

**Заключение диссертационного совета Д 004.023.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения Уральского отделения Российской академии наук на соискание ученой степени кандидата (доктора) наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 3 июня 2014 г. № 3

О присуждении Немытовой Ольге Владимировне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Определение типа отражателей ультразвуковых волн с использованием мгновенной частоты эхо-сигналов» по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» принята к защите 1 апреля 2014 года, протокол № 2 диссертационным советом Д 004.023.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, ФАНО, 620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская 34, приказ Рособнадзора № 937-654 от 23.05.2008 о создании совета.

Соискатель – Немытова Ольга Владимировна 1983 года рождения. В 2006 году соискатель окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный технический университет – УПИ», подготовила кандидатскую диссертацию в форме соискательства при Ордена Трудового Красного Знамени Институте физики металлов Уральского Отделения Российской академии наук (ФАНО), работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте физики металлов Уральского Отделения Российской академии наук (ФАНО).

Диссертация выполнена в лаборатории углеродных наноматериалов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте физики металлов Уральского Отделения Российской академии наук (ФАНО).

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Ринкевич Анатолий Брониславович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией углеродных наноматериалов.

Официальные оппоненты:

1. Муравьев Виталий Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», заведующий кафедрой «Приборы и методы контроля качества».

2. Бархатов Владимир Альбертович, кандидат физико-математических наук, ООО «ИЦ ФИЗПРИБОР», генеральный директор  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», «Физико-технологический институт», (г. Екатеринбург) в своем положительном заключении, подписанном Вайнштейном Ильей Александровичем, д.ф.-м.н., профессором, заведующим кафедрой «Физические методы и приборы контроля качества» Физико-технологического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Зацепиным Анатолием Федоровичем, к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» и утвержденным Кружаевым Владимиром Венедиктовичем, кандидатом физико-математических наук, проректором по науке указала, что по диссертации есть ряд замечаний:

1) В разделе «Защищаемые положения» диссертационной работы содержится простое перечисление полученных результатов вместо развернутой формулировки конкретных научных достижений, выносимых на защиту.

2) В тексте диссертации ничего не сказано о влиянии стабильности акустического контакта на форму УЗ импульса. Между тем хорошо известно, что степень прижатия при сканировании влияет не только на амплитуду, но и на форму импульса, внося дополнительные фазовые искажения в спектр эхо-сигнала. В этой связи остается открытым вопрос о влиянии указанного фактора на частотные параметры регистрируемого ультразвукового сигнала.

3) На странице 68 (рисунок 3.6) представлены результаты оценки частотных параметров эхо-сигналов от зарубок, двугранных углов и «непровара» в корне стыкового сварного соединения. Как видно из рисунка, область концентрации точек, соответствующих реальному дефекту типа «непровар», не совпадает с областью, соответствующей модельным уголковыми отражателями. Неясно, с чем связано наблюдаемое различие: с особенностями сложных волновых процессов взаимодействия ультразвука с дефектами либо с величиной ошибки экспериментальной оценки параметра «мгновенной частоты».

4) Термин «мгновенная частота», использованный в работе для обозначения нового информативного признака при оценке типа дефекта, заимствован из классической теории колебаний и волн. С точки зрения практики ультразвукового контроля указанный термин следует признать не вполне удачным, поскольку его физический смысл неочевиден, что в ряде случаев может затруднить понимание результатов дефектоскопии.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 научных работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 1 патент РФ, 11 работ опубликовано в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов, из них 6 статей в сборниках и трудах конференций. В 6 статьях и 5 докладах конференций, а так же в 4 статьях в рецензируемых научных изданиях соискателем были получены все экспериментальные результаты, поведена обработка и анализ полученных данных, подготовлены тексты статей и тезисов докладов. Процедура подачи патента – написание текста патентной заявки на изобретение – полностью проведена соискателем.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1) Перов, Д.В. Взаимодействие импульсных ультразвуковых сигналов с отражателями различного типа [Текст] / Д.В. Перов, А.Б. Ринкевич, О.В. Немытова // Дефектоскопия. – 2007. – № 6. – С. 25-35.

2) Немытова, О.В. Использование оценки мгновенной частоты для классификации эхо-сигналов от различных отражателей [Текст] / О.В. Немытова, А.Б. Ринкевич, Д.В. Перов // Дефектоскопия. – 2012. – № 11. – С. 46-61.

