

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

На правах рукописи

Киреев Андрей Николаевич

УДК 629.4.027.4:620.179.162

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КОЛЕСНЫХ
ЦЕНТРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
Басов Геннадий Григорьевич
кандидат технических наук, доцент

Луганск - 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ5

РАЗДЕЛ 1

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ
ИССЛЕДОВАНИЯ**Error! Bookmark not defined.**

1.1. Проблемы обеспечения качества и надежности ходовой экипажной
части подвижного состава железных дорог**Error! Bookmark not defined.**

1.2. Дефекты макроструктуры катаных колесных центров**Error! Bookmark not defined.**

1.3. Методы неразрушающего контроля изделий на отсутствие внутренних
недопустимых несплошностей**Error! Bookmark not defined.**

1.3.1. Метод вихревых токов.....**Error! Bookmark not defined.**

1.3.2. Радиационные методы контроля.....**Error! Bookmark not defined.**

1.3.3. Акустические методы контроля.....**Error! Bookmark not defined.**

1.4. Обоснование выбора метода контроля колесных центров подвижного
состава железных дорог.**Error! Bookmark not defined.**

1.5. Задачи исследования.**Error! Bookmark not defined.**

Выводы к разделу 1.....**Error! Bookmark not defined.**

РАЗДЕЛ 2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ
КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**Error! Bo**

2.1. Применение ультразвукового импульсного эхо-метода для
неразрушающего контроля катаных колесных центров подвижного состава
железных дорог.**Error! Bookmark not defined.**

2.1.1. Оценка контролепригодности изделия...**Error! Bookmark not defined.**

2.1.2. Подготовка изделия к проведению ультразвукового контроля**Error! Bookma**

2.1.3. Настройка ультразвукового дефектоскопа**Error! Bookmark not defined.**

2.1.4. Поиск и обнаружение несплошностей.....**Error! Bookmark not defined.**

2.1.5. Определение координат несплошностей ..**Error! Bookmark not defined.**

2.1.6. Детерминация несплошностей, классифицируемых как дефект и оценка качества изделия.....**Error! Bookmark not defined.**

2.2. Закономерности распространения ультразвуковой волны в элементах катаного колесного центра**Error! Bookmark not defined.**

Выводы к разделу 2**Error! Bookmark not defined.**

РАЗДЕЛ 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ**Error! Bookmark not defined.**

3.1. Задачи экспериментальных исследований ...**Error! Bookmark not defined.**

3.2. Описание экспериментального стенда, измерительная аппаратура и оборудование**Error! Bookmark not defined.**

3.3. Методика проведения эксперимента, оценка погрешностей измерения.**Error! B**

3.4. Параметры эхо-метода при контроле катаных колесных центров.**Error! Bookm**

3.5. Результаты экспериментальных исследований механизма распространения и отражения продольной ультразвуковой волны в катаных колесных центрах.....**Error! Bookmark not defined.**

3.6. Микроструктура стали катаных колесных центров**Error! Bookmark not defined.**

Выводы к разделу 3**Error! Bookmark not defined.**

РАЗДЕЛ 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОГО

КОНТРОЛЯ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**Error! Bookmark not defined.**

4.1. Ультразвуковой контроль обода и ступицы колесного центра подвижного состава железных дорог в осевом направлении**Error! Bookmark not d**

4.1.1. Расчет амплитуды эхо-сигналов от отражателей в обода и ступице колесного центра в осевом направлении.....**Error! Bookmark not defined.**

4.1.3. Аналитические зависимости амплитуды эхо-сигнала от параметров отражателя в обода и ступице колесного центра в осевом направлении**Error! Boo**

4.3. Ультразвуковой контроль обода и зоны перехода от обода к диску колесного центра подвижного состава железных дорог в радиальном направлении	Error! Bookmark not defined.
4.3.1. Дифференциальные коэффициенты ослабления продольной ультразвуковой волны в ободе колесного центра в осевом и радиальном направлениях	Error! Bookmark not defined.
4.3.2. Относительные коэффициенты ослабления продольной ультразвуковой волны в ободе колесного центра в радиальном направлении	Error! Bookmark not defined.
4.3.3. Аналитическая зависимость амплитуды эхо-сигнала от параметров преобразователя в ободе и зоне перехода от обода к диску колесного центра в радиальном направлении	Error! Bookmark not defined.
4.4. Программа для автоматизации детерминации несплошности, классифицируемой как дефект.....	Error! Bookmark not defined.
4.5. Оценка достоверности метода ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог	Error! Bookmark not defined.
4.6. Экономическая целесообразность предложенного метода ультразвукового контроля колесных центров	Error! Bookmark not defined.
Выводы к разделу 4	Error! Bookmark not defined.
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	Error! Bookmark not defined.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ В	Error! Bookmark not defined.

