

## ВОЗМОЖНОСТИ ЗЕРКАЛЬНО-ТЕНЕВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА НА МНОГОКРАТНЫХ ОТРАЖЕНИЯХ

*Петров Кирилл Владимирович, Муравьева Ольга Владимировна, Зорин Владимир Анатольевич, Габбасова  
Маргарита Александровна*

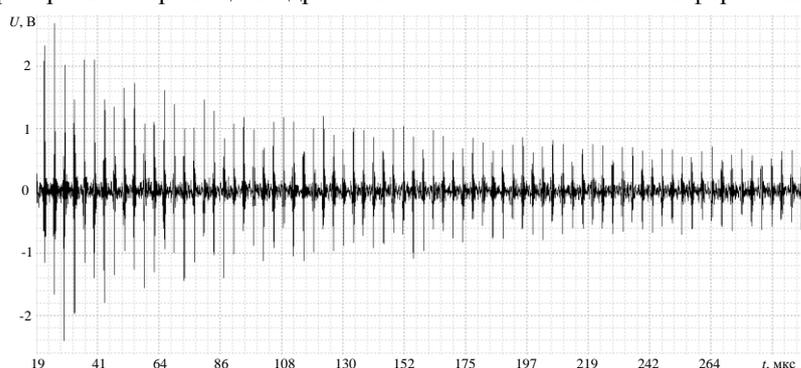
*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова*

*Муравьева Ольга Владимировна, д.т.н., профессор*

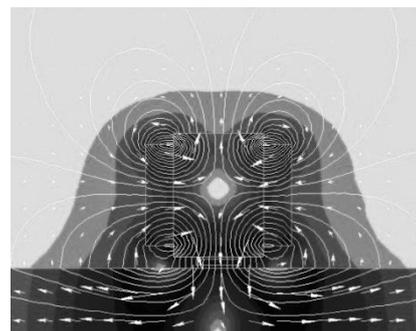
*pmkk@istu.ru*

Особенностью цилиндрических объектов малых диаметров является трудность реализации применительно к ним традиционно используемых контактных ультразвуковых (УЗ) методов, достоверность и воспроизводимость которых зависит от качества обработки поверхностей контролируемых объектов и их диаметра. Разработанный авторами бесконтактный электромагнитно-акустический (ЭМА) метод благодаря возможности получения серии многократных отражений по диаметрам объекта, насчитывающих десятки УЗ импульсов (*рис.1*), обеспечивает надежный контроль качества цилиндрических объектов, включающий дефектоскопию, оценку структуры, упругих модулей и анизотропии металла, возможность выявления отклонений по диаметру и эллиптичности сечения. Метод реализован с помощью проходных ЭМА-преобразователей объемных волн и накладных ЭМА-преобразователей рэлеевских волн со специализированными системами подмагничивания, обеспечивающих излучение-прием объемных волн в радиальных направлениях и рэлеевских волн - по периметру прутка.

Разработаны подходы к оптимизации параметров ЭМА-преобразователей с позиций достижения максимального значения требуемой компоненты напряженности магнитного поля при минимизации мешающей компоненты поля; минимизации массогабаритных размеров; выбора конструктивных зазоров между индуктором и объектом контроля и апертуры ЭМА-преобразователя (*рис. 2*). Разработана модель распространения акустических волн в цилиндрическом объекте при возбуждении проходным ЭМА-преобразователем, исследован акустический тракт зеркально-теневого метода на многократных отражениях в зависимости от местоположения дефекта, геометрических параметров объекта контроля, рабочей частоты преобразователя, формы зондирующего импульса, типа возбуждаемой волны. Подходы основаны на моделировании магнитных полей (*рис.3, а*), полей вихревых токов (*рис.3, б*) и акустических полей (*рис.3, в*) методом конечных элементов в программных средах Elcut и Comsol Multiphysics. Предложено использование методов корреляционного, спектрального и вероятностно-статистического анализа серии многократных отражений, позволивших обосновать новые информативные параметры при формировании браковочных критериев контроля цилиндрических объектов и повысить информативность разрабатываемых методов.



