готовност ью к выбору оптималь ного метода и разработк е программ экспериме нтальных исследова ний, проведени ю измерений с выбором техническ их средств и обработко й результат ов		выбора оптимального метода проведения неразрушающег о контроля	методов неразрушающег о контроля, особенностей применения, достоинства и недостатки	НМК Экономичность Безопасность Выявляемость дефектов Производительн ость оперативность
	Умеет	Разработать программу проведения эксперименталь ного исследования качества продукции на основных этапах ее производства	Умение проведения экспериментальн ого исследования качества с применением НМК	Использовать нормативную документацию для составления программы проведения экспериментальн ого исследования
	Владеет	Навыками проведения измерений с выбором технических средств неразрушающег о контроля и обработкой результатов	Владение техническими средствами проведения отдельных видов неразрушающег о контроля	Составление протокола измерений и проведение обработки результатов с расчетом стандартной неопределенност и

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Методы неразрушающего контроля» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Методы неразрушающего контроля» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, выполнения индивидуальных домашних заданий, тестирования, защиты лабораторных работ, выполнения экспресс-контрольных работ по каждому из изучаемых методов контроля) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Методы неразрушающего контроля» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Методы неразрушающего контроля» предусмотрен «зачет», который проводится в устной форме.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень типовых вопросов к зачету

1. Области применения неразрушающих методов контроля. Система неразрушающего контроля
2. Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля
3. Основные виды НМК. Краткая характеристика. Основные факторы эффективности НМК
4. Оценка выявляемости дефектов различными видами НМК

5. Основные преимущества и недостатки НМК.
6. Сравнительные характеристики различных методов неразрушающего контроля
7. Комплексные системы НМК
8. Критерии оценки качества изделий
9. Отказы системы контроля. Показатели надежности системы контроля
10. Классификация дефектов металлов. Выбор метода и параметров системы контроля в зависимости от расположения дефектов
11. Основные дефекты плавки и литья. Методы неразрушающего контроля для обнаружения дефектов плавки и литья.
12. Дефекты обработки давлением. Методы НК для обнаружения дефектовковки.
13. Дефекты обработки давлением. Методы НК для обнаружения дефектов пресковки
14. Дефекты соединения материалов. Методы НК для обнаружения дефектов сварки, пайки, склейки, клепки
15. Испытательные образцы. Искусственные дефекты и их применение в различных МНК.
16. Визуально-оптические методы неразрушающего контроля.
Приборы ВОК
17. Факторы, влияющие на достоверность ВОК.
18. Физические основы лазерных методов контроля
19. Гибкие и жесткие эндоскопы. Конструкции, области применения.
20. Капиллярные методы неразрушающего контроля. Оборудование и материалы КНК.
21. Расчет времени проведения капиллярного контроля заданной детали. Расчет расходных материалов.

22. Магнитные методы неразрушающего контроля. Физические явления, лежащие в основе методов магнитного контроля. Ограничения метода.

23. Способы намагничивания и размагничивания изделия. Критерии выбора.

24. Способы намагничивания при выявлении продольных и поперечных трещин на боковой внутренней поверхности тонкостенных колец.

25. Датчики Холла и их применение при НМК

26. Электрические методы неразрушающего контроля. Методы регистрации дефектов.

27. Для каких материалов возможно использование методов ТВК? Определите рабочую частоту при использовании накладного датчика диаметром 5мм, расположенного на изделии из сплава серебра, для контроля электропроводности ($\sigma=70 \cdot 10^{+6}$ см*м, $\mu_r \approx 1$).

28. Как изменяется плотность вихревых токов с глубиной? Определите рабочую частоту при использовании внутреннего проходного датчика диаметром 5мм для контроля электропроводности титанового патрубка (удельное электрическое сопротивление $0,42 \cdot 10^{-4}$ Ом*см, $\mu_r=1,000161$).

29. От каких параметров зависит плотность вихревых токов? Определите рабочую частоту при использовании наружного проходного датчика диаметром 5мм для контроля электропроводности медной проволоки ($\sigma=58 \cdot 10^{+6}$ См*м, $\mu_r \approx 1$).

30. Сопоставьте критерии эффективности магнитного и токовихревого МНК.

31. Как влияет на распределение вихревых токов наличие мелких дефектов? Как изменится вид годографа накладного датчика при наличии таких дефектов?

32. Что является информативным сигналом в параметрических датчиках? Где формируется этот сигнал?

33. Приборы электрического контроля
34. Основные требования к датчикам электрического контроля.
35. Магнитопорошковый и электропорошковый методы неразрушающего контроля
36. Система радиационного контроля. Применение рентгеновского излучения для НМК.
37. Бетатроны. Линейные ускорители и микротроны.
38. Токовихревой метод неразрушающего контроля
39. Радиоскопический метод РК.
40. Принцип действия полупроводникового датчика ИИ. Области применения
41. Источники и свойства ионизирующих излучений.
42. Радиометрический способ РК
43. Основные формулы акустического тракта УЗ дефектоскопа.
44. Задача об электроакустическом тракте и ее особенности в случае применения отдельных, совмещенных и наклонных искателей.
45. Основные требования, предъявляемые к ЭА преобразователям при УЗД.
46. Радиографические методы неразрушающего контроля
47. Методы отражения у/з контроля.
48. Методы прохождения у/з контроля
49. Использование АРД-диаграммы и стандартных образцов для настройки чувствительности дефектоскопа
50. Использование АРД-диаграммы и стандартных образцов для расчета акустического затухания
51. Использование АРД-диаграммы и стандартных образцов для определения эквивалентных размеров дефектов.
52. Настройка ультразвукового дефектоскопа. Использование образцов с искусственными дефектами и АРД диаграмм.

53. Особенности конструкций раздельно-совмещенных датчиков для ультразвукового контроля.

54. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе работы датчиков для теплового контроля.

55. Перечислите основные области применения теплового контроля. Конструкции приборов теплового контроля

Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине «Методы неразрушающего контроля»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета/ экзамена	Требования к сформированным компетенциям
От 86 % до 100 %	«зачтено» / «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение.
От 76 % до 85 %	«зачтено» / «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
От 61 % до 75 %	«зачтено» / «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Менее 61 %	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Назначение контрольно-измерительных материалов – текущий контроль усвоения материала дисциплины «Неразрушающие методы контроля». В соответствии с рабочими учебными программами дисциплины предусмотрено выполнение 8 экспресс-опросов после каждой из основных тем, 1 теста, 2 контрольных работ – рубежной и итоговой, а также 1 индивидуального задания.

Условия применения

Контроль проводится письменно во время аудиторного занятия.

При проведении экспресс опросов студент получает лист с индивидуальным заданием, включающим 2-3 вопроса (в зависимости от темы), выбранных произвольным образом преподавателем из приведенных в настоящей разработке перечней.

При проведении тестирования студенту выдается бланк теста. Использована как закрытая форма, предусматривающая выбор правильного ответа из нескольких приведенных, так и открытая, при которой предусмотрена самостоятельная формулировка ответа.

При проведении контрольной работы 1 студенту выдается бланк, содержащий 14 вопросов, сформированных преподавателем из банка вопросов для контроля 1-4 разделов. В КИМ приведены 10 вариантов заданий для КР1.

Итоговая контрольная работа включает 28 вопросов. Разработано 15 вариантов.

Для ответа на ЭО студенту отводится 10 минут, на тест 20 минут, на КР1 отводится 40 минут, на КР2 – 1 час 30 минут.

Инструкция для студента

При ответе на вопрос Задание переписывать не надо. Следует записать Фамилию, группу, номер задания, номер вопроса и ответ.

Для успешной оценки теста достаточно набрать 60% из максимально возможного количества баллов, указанных в тесте. Для успешного прохождения контрольных работ – правильно ответить на 8 из 14 и 17 из 28 вопросов.

Сообщение о результатах проверки и разбор типичных ошибок проводятся на следующем занятии

ТЕСТ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Тема «Основные виды НМК»

Тест №1

Дата разработки 18.09.2016

Внимательно прочитайте начало определения, приведенное в графе 2, и выберите правильное окончание в графе 3. Отметьте выбранный ответ. В графе 4 кратко обоснуйте выбор. По результатам ответов заполните таблицу на оборотной стороне листа. Укажите фамилию, номер группы.

