

## ОТЗЫВ

официального оппонента Бехера Сергея Алексеевича  
на диссертационную работу Брестер Альбины Фаритовны  
«Информативные параметры акустического зеркально-теневого метода многократных  
отражений при контроле пруткового металлопроката малых диаметров»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов,  
изделий, веществ и природной среды (технические науки)»

### 1. Актуальность темы

Прутковый прокат является массовой продукцией, применяемой для изготовления ответственных деталей и элементов машин, механизмов, транспортных объектов и строительных конструкций. Учитывая объемы производства применяемые методы и аппаратура должны обеспечивать полную автоматизацию контроля для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов, оценки структурного состояния материала, от которого во многом зависят его механические характеристики. Сложность сформулированной в диссертации научно технической проблемы связана с созданием методик ультразвукового контроля всего сечения прутка малого диаметра менее 30 мм с оценкой его структурных параметров. При этом актуальной является задача совершенствования ультразвукового контроля и расширения возможностей применения ЭМАП для объектов относительно малых размеров.

### 2. Краткий обзор диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и четырех приложений. Список цитируемой литературы включает 238 источников. В приложениях приведены: два акта апробации результатов диссертационной работы, акт об использовании в учебном процессе, патент на изобретение. Общий объем диссертации без списка литературы и приложений составляет 131 страницу.

Оформление диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

**В первой главе** рассмотрены особенности технологии изготовления пруткового проката и основные типы дефектов; проанализированы возможности и ограничения магнитных и вихретоковых методов неразрушающего контроля; подробно рассмотрен акустический вид, в том числе контактный эхо- и зеркально-теневого методы, волноводный контроль; дана оценка возможности применение ЭМАП для пруткового проката малого диаметра.

**Во второй главе** экспериментально исследовано акустическое поле проходного наружного ЭМАП при контроле прутков с использованием контактного прямого пьезоэлектрического преобразователя. Выполнено моделирование методом конечных элементов закономерностей распределения акустических колебаний и приведены результаты сравнительного анализа с экспериментальными данными. Установлены закономерности фокусировки акустического импульса в центре прутка.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований чувствительности зеркально-теневого метода многократных отражений при контроле пруткового проката. Изготовлены образцы с цилиндрическими отражателями с плоским

|  |            |
|--|------------|
| Федеральное государственное бюджетное учреждение науки |            |
| «Удмуртский федеральный исследовательский центр        |            |
| Уральского отделения Российской академии наук»         |            |
| Бх. №  | 1462       |
| Дата   | 05.12.2023 |



дном различного диаметра и глубины. Приведено описание оборудования для ультразвукового контроля проходными ЭМАП. Представлены результаты контроля образцов и корреляционный анализ связи информативных параметров сигналов с предложенной авторами обобщенной характеристикой искусственных дефектов.

Выполнены исследования разработанного метода контроля на объектах с реальными дефектами, размеры которых определены в процессе металлографических исследований. По сигналам ультразвукового дефектоскопа определены информативные параметры во временной и в частотной областях. Разработан способ машинного обучения – метод главных компонент для уменьшения информативных параметров сигналов и повышения достоверности оценки обобщенной характеристики дефектов.

**В четвертой главе** приведены результаты исследований возможности применения метода многократных отражений для оценки структуры материала изделий из пруткового проката. Построены экспериментальные зависимости скоростей распространения продольных и поперечных волн от механических характеристик для стали 40Х с различной термообработкой. На образцах установлено влияние растягивающей нагрузки на скорости поперечных волн. Предложен акустический способ оценки коэффициента Пуассона.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты исследования.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

### **3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Сформулированные в работе научные положения, выводы и рекомендации в достаточной степени обоснованы аналитически с использованием известных положений теорий ультразвукового контроля, упругости и акустоупругости, электромагнетизма, конечно-элементного моделирования, методов статистического и регрессионного анализа, методов машинного обучения в широком спектре условий, как в лабораторных экспериментах, так и на производстве. Построенные в работе модели и установленные закономерности обоснованы расчетными методами, экспериментально на моделях дефектов и на реальных объектах.