*Рис.1 Осциллограмма серии многократных отражений по диаметру прутка*



*Рис.2 Моделирование системы подмагничивания*

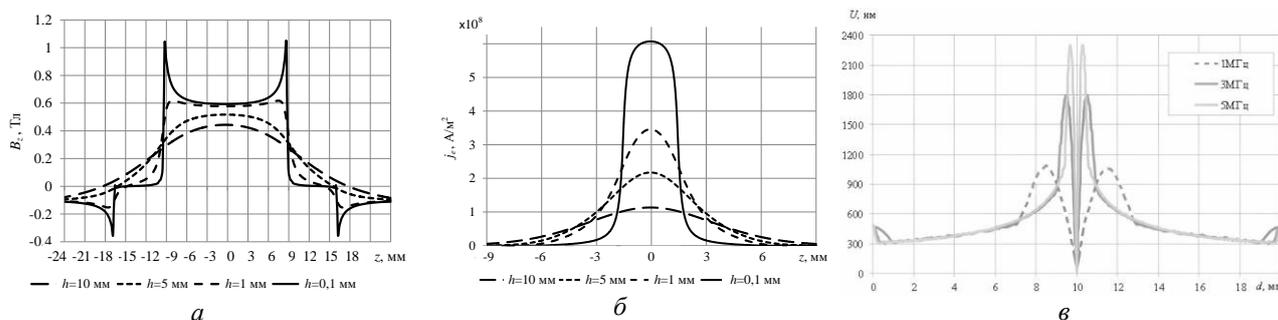


Рис. 3 Распределение осевой составляющей вектора магнитной индукции (а), распределение плотности вихревых токов под индуктором при различных зазорах  $h$  (б); эюры акустических смещений на разных частотах (в)

Разработанные ЭМА-технологии испытаны на прутках пружинно-рессорной стали диаметрами от 10 до 30 мм с различным качеством обработки поверхности для выявления различных дефектов и оценки структуры прутков. Разработанная технология контроля обладает следующими преимуществами: высокая реальная чувствительность к внутренним и поверхностным дефектам; реализация метода без иммерсионной жидкости и дополнительной подготовки поверхности с обеспечением достаточно высокой производительности контроля; высокая достоверность и воспроизводимость результатов контроля за счет отстройки от качества акустического контакта; отсутствие мертвой зоны; возможность использования методов для контроля прутков из различных металлов и сплавов.

Работа выполнена в рамках проекта № 15-19-00051 Российского научного фонда.

#### Список литературы:

- [1] Muravyev V.V., Muravyeva O.V., Kokorina E.N. // Russian Journal of Nondestructive testing. 2013. Vol. 49. № 1. pp. 15-25.
- [2] Муравьева О. В., Муравьев В.В., Кокорина Е.Н., Стерхов В.Д., Малютин Д.В. // Датчики и системы. 2013. № 2 (165). С. 2–9.
- [3] Муравьева О. В., Соков М.Ю. // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашиникова. 2016. №3. С. 46–50.
- [4] Murav'eva O. V., Murav'ev V. V., Gabbasova M. A. // Russian Journal of Nondestructive testing. 2013. Vol. 51. № 12. pp. 720-726.
- [5] Murav'eva O. V., Petrov K. V., Sokov M. Yu., Gabbasova M. A. // Russian Journal of Nondestructive testing. 2015. Vol. 51. № 7. pp. 400-406.
- [6] Murav'eva O. V., Murav'ev V. V., Gabbasova M. A., Buldakova I. V., Sokov M. Yu. // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2016. Vol. 52. № 4. pp. 1–7.
- [7] Muravieva O. V., Muraviev V.V., Gabbasova M.A., Petrov K.V., Zorin V.A. // AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1785. № 1. p. 03007.

## ПОСТРОЕНИЕ РАДИОТОМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

Шипилов Сергей Эдуардович, Еремеев Александр Иванович, Якубов Владимир Петрович, Антипов Владимир Борисович

Томский государственный университет

[s.shipilov@gmail.com](mailto:s.shipilov@gmail.com)

В данной работе авторами предлагается решение задачи радиовидения с использованием отражательной решетки, каждый элемент которой может изменять коэффициент отражения под действием внешнего управляющего напряжения. Проведено исследование способности фокусировки плоской отражательной решеткой монохроматического излучения для решения задачи радиовидения. Разработан элемент решетки на основе волновода с управляемым коэффициентом отражения, сдвиг фазы при переключении составляет  $180^\circ$ .

В настоящее время системы радиовидения имеют множество перспективных приложений: контроль качества различных материалов, конструкций и сооружений, медицинская диагностика. Благодаря развитию вычислительных средств, стало возможно применение методов радиоволновой томографии, как средств дистанционного неразрушающего контроля и диагностики внутренней структуры, полупрозрачных для радиоизлучения сред и восстановления формы непрозрачных объектов. Задача радиовидения заключается в