№	Начало определения	Окончание определения	Краткое обоснование ответа
1	2	3	4
1	В соответствии с ИСО - 8402 «качество - это	а) способность продукции удовлетворять требованиям потребителя». б) совокупность характеристик объекта, относящаяся к его способности удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности». в) совокупность характеристик изделия, влияющая на его работоспособность». г) все перечисленное выше. д) ничего из перечисленного выше.	
2	НМК обязательно применяются при	а) производстве особо ответственных деталей и устройств. б) производстве узлов и деталей устройств длительной эксплуатации. в) любого изделия. г) хорошего изоляционного материала. д) материала с высокой электропроводностью. е) исследованиях структуры материалов и дефектов. ж) все перечисленное выше. з) ничего из перечисленного выше.	
3	Акустические НМК пригодны для	а) поверхностных дефектов. б) внутренних дефектов в виде трещин.	

	обнаружения	в) внутренних дефектов в виде раковин. г) подповерхностных дефектов. д) ничего из перечисленного выше. е) все перечисленное выше.	
4	Капиллярные НМК пригодны для обнаружения	а) поверхностных дефектов. б) внутренних дефектов в виде трещин. в) внутренних дефектов в виде раковин. г) подповерхностных дефектов. д) ничего из перечисленного выше – напишите сами ответ. е) все перечисленное выше.	
5	Визуально-оптические методы основаны	а) на измерении амплитуды или фазы прошедшего светового излучения. б) на измерении индуцированного излучения. в) на измерении степени поляризации прошедшего излучения. г) все перечисленное выше. д) ничего из перечисленного выше – напишите сами ответ.	
6	Информативным параметром радиоволновых методов является	а) амплитуда прошедшего излучения. б) амплитуда рассеянного излучения. в) амплитуда отраженного излучения. г) все перечисленное выше. д) ничего из приведенного выше – напишите Ваш ответ	
7	Дефекты в проволоке из неферромагнитного материала лучше всего выявляются	а) радиационными методами НК. б) радиоволновыми методами НК. в) магнитными методами НК. г) все перечисленное выше. д) ничего из приведенного выше – напишите Ваш ответ	
8	Дефекты в проволоке из ферромагнитного материала лучше всего выявляются	а) капиллярными НМК. б) Магнитными НМК. в) радиоволновыми НМК. г) все перечисленное выше. д) ничего из приведенного выше – напишите Ваш ответ	
9	Наиболее дорогой из НМК	а) акустический. б) радиографический. в) капиллярный. г) все перечисленное выше. д) ничего из приведенного выше – напишите Ваш ответ	
10	Основные требования к КО при акустических методах контроля	Напишите ваш ответ	
11	Основные требования к КО при радиографическом контроле литых изделий		
12	Перечислите преимущества разрушающих методов контроля		
13	Перечислите основные		

Принцип определения поверхностных дефектов с помощью лазерного дефектоскопа.

8. От каких факторов зависит достоверность ВОК?
Физические основы голографического метода контроля.
9. Область применения голографической интерферометрии.
Что такое видимость? От каких факторов зависит?

Вопросы для экспресс-контрольной работы по теме «Капиллярные методы неразрушающего контроля»

1. Чем определяется верхний и нижний порог чувствительности КНК? Какие дефекты выявляются наиболее полно методами КНК?

В каких случаях возможно применение материала КОМПАР?

Как количественно определить смачиваемость?

2. Назовите основные этапы КНК.

Что входит в капиллярный набор фирмы ARDROX **OVERCHECK**?

Как определить краевой угол смачивания?

3. Перечислите основные достоинства и недостатки КНК.

Что входит в капиллярный набор фирмы SHERWIN?

Опишите физические явления, вызывающие появление индикаторного следа.

4. От каких факторов зависит размер индикаторного следа?

Может ли быть обнаружена методами КНК усадочная раковина на поверхности изделия?

Какие разновидности КНК существуют?

5. Основные требования, предъявляемые к проникающей жидкости.

Может ли быть обнаружена методами КНК трещина глубиной 0,005мм и поверхностным раскрытием 0,3мм. Обоснуйте ответ.

Способы нанесения пенетранта.

6. Какие вещества применяют в качестве проявителя?

Перечислите основные методы нанесения проявителя.

Как маркируются дефекты, выявленные в процессе КНК?

7. Перечислите основные приборы, приспособления и материалы, используемые при КНК.

Для чего применяется гаситель? Каков его состав?

Почему ограничивается время нахождения пенетранта на поверхности контролируемого изделия?

8. Назовите основные способы удаления проникающей жидкости с поверхности изделия.

Дайте временную оценку продолжительности различных этапов КНК.

Каковы минимальные размеры дефектов, выявляемых КНК I уровня?

9. Назовите основные требования, предъявляемые к участку для проведения КНК.

Сравните по трудоемкости ВОК и КНК. Дайте свою оценку преимуществ методов КНК перед методами ВОК.

Одинакова ли смачиваемость гладких и шершавых поверхностей? В каком случае смачиваемость выше и почему?

10. Назовите основные этапы КНК.

Для чего применяется гаситель? Каков его состав?

Может ли быть обнаружена методами КНК трещина глубиной 0,05мм и поверхностным раскрытием 0,03мм. Обоснуйте ответ.

Вопросы для контроля темы: Электрический неразрушающий контроль

Вариант 1

1. Перечислите основные способы создания электрического поля в КО при ЭНК.

2. Какие дефекты и в каких материалах могут быть обнаружены методами ЭНК?

3. Кратко опишите способ измерения электрического сопротивления. В каких случаях применяется этот способ?

Вариант 2

1. Как можно классифицировать ЭНК по способу получения информации?
2. Кратко опишите электропотенциальный способ НК. В каких случаях применяется этот способ?
3. Перечислите основные области применения электрического контроля

Вариант 3

1. Как можно классифицировать ЭНК по характеру взаимодействия с КО?
2. Кратко опишите электростатический порошковый способ ЭНК. В каких случаях применяется этот способ?
3. Конструкция датчика для электрического контроля.

Вариант 4

1. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе проектирования датчиков для электрического контроля.
2. Кратко опишите метод экзоэлектронной эмиссии. В каких случаях применяется этот способ?
3. Перечислите основные способы создания электрического поля в КО при ЭНК.

Вариант 5

1. Кратко опишите электроёмкостной способ НК. В каких случаях применяется этот способ?
2. Перечислите основные области применения электрического контроля.

3. Как можно классифицировать ЭНК по способу получения информации?

Вариант 6

1. Кратко опишите термоэлектрические методы НК. В каких случаях применяются?

2. Как можно классифицировать ЭНК по характеру взаимодействия с КО?

3. Какие дефекты и в каких материалах могут быть обнаружены методами ЭНК?

Вариант 7

1. Кратко опишите трибоэлектрический метод НК. В каких случаях применяется?

2. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе проектирования датчиков для электрического контроля.

3. Конструкция датчика для электрического контроля.

ЭКР Тепловые, электрические и радиационные методы контроля

Вариант 1

1. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе проектирования датчиков для теплового контроля

2. Перечислите основные области применения электрического контроля

3. Сравните эффективность теплового метода контроля и магнитного. Назовите основные преимущества и недостатки

4. Бетатроны. Принцип действия, область применения.

5. Радиометрический способ РК. Схема контроля, работа п/п детектора ионизирующего излучения

ЭКР Тепловые, электрические и радиационные методы контроля

Вариант 2

1. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе проектирования датчиков для электрического контроля
2. Перечислите основные области применения теплового контроля
3. Сравните эффективность электрического метода контроля и вихретокового. Назовите основные преимущества и недостатки.
4. Линейные ускорители и микротроны.
5. Радиоскопический метод РК. Схема контроля, работа РЭОП.

ЭКР Тепловые, электрические и радиационные методы контроля

Вариант 3

1. Сформулируйте основные физические принципы и законы, лежащие в основе работы датчиков для теплового контроля
2. Перечислите основные области применения электрического контроля
3. Сравните эффективность теплового метода контроля и капиллярного. Назовите основные преимущества и недостатки
4. Рентгеновская трубка. Принцип действия, область применения.
5. Радиографический способ РК. Схема контроля, основные детекторы. Факторы, влияющие на чувствительность .

ЭКР Тепловые, электрические и радиационные методы контроля

Вариант 4

1. Конструкция датчика для электрического контроля.
2. Перечислите основные области применения теплового контроля.
3. Сравните эффективность электрического метода контроля и магнитного. Назовите основные преимущества и недостатки.
4. Перечислите основные источники ИИ, используемые при радиографии..

5. Радиоскопический метод РК. Схема контроля, основные типы детекторов, описание свойств детекторов.