ВВЕДЕНИЕ

Учитывая позитивные тенденции развития экономики Украины, в ближайшие годы следует ожидать рост пассажирских перевозок, как в пригородном, так и междугороднем сообщении [1]. В связи с этим приоритетным направлением развития железнодорожного транспорта стали разработка и внедрение новых типов локомотивов и моторвагонного подвижного состава. При проектировании и изготовлении современного скоростного тягового подвижного состава ставятся задачи получения высоких ходовых качеств и обеспечения безопасности движения [2]. Для обеспечения надежной работы подвижного состава в эксплуатации особое значение имеет контроль качества его элементов при изготовлении. Одной из наиболее важных операций является неразрушающий контроль сплошности элементов экипажной части.

Актуальность темы. Применение катаных колесных центров взамен литых, позволяет снизить неподрессоренную массу колесной пары, уменьшить динамические усилия взаимодействия между колесом и рельсом, сократить расход металла при изготовлении колес тягового подвижного состава [3].

Основной причиной возможного разрушения катаных колесных центров в эксплуатации, исходя из теории механики разрушения [4], является наличие в них дефектов типа нарушения сплошности, которые появляются в процессе их изготовления. Качество и надежность колесных центров подвижного состава обеспечивается контрольными операциями в технологическом процессе их изготовления. Одной из наиболее важных операций по обеспечению качества, безотказной работы в эксплуатации, является ультразвуковой контроль колесных центров на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей, проводимый в соответствии с [5].

Существующая технология ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава несовершенна, вследствие низкой достоверности результатов контроля.

В связи с этим, совершенствование ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог, является актуальной научно-прикладной задачей, для решения которой необходимо проведение экспериментальных и теоретических исследований.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена согласно с государственной программой «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства», введенной в действие Постановлением Кабинета Министров Украины №769 от 2 июня 1998 г. Результаты диссертационной работы используются при выполнении госбюджетной научно-исследовательской работы в ВНУ имени Владимира Даля на тему ГН 29-06 «Розробка теорії фізико-хімічних процесів тертя при силовому контакті в процесах кочення і ковзання» (ГР0106U000289).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является совершенствование ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

- определение возможности применения ультразвукового импульсного эхо-метода для неразрушающего контроля колесных центров подвижного состава железных дорог;
- проведение теоретических исследований закономерностей распространения ультразвуковой волны в элементах колесного центра;
- проведение экспериментальных исследований рабочего процесса ультразвукового контроля колесных центров;

- определение связи между коэффициентами затухания ультразвуковой волны в ободе колесного центра в осевом и радиальном направлениях;
- получение аналитической зависимости амплитудной характеристикой ультразвукового эхо-сигнала от площади и глубины залегания несплошности;
- оценка достоверности предложенного метода ультразвукового контроля колесных центров;
- определение экономического эффекта внедрения предложенного метода.

Объект исследования – рабочий процесс ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог.

Предмет исследования – закономерности распространения ультразвуковой волны и идентификации несплошностей в элементах колесного центра подвижного состава железных дорог.

Методы исследования. Для решения поставленных задач были использованы следующие методы: исследование внутренних несплошностей металла катаных колесных центров (раздел 1) проводилось с использованием метода макроструктурного анализа; экспериментальные исследования (раздел 3) по определению параметров эхо-метода, механизма распространения и отражения продольной ультразвуковой волны в колесных центрах проводились с использованием ультразвукового импульсного эхо-метода, обработка результатов измерений проводилась с использованием математической статистики и числового анализа; исследование микроструктуры стали по сечению обода и ступицы катаного колесного центра (раздел 3) проводились с использованием метода микроструктурного анализа; теоретические исследования (раздел 2, 4) проводились с использованием положений теории акустических колебаний и волн, методов математического анализа.

Методологической основой исследования, которая определяет структуру и организацию диссертационной работы, является концепция системного подхода к решению актуальной научно-прикладной задачи совершенствования ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог.

