

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»  
(ИжГТУ имени М.Т. Калашникова)

УДК 534.2; 620.179

Код ГРНТИ 29.37.15, 59.45.29

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ИжГТУ имени М.Т. Калашникова  
доктор технических наук, профессор Якимович Б.А.



(подпись)

25 декабря 2012 г.  
М.П.

ОТЧЕТ

по заданию ПСР/М2/Н2.5/МВВ мероприятия 2 «Модернизация научно-исследовательского процесса и инновационной деятельности»

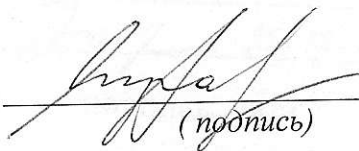
Программы стратегического развития

ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» на 2012-2016 г.г.

«Аппаратурное и методическое обеспечение неразрушающего контроля изделий машиностроения и транспорта с использованием электромагнитно-акустического преобразования»

вид отчета: промежуточный

Руководитель проекта:

  
(подпись)

д.т.н., профессор Муравьев В.В.

Ижевск 2012 г.

Реферат

Отчет 212 с., 4 ч., 104 рис., 24 табл., 103 источников, 3 прил.

**<КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА – ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, ПРОДОЛЬНЫЕ, ПОПЕРЕЧНЫЕ, СТЕРЖНЕВЫЕ, КРУТИЛЬНЫЕ ВОЛНЫ, ДЕФЕКТОСКОПИЯ, СТРУКТУРОСКОПИЯ, ТЕНЗОМЕТРИЯ, МАССИВНЫЕ И ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ>**

**Объектом исследования** являются информативные параметры электромагнитно-акустического преобразования при неразрушающем контроле протяженных и массивных объектов металлоконструкций

**Цель работы:** решение фундаментальных и прикладных проблем использования электромагнитно-акустического преобразования для структуроскопии, тензометрии, дефектоскопии, толщинометрии с использованием объемных, поверхностных, стержневых и крутильных волн, составляющих основы новой прогрессивной технологии электромагнитно-акустического контроля протяженных и массивных металлоконструкций, узлов и деталей вагонов и локомотивов.

**Методология проведения работы:** Моделирование и аналитические исследования производились с использованием аппаратов линейной и нелинейной теории упругости, теории акустики твердого тела, теории электромагнитного поля с использованием пакетов программ Mathcad, Elcut.

Требуемое качество работ обеспечивается использованием современных технологий и методов.

Экспериментальные исследования проводились с использованием метода многократных отражений, метода акустической эмиссии, метода акустической тензометрии, эхо-импульсного метода контроля, обеспечивающих высокую чувствительность при выявлении дефектов, при определении толщины, при оценке структуры и напряженно-деформированного состояния объекта.

#### **Результаты работы:**

Модели процессов ЭМА излучения и приема стержневых, крутильных, поверхностных и объемных волн в массивных и протяженных объектах

Результаты исследования основных параметров ЭМА преобразования в зависимости от конструктивных параметров.

Рекомендации по проектированию ЭМАП для структуроскопии с использованием разных типов волн.

Зависимости эффективности ЭМАП, параметров волн от прикладываемых напряжений, структурного состояния материалов, накопления дефектности.

**Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики.** Разрабатываемые ЭМА технологии дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии массивных и протяженных объектов не требуют дополнительной подготовки поверхности

объекта контроля и применения контактных жидкостей или иммерсионной среды; отсутствует зависимость результатов контроля от зазора, перекоса преобразователей относительно поверхности и состояния поверхности объекта; отсутствует износ ЭМА преобразователей; обеспечивается высокая производительность аппаратуры; обеспечивается высокая чувствительность и точность при реализации методик оценки структуры, текстуры, напряженно-деформированного состояния, толщинометрии и дефектоскопии за счет использования метода многократных отражений при одностороннем доступе к торцу объекта.

**Степень внедрения.** Апробация разработанной опытной ЭМА установки по контролю статочных напряжений в цельнокатаных колесах на ОАО «ВМЗ» (Выксунский металлургический завод) и ОАО «НТМК» (Нижнетагильский металлургический комбинат).

**Рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР.** Представляется эффективным использование разрабатываемых ЭМА технологий при дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии, для оценки напряженно-деформированного состояния ряда опасных производственных объектов (прутковый прокат, трубы, проволока, насосные штанги, стальные тросы, пружины, железнодорожные рельсы, вагонные колеса, трубопроводы и др.).

**Область применения.** Результаты исследований имеют научное значение для развития теории электромагнито-акустического

преобразования, акустических методов неразрушающего контроля металлов и могут использоваться для разработки эффективных бесконтактных методов ЭМА излучения и приема упругих волн различных типов. Результаты исследований использованы при подготовке бакалавров по направлению 200100 «Приборостроение», магистров по программе 200100.68-21 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»; аспирантов по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностики в машиностроении»; при модернизации и разработке учебных программ высшего образования по курсам «Физические методы контроля», «Неразрушающий контроль в производстве», «Неразрушающий контроль потенциально опасных объектов», «Теоретические основы акустического контроля и диагностики», «Акустический контроль», «Методы и средства структуроскопии», в лабораторном практикуме, а также в ходе курсового и дипломного проектирования, при подготовке магистерских диссертаций, кандидатских и докторских диссертаций.

**Экономическая эффективность или значимость работы.** К основным технико-экономическим показателям разрабатываемых ЭМА технологий контроля массивных и протяженных объектов следует отнести: возможность контроля через воздушный зазор без применения контактных жидкостей, отсутствие износа ЭМА преобразователей; возможность работы в условиях высоких и низких температур, при больших скоростях, шероховатой и загрязненной поверхности объекта; возможность

возбуждения-приема сдвиговых поляризованных волн по нормали к поверхности ввода, а также стержневых, крутильных, объемных волн в протяженных объектах; возможность реализации метода многократных отражений для увеличения чувствительности при структуроскопии, толщинометрии, дефектоскопии, а также при одностороннем доступе к торцу протяженного объекта; на результаты контроля не влияют перекосы преобразователей относительно поверхности объекта; широкая полоса пропускания, низкая добротность, малая длительность импульса; повышение достоверности контроля за счет применения современных методов обработки измеренной информации (корреляционный анализ, фазокодированные сигналы).

Новизна разрабатываемых ЭМА технологий дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии протяженных объектов состоит в следующем: ЭМА технология не требует сканирования, дополнительной подготовки поверхности объекта контроля и применения контактных жидкостей или иммерсионной среды; акустический метод использует поля одной природы с напряженно-деформированным состоянием объекта, поэтому оценка выявляемых дефектов, накопленной поврежденности и отклонений по структуре является наиболее достоверной; высокая чувствительность к опасным внутренним и поверхностным дефектам, обусловленным изменением механического импеданса, и содержащим концентраторы напряжений; высокая точность при реализации методик

толщинометрии, достоверность методов структуроскопии; высокая производительность аппаратуры, реализующей ЭМА технологии.

**Прогнозные предположения о развитии объекта исследования.**

Возможна коммерциализация результатов исследований в виде приборов и технологий ЭМА контроля на НТМК, ВМЗ, КМК, ЗСМК, других металлургических комбинатах, машиностроительных заводах, нефтедобывающих предприятиях.