ЭКР Тепловые, электрические и радиационные методы контроля

Вариант 5

1. Конструкция датчика для теплового контроля.
2. Перечислите основные области применения электрического контроля.
3. Сравните эффективность теплового метода контроля и вихретокового. Назовите основные преимущества и недостатки.
4. Линейные ускорители. Принцип действия, область применения.
5. Радиометрический способ РК. Схема контроля, работа п/п детектора ионизирующего излучения.
6. Ксерорадиографический способ регистрации РК. Источники ИИ, принцип действия детектора.

Вопросы для контроля темы «Магнитные методы контроля»

1. Для изделий из каких материалов можно применять МНК? Какие дефекты можно обнаружить этими видами контроля?

Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля продольных трещин на конических поверхностях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

2. Назовите основные способы и приемы намагничивания. Чем определяется выбор способа намагничивания? Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля продольных трещин на цилиндрических деталях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

3. Изобразите направление силовых линий магнитного поля при циркулярном намагничивании. Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля поперечных направляющей трещин на цилиндрических деталях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

4. Изобразите направление силовых линий магнитного поля при полюсном и циркулярном намагничивании. Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля волосовин на внешних поверхностях толстостенных цилиндрических деталей? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

5. Что такое электрокарандаш? Каково его назначение? Какие требования, на Ваш взгляд, должны предъявляться к материалу для него? Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля продольных трещин на плоских деталях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

6. Почему полюс магнита способом магнитного контакта перемещают в направлении, перпендикулярном предполагаемому направлению дефектов? Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля поперечных трещин на плоских деталях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

7. От каких факторов зависит глубина проникновения магнитного поля? Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля продольных трещин на цилиндрических и конических поверхностях? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

8. Что такое «скин-эффект»? Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для выявления трещин на торцевой поверхности тонкостенных колец? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

9. Нарисуйте направления результирующего магнитного поля для комбинированного намагничивания, представленного схемами на рис.5.7а.. Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для контроля поперечных трещин на внутренней поверхности толстостенного стакана? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

10. Что такое коэрцитивная сила, единицы измерения.

Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для выявления трещин на боковой внутренней поверхности тонкостенных колец? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

Вопросы для контроля темы «Токовихревой контроль»

1. Для каких материалов возможно использование методов ТВК?

Определите рабочую частоту при использовании накладного датчика диаметром 5мм, расположенного на изделии из сплава серебра, для контроля электропроводности ($\sigma=70 \cdot 10^{+6}$ см*м, $\mu_r \approx 1$).

2. От каких параметров зависит плотность вихревых токов?

Определите рабочую частоту при использовании наружного проходного датчика диаметром 5мм для контроля электропроводности медной проволоки ($\sigma=58 \cdot 10^{+6}$ см*м, $\mu_r \approx 1$).

3. Как изменяется плотность вихревых токов с глубиной?

Определите рабочую частоту при использовании внутреннего проходного датчика диаметром 5мм для контроля электропроводности титанового патрубка

(удельное электрическое сопротивление $0,42 \cdot 10^{-4}$ Ом*см, $\mu_r=1,000161$).

4. Как изменяется фаза вихревых токов по угловой координате? От каких параметров зависит распределение?

Поясните работу мостовой схемы прибора ТВК. Какую схему могли бы предложить Вы для устранения остаточного напряжения, наблюдаемого в помещении идентичных изделий в поле неидентичных датчиков?

5. Как влияет на распределение вихревых токов наличие мелких дефектов?

Как изменится вид годографа накладного датчика при наличии таких дефектов?

Что является информативным сигналом в параметрических датчиках? Где формируется этот сигнал?

6. Как влияет на распределение вихревых токов наличие крупных раковин?

Как изменится вид годографа проходного внутреннего датчика при наличии таких дефектов?

Что является информативным сигналом в трансформаторных датчиках? Где формируется этот сигнал?

8. Какие виды дефектов нельзя обнаружить методами ТВК?

Определите рабочую частоту при использовании накладного датчика диаметром 5мм, расположенного на удалении 2мм от изделия из сплава алюминия, для контроля электропроводности ($\sigma=35 \cdot 10^{+6}$ см*м, $\mu_r \approx 1$).

7. Какие свойства материалов учитываются обобщенным параметром β ?

Определите глубину проникновения Z_0 для немагнитного материала электропроводностью $60 \cdot 10^6$ на частоте 300 КГц.

9. Какие виды датчиков ТВК Вам известны? Какие факторы влияют на вид годографа и каким образом?

Можно ли определить дефект, расположенный на глубине 1мм в материале с $\mu_r=2000$, $\sigma=3 \cdot 10^6$, на частоте 10 КГц? Подкрепите ответ численными расчетами.

10. Что такое годограф? Какие разновидности годографов используются при ТВК?

Можно ли определить дефект, расположенный на глубине 0,1мм в материале с $\mu_r=2000$, $\sigma=3 \cdot 10^6$, на частоте 10 КГц? Подкрепите ответ численными расчетами.

Вопросы для контроля темы «Радиационные методы неразрушающего контроля»

ЭКР РНК

Вариант 1

1. Что собой представляет система радиационного контроля?
2. Какие факторы влияют на чувствительность при радиографии?
3. Назовите типы рентгеновских пленок и их основные характеристики.
4. Опишите особенности конструкции микротрона и область применения.
5. Каково назначение флуороскопических экранов? На чем основан принцип действия?

ЭКР РНК

Вариант 2

1. Классификация РНК. Способы регистрации радиационных изображений.
2. Объясните процесс получения рентгеновского и гамма-излучения.
3. В чем преимущества и недостатки ксерографии и флюорографии?
4. Каково назначение металлических экранов при радиационных методах контроля.
5. Поясните принцип работы бетатрона.

ЭКР РНК

Вариант 3

1. Опишите принцип действия ионизационной камеры.
2. Опишите принцип действия полупроводникового датчика ИИ.
3. Назовите основные характеристики линейного ускорителя с бегущей волной.
4. Запишите схему распада радиоактивного изотопа ^{60}Co .
5. Назовите основные характеристики радиоизотопных источников излучения.

ЭКР РНК

Вариант 4

1. Какие источники ИИ применяются при радиометрии?
2. Какие конструкции гамма - дефектоскопов Вам известны?
Перечислите основные особенности конструкции.
3. Назначение и принцип действия рентген - видикона.
4. Назовите основные преимущества и недостатки каждого из известных Вам способов регистрации при РНК.
5. Что определяет чувствительность радиографического метода РК.

ЭКР РНК

Вариант 5

1. Характеристическая кривая радиографической пленки и ее характерные участки.
2. Запишите схему распада радиоактивного изотопа $^{226}_{88}\text{Ra}$.
3. Принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера.
4. Получение рентгеновского излучения. Схема трубки, принцип действия.
5. Что собой представляет система радиационного контроля?

ЭКР РНК

Вариант 6

1. Какие факторы влияют на чувствительность при радиоскопии?
2. Какие факторы влияют на чувствительность при радиометрии?
3. Назовите типы экранов, используемых при РК, их назначение, состав, характеристики.
4. Классификация РНК. Способы регистрации радиационных изображений.
5. Назовите основные характеристики линейного ускорителя с бегущей волной.

ЭКР РНК

Вариант 7

1. Назовите основные детекторы радиометрического контроля.
2. Какие факторы влияют на чувствительность при радиоскопии?
3. Принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера.
4. Что определяет чувствительность радиографического метода РК.
5. Принцип работы и область применения РЭОП.

Примерное содержание задания для итоговой контрольной работы

Вариант 1

Перечислите основные недостатки НК.

Найдите математическое ожидание и дисперсию для следующего распределения размеров дефектов

X	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
n	4	4	5	9	6	3	4

Как определить вероятность обнаружения дефектов с размером 0,005мм для данной выборки?

Перечислите основные виды НК для контроля радиоэлектронных схем и деталей.

Как классифицируются дефекты по расположению?

Что такое «волосовины», «свищи», «раковины»?

Каковы причины возникновения и характерные признаки горячих трещин? Какими видами контроля могут быть обнаружены?

Чем характеризуется разрешающая способность глаз? От каких факторов зависит?

Перечислите основные области применения ВОК.

Назовите основные этапы НК.

Для чего применяется гаситель? Каков его состав?

Может ли быть обнаружена методами НК трещина глубиной 0,05мм и поверхностным раскрытием 0,03мм. Обоснуйте ответ.

В каких случаях возможно применение материала КОМПАР?

Перечислите основные характеристики магнитного поля и размерности основных единиц.