### **4. Научная новизна и достоверность полученных результатов**

Научная новизна диссертации заключается в разработанном оригинальном способе ультразвукового контроля с использованием наружных проходных ЭМАП методом многократных отражений радиальных волн, обеспечивающим выявление несплошностей и оценку структуры материала.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием оборудования, прошедшего проверку метрологической пригодности, сходимостью экспериментальных результатов и расчетов методом конечных элементов, непротиворечивостью установленных закономерностей опубликованным работам других авторов и известным положениям теории ультразвукового контроля.

### **5. Практическая и теоретическая значимость**

Практическая значимость диссертации заключается в предложенной и реализованной методике ультразвукового контроля пруткового проката малого диаметра менее 30 мм, обеспечивающей обнаружение поверхностных и внутренних дефектов. Совокупность полученных в диссертации результатов позволит повысить надежность ответственных деталей и элементов конструкций, изготавливаемых из пруткового



проката массового производства.

Теоретическая значимость состоит в разработанной модели формирования акустического поля наружного проходного ЭМАП в цилиндрических объектах, расширяющих область применимости ультразвукового метода неразрушающего контроля и структуроскопии.

#### **6. Публикации и апробация**

Основные результаты диссертационного исследования отражены в 6 статьях в изданиях, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата технических наук, и одном патенте на изобретение.

Результаты диссертации докладывались на 9 международных и национальных конференциях.

#### **7. Замечания и вопросы к работе**

1) Рассмотренный способ возбуждения поперечных радиальных волн, должен приводить к появлению продольных осевых волн, влияние которых на результаты контроля в работе не оценено.

2) Во второй главе сделан вывод, что в результате фокусировки радиальных волн в центре прутка, чувствительность к дефектам в этой области объекта выше, однако не приведены оценки на сколько выше и не предложены способы выравнивания чувствительности.

3) Модели дефектов в виде цилиндрических отверстий с плоским дном при реализованной схеме прозвучивания не в полной мере отражают акустические свойства реальных дефектов. Требуется пояснение как параметры искусственных отражателей могут быть перенесены на реальные дефекты.

4) Из текста диссертации непонятно, почему для асимметрии и эксцесса, которые могут принимать как положительные так и отрицательные значения, принята такая же нормировка как для всегда положительных информативных параметров.

5) Учитывая достаточно небольшую для машинного обучения статистику по искусственным дефектом, достоверность реализации метода главных компонент требует пояснения.

6) В заключение диссертации необходимо дать рекомендации по дальнейшему развитию исследований.

7) В диссертации допущен ряд опечаток, например, в четвертом разделе приведены два подраздела 4.1, в формуле (4.12) видимо допущена ошибка, так как  $n$  в выражении не определено, в тексте диссертации отсутствует таблица 4.4, на которую дана ссылка на стр. 105.

Несмотря на допущенные ошибки и необходимые для ее понимания пояснения, диссертация в целом написана достаточно грамотным техническим языком.

Отмеченные замечания и сформулированные вопросы не снижают научной и практической значимости работы и не влияют на достоверность полученных результатов.

#### **8. Общая оценка и заключение по рассмотренной работе**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором на достаточном научном уровне.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении

ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Брестер Альбина Фаритовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)».

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

Дата составления отзыва «27» ноября 2023 года.

Официальный оппонент  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры «Физика,  
электротехника, диагностика и управление в  
технических системах» СГУПС



Бехер  
Сергей  
Алексеевич

Докторская диссертация по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

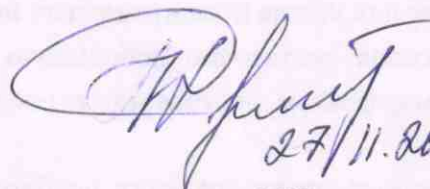
Место работы: кафедра «Физика, электротехника, диагностика и управление в технических системах» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС).

Адрес: 630049, РФ, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191.

Телефон: +7 (383) 328-04-00, электронная почта: public@stu.ru, сайт: <http://www.stu.ru/>.

подпись С.А. Бехера заверяю

Ученый секретарь



Гербер  
Александр  
Робертович

МП