Научная новизна полученных результатов. Разработаны научные основы совершенствования ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог:

– впервые выявлены особенности диссипации энергии ультразвуковой волны при ее распространении в элементах колесного центра, обусловленные неоднородностью структуры материала, учет которых позволяет повысить достоверность результатов ультразвукового контроля;

– впервые показана связь между коэффициентами затухания ультразвуковой волны в ободу колесного центра в осевом и радиальном направлениях, на основании которой доказана возможность использования амплитудной характеристики донного эхо-сигнала в осевом направлении для определения диссипации энергии ультразвуковой волны в радиальном направлении, путем коррекции функциональной зависимости;

– впервые получены аналитические зависимости амплитудной характеристики ультразвукового эхо-сигнала от площади и глубины залегания несплошности, учитывающие диссипацию энергии ультразвуковой волны и изменение коэффициента затухания по сечению элементов колесного центра, позволяющие детерминировать пороговое значение несплошности, классифицируемой как дефект.

Практическое значение полученных результатов. Исследования закономерностей распространения ультразвуковой волны и идентификации несплошностей позволили разработать метод ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог, обладающую большей достоверностью результатов контроля, чем существующие ранее.

Аналитические зависимости амплитудной характеристики ультразвукового эхо-сигнала от площади и глубины расположения несплошности позволили алгоритмизировать обработку результатов ультразвукового контроля колесных центров подвижного состава железных дорог.

Программный продукт «Комплекс-ультра» позволяет автоматизировать детерминацию несплошностей, классифицируемых как дефект при ультразвуковом контроле колесных центров подвижного состава железных дорог.

Метод ультразвукового контроля и программный продукт «Комплекс-ультра» внедрены в ОАО «ХК «Лугансктепловоз» в технологический процесс ультразвукового контроля катаных колесных центров тепловозов, дизель- и электропоездов. Разработанную методику ультразвукового контроля колесных центров допускается применять при проведении стендовых и путевых испытаний тягового подвижного состава.

Методика проведения эксперимента и экспериментальные установки могут быть использованы для исследования других элементов ходовой экипажной части подвижного состава железных дорог.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров и специалистов по специальности «Подвижной состав и специальная техника железнодорожного транспорта» в учебную дисциплину «Диагностика и техническое обслуживание подвижного состава».

Личный вклад соискателя. Основные положения и результаты диссертационной работы получены автором лично. Некоторые экспериментальные и теоретические исследования проведены вместе с соавторами, фамилии которых приведены в списке публикаций.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: XIV, XV, XVI международных

научно-технических конференциях «Проблемы развития рельсового транспорта» (Ялта, Алушта 2004, 2005, 2006 г.г.); 8-й международной конференции «Неруйнівний контроль – 2005» (Киев, 2005 г.); 67, 68-й международных научно-технических конференциях кафедр академии и специалистов железнодорожного транспорта и предприятий, УкрДАЗТ (Харьков, 2005, 2006 г.г.).

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в восьми статьях в специализированных изданиях, которые входят в перечень ВАК Украины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Басов Г.Г., Яцько С.І. Розвиток електричного моторвагонного рухомого складу. Ч.2. / Харків: „Апекс+”, 2005. – 248с.
2. Повышение надежности экипажной части тепловозов. / Под ред. к. т. н. Л.К. Добрынина. М.: Транспорт, 1984. – 248с.
3. Филонов С.П., Гибалов А.И., Никитин Е.А. и др. Тепловоз 2ТЭ116. Изд. 3-е, перераб. и доп. / М.: Транспорт, 1996. – 334с.
4. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Том 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика. Довідковий посібник. / Під ред. Назарчука З.Т. Львів: ФМІ, 2001. – 1134с.
5. ГОСТ 11018-2000. Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Колесные пары. Общие технические условия. Введ. 01.01.2002г. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 17с.
6. Цветаев Ю.М., Соколов Л.М., Федюшин Ю.М. та інші. Концепція реформування транспортного сектору України. / К.: ІКТП – Центр, 1999. – 67с.
7. Тартаковський Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу (ТРС). // Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Збірник наукових праць УкрДАЗТ – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – випуск 64 – С. 5-12.
8. ГОСТ 4491-86. Центры колесные литые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 01.01.1988г. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 9с.
9. ТУ У27.1-4-509-2001. Центры колесные катаные черновые. Технические условия. Введ. 01.12.2001г. – Днепропетровск: Днепропетровский государственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 13с.