Какой способ намагничивания предпочтительнее, на Ваш взгляд для выявления трещин на боковой внутренней поверхности тонкостенных колец? Обоснуйте свой ответ, нарисуйте выбранный способ намагничивания, схему расположения детали и направление трещины.

Нарисуйте схему создания комбинированного способа намагничивания и укажите направления результирующего магнитного поля.

Какие материалы используются для изготовления датчиков Холла? Каким образом датчики используются при МНК?

Габаритные размеры, технические характеристики, назначение **УНМ-300/2000**.

Для каких материалов возможно использование методов ТВК?

Определите рабочую частоту при использовании накладного датчика диаметром 5мм, расположенного на изделии из сплава серебра, для контроля электропроводности ($\sigma=70 \cdot 10^{+6}$ см*м, $\mu_r \approx 1$).

б. Запишите аналитическое выражение для определения коэффициента прозрачности по амплитуде при нормальном падении звуковой волны через импедансы сред.

Определите первый критический угол для границы вода – сталь. Скорости звука в углеродистой стали – продольная волна 5850 м/с, поперечная 3230 м/с.

Что собой представляет система радиационного контроля?

Какие факторы влияют на чувствительность при радиографии?

Основные элементы конструкции совмещенного прямого искателя и кратко опишите назначение каждого элемента и требования, предъявляемые к размерам этого элемента и материалу, из которого он выполнен.

Характеристика направленности дискообразного преобразователя.

Нарисуйте простейшую схему генератора зондирующих импульсов УЗД и опишите ее работу.

Опишите суть временного теневого метода акустического контроля.

Настройка чувствительности УЗД по АРД-диаграмме.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*
по дисциплине «Методы неразрушающего контроля»
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
магистерская программа «Гидроакустика»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Приведены материалы для самостоятельной работы по первому занятию, для подготовки к практическому занятию и выполнению индивидуального задания по статистической обработке.

1. ПОНЯТИЯ О НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДАХ КОНТРОЛЯ

Неразрушающие методы контроля (НМК), или дефектоскопия, – это обобщающее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения нарушения сплошности или однородности макроструктуры, отклонений химического состава и других целей, не требующих разрушения образцов материала и/или изделия в целом.

Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля, или дефектоскопии:

- возможность осуществления контроля на всех стадиях изготовления, при эксплуатации и при ремонте изделий;
- возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;
- согласованность времени, затрачиваемого на контроль, со временем работы другого технологического оборудования;
- высокая достоверность результатов контроля;
- возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля;
- высокая надёжность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования её в различных условиях;
- простота методик контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

Основными областями применения НМК являются дефектоскопия особенно ответственных деталей и устройств (атомные реакторы, летательные аппараты, подводные и надводные плавательные средства, космические корабли и т.п.); дефектоскопия деталей и устройств длительной эксплуатации (портовые сооружения, мосты, краны, атомные

электростанции, котлы, искусственные спутники Земли); непрерывная дефектоскопия особо ответственных агрегатов и устройств (котлы атомных, тепло- и электростанций), контроль подземных выработок; проведение исследований структуры материалов и дефектов в изделиях с целью усовершенствования технологии.

1.1. Основные виды НК

В зависимости от принципа работы все НК делятся на акустические (ультразвуковые); капиллярные; магнитные (или магнитопорошковые); оптические (визуально оптические); радиационные; радиоволновые; тепловые; контроль течеисканием; электрические; электромагнитные, или токовихревые (методы вихревых токов).

Акустические методы основаны на регистрации колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Их применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т.п.) в деталях и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют контролировать геометрические параметры при одностороннем допуске к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения. В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхоимпульсный, эмиссионный, велосимметрический, импедансный и метод свободных колебаний. Эти методы называют также ультразвуковыми.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярные методы используются в полевых, цеховых и лабораторных

условиях, в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Они позволяют обнаруживать термические и шлифовочные трещины, волосовины, закаты и пр. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы.

Магнитные методы контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств контролируемых изделий.

Эти методы позволяют обнаружить дефекты типа несплошности материала (трещины, волосовины, закаты), а также определить механические характеристики ферромагнитных сталей и чугунов по изменению их магнитных характеристик.

Визуально оптические методы контроля основаны на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом (КО). По характеру взаимодействия различают методы прошедшего, отражённого, рассеянного и индуцированного излучений (под последним имеется в виду оптическое излучение предмета под действием внешнего воздействия, например люминесценцию).

Информативными параметрами этих методов являются амплитуда, фаза, степень поляризации, частота или частотный спектр, время прохождения света через объект, геометрия преломления или отражения излучения. Оптические методы широко применяют из-за большого разнообразия способов получения первичной информации о наличии наружных дефектов независимо от материала контролируемого изделия.

Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения. Используется рентгеновское, гамма-излучение, потоки нейтрино и т.д. Проходя через толщу изделия, проникающие излучения по-разному ослабляются в дефектном и бездефектном сечениях и несут информацию о внутреннем строении

вещества и наличии дефектов внутри изделия. Эти методы используются для контроля сварных и паяных швов, отливок, проката и т.п.

Радиоволновые методы основаны на регистрации параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с КО. Обычно используются волны сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона длиной 1-100 мм для контроля изделий из материалов, где радиоволны затухают не очень сильно: диэлектрики (пластмасса, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты. Так же, как оптические и акустические, различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного излучения и резонансный метод.

Тепловые методы основаны на регистрации изменений тепловых или температурных полей КО. Они применимы к любым материалам. Различают пассивный (на объекты не воздействуют внешним источником тепла) и активный (объект нагревают или охлаждают) методы. Измеряемым информативным параметром является температура или тепловой поток.

При пассивном методе измеряют температурное поле работающего объекта. Дефект определяется появлением мест повышенной (пониженной) температуры. Таким методом определяют места утечки теплоты в зданиях; трещины в двигателях и т.д. При контроле активным методом объект нагревают контактным или бесконтактным методом и измеряют температуру с той или другой стороны объекта. Это позволяет обнаруживать несплошности (трещины, пористость, инородные включения) в объектах, изменения в структуре физико-механических свойствах материала по изменению теплопроводности, теплоёмкости, коэффициенту теплопередачи. Измерение температуры или тепловых потоков выполняют контактным или бесконтактным способом. Наиболее эффективное средство бесконтактного наблюдения – сканирующий тепловизор. Его используют для определения дефектов пайки многослойных изделий из металлов и неметаллов, клеевых соединений и т.п.

Методы контроля течеисканием основаны на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты КО. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов, топливной и гидроаппаратуры, масляных систем силовых установок и т.п.

К методам течеискания относят гидравлическую опрессовку, аммиачно-индикаторный метод, контроль с помощью гелиевого и галоидного течеискателей и т.д. Проводят течеискание и с помощью радиоактивных веществ, что значительно повышает чувствительность метода.

Электрические методы основаны на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с КО (собственно электрический метод), или поля, возникающего в КО в результате внешнего воздействия (термоэлектрический или трибоэлектрический методы).

Первичными информативными параметрами является электрическая емкость или потенциал. Ёмкостный метод используется для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов. По изменению проводимости, в частности её реактивной части, контролируют химический состав пластмасс, полупроводников, наличие в них несплошностей; влажность сыпучих материалов и другие свойства.

Для контроля проводников применяют метод электрического потенциала. Толщину проводящего слоя, наличие несплошностей вблизи поверхностей проводника контролируют, измеряя падение потенциала на некотором участке. Электрический ток огибает поверхностный дефект, по увеличению падения потенциала на участке с дефектом определяют глубину несплошности с погрешностью в несколько процентов.

Термоэлектрический метод применяют для контроля химического состава материала. Например, нагретый до постоянной температуры медный электрод прижимают к поверхности изделия и по возникающей разности потенциалов определяют марку стали, титана, алюминия или другого материала.

Разновидностью электрического метода является метод электронной эмиссии, то есть измерение эмиссии ионов с поверхности изделия под влиянием внутренних напряжений. Этот метод используется для определения растрескиваний в эмалевых покрытиях, для сортировки деталей, измерения толщины пленочных покрытий и определения степени закалки изделия.

Электромагнитный метод (вихревых токов) основан на регистрации изменений взаимодействия электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в КО. Его применяют для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет обнаруживать нарушения сплошности (в основном трещины) на различных по конфигурации деталях.

1.2. Эффективность НМК

Эффективность НМК определяются большим числом факторов, главными из которых являются выявляемость дефектов, производительность, оперативность, безопасность и стоимость.

