

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДС.ТПУ.13, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

решение диссертационного совета от 26.12.2023 №8

о присуждении Дерусовой Дарье Александровне, гражданке Российской федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование лазерно-виброметрического метода неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов с применением контактных и воздушно-связанных излучателей» по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» принята к защите 21.09.2023 г. (протокол заседания N4) диссертационным советом ДС.ТПУ.13, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ), Министерство науки и высшего образования Российской федерации, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, утвержденным приказом №15895 от 06.12.2018г.

Соискатель Дерусова Дарья Александровна, 1989 года рождения, в 2016 году окончила обучение в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Тепловой вибротермографический контроль композитов с использованием резонансной ультразвуковой и оптической стимуляции» по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» защитила в 2016

году в диссертационном совете ДС.ТПУ.13, созданном на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает старшим научным сотрудником Центра промышленной томографии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Инженерной школе неразрушающего контроля и безопасности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант — заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, **Вавилов Владимир Платонович**, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности, Научно-производственная лаборатория «Тепловой контроль», заведующий лабораторией.

Дополнительно введенный член диссертационного совета ДС.ТПУ.13 – **Солдатов Алексей Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности, профессор.

Официальные оппоненты:

Плехов Олег Анатольевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, директор;

Скрипняк Владимир Альбертович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра механики деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой;

Клопотов Анатолий Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра прикладной механики и материаловедения, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов и дополнительно введенных членов диссертационного совета обосновывается их высокой профессиональной компетенцией в области неразрушающего контроля, значительными достижениями и наличием публикаций в указанной области, опытным научно-исследовательской работы, отсутствием совместных проектов и печатных работ с соискателем.

Соискатель имеет 43 научные работы, опубликованные по теме диссертации, из них 28 статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 30 статей в журналах, рекомендованных ВАК статей, в журналах РИНЦ и сборниках трудов конференций - 38 работ, получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Общий объем научных изданий - более 200 печатных листов, авторский вклад - не менее 70%.

Опубликованные научные труды составили основу положений, выносимых на защиту, и полностью отражают объем проведенных исследований, их новизну и практическую значимость. Требования к формулировке основных научных результатов диссертационного исследования выполнены полностью. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Derusova D.A.**, Nekhoroshev V.O., Shpil'noi V.Y., Vavilov V.P. Developing Novel Gas Discharge Emitters of Acoustic Waves in Air for Nondestructive Testing of Materials // Sensors. – 2022. –Vol. 22, is. 23. – Article number 99056. – 14 p. (Q1)
2. **Derusova D.A.**, Vavilov V.P., Druzhinin N.V., Shpil'noi V.Y., Pestryakov A.N. Detecting Defects in Composite Polymers by Using 3D Scanning

Laser Doppler Vibrometry // Materials. – 2022. – Vol. 15, is.20 – Article number 7176. – 15 p. (Q1)

3. Vavilov V., Chulkov A., Dubinskii S., Burleigh D., Shpilnoi V., **Derusova D.**, Zhvyrbliia V. Nondestructive testing of composite T-Joints by TNDT and other methods // Polymer Testing. – 2021. – Vol. 94. – Article number 107012. – 12 p. (Q1)

4. **Derusova D.A.**, Vavilov V.P., Druzhinin N.V., Kolomeets N.P., Chulkov A.O., Rubtsov V.E., Kolubaev E.A. Investigating vibration characteristics of magnetostrictive transducers for air-coupled ultrasonic NDT of composites // NDT and E International. – 2019. – Vol. 107. – Article number 102151. – 10 p. (Q1)

5. **Derusova D.**, Vavilov V., Sfarra S., Sarasini F., Krasnoveikin V., Chulkov A., Pawar S. Ultrasonic spectroscopic analysis of impact damage in composites by using laser vibrometry // Composite Structures. – 2018. – Vol. 211. – P. 221–228. (Q1)

6. **Derusova D.**, Vavilov V., Sfarra S., Sarasini F., Druzhinin N.V. Applying ultrasonic resonance vibrometry for the evaluation of impact damage in natural/synthetic fibre reinforced composites // Polymer Testing. – 2018. – Vol. 68. – P. 70–76. (Q1)