3) Немытова, О.В. Сравнительная классификация дефектов с использованием методов ультразвуковой томографии и оценки мгновенной частоты эхо-сигнала. [Текст] / О.В. Немытова, А.Б. Ринкевич, Д.В. Перов // Дефектоскопия. – 2013. – №6. – С. 3-12.

4) Rinkevich, A.V. Ultrasonic testing of objects made of heat-resistant nickel-based alloys, single and polycrystalline components [Текст] / A.V. Rinkevich, N.N. Stepanova, D.P. Rodionov, D.V. Perov, O.V. Nemytova // Insight. – 2011. – No53. – P. 598-602.

5) Положительное решение о выдаче патента по заявке №2013101082 от 09.01.2013 г. на изобретение «Способ определения типа дефекта в металлургических изделиях».

6) Перов, Д.В. Приближенный анализ частотных параметров импульсного возбуждения приемного преобразователя с круговой апертурой волной с криволинейным волновым фронтом [Текст] / Д.В. Перов, А.Б. Ринкевич, О.В. Немытова // XXV сессия Российского акустического общества. – М.: ГЕОС. – 2012. – Т. 1. – С. 216-219.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

1. Научный руководитель ИНМИМ ГНЦ НПО «ЦНИИТМАШ», доктор технических наук, профессор, Лауреат премии СМ СССР и РФ, Заслуженный деятель науки РФ Щербинский Виктор Григорьевич дал положительный отзыв на автореферат диссертации. В отзыве есть замечания:

1) Все исследования выполнены на детерминированных моделях отражателей, описанный в автореферате непровар в корне по существу это паз с гладкими берегами, т.е. детерминированный отражатель. Кроме того, такие непровары, являясь уголковыми отражателями, легко распознаются.

Известно, что спектр отраженного сигнала сильно зависит от шероховатости отражающей поверхности.

Для реальных дефектов и детерминированных моделей спектры кардинально отличаются. К сожалению, сопоставление спектров реальных дефектов и их моделей в диссертации не выполнено. Поэтому достоверность распознавания образа реального дефекта предложенным методом ничем не подтверждены.

2) В работе указывается, что частотные параметры «бокового и плоскостонного сверления» одинаковы. Т.е. имеется ввиду, что объемный и плоскостной отражатели имеют одинаковые параметры. Хотя они совершенно разные по потенциальной опасности для конструкции! Иными словами метод не позволяет распознать тип дефекта, хотя диссертант утверждает противоположное.

Дефектоскопист должен решать обратную задачу: т.е. не имея априори знаний о характере отражателя должен дать оценку его допустимости. К сожалению, из текста автореферата следует, что диссертант не разделяет эту позицию.

2. Заместитель директора ФГУП НИИ мостов, доктор технических наук, профессор Дымкин Григорий Яковлевич дал положительный отзыв. В отзыве есть замечания:

1) Ряд положений, выносимых на защиту, сформулирован как «результаты» тех или иных исследований, анализа, оценки, но не содержит существа этих результатов, то есть положений, которые, собственно, и должны быть защищены.

2) В автореферате не представлены оценки области возможного применения разработанного способа определения типа дефекта: диапазон размеров дефектов, возможные ограничения, касающиеся формы реальных дефектов и акустических характеристик материала изделия.

3. Директор по научной работе ООО «РЭЛТЕК», кандидат технических наук, доцент Лузгин Владислав Игоревич дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

в автореферате говорится, что разработанный метод имеет повышенную помехоустойчивость, но не объяснено, за счет чего это достигнуто.

4. Главный научный сотрудник Института механики Уральского отделения РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Шелковников Юрий Константинович дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

в автореферате не приведены количественные результаты оценки надежности определения типа дефекта на основе предложенного способа с использованием мгновенной частоты эхо-сигналов.

5. Ведущий научный сотрудник Институт прикладной физики РАН, доктор физико-математических наук Зайцев Владимир Юрьевич дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

в автореферате не уточнено, от влияния какого рода помех позволяет избавиться применение непрерывного вейвлетного преобразования для оценки мгновенной частоты. По-видимому, соответствующие пояснения имеются в тексте самой диссертации.

6. Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики ФГБОУ ВПО Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), доктор технических наук, профессор Гуревич Сергей Юрьевич дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

недостатком автореферата является отсутствие в нем сведений о погрешности измерений.

7. Профессор кафедры экспериментальной физики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, доктор физико-математических наук Гудков Владимир Васильевич дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

автор использует термин «оценка типа» дефекта». Более привычно термин «оценка» применять для физической величины, имеющей количественную характеристику, когда значение величины определено с существенной погрешностью. В данном случае, более естественным было бы использовать «определение типа дефекта».

8. Заведующий лабораторией Саратовского филиала института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН, доктор физико-математических наук, профессор Зайцев Борис Давыдович дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

к недостатку автореферата можно отнести отсутствие физического объяснения изменения мгновенной частоты, отраженного от статического дефекта.

9. Главный научный сотрудник Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, доктор физико-математических наук, профессор Красненко Николай Петрович дал положительный отзыв. В отзыве есть замечание:

по тексту автореферата есть замечание. Плохо освещены результаты разработки методик ультразвукового контроля изделий из моно- и поликристаллических жаропрочных сплавов. Не приведено ни одного графика, формулы, таблицы, наглядно демонстрирующих полученные результаты.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются квалифицированными и компетентными специалистами в области ультразвуковых исследований и неразрушающего контроля, имеют публикации в сфере ультразвукового неразрушающего контроля и могут дать квалифицированную оценку диссертационной работы. Структурное подразделение ведущей организации, предоставившее отзыв на автореферат и диссертацию – кафедра «Физические методы и приборы контроля качества», «Физико-технологический институт», ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» является профильной организацией, осуществляющей учебную и научную деятельность, связанную с неразрушающим контролем.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработан** новый способ определения типа отражателей при реализации ультразвукового эхо-метода неразрушающего контроля, позволяющий повысить точность и достоверность оценки потенциальной опасности выявленных дефектов, за счет использования, во-первых, в качестве информативного признака мгновенной частоты эхо-сигнала, что снижает влияние стабильности акустического контакта на результат определения типа дефектов, во-вторых, алгоритма оценки мгновенной частоты на основе непрерывного вейвлетного преобразования, повышающего помехоустойчивость предложенного способа;

**разработаны** методики ультразвукового контроля изделий из моно- и поликристаллических жаропрочных сплавов, позволяющие выявлять дефекты в таких материалах с учетом высокой упругой анизотропии;

**предложен** новый информативный признак оценки типа скрытых дефектов – мгновенная частота недетектированного радиочастотного эхо-сигнала;

**доказана** возможность использования мгновенной частоты эхо-сигналов для классификации отражателей по форме, поскольку дифракция ультразвуковых волн на отражателях различной формы приводит к изменению фазы принятого импульсного эхо-сигнала. Изменение фазы удобно интерпретировать как изменение частоты, которое, как показали результаты экспериментальных исследований и теоретических расчетов, можно использовать для получения информации о типе дефекта;

**введен** новый критерий оценки типа скрытых дефектов – соотношение между нормированными девиациями частоты, который позволяет уверенно отличить плоскостные отражатели, выходящие на поверхность, от других типов отражателей.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

**доказаны:**

– возможность использования критерия оценки мгновенной частоты для

определения типа отражателей ультразвуковых волн, что позволило разработать способ, который, в дополнение к уже существующим методикам классификации дефектов по форме, позволит получать более точную и достоверную информацию о типе дефекта при реализации ультразвукового эхо-метода неразрушающего контроля;

– повышение помехоустойчивости предлагаемого способа при использовании непрерывного вейвлетного преобразования для оценки мгновенной частоты, и возможность использования разработанного алгоритма оценки мгновенной частоты в других методах ультразвукового контроля для анализа результатов и обработки полученных экспериментальных данных, с целью снижения влияния шума на результаты измерений;

– выявляемость дефектов типа несплошности в изделиях из моно- и поликристаллических жаропрочных сплавов в условиях правильного выбора схемы прозвучивания и параметров ультразвукового контроля при решении задачи, связанной с разработкой методик контроля изделий из жаропрочных никелевых сплавов;

**применительно** к проблематике диссертации результативно **использованы** современные представления физической акустики и практики ультразвуковой дефектоскопии;