Визуальные и капиллярные методы контроля изделий из ферромагнитных материалов позволяют обнаруживать дефекты только на поверхности изделия. Магнитными и токовихревыми методами можно обнаружить как поверхностные, так и подповерхностные дефекты. Радиационными и акустическими методами можно обнаружить поверхностные, подповерхностные и внутренние дефекты. В табл. 1.1 приведены примерные оценки различных методов контроля по выявляемости дефектов в изделиях из различных материалов различного назначения [1].

С точки зрения опасности для обслуживающего персонала выделяются радиационные методы. Определённой токсичностью обладают методы капиллярные и течеисканием при использовании определённых типов пробных веществ и ультрафиолетовых осветителей. Остальные методы НК не оказывают заметного влияния на здоровье обслуживающего персонала.

Таблица 1.1. Оценка выявляемости дефектов различными видами НМК

	Вид НМК
--	---------

<i>Объект контроля</i>	Радиационный	Акустический	Токовихревой	Магнитный	Капиллярный	Тепловой	Оптический	и
<i>Неферромагнитные материалы</i>								
Проволока диаметром, мм								
0,01-1	0	5	5	0	0	3	4	
1-14	4	5	5	0	0	0	4	
Прутки диаметром, мм								
3-40	5	5	5	0	0	0	4	
30-100	5	5	5	0	0	0	4	
156-1000	5	5	5	0	0	0	4	
Листы, плиты толщиной, мм								
0,1-1	4	5	5	0	4	3	4	
0,1-3,9	5	5	5	0	4	0	4	
4-10 и более	5	5	5	0	4	0	4	
Сортовой прокат	5	5	4	0	4	0	4	
Отливки	5	4	0	0	5	3	4	
<i>Ферромагнитные материалы</i>								
Проволока	4	5	5	5	0	3	4	
Прутки диаметром, мм								
3-4	5	5	5	5	0	0	4	
30-10	5	5	5	5	0	0	4	
Трубы сварные диаметром, мм								
30-40	4	5	5	5	4	0	4	
50-150	3	5	5	5	4	0	4	
150-1000	4	5	5	5	4	0	4	
Листы, плиты толщиной, мм								
0,1-1	3	5	5	5	4	3	4	
0,1-3,9	3	5	5	5	4	0	4	
4-10 и более	3	5	4	4	4	0	4	
Сортовой прокат	3	5	3	3	4	0	4	
Отливки	3	4	3	3	4	0	4	

<i>Диэлектрики</i>								
Резина	5	4	0	0	4	0	4	
Керамика, металлокерамика	5	4	0	0	4	3	4	
Бетон, железобетон	3	5	0	0	4	0	4	
Монокристаллы	3	4	0	0	0	5	4	
Многослойные материалы	4	5	0	0	0	3	0	

Окончание табл. 1.1

<i>Объект контроля</i>	Вид НМК							
	Радиационный	Акустический	Токовихревой	Магнитный	Капиллярный	Тепловой	Оптический	Радиоволновой
Стекло	3	4	0	0	0	3	5	3
Стеклопластики	3	4	0	0	5	5	5	5
Соединения								
Сварные	3	5	3	3	4	3	0	0
Клеевые	3	5	0	0	4	4	4	5
Паяные	3	5	3	0	3	3	0	0
Резьбовые	0	0	3	5	4	0	0	0
Детали к изделиям								
Многослойные конструкции из стеклопластиков	3	4	3	0	0	3	0	4
Радиоэлектронные схемы и детали	3	0	0	0	0	5	3	4
Электровакуумные приборы	4	0	0	0	0	3	3	3

Примечание. Оценка НМК: 5-отличная, 4-хорошая, 3-удовлетворительная, 0 –неудовлетворительная.

С точки зрения автоматизации контроля наиболее благоприятны методы вихревого тока, магнитные методы с феррозондовыми, индукционными и подобными типами преобразователей, радиационный и некоторые виды тепловых методов.

Главные преимущества этих методов заключаются в отсутствии прямого контакта преобразователя с изделием и в предоставлении информации о дефектах в виде показаний приборов.

Ультразвуковой метод с этой точки зрения требует контакта преобразователя с изделием, например, через слой воды. Трудность автоматизации других методов контроля заключается в необходимости визуальной обработки информации о дефектах.

По стоимости выполнения контроля к наиболее дорогим относятся методы радиографические и течеискания. Это связано с длительностью операций контроля, а также с необходимостью капитальных затрат на помещения и оборудование. Если сравнивать, например, затраты на проведение радиационного и ультразвукового контроля сварных соединений толщиной 10-20 мм, то для ультразвукового контроля они будут в 3-5 раз меньше. Это преимущество возрастает с увеличением толщины сварных соединений.

В табл. 1.2 приведены краткие сведения о возможностях, достоинствах и недостатках основных НК сплошности металлов.

Таблица 1.2 Возможности и области применения МНК

Метод	Объекты контроля	Типы обнаруживаемых дефектов	Минимальные размеры обнаруживаемых дефектов
Акустический контроль	Слитки и фасонные отливки	Внутренние трещины, раковины, неметаллические включения, флокеноподобные дефекты	Эквивалентная площадь дефекта $\geq 5\text{мм}^2$
	Поковки, штамповки, сортовой прокат толщиной $\geq 10\text{мм}$	Внутренние трещины, расслоения, флокены, неметаллические включения, а также (при малых толщинах и для сплошных цилиндров малого диаметра) поверхностные заковы, закаты, включения	Эквивалентная площадь дефекта $\geq 3\text{мм}^2$ (в отдельных случаях $\geq 0,5\text{мм}^2$)
	Листовой прокат толщиной $\geq 0,5\text{мм}$	Внутренние расслоения и другие дефекты, ориентированные в плоскости прокатки	Эквивалентная площадь дефекта $\geq 1\text{мм}^2$ или условная площадь $\geq 5\text{см}^2$
	Трубы диаметром $\geq 4\text{мм}$ и толщиной $\geq 1\text{мм}$	Внутренние поверхностные трещины, риски, закаты, включения	Эквивалентная глубина дефекта $\geq 3\%$ от толщины стенки трубы
	Сварные соединения стыковые, тавровые, угловые, крестообразные толщиной $\geq 6\text{мм}$	Внутренние трещины, непровары, газовые поры, включения, несплавления, утяжки	Эквивалентная площадь дефекта $\geq 3\text{мм}^2$

Радиографический контроль	Сварные и резьбовые соединения	Непровары, трещины, поры, шлаковые включения, непропаи	Локальные дефекты размером $\geq 1,5-2$ % от контролируемой толщины
	Литые изделия	Трещины, раковины, рыхлоты, пористость	Локальные дефекты размером $\geq 2 - 4$ % от контролируемой толщины

Требования к объекту контроля	Достоинства	Недостатки
Простая форма, мелкозернистая структура, обработка поверхности Rz10	Выявление дефектов с малым раскрытием, характерных для деформированного металла	Необходимость создания акустического контакта через жидкую среду и ограничения по чистоте обработки поверхности
Простая форма, обработка поверхности Rz10	Возможность контроля больших толщин (до 2-5 м в зависимости от структуры металла)	Малая чувствительность при контроле крупнозернистых материалов, например литых изделий и сварных соединений из аустенитных сталей
Очистка поверхности от грязи, отслаивающейся окалины	Высокая производительность и малая стоимость контроля	Отсутствие наглядности и сложность расшифровки результатов контроля, оценка размеров и формы дефектов с большими погрешностями
Мелкозернистая структура наплавленного металла	Возможность автоматизации (при простой геометрической форме изделия)	
Двусторонний доступ, отсутствие	Высокая чувствительность	Радиационная опасность

наружных дефектов, превышающих чувствительность контроля	контроля Наглядность результатов контроля Наличие документа о результатах контроля	Большая длительность технологического цикла контроля Расход дорогостоящей радиографической пленки
--	--	--

Метод	Объекты контроля	Типы обнаруживаемых дефектов	Минимальные размеры обнаруживаемых дефектов
Магнитный	Металлические изделия, полуфабрикаты и сварные соединения	Поверхностные и подповерхностные (на глубине до 2-3мм) трещины, волосовины, заковы, закаты, включения, флокены, непровары	Раскрытие дефекта \geq 2мм, глубина \geq 20мкм, протяженность \geq 0,5мм
Токовихревой	Металлические изделия и полуфабрикаты	То же	Ширина дефекта \geq 0,5мкм, глубина \geq 100-200мкм, протяженность \geq 0,5 - 1 мм

Капиллярный	Металлические изделия, полуфабрикаты и сварные соединения	Поверхностные открытые трещины, поры, коррозионные поражения	Раскрытие дефекта \geq 1мм, протяженность \geq 3-5 мм
Течеискания	Конструкции и изделия энергетических узлов	Сквозные дефекты в сварных соединениях и основном металле	Дефекты, дающие натекание $> 6,7^{-11}$, $\text{м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$

В табл. 1.2 приведены не принципиальные возможности методов, а лишь те из них, которые могут быть реализованы с помощью серийной аппаратуры и имеют техническую документацию. В столбце 4 для ультразвукового контроля даны измеряемые параметры дефектов. В столбце 5 для поверхностных методов даны требования к чистоте контролируемой поверхности, при которых могут быть выявлены дефекты, указанные в столбце 4 для соответствующего метода. При более грубых поверхностях чувствительность методов снижается.

