

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Михайлова Алексея Вадимовича «Высокоэффективные сканирующие системы для электромагнитно-акустической дефектоскопии длинномерных ферромагнитных объектов с большой толщиной стенки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

**Актуальность темы.** Дефектоскопия трубопроводов с использованием волноводного метода и электромагнитно-акустического (ЭМА) способа излучения-приема волны является перспективным направлением в неразрушающем контроле протяженных ферромагнитных объектов. Волноводные методы могут быть реализованы различными типами акустических волн, требуют сканирования только вдоль одной образующей и позволяют проводить контроль при отсутствии доступа ко всей поверхности объекта; ЭМА преобразователи не требовательны к состоянию поверхности и отличаются большей производительностью. Среди факторов, ограничивающих применение указанных методов – низкая эффективность двойного ЭМА-преобразования, сложность интерпретации результатов в связи с дисперсией волны в стенке трубы. Попытки повысить ЭМА-эффективность вынужденно приводили к значительному увеличению массогабаритных размеров сканирующих систем, однако достичь равной с контактными методами чувствительности к дефектам не удавалось. Современное развитие вычислительной техники и материаловедения в области новых магнитных материалов открывают возможность поиска путей увеличения отношения сигнал-шум при ЭМА-контроле. Следовательно, проблема повышения эффективности ЭМА дефектоскопии протяженных объектов с большой толщиной стенки, уменьшения массы и размеров средств контроля является актуальной. Решению задач, связанных с данной проблемой и посвящена диссертация Михайлова Алексея Вадимовича.

**Новизна полученных результатов** заключается в следующих положениях:

- проведен выбор типа (моды) волны и ее параметров для проведения ЭМА-контроля плоского или цилиндрического объекта толщиной более 15 мм, что позволяет усовершенствовать методы контроля указанных объектов;
- для повышения эффективности ЭМА-преобразования с улучшением массогабаритных характеристик преобразователя предложен способ

оптимального построения намагничивающей системы (по принципу неколлинеарного расположения постоянных магнитов, подтверждено патентом на полезную модель);

- проведено моделирование, анализ и расчет подмагничивающих систем ЭМА-преобразователя, создающих нормальное и тангенциальное направление вектора поля, для возбуждения волн Рэлея и Лэмба в объектах толщиной более 15 мм;

- предложен способ ЭМА возбуждения волн без подмагничивания за счет эффекта магнитострикции с использованием зондирующего импульса с увеличенной вдвое частотой, что позволило уменьшить габариты и массу преобразователя, упростить его эксплуатацию.

**Научная и практическая значимость.** Большой практический интерес представляет способ однонаправленного излучения и приема ЭМА-преобразователем, который достигается использованием двух вложенных катушек со смещением их обмоток друг относительно друга на  $\frac{1}{4}$  длины волны. При подаче на обмотки одинаковых по амплитуде, но сдвинутых по фазе на  $90^\circ$  зондирующих импульсов, удается компенсировать обратный лепесток преобразователя, значительно уменьшить уровень шумов и практически «убрать» мертвую зону.

Востребованность полученных результатов подтверждается внедрением оптимизированного ЭМА-преобразователя при разработке сканера-дефектоскопа ЭМА-МГТУ-2 организацией АО «НПО «Интротест». Автором также получен патент РФ на полезную модель на сканирующий дефектоскоп.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 5 печатных работах и 10 тезисах докладов, в т.ч. 4 статьи в рецензируемых журналах ВАК РФ. Полученные результаты обсуждались в работе региональных и всероссийских конференций с международным участием.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** Полученные результаты основываются на известных положениях теории акустических полей, магнетизма, магнитных цепей и методах математического моделирования. Исследования подтверждены практическими результатами.

**Структура и содержание.** Диссертационная работа Михайлова А.В. изложена на 141 странице машинописного текста и состоит из Введения, 5 глав, Заключение, Списка использованной литературы (88 наименований) и 7 приложений. Работа написана логично и последовательно, изложена научным языком.

## Общие замечания по работе:

1. Автор не в полной мере владеет информацией о современном состоянии исследований в области ЭМА-методов. Ссылки на работы иностранных авторов датированы 1923 – 2005 г., однако даже при поверхностном поиске в открытых источниках удастся обнаружить десятки работ не позднее 2015 г., например: С.В.Thring, Y.Fan, R.S.Edwards «Focused Rayleigh wave EMAT for characterisation of surface-breaking defects» - NDT & E International Volume 81, July 2016, Pages 20-27; Yuedong Xie, Liyuan Yin, Zenghua Liu, Peng Deng, Wuliang Yin «A Novel Variable-Length Meander-Line-Coil EMAT for Side Lobe Suppression» IEEE Sensors Journal ( Volume: 16 , Issue: 16 , Aug.15, 2016 ) и многие другие. Кроме того, перечисляя авторов, добившихся наибольших успехов в разработке ЭМА-методов, следовало бы упомянуть Боброва В.Т. Незаслуженно автор умолчал о работах научной школы ИжГТУ имени М.Т. Калашникова по оптимизации систем постоянного и динамического подмагничивания ЭМА-преобразователей и разработкам ЭМА-методов с использованием рэлеевских волн для контроля цилиндрических объектов.