**изложены** основные положения разработанного способа определения типа скрытых дефектов, границы его применимости; результаты экспериментальных исследований и аналитических расчетов, аргументирующих обоснованность положений и выводов диссертационной работы;

**раскрыты** возможности использования установленных закономерностей для практической реализации предлагаемого способа определения типа отражателей на основе применения критерия оценки мгновенной частоты эхо-сигналов;

экспериментально и теоретически **изучена** зависимость мгновенной частоты от типа искусственных отражателей и естественных дефектов в сварных швах;

**проведена модернизация** применимости известного радиотехнического понятия – мгновенная частота сигнала для решения проблемы оценки типа скрытых дефектов при реализации ультразвукового метода неразрушающего контроля;

**Значение** полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** в учебный процесс разделы в курсе лекций по дисциплине «Физические методы контроля материалов» и «Акустический контроль» на кафедре «Физические методы и приборы контроля качества» Физико-технологического института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина;

**разработан** алгоритм оценки мгновенной частоты и качественный критерий оценки типа скрытых дефектов – соотношение между нормированными девиациями частоты, эти результаты оформлены в виде патентной заявки на изобретение. Вынесено положительное решение о выдаче патента по заявке №2013101082 от 09.01.2013 г. на изобретение «Способ определения типа дефекта в металлургических изделиях»;

совместно с ЗАО «НПО «Интротест» ведется **разработка** функциональной возможности использования критерия оценки мгновенной частоты эхо-сигналов для классификации дефектов по форме в виде дополнительной опции в существующем дефектоскопическом оборудовании;

**определены** пределы и перспективы практического использования разработанного способа классификации отражателей по форме и его дальнейшего применения для оценки качества конструкций и функциональных блоков космических систем; летательных аппаратов, энергетических систем, магистральных трубопроводов, систем перекачки нефти и газа;

**создана** система практических рекомендаций для реализации предлагаемого способа на основе применения стандартной дефектоскопической аппаратуры, широко используемой в практике ультразвукового контроля;

**представлены** методические рекомендации по применению разработанного способа определения типа отражателей с целью оценки потенциальной опасности выявляемых дефектов и степени их влияния на надежность изделий и конструкций, а также на возможность их

использования без нарушений требований безопасности.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены с использованием аттестованного дефектоскопического оборудования и современных методов измерений;

**теория построена** на результатах обобщения известных литературных данных и собственных экспериментальных и аналитических исследованиях по применению ультразвуковых методов неразрушающего контроля для определения типа дефектов, с целью оценки их влияния на надежность изделий, систем и конструкций, и согласуется с опубликованными соискателем и рядом других исследователей экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на современных представлениях физической акустики, связанных с тем, что дифракция ультразвуковых волн на отражателях различной формы приводит к изменению фазы принятого импульсного эхо-сигнала, которое удобно интерпретировать как изменение частоты;

**использованы:**

– сопоставление результатов диссертационной работы, связанных с разработкой алгоритма мгновенной частоты и построением аналитической модели, объясняющей зависимость мгновенной частоты от типа отражателя, с общей теорией построения вейвлетных спектров и теорией анализа пространственной структуры поля, основанной на представлениях геометрической акустики;

– сопоставление результатов оценки типа отражателей предложенным способом и методами, описанными в литературе;

**установлено**, что применяемые теоретические и экспериментальные подходы не противоречат и дополняют уже известные и общепринятые методики расчета ультразвуковых полей, оценки частотных характеристик сигналов, определения типа дефектов;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, представляющие собой экспериментальные установки лаборатории углеродных наноматериалов Института физики металлов УрО РАН.

**Личный вклад** соискателя состоит в совместной с руководителем постановке задач исследования; проведении всех описанных в работе экспериментальных исследований на искусственных и естественных отражателях различной формы и размеров; обработке полученных экспериментальных данных; совместном с Д.В. Перовым и А.Б. Ринкевичем анализе полученных результатов с целью разработки нового способа оценки типа скрытых дефектов; личном участии автора в научных конференциях российского и международного уровня с докладами по теме диссертации; выполнении основного объема работы, связанного с написанием текстов публикаций и патентной заявки на изобретение.

На заседании 3 июня 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Немытовой О. В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 17, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Э.С. Горкунов

А.В. Коновалов

Дата оформления Заключения 6 июня 2014 г.