10. ГОСТ 19200-80. Отливки из чугуна и стали. Термины и определения дефектов. Введ. 01.07.1981г. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 13 с.
11. ГОСТ 10243-75. Сталь. Методы испытаний и оценка макроструктуры. Введ. 01.01.1978г. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 28с.
12. Термическая обработка в машиностроении. Справочник. / Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахгштадта. М.: Машиностроение, 1980. – 783с.
13. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. Введ. 01.07.1980г. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 17с.
14. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. Изд. 2-е испр. и доп. / Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2003. – 656с.
15. Методы неразрушающих испытаний. / Под ред. Р. Шарпа. Пер. с англ. под ред. Л.Г. Дубицкого. М.: Мир, 1972. – 494с.
16. Неразрушающие испытания. / Под ред. Р. Мак-Мастера. Пер. с англ. под ред. Т.К. Зиловой и др. М., Л.: Энергия, 1965. – 492с.
17. J.M. Gonnagle. Nondestructive testing. / New York, Toronto, London: McGraw-HILL book company, INC, 1961.
18. ГОСТ 24289-80. Контроль неразрушающий вихретоковый. Термины и определения. Введ. 01.07.1981г. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 14с.
19. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю. Электроиндуктивная дефектоскопия. Изд. 2-е, перераб. и доп. / М.: Машиностроение, 1980. – 212с.
20. Герасимов В.Г., Клюев В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы вихретокового контроля промышленных изделий. / М.: Энергоатомиздат, 1983. – 242с.
21. Аркадьев В.К. Электромагнитные процессы в металлах. / М.: Госэнергоиздат, 1974. – 230с.
22. Гейзер А.А. Основные уравнения физических процессов в вихретоковом преобразователе на основе закона электромагнитной

- индукции. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2001. – №2 – С. 12-15.
23. Денисов В.А., Марков В.А., Корнеев Б.В. Локальные вихретоковые преобразователи для контроля некоторых изделий сложной формы. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1979. – №12 – С. 72-79.
 24. Добромыслов В.А. Радиационные методы неразрушающего контроля. / М.: Машиностроение, 1999. – 104с.
 25. Акопов В.С., Мымрин Ю.С., Постников В.И. Обеспечение эффективности средств радиационного контроля. / М.: Энергоатомиздат, 1982. – 110с.
 26. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. / М.: Атомиздат, 1974. – 510с.
 27. Румянцев С.В., Штань А.С., Гольцов В.А. Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля. / Под ред. С.В. Румянцева. М.: Энергоиздат, 1982. – 240с.
 28. Ключев В.В., Соснин Ф.Е. Теория и практика радиационного контроля. / М.: Машиностроение, 1997. – 170с.
 29. Тюфяков Н.Д., Штань А.С. Основы нейтронной радиографии. / М.: Атомиздат, 1975. – 255с.
 30. Громов Ю.В., Капустин В.И., Волкова Т.Г. Радиография на фотобумаге. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1982. – №4 – С. 68-74.
 31. Радиография стальных изделий с использованием линейных ускорителей электронов. / Ангелов Б.П., Левин В.М., Николаев В.М., Прудников И.А., Румянцев В.В., Тронов Б.Н. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1973. – №6 – С. 23-27.
 32. Повышение чувствительности регистрирующих материалов к жесткому излучению и снижение времени их экспозиции при рентгенографическом контроле. / Михайлов О.В., Терехов П.В., Кондаков А.В., Муратов Д.Ш.,

- Хабибуллин А.С. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 2004. – №2 – С. 29-31.
33. Ключев В.В., Леонов Б.И., Гусев Е.А. и др. Промышленная радиационная интроскопия. / М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136с.
34. Горбунов В.И., Шпагин А.П. Расчет радиационного интроскопа для работы с рентгеновским излучением. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1967. – №2 – С. 19-24.
35. Соснин Ф.Р. Оценка параметров рентгенотелевизионных систем. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1975. – №3 – С. 14-18.
36. Семенов А.П., Волков А.В. Исследование характеристик рентгенотелевизионных систем. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1978. – №1 – С. 75-80.
37. Горбунов В.И., Покровский А.В. Радиометрические системы радиационного контроля. / М.: Атомиздат, 1979. – 221с.
38. Автоматизация радиометрического контроля. / Чекалин А.С., Темник А.К., Бутакова Г.Е., Гончаров В.И. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1983. – №2 – С. 91-94.
39. Об одном методе автоматизированной обработки информации при радиометрическом контроле. / Адонин В.М., Гулюкина Н.А., Немиров Ю.В., Могильницкий М.И. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1980. – №6 – С. 27-31.
40. ГОСТ 20415-82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения. Введ. 01.07.1983г. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 4с.
41. ДСТУ EN 571-1-2001. Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. 2.1. Загальні вимоги. Введ. 28.12.2001р. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 9с.

42. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Неразрушающий контроль. Книга 2. Акустические методы контроля. / М.: Высшая школа, 1991 г. – 283с.
43. Алешин Н.П., Белый В.Е. Методы акустического контроля металлов. / М.: Машиностроение, 1989 г. – 456с.
44. ГОСТ 23829-85. Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения. Введ. 01.01.1987г. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 15с.
45. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. / М.: Машиностроение, 1981. – 240с.
46. Ермолов И.Н. Физические основы эхо и теневого методов ультразвуковой дефектоскопии. / М.: Машиностроение, 1970. – 108с.
47. Ермолов И.Н. К вопросу о чувствительности теневого метода дефектоскопии. Краткое сообщение. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1968. – №4 – С. 88-89.
48. Рапопорт Ю.М. Автоматическая ультразвуковая дефектоскопия изделий переменной толщины временным теньевым методом. Краткое сообщение. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1971. – №5 – С. 106-109.
49. Ланге Ю.В., Мурашов В.В. Ультразвуковой временной метод контроля многослойных конструкций с использованием нормальных волн. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1977. – №2 – С. 13-18.
50. Веревкин В.М., Веревкина Л.В., Голубев А.С. Особенности работы теневого импульсного иммерсионного дефектоскопа в режиме «многократной тени». // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1975. – №5 – С. 93-98.
51. Артемев В.Е., Паврос С.К. О максимально реализуемой чувствительности контроля методом «многократной тени». // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1982. – №9 – С. 28-30.

52. О границах механизмов термоакустического преобразователя при лазерной генерации ультразвука в металлах. / Гуревич С.Ю., Петров Ю.В., Шулькинов А.А., Прокопьев К.В. // Дефектоскопия – Екатеринбург: Наука, 2001. – №4 – С. 69-75.
53. Гурвич А.К., Кузьмина Л.И., Кусакин Н.А. Интерференционный способ определения длины волны, возбуждаемой в контролируемом материале наклонным преобразователем. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1983. – №3 – С. 3-10.
54. Буденков Г.А. Возбуждение упругих волн в твердых телах лучом лазера вследствие термоупругого эффекта. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1979. – №2 – С. 75-81.
55. Ланге Ю.В. Двухсторонний вариант ультразвукового велосиметрического метода дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1971. – №6 – С. 37-43.
56. Ермолов И.Н. К вопросу о выборе оптимальных параметров эхо-метода ультразвуковой дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1965. – №6 – С. 51-61.
57. Круглов Б.А., Яблоник Л.М. Сравнительная оценка чувствительности теневого и эхо-методов ультразвуковой дефектоскопии. [Докл. на V Всесоюз. конф. по неразрушающим методам контроля, нояб. 1967, Свердловск]. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1968. – №4 – С. 60-64.
58. Дианов В.Ф., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Зависимость амплитуды эхо-сигнала от расстояния до дефекта. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1978. – №2 – С. 5-8.
59. Бабин Л.В., Белгородский Б.А., Железнов И.М. Многоэлементное сканирующее устройство для акустической голографии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1972. – №2 – С. 100-104.
60. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. / М.: Высшая школа, 1986. – 207с.

61. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. Методические рекомендации для специалистов дефектоскопистов. / К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 1997. – 224с.
62. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. / К.: Феникс, 2006. – 320с.
63. Контроль качества сварки. Учебное пособие для машиностроительных вузов. / Под ред. В.Н. Волченко. М.: Машиностроение, 1975. – 152с.
64. Гурвич А.К., Ермолов И.Н. Ультразвуковой контроль сварных швов. / К.: Техніка, 1972. – 457с.
65. Щербинский В.Г., Белый В.С. Эхо-зеркальный ультразвуковой метод обнаружения и распознавания дефектов сварных швов. / М.: Машиностроение, 1980. – 40с.
66. Горбунов А.И. Неразрушающие методы контроля клеевых соединений строительных конструкций. / М.: Стройиздат, 1975. – 172с.
67. Ермолов И.Н., Зенкова Л.С. Исследование зеркально-теневого метода ультразвуковой дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1976. – №2 – С. 16-23.
68. Круглов Б.А. Уравнение акустического тракта при зеркально-теневого методе ультразвуковой дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1968. – №6 – С. 1-5.
69. Ланге Ю.В. Некоторые особенности акустического импедансного метода дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1965. – №1 – С. 44-53.
70. Ланге Ю.В. Фазовый вариант акустического импедансного метода дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1969. – №3 – С. 1-9.
71. Ланге Ю.В. [При участии Л.Л. Ларионовой] О частотном варианте импедансного метода дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1971. – №3 – С. 62-66.

72. Ланге Ю.В. О характеристиках импедансного метода дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1972. – №1 – С. 57-66.
73. Ланге Ю.В. [При участии А.С. Смирнова] Импедансный метод: варианты, способы обработки информации, режимы настройки аппаратуры. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1979. – №1 – С. 5-14.
74. Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия. Физико-механические аспекты. / Ростов: Ростовский государственный университет, 1986. – 160с.
75. Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля в ядерной энергетике. / Под ред. К.Б. Вакара. М.: Атомиздат, 1980. – 216с.
76. Беженев С.А., Буйло А.И. Некоторые аспекты диагностики долговечности и предразрушающего состояния конструкционных материалов методом акустической эмиссии. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2001. – №4 – С. 24-29.
77. Беженев С.А. Прогнозирование долговечности деталей машин методом акустической эмиссии. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2002. – №4 – С. 9-13.
78. Буйло С.И., Попов А.В. Акустико-эмиссионный метод оценки параметров процесса накопления повреждений в задаче прогнозирования ресурса изделий ответственного назначения. // Дефектоскопия – Екатеринбург: Наука, 2001. – №9 – С. 45-54.
79. Китаев В.Б., Мальцев А.А., Сергеев Е.И. Временной метод выделения периодического сигнала из шума применительно к задачам технической диагностики. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1980. – №4 – С. 99-106.

80. Синхронный анализатор вибрационных сигналов. / Астапенко Г.Ф., Левша Е.И., Миркулович В.И., Сергеев К.Н., Шнитко В.Т. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1979. – №2 – С. 70-74.
81. Изох В.В., Миркулович В.И. Методы обработки сигналов при контроле авиадвигателей по вибро-акустическим шумам. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1976. – №1 – С. 39-47.
82. Белый А.А., Гилевский С.В., Миркулович В.И. Спектральный анализ вибраций роторных машин. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1983. – №7 – С. 36-42.
83. Челноков В.А. Акустические методы диагностики материалов. Учебное пособие. / Л.: Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина: 1989. – 88с.
84. Крауткремер Йозеф, Крауткремер Герберт. Ультразвуковой контроль материалов. Справочник. / Пер. с нем. Е.К. Бухмана, под ред. В.Н. Волченко. М.: Металлургия, 1991. – 752с.
85. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. Введ. 01.01.1975г. – М.: Издательство стандартов, 1987г. – 10с.
86. Щербинский В.Г. Новый способ оценки шероховатости поверхности изделия и коррекции чувствительности ультразвукового дефектоскопа. // Дефектоскопия. – Екатеринбург: Наука, 1992. – №11 – С. 3-13.
87. ДСТУ EN 10228-3-2001. Неруйнівний контроль поковок із сталі. 2.3. Ультразвуковий контроль поковок з феритної чи мартенситної сталі. Введ. 28.12.2001р. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 14с.
88. ГОСТ 24507-80. Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии. Введ. 01.01.1982г. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 12с.