Требования к объекту контроля	Достоинства	Недостатки
Ферромагнитные металлы, чистота обработки поверхности $R_z2,5$	Простота и наглядность контроля Возможность применения метода для изделий любой формы	Загрязнение поверхности Необходимость размагничивания изделий после контроля Возможность образования прижогов на поверхности
Чистота обработки поверхности $R_z2,5$	Бесконтактное возбуждение вихревых токов Возможность автоматизации при больших скоростях контроля с записью	Трудность выделения полезного сигнала на фоне помех, обусловленных его зависимостью от многих параметров

	результатов Возможность контроля внутренних поверхностей Возможность контроля через неметаллические покрытия	контролируемого изделия Отсутствие наглядности результатов контроля
Чистота обработки поверхности R _Z 20	Простота и наглядность контроля Возможность контроля изделий различной формы	Необходимость удаления с поверхности защитных покрытий, смазок, окалины и других загрязнений
Изделия, которые могут быть помещены в вакуумную камеру или воду; замкнутые и разомкнутые корпусные конструкции	Большой арсенал способов контроля различных классов изделий	

Часто необходимо контролировать изделие двумя или более методами: обычно сочетают методы, способные обнаруживать внутренние и поверхностные дефекты (акустический и магнитный контроль; магнитопорошковый метод контроля, акустический и токовихревой контроль и т.д.) или плоские и объёмные дефекты (например, ультразвуковой контроль и радиография).

Комплексная система контроля несколькими методами может строиться на основе 100%-го контроля всего объёма продукции каждым методом или на основе выборочного контроля тем или иным (или всеми) методом контроля. Иногда дополнительный контроль осуществляется только в тех участках, где основной метод не обеспечивает заданных требований, или назначается для повышения информативности.

Приведём несколько примеров применения комплексных систем НМК в судостроении [2]. В особо ответственных случаях для повышения надёжности выявления дефектов различных типов проводят контроль

сварных соединений методами радиационного просвечивания и акустическим. Контроль отливок, как правило, выполняют методом радиационного просвечивания, а акустический метод используют для определения местоположения выявленных дефектов. Контроль гребных винтов предусматривает сочетание акустических методов с поверхностными методами, такими как капиллярный, магнитный и токовихревой.

Контроль поковок, если заготовки не имеют припуска на «мертвую» зону ультразвукового искателя, также использует сочетание акустического и поверхностных методов дефектоскопии.

Для контроля внутренних поверхностей используются токовихревые методы и перископический осмотр (визуально - оптический метод контроля) или перископический осмотр и акустический контроль.

1.3. Критерии оценки качества изделий

Для выработки критериев, которые могут служить для забраковывания изделия после контроля, проводятся работы по изучению влияния дефектов на эксплуатационную надежность изделий, а также исследование корреляции размеров дефектов с теми параметрами, которые могут быть оценены при НМК.

Браковочные нормы, обычно выражающиеся в значениях минимальных размеров недопустимых дефектов, приводятся в технических условиях на продукцию. Иногда эти нормы имеют также ограничения по количеству дефектов, их взаимному расположению, форме, ориентации.

Если существует корреляция между реальными размерами дефектов и их параметрами, оцениваемыми при неразрушающем контроле, и в нормативной документации указаны размеры недопустимых дефектов, то дефектоскопист может безошибочно выбрать средства и методы контроля. Если же корреляция между реальными размерами дефектов и измеряемыми НМК параметрами слаба, то браковочные нормы должны быть выражены в значениях, измеряемых данным методом параметров. Например, при ультразвуковом методе контроля о размере дефекта судят по амплитуде отраженного сигнала и оценивают не реальный, а «эквивалентный» размер дефекта, т.е. размер модели дефекта простой формы, дающий сигнал, равный по амплитуде сигналу от реального дефекта, или оценивают «условный» размер, весьма приближенно характеризующий проекцию дефекта на поверхность, со стороны которой проводится контроль. Эти параметры

коррелируют с реальными размерами дефектов только в простых случаях (акустический контроль труб, листов), а при контроле литья, сварных швов, поковок корреляция настолько слаба (вследствие различной ориентации и формы дефектов), что оценить реальные размеры дефектов невозможно. В этом случае браковочные нормы задаются значениями эквивалентных и условных размеров недопустимых дефектов. При этом установление браковочных норм требует серьезных предварительных исследований.

Какой бы параметр дефекта не был положен в основу браковочных норм, оценка дефекта в любом случае связана с определенными погрешностями, которые необходимо учитывать при выработке критериев годности изделий. Очевидно, что браковочные нормы, отличающиеся друг от друга меньше, чем на ошибку оценки дефекта, обеспечивают фактически одинаковое качество изделий. Однако за годы внедрения МНК в отраслях промышленности накопилось большое количество различных технических условий на продукцию, составленных без единой системы; требования этих условий, зачастую близкие по смыслу, приводят к необходимости применения различных средств контроля, в конечном счете неоправданно увеличивая затраты.

Для унификации средств контроля, стандартизации уровней нормативных требований, а также облегчения понимания между дефектоскопистами и специалистами других профилей разработана система классов чувствительности и групп качества по отраслям промышленности. Эта система позволяет устанавливать нормы браковки исходя из степени ответственности изделий с учетом сложившейся практики разработки браковочных норм для конкретных видов продукции. Классу или группе с меньшим номером соответствуют более высокие требования. Разница уровней чувствительности двух соседних классов превышает не менее чем в два раза погрешность оценки дефектов, что обеспечивает однозначность результатов контроля. Уровень чувствительности первого класса или группы обеспечивает по возможности самый жесткий контроль изделий.

1.4. Понятие о статистической обработке результатов неразрушающего контроля

Для проведения неразрушающего контроля необходимо, во-первых, выбрать аппаратуру, соответствующую поставленной задаче, то есть такую аппаратуру, которая с достаточной степенью достоверности позволит обнаружить наиболее опасные и характерные дефекты в контролируемом изделии. Во-вторых, необходимо задаться требуемой степенью достоверности обнаружения дефектов, опасных для эксплуатации контролируемого изделия. В третьих, контролируемую аппаратуру необходимо настроить, подобрав чувствительность и разрешающую способность таким образом, чтобы удовлетворить второму требованию.

Определение средних размеров дефектов и дисперсии средних размеров. Рассмотрим процесс обработки результатов измерений на примере контроля сплошности материалов, деталей и изделий.

Предположим, что производится контроль наличия раковин, непроплавов, газовых пузырьков и посторонних включений в металлическом слитке.

Прежде всего необходимо определить средний размер дефекта $\bar{\delta}$. Для этого измеряется максимальный размер дефектов x_i не менее чем у 20 различных дефектов ($i \geq 20$). Средний размер дефекта равен:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1.1)$$

Эта величина в математической статистике называется математическим ожиданием.

Затем находятся отклонения размеров дефектов ε от среднего значения:

$$\varepsilon_1 = \bar{\delta} - \delta_1, \varepsilon_2 = \bar{\delta} - \delta_2, \varepsilon_n = \bar{\delta} - \delta_n,$$

и вычисляется дисперсия

$$\sigma^2 = \frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2. \quad (1.2)$$

Величина σ называется среднеквадратичным отклонением:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n(n-1)}} \approx \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}. \quad (1.3)$$

Приближенное равенство получается, когда число измерений n велико, так что $n \gg 1$ и $n(n-1) \approx n^2$.

Распределение дефектов по размерам. Рассмотрим ось X , на которой укажем размеры x_i обнаруженных дефектов и их среднюю величину \bar{x} (рис.1.1).