7. Vavilov V.P., Chulkov A.O., **Derusova D.A.**, Pan Y. Thermal NDT research at Tomsk Polytechnic University // QIRT Journal. – 2016. – Vol. 13, is. 2. – P. 128–143. (Q1)

8. Solodov I., **Derusova D.**, Rahammer M. Thermosonic Chladni figures for defect-selective imaging // Ultrasonics. – 2015. – Vol. 60. – P. 1–5. (Q1)

9. **Derusova D.A.**, Vavilov V.P., Shpil'noi V.Y., Siddiqui A.O., Prasad Y.L.V.D., Druzhinin N.V., Zhvyrblyia V.Yu. Characterising Hidden Defects in GFRP/CFRP Composites by using Laser Vibrometry and Active IR Thermography // Nondestructive Testing and Evaluation. – 2022. – Vol. 37, is. 6. – P. 776–794. (Q2)

10. Vavilov V., Świdorski W. and **Derusova D.** Ultrasonic and optical stimulation in IR thermographic NDT of impact damage in carbon composites // Quantitative InfraRed Thermography Journal. – 2015. – Vol. 12, is. 2. – P. 162–172. (Q2)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- **Мойсейчик Евгений Алексеевич**, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета, (с замечаниями);
- **Знаменская Ирина Александровна**, д.-ф.м.н., профессор Физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», (с замечаниями);
- **Смотрова Светлана Александровна**, д.т.н., заместитель генерального директора по производству Государственного научного центра «Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина», (с замечаниями);
- **Гусев Николай Владимирович**, к.т.н., директор ООО «Мехатроника-Томск», (с замечаниями);
- **Дивин Александр Георгиевич**, д.т.н., профессор кафедры "Мехатроника и технологические измерения" ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

Все отзывы положительные, критические замечания преимущественно носят рекомендательный характер или касаются уточнения некоторых результатов исследований, в частности:

1. Обращает на себя внимание существенное отличие амплитуды виброперемещения на торцевой поверхности магнитострикционного излучателя со ступенчатым наконечником по сравнению с тремя другими волноводами. Чем можно объяснить полученные результаты?
2. Каким образом обеспечивается условие фазового согласования при использовании воздушно-связанного магнитострикционного преобразователя?
3. В описании первой главы не представлены выводы о результатах проведения литературного обзора по тематике научного исследования. В связи

с этим не понятны перспективы развития метода лазерной виброметрии в неразрушающем контроле, в том числе на промышленных производствах.

4. В автореферате сделано заключение о том, что внеплоскостные компоненты колебаний вносят основной вклад в формирование результирующих сигналов открытых дефектов на основных частотах резонанса, однако соискатель приводит результаты моделирования и экспериментального исследования вибраций по трем координатам только для основной частоты резонанса несквозного отверстия прямоугольной формы; желательно было бы также провести исследование колебаний дефекта на частоте его высших резонансных гармоник с использованием трехкомпонентной лазерной виброметрии по аналогии с исследованием температурного отклика дефектов (рис.6.).

5. В работе приведены результаты исследования температурного отклика в области несквозных круглых отверстий при их акустической стимуляции на частоте высших резонансных гармоник дефекта при достаточно низком уровне температурного сигнала, приближающегося к уровню шума, но не ясно, какие методы обработки данных применялись для фильтрации температурных сигналов в ходе анализа.

6. При описании устройства для генерации акустических волн в воздушной среде на основе электрического разряда следует учесть, что в случае нарастания тока импульсного разряда за субмикросекундные времена образующееся в воздухе возмущение исходно является ударной (взрывной) волной. Скачок давления, обычно уменьшается с удалением от центра, взрывная волна быстро ослабляется до акустической, распространяющейся в воздухе со скоростью звука.

7. Неясно, какие именно компоненты колебаний несквозного отверстия приведены на рисунке 6 (а-г)? И как были получены соответствующие фазовые термографические изображения (рисунок 6, д-з)?