2. В работе имеет место несоответствие количества сформулированных задач (четыре), пунктов новизны (пять) и защищаемых положений (два).

3. Михайлов А.В. в заключении диссертационной работы указывает в п. 5: *«Разработана линейка новых ЭМА преобразователей ..., отличающихся увеличенной чувствительностью к дефектам сплошности ...»*. При этом,

а) в работе не описано, как оценивалась чувствительность к дефектам. Для оценки чувствительности ультразвукового метода дефектоскопии принято оценивать предельную чувствительность по плоскодонному или сегментному отражателю; при контроле цилиндрических объектов с использованием рэлеевских волн для указанной цели применяют боковые цилиндрические отражатели.

б) полученные автором результаты эффективности ЭМА-преобразования представлены в абсолютных значениях, при этом не известны основные параметры экспериментальной установки (характеристики генератора, усилителя), что не позволяет оценить реальные коэффициенты ЭМА-преобразователя, которые авторы удалось достигнуть.

в) в главе 2, в контексте выбора моды волны, автор указывает что были *«выявлены все дефекты»*, приводит С-скан, однако остается непонятным,

какой стандартный образец был проконтролирован, дефекты каких типов и размеров были выявлены.

г) на представленной эхограмме (рис.4.8 стр.89 диссертации, рис.4 автореферата) импульс достаточно большой длительности. Неясно, из каких соображений были выбраны параметры индуктора (количество противсфазных лент с током), которые привели к такой высокой добротности, а следовательно к существенному ограничению основных параметров контроля – в частности, лучевой разрешающей способности.

4. Автор оперирует понятием «объект с большой толщиной стенки», подразумевая что с увеличением толщины меняется плотность распределения магнитного потока в объекте, в связи с чем падает эффективность ЭМА-преобразования. Однако критерий, по которому Михайлов А.В. толщину именно 15 мм и более относит к большим, остается не понятен. Говоря о толщине, принято сравнивать ее с длиной волны (применительно к акустической волне) или с глубиной скин-слоя (параметр, обусловленный ЭМА-преобразователем и материалом объекта).

5. В параграфе «4.3.3. Сила тока и количество витков в катушке импульсного электромагнита» ничего не говорится, о какой либо величине тока или количестве витков.

6. В работе не указаны типы использованных средств измерения (или их точность), тогда как в работе указано что *«достоверность полученных результатов обеспечивается ... использованием аттестованных измерительных приборов»*.

7. Непонятно, почему на рисунке 2.3 некоторые моды ( $s_0$ ,  $a_1$ ,  $sv_1$  и др.) представлены семейством эквидистантных кривых.

8. Имеются недочеты в оформлении:

- в научной новизне работы допущены ссылки на литературу
- в нескольких местах автор пропускает слово «напряженность» (поля);
- низкое качество рисунков на стр. 43,45 диссертации; оформление рисунков не соответствует ГОСТ 2.105-95
- ссылка на источник литературы №74 приведена неверно
- оформление таблиц не соответствует ГОСТ 2.105-95

Сделанные замечания не снижают общего положительного восприятия работы.


## Заключение.

Диссертация является завершенной научной квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. Представленный труд по своим целям, задачам и основным результатам соответствует п.1 и 3 паспорта специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

По совокупности проведенных автором исследований, изложенных в работе, актуальности, обоснованности предлагаемых решений и их практической значимости, диссертация «Высокоэффективные сканирующие системы для электромагнитно-акустической дефектоскопии длинномерных ферромагнитных объектов с большой толщиной стенки» соответствует п.9 Положения о присвоении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор Михайлов Алексей Вадимович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13.

Отзыв составлен «22» апреля 2019 года.

Официальный оппонент, кандидат технических наук (шифр научной специальности: 05.11.13 - «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»), заведующий лабораторией экзаменационного центра по неразрушающему контролю, доцент кафедры "Приборы и методы измерений, контроля, диагностики" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т.Калашникова»

 Платунов Андрей Валерьевич

РФ, 426069, г.Ижевск, ул.Студенческая, д.7  
тел.: +7 (3412) 77-60-55 доб.1132; +7 (3412) 77-20-31


Подпись Платунова А.В. заверяю:

Ученый секретарь

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т.Калашникова»

Д.т.н., профессор



 В.А.Алексеев  
22.04.19