Выделим на оси X произвольно интервал dx и определим количество дефектов dn , попадающих в этот интервал. Чем больше интервал dx , тем больше будет в нем дефектов dn . В то же время величина dn будет тем больше, чем больше общее количество дефектов n , так что $dn \sim n dx$.

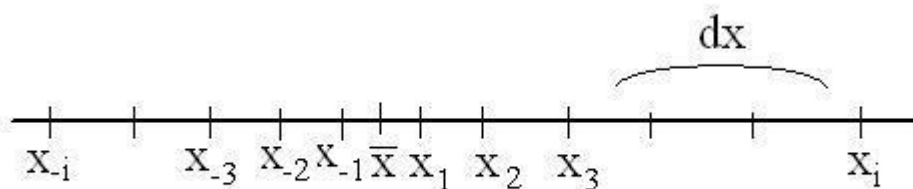


Рис. 1.1. Распределение дефектов по размерам

Величина dn зависит также от координаты (места выбора) интервала dx , т.к. дефекты по оси X распределены не равномерно, а по некоторому закону $dn \sim f(x) dx$. В результате получим, что количество дефектов dn , содержащихся в интервале размеров dx , равно:

$$dn = n f(x) dx. \quad (1.4)$$

Из выражения (1.4) следует, что

$$\frac{dn}{n} = f(x) dx.$$

Из теории вероятности известно, что выражение (1.4) описывает вероятность события $dP(x)$, при котором в интервале dx будет обнаружено dn дефектов. Следовательно,

$$\frac{dn}{n} = dP(x) \text{ и } dP(x) = f(x) dx. \quad (1.5)$$

Из последнего равенства виден физический смысл функции $f(x)$. Это плотность вероятности нахождения дефектов с размером x в интервале dx :

$$f(x) = \frac{dP(x)}{dx}.$$

Вычисление вероятности обнаружения дефекта заданного размера x_0 .

Исходя из физических представлений о возможном распределении дефектов по размерам (о распределении дефектов на оси X - рис. 1.1), определим свойства, которыми должна обладать функция распределения $f(x)$.

1. Наибольшее количество дефектов должна иметь размеры x_i , близкие к средней величине \bar{x} , причем при значении \bar{x} функция распределения должна иметь максимальное значение: $f(\bar{x}) = f_{\max}$.

2. Естественно предположить, что с одинаковой вероятностью можно обнаружить дефекты с размерами x_i больше и меньше средней величины \bar{x} . Следовательно, функция распределения должна быть четной относительно значения в точке \bar{x} : $f(\bar{x} - x) = f(\bar{x} + x)$.

3. Количество дефектов тем меньше, чем больше размеры дефектов x_i отличаются от среднего значения \bar{x} . Дефекты бесконечно больших размеров отсутствуют, так что $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$.

Одной из функций, удовлетворяющей всем этим свойствам, является функция Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right). \quad (1.6)$$

Рис. 1.2. Функция Гаусса для

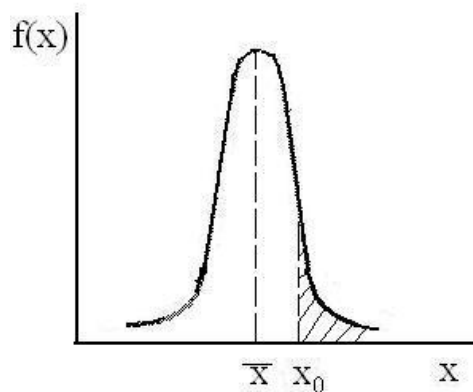
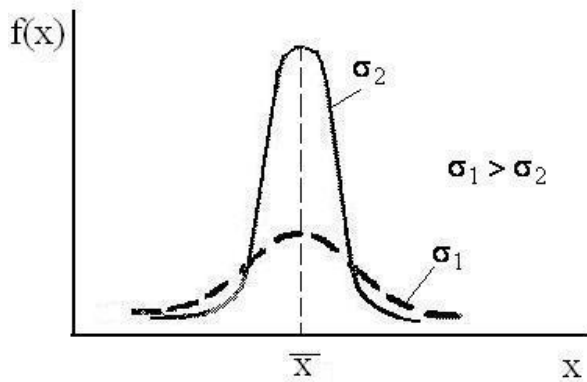


Рис. 1.3. К численному

определению интеграла (1.7)



различных значений σ

Графики функции Гаусса (1.6) приведены на рис.1.2. Из графиков видно, что максимум функции Гаусса достигается при значении \bar{x} . Этот максимум тем больше и тем острее, чем меньше дисперсия σ . С ростом дисперсии максимум понижается, график функции Гаусса расширяется. В нашем случае увеличение σ говорит о росте разброса значений x_i . Согласно формуле (1.5) вероятность того, что дефект с размером x попадет в интервал dx , равна: $dP(x) = f(x)dx$.

Тогда вероятность обнаружения дефекта с размером $x > x_0$ равна:

$$P(x > x_0) = \int_{x_0}^{\infty} f(x)dx. \quad (1.7)$$

На рис. 1.3 показан график функции (1.6), на котором заштрихованная часть численно равна значению интеграла (1.7). Из графика следует, что интеграл (1.7) можно представить в виде разности двух интегралов:

$$P(x > x_0) = \int_{\bar{x}}^{\infty} f(x)dx - \int_{\bar{x}}^{x_0} f(x)dx.$$

Подставив в это выражение функцию Гаусса (1.6), получим

$$P(x > x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(\int_{\bar{x}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right) dx - \int_{\bar{x}}^{x_0} \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right) dx \right). \quad (1.8)$$

Введем новую переменную $t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$. Тогда $dx = \sigma dt$, при $x = \bar{x}$

величина $t=0$, при $x = x_0$ $t = \frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$. При этих условиях интеграл (1.8)

примет вид

$$P(x > x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \exp(-t^2 / 2) dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{(x_0 - \bar{x})/\sigma} \exp(-t^2 / 2) dt. \quad (1.9)$$

Интеграл $\int_0^{\infty} \exp(-t^2 / 2) dt = \sqrt{\frac{\pi}{2}}$. Тогда выражение (1.9) можно

представить в виде

$$P(x > x_0) = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{(x_0 - \bar{x})/\sigma} \exp(-t^2 / 2) dt \right),$$

или

$$P(x > x_0) = \frac{1}{2} \left(1 - \hat{O}\left(\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}\right) \right).$$

Здесь $\hat{O}(z) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^z \exp(-t^2 / 2) dt$ - интеграл ошибок, который

табулирован.

Для нахождения интеграла ошибок достаточно найти математическое ожидание \bar{x} , вычислить дисперсию σ и задать максимально допустимые

размеры дефекта x_0 . После этого можно определить z и по таблицам найти значение интеграла ошибок $\Phi(z)$. Далее определяется вероятность нахождения дефектов с размерами, превышающими x_0 :

$$P(x > x_0) = \frac{1}{2}(1 - \hat{O}(z)), \quad z = \frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}.$$

В дефектоскопии обычно предполагается, что $P(x > x_0) = 0,99$. Это означает, что приборы должны быть настроены так, чтобы из 100 дефектов с размерами $x > x_0$ были обнаружены 99 дефектов; пропущенным может быть только один дефект.

1.5. Надежность системы контроля качества изделий

Система контроля – это совокупность средств контроля и исполнителей, взаимодействующих с объектом контроля по правилам, установленным соответствующей документацией (ГОСТ 16504 – 81). Функцией такой системы является обнаружение и правильная оценка каждого дефекта, измеряемый параметр которого X равен или превышает значение X_0 , установленное нормативно-технической документацией. В результате контроля в изделиях, признанных годными, не должно быть недопустимых дефектов (с параметрами $X \geq X_0$), но при этом должны быть забракованы только те изделия, в которых имеются недопустимые дефекты. Невыполнение системой контроля своей функции правильной оценки годности изделия называется отказом системы.

К отказам системы можно отнести неправильное причисление в годную партию изделий, содержащих недопустимые дефекты. Это так называемая недобраковка. Другим отказом системы является перебраковка, т.е. ложное забракование изделия. Вероятность недобраковки обозначают F , а перебраковки - β . Эти вероятности часто используют для оценки работоспособности системы контроля, ее надежности, достоверности, эффективности. Показатели надежности характеризуют способность

продукции к сохранению работоспособности при соблюдении определенных условий эксплуатации и технического обслуживания. Одним из количественных показателей надежности является вероятность безотказной работы, которая для системы контроля выражается формулой

$$G = 1 - (F + \beta). \quad (1.10)$$

Последствия недобраковки и перебраковки различны, поэтому различны и критерии решения задач оптимизации системы контроля. Наиболее часто критерием оптимальной системы считается минимум среднего риска, оцениваемый функцией R :

$$R = c_1\beta + c_2F,$$

где c_1 и c_2 - стоимость перебраковки и недобраковки, р.