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

разработан новый метод неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов, основанный на применении акустической стимуляции объектов контроля и лазерной виброметрии, что позволило повысить точность измерений с расширением границ применимости полученных результатов;

предложены оригинальные методы и воздушно-связанные акустические излучатели газоразрядного типа для генерации акустических волн в воздушной среде;

доказана перспективность разработанного подхода для проведения неразрушающих испытаний изделий из полимерных и композиционных материалов;

введена новая трактовка физических феноменов, лежащих в основе явления локального резонанса дефекта, касающихся вибрационных и тепловых процессов, возникающих в структурных неоднородностях полимерных и композиционных материалов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность разработанного метода лазерно-виброметрического контроля для исследования полимерных и композиционных материалов, расширяющего границы применимости полученных результатов.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, подтверждающих достоверность полученных результатов;

изложены аргументы и доказательства о влиянии конфигурации электродной системы и физических характеристик источника заряда на вибрационные характеристики воздушно-связанного газоразрядного излучателя, диапазон его рабочих частот, мощность акустического излучения и энергию в импульсе разряда;

раскрыта проблема обоснования термомеханических явлений, возникающих при резонансной стимуляции дефектов в полимерных и композиционных материалах;

изучены факторы, влияющие на резонансные характеристики дефектов, такие как физические свойства материалов, геометрия неоднородностей, спектральный состав сигнала возбуждения, а также вклад резонансных частот высшего порядка в формирование результирующих данных о наличии дефектов в материале, полученных с помощью лазерной виброметрии и теплового неразрушающего контроля;

проведена модернизация воздушно-связанного магнитострикционного излучателя путем оптимизации конфигурации титановых волноводов, проведенной в результате оценки механических и акустических характеристик устройства, исследования эффективности передачи акустической энергии через воздушную среду, измерения возникающих в ней акустических полей, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

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

разработан и внедрен способ определения частоты основного резонанса дефектов в композиционных материалах при их акустической стимуляции с целью интенсификации процесса тепловыделения при проведении вибротермографии внедрены в АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (г. Хотьково, Московская обл.);

определены перспективы практического использования разработанного метода лазерно-виброметрического неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов, а также предложенных методик и оборудования для бесконтактного ввода акустического сигнала в контролируемые изделия;

создана система практических рекомендаций комбинированного лазерно-виброметрического и термоакустического (теплового) неразрушающего контроля материалов и изделий с использованием контактных и воздушно-

связанных акустических преобразователей пьезоэлектрического, магнитострикционного и газоразрядного типа;

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию бесконтактной стимуляции материалов на основе воздушно-связанного магнитострикционного преобразователя с оптимизированным титановым волноводом, а также генерации акустических волн в воздушной среде на основе протекания электрического разряда в газе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием современного сертифицированного оборудования теплового контроля, лазерной виброметрии и ультразвукового контроля;

теория расчета резонансных частот дефектов и максимальных напряжений, возникающих в материалах при воздействии нагрузок, основана на известных математических методах решения уравнений теории упругости Тимошенко С. П. для расчета осесимметричных колебаний тонких пластин;

идея базируется на анализе теоретических и экспериментальных данных, изложенных в литературе, а также общемировой практики по теме исследования в неразрушающем контроле;

использованы сравнение авторских данных и результатов, полученных ранее другими авторами по тематике исследования;

установлено качественное и количественное совпадение результатов соискателя с данными, представленными в независимых источниках по тематике исследования;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, оборудование сканирующей лазерной доплеровской виброметрии, отличающееся высокой точностью и информативностью; непротиворечивостью полученных результатов общефизическим представлениям и данным, полученным другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в личном участии на всех этапах работы: формулировка цели и задач диссертационной работы, планирование и проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обработка и анализ полученных данных, формулировка выводов и положений, выносимых на защиту, опубликование в соавторстве результатов теоретических и экспериментальных исследований в ведущих рецензируемых научных изданиях в области физики, оптики, акустики, по тематике неразрушающего контроля, технологии изготовления ультразвуковых излучателей, материаловедения в области композиционных материалов.

На заседании 26 декабря 2023 года диссертационный совет ДС.ТПУ.13 принял решение присудить Дерусовой Дарье Александровне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве шесть человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 3 человек, входящих в состав совета и 3 человек, дополнительно введенных в состав совета, проголосовали: за - 6, против - 0, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Диссертационного совета

ДС.ТПУ.13



Суржиков Анатолий Петрович

Ученый секретарь

Диссертационного совета

ДС.ТПУ.13



Шевелева Елена Александровна

26 декабря 2023 г.