89. ISO 5948-1994 Материалы для железнодорожного подвижного состава - ультразвуковое приемочное тестирование. Женева: Международная Организация Стандартизации, 1994. – 11с.
90. РД 32.144-2000. Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования. Введ. 29.06.2001г. – М.: МПС России, 2000. – 22с.
91. Особенности ультразвукового контроля колесных центров локомотивов. / Басов Г.Г., Марков В.Л., Киреев А.Н., Волкова С.А. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: від-во ВНУ ім. В. Даля, 2004. - №8(78)ч2 – С. 8-11.
92. Гурвич А.К. Кузмина Л.И. Справочные диаграммы направленности искателей ультразвуковых дефектоскопов. / К.; Техніка, 1980 г. 95 с.
93. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. / Пер. с англ. М.: Наука, 1972 – 340с.
94. Пархомовский Г.Д., Лифшиц И.М. Поглощение и диффузное рассеяние ультразвука в металлах. // ЖТФ – М., Л.: изд-во академии наук СССР, 1957. – вып. 5, т. 27 – С. 1045-1050.
95. Пархомовский Г.Д., Лифшиц И.М. Исследование рассеяния ультразвука в металлах. // ЖТФ – М., Л.: изд-во академии наук СССР, 1950. – вып. 5 т. 27 – С. 64-75.
96. Горделий В.И., Чабанов В.Е. Диффузионное рассеивание ультразвука в металлах. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2003. – №3 – С. 7-10.
97. Зарочинцев Г.В. Затухание ультразвуковых колебаний как средство изучения и контроля структуры металла. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1966. – №1 – С. 13-21.

98. Праницкий А.А. Определение размеров дефектов при ультразвуковой эхо-импульсной дефектоскопии. // Дефектоскопия – Свердловск: Наука, 1969. – №6 – С. 15-20.
99. Ермолов И.Н. О возможности применения теории скалярного звукового поля для расчета акустического тракта ультразвукового дефектоскопа. // Акустический журнал – М.: Наука, 1959. – т. 5, №3 – С. 247-249.
100. Маршанский Б.Н. Труды семинара по физике и применению ультразвука, посвященного памяти С.Я. Соколова. / Л.: ЛЭТИ, 1958. – 40с.
101. Шрайбер Д.С. Применение ультразвука в промышленности. / М.: Машгиз, 1959. – 184с.
102. Krautkramer J. // British Journal Appl. Phys – 1959 – vol. 10, №6 – 240p.
103. Filipczinski L. Analisa wykrywalnosci wad przy wycin defectoskopii impulsowej. // Materiały Konferencji Ultzadzwiekowej PAN Warszawa PWN – 1955 – P. 142-150/
104. Данилов В.Н., Ермолов И.Н. Расчет АРД-диаграмм по максимуму эхо-сигнала. // Дефектоскопия – Екатеринбург: Наука, 2000. – №12 – С. 35-42.
105. Данилов В.Н., Ермолов И.Н. К вопросу о расчете АРД-диаграмм. // Дефектоскопия – Екатеринбург: Наука, 2000. – №7 – С. 35-43.
106. Воронков В.А., Данилов В.Н. К вопросу об эталонировании чувствительности ультразвукового контроля с использованием АРД-диаграмм. // Дефектоскопия – Екатеринбург: Наука, 2001. – №1 – С. 56-60.
107. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. Введ. 01.01.1988г. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 38с.
108. Луценко Г.Г. К вопросу о точности измерения эквивалентного диаметра дефекта при использовании АРД-диаграмм. // Техническая диагностика и

- неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2003. – №2 – С. 27-31.
109. Ультразвуковые преобразователи. / Под ред. Е. Кикучи. Пер. с англ. И.П. Голятиной. М.: Мир, 1972. – 424с.
110. Троицкий В.А. Ультразвуковой контроль. Дефектоскопы, нормативные документы, стандарты по УЗК. / К.: Институт электросварки им. Е.О. Патона. Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики. Феникс, 2006. – 224с.
111. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости. Введ. 07.01.2001г. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 19с.
112. Шрайбер Д.С. Диаграммы АРЗДШ в практике ультразвуковой дефектоскопии. // М.: Машиностроение, 1981. – 28с.
113. Особенности ультразвукового контроля в радиальном направлении осей колесных пар подвижного состава железных дорог. / Басов Г.Г., Марков В.Л., Киреев А.Н., Волкова С.А. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 2004. – №3 – С. 49-50.
114. Голубев А.С., Паврос С.К. Расчет акустического тракта эходефектоскопа при контроле изделий с криволинейной поверхностью контактным способом. // Известия Ленинградского Электротехнического института. – Л.: ЛЭИ, 1970. – №89 – С. 122-124.
115. Розина М.В. Некоторые особенности ультразвукового контроля тел вращения. // Дефектоскопия. – Свердловск: Наука, 1966. – №4 – С. 16-21.