Для критерия «идеального наблюдателя» стоимости c_1 и c_2 считаются равными, тогда оптимальная система контроля обеспечивает и минимум среднего риска, и максимум вероятностного показателя надежности G , вычисленного по формуле (1.1).

В качестве параметра функции R обычно выбирают уровень браковки X_0 . Расчет и эксперимент показывают, что функция $R(X_0)$ при прочих равных условиях имеет четкий минимум, который используют для установления браковочного уровня, в равной мере устраивающего поставщика (он заинтересован в минимуме перебраковки), и заказчика (он заинтересован в минимуме недобраковки).

При контроле особо ответственных изделий, последствия выхода из строя которых несоизмеримы ни с какими затратами на перебраковку, выбирают другой критерий решения задачи оптимизации системы контроля. Например, в судостроении для ответственных изделий принят критерий достижения заданного уровня надежности, оцениваемый показателем $G_0 = 1 - F$ (вероятность отсутствия недобраковки).

Одним из путей повышения надежности НМК является уменьшение погрешностей оценки параметра X . Другим путем является временное (на момент контроля) снижение границ допуска, т.е. фиксация более мелких дефектов с последующим дополнительным анализом брака. При акустическом и токовихревом методах контроля это выражается в повышении поисковой чувствительности, но при контроле изделий на уровне $X \leq X_0$ возрастает перебраковка. Для ее уменьшения повторно проверяют забракованную партию или дополнительно оценивают зафиксированные дефекты. Таким образом удастся добиться достаточно высокого уровня показателя надежности $G_0 = 0,997$ при незначительном (до 5%) увеличении дополнительных затрат, связанных с повышением надежности системы контроля.

1.6. Сравнение разрушающих и неразрушающих методов контроля

Ниже приводятся перечни преимуществ и недостатков неразрушающих и разрушающих методов контроля. Перечень был впервые составлен Мак-Мастером [3].

Преимущества разрушающих методов контроля

1. Испытания обычно имитируют одно или несколько рабочих условий. Следовательно, они непосредственно направлены на измерение эксплуатационной надежности.

2. Испытания обычно представляют собой количественные измерения разрушающих нагрузок или срока службы до разрушения при данном нагружении и условиях. Таким образом, они позволяют получить числовые данные, полезные для конструирования или для разработки стандартов или спецификаций.

3. Связь между большинством измерений разрушающим контролем и измеряемыми свойствами материалов (особенно под нагрузкой, имитирующей рабочие условия) обычно прямая. Следовательно, исключаются споры по результатам испытания и их значению для эксплуатационной надежности материала или детали.

Недостатки разрушающих методов контроля

1. Испытания не проводят на объектах, фактически применяемых в эксплуатационных условиях. Следовательно, соответствие между испытываемыми объектами и объектами, применяемыми в эксплуатации (особенно в иных условиях), должно быть доказано иным способом.

2. Испытания могут проводиться только на части изделий из партии. Они, возможно, будут иметь небольшую ценность, когда свойства изменяются от детали к детали.

3. Часто испытания невозможно проводить на целой детали. Испытания в этом случае ограничиваются образцом, вырезанным из детали или специального материала, обладающих свойствами материала детали, который будет применяться в рабочих условиях.

4. Единичное испытание с разрушением может определить только одно или несколько свойств, которые могут влиять на надежность изделия в рабочих условиях.

5. Разрушающие методы контроля затруднительно применять к детали в условиях эксплуатации. Обычно для этого работа прекращается, и данная деталь удаляется из рабочих условий.

6. Кумулятивные изменения в течение периода времени нельзя измерить на одной отдельной детали. Если несколько деталей из одной и той же партии испытывается в последовательности в течение какого-то времени, то нужно доказать, что детали были одинаковыми. Если детали применяются в рабочих условиях и удаляются после различных периодов времени, необходимо доказать, что каждая была подвержена воздействию аналогичных рабочих условий, прежде чем могут быть получены обоснованные результаты.

7. Когда детали изготовлены из дорогостоящего материала, стоимость замены вышедших из строя деталей может быть очень высока. При этом невозможно выполнить соответствующее количество и разновидности разрушающих методов испытаний.

8. Многие разрушающие методы испытаний требуют механической или другой предварительной обработки испытываемого образца. Часто требуются крупногабаритные, дающие очень точные результаты, машины. В результате стоимость испытаний может быть очень высокой, а число образцов для испытаний ограниченным. Кроме того, эти испытания весьма трудоемки и могут проводиться только работниками высокой квалификации.

9. Разрушающие испытания требуют большой затраты человеко-часов. Производство деталей стоит чрезвычайно дорого, если соответствующие длительные испытания применяются как основной метод контроля качества продукции.

Преимущества неразрушающих методов контроля

1. Испытания проводятся непосредственно на изделиях, которые будут применяться в рабочих условиях.

2. Испытания можно проводить на любой детали, предназначенной для работы в реальных условиях, если это экономически обосновано. Эти испытания можно проводить даже тогда, когда в партии имеется большое различие между деталями.

3. Испытания можно проводить на целой детали или на всех ее опасных участках. Многие опасные с точки зрения эксплуатационной надежности участки детали могут быть исследованы одновременно или последовательно, в зависимости от удобства и целесообразности.

4. Могут быть проведены испытания многими НМК, каждый из которых чувствителен к различным свойствам или частям материала или детали. Таким образом, имеется возможность измерить столько различных свойств, связанных с рабочими условиями, сколько необходимо.

5. Неразрушающие методы контроля часто можно применять к детали в рабочих условиях, без прекращения работы, кроме обычного ремонта или периодов простоя. Они не нарушают и не изменяют характеристик рабочих деталей.

6. Неразрушающие методы контроля позволяют применить повторный контроль данных деталей в течение любого периода времени. Таким образом, степень повреждений в процессе эксплуатации, если ее можно обнаружить, и ее связь с разрушением в процессе эксплуатации могут быть точно установлены.

7. При неразрушающих методах испытаний детали, изготовленные из дорогостоящего материала, не выходят из строя при контроле. Возможны повторные испытания во время производства или эксплуатации, когда они экономически и практически оправданы.

8. При неразрушающих методах испытаний требуется небольшая (или совсем не требуется) предварительная обработка образцов. Некоторые устройства для испытаний являются портативными, обладают высоким быстродействием, в ряде случаев контроль может быть полностью автоматизированным. Стоимость НМК ниже, чем соответствующая стоимость разрушающих методов контроля.

9. Большинство неразрушающих методов испытания кратковременны и требуют меньшей затраты человеко-часов, чем типичные разрушающие методы испытаний. Эти методы можно использовать для контроля всех деталей при меньшей стоимости или стоимости, сопоставимой со стоимостью разрушающих методов испытаний лишь небольшого процента деталей в целой партии.

Недостатки неразрушающих методов контроля

1. Испытания обычно включают в себя косвенные измерения свойств, не имеющих непосредственного значения при эксплуатации. Связь между этими измерениями и эксплуатационной надежностью должна быть доказана другими способами.

2. Испытания обычно качественные и редко - количественные. Обычно они не дают возможности измерения разрушающих нагрузок и срока службы до разрушения даже косвенно. Они могут, однако, обнаружить дефект или проследить процесс разрушения.

3. Обычно требуются исследования на специальных образцах и исследование рабочих условий для интерпретации результатов испытания. Там, где соответствующая связь не была доказана, и в случаях, когда возможности методики ограничены, наблюдатели могут не согласиться в оценке результатов испытаний.

Вопросы для самопроверки темы 1.

1. В каких случаях необходимо применение НМК?
2. Назовите основные виды НМК.
3. Каковы требования, предъявляемые к НМК?
4. В чем, на ваш взгляд, состоит основная задача системы контроля качества продукции?
5. Дайте определения основных критериев эффективности НМК.
6. Чем определяется надежность системы контроля качества?
7. Какие виды отказов системы контроля качества вы можете назвать?
8. С какой целью введена система классов чувствительности и групп качества?
9. Перечислите основные недостатки НМК.
10. Каковы основные недостатки разрушающих методов контроля?

Тексты других лекционных материалов и вопросы для самопроверки представлены в пособии Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля. Учебное пособие. Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2007

