

ОТЗЫВ

официального оппонента ПЛЕХОВА ОЛЕГА АНАТОЛЬЕВИЧА
на диссертационную работу ДЕРУСОВОЙ ДАРЬИ АЛЕКСАНДРОВНЫ
«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-
ВИБРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТАКТНЫХ И ВОЗДУШНО-
СВЯЗАННЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ»,
представленной на соискание учёной степени
доктора технических наук
по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики
материалов, изделий, веществ и природной среды.

Актуальность темы диссертационных исследований

Повышение требований безопасности к эксплуатации различных инженерных сооружений и конструкций, в том числе созданных на основе современных композиционных материалов, ставит новые задачи в области разработки эффективных методов неразрушающего контроля. Использование традиционных методов теплового, ультразвукового или рентгеновского неразрушающего контроля позволяет эффективно решать ряд вопросов, связанных с оценкой наличия и величины скрытых дефектов в материале. При этом область их применения, как правило, имеет ряд специфических для каждого метода ограничений.

Широкое внедрение в промышленность композиционных материалов остро поставило вопрос своевременного обнаружения скрытых дефектов, вызванных малоинтенсивным динамическим воздействием. Специфика создаваемых конструкций и особенности их эксплуатации требует разработки дистанционных малоинвазивных методов, гарантирующих сохранение целостности исследуемого образца.

В рамках представленной диссертационной работы на основе развития методов вибрационного контроля получен ряд новых научных результатов, актуальных для контроля целостности полимерных композиционных материалов. Несомненным достоинством диссертации является одновременная разработка как научных основ применения метода, так и новых технических средств его реализации. В результате создаётся возможность прямого использования полученных результатов в промышленности, что подтверждается актами их внедрения.

Полученные результаты в области развития методов неразрушающего контроля являются новыми, перспективными и будут интересны для широкого круга специалистов. В связи с вышеизложенным **актуальность** диссертационной работы не вызывает сомнений.

Содержание работы

Представленная к оппонированию диссертационная работа Д.А. Дерусовой состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы и трёх приложений. Текст содержит 301 страницу, 136 рисунков и 15 таблиц. Список использованной литературы включает 256 источников.

Во введении описана структура и объем диссертации, отмечена актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, степень их проработанности, перечислены положения, выносимые на защиту, подчёркнута их новизна, достоверность, степень апробации, раскрыта теоретическая и практическая значимость, степень опубликованности результатов в периодической научной печати и охарактеризован личный вклад соискателя.

Первая глава диссертации посвящена обзору литературы в области методов неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов, описаны физические принципы и область применения сканирующей доплеровской виброметрии. Обзор хорошо отражает

современные тенденции в данной области в России и за рубежом. По итогам главы сформулирована основная задача работы: разработка проблемно-ориентированного метода неразрушающих испытаний современных конструкционных материалов, позволяющего направленно воздействовать на структурные неоднородности с учётом их физических свойств. В качестве метода решения задачи предложено использование лазерной виброметрии совместно с акустической стимуляцией материалов.

Во второй главе представлены результаты разработки метода лазерно-виброметрического неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов, а также определения их тепло- и механико-физических свойств. С использованием метода трёхкомпонентной сканирующей лазерной доплеровской виброметрии исследованы резонансные явления в области реальных дефектов в полимерных композитах. Полученные экспериментальные данные сопоставлены с результатами моделирования резонансных явлений в несквозных отверстиях. Дополнительно проведено исследование теплофизических процессов, протекающих в дефектах при неразрушающем контроле материалов. Метод лазерно-виброметрического неразрушающего материалов был успешно использован для оптимизации последовательностей укладки слоёв льна и углерода для повышения уровня поглощения энергии удара в гибридных композитах, повышения их механической прочности и ударопрочности.

В третьей главе разработан способ неразрушающего контроля композиционных и полимерных материалов на основе взаимодополняющего использования лазерного вибросканирования и бесконтактной ультразвуковой стимуляции с использованием магнитострикционного преобразователя. Исследованы акустические явления, возникающие в области структурных неоднородностей полимеров и композитов, а также тонких, хрупких и гидрофильных материалах. Сравнительный анализ результатов лазерной виброметрии при бесконтактной ультразвуковой стимуляции и

ультразвуковом С-сканировании подтвердил эффективность бесконтактной стимуляции в задачах неразрушающего контроля.

В четвёртой главе описана разработка методики и оборудование для генерации акустических волн в воздушной среде на основе газового разряда при проведении лазерно-виброметрического неразрушающего контроля. Показано, что амплитуда виброперемещения на мембране газоразрядного излучателя сопоставима с источниками возбуждения на основе преобразователей пьезоэлектрического и магнитострикционного типа. Проведены неразрушающие испытания полимерных композитов. Описаны преимущества работы газоразрядного излучателя по сравнению с пьезоэлектрическими и магнитострикционными бесконтактными излучателями.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам выполнения диссертационного исследования и рекомендации к их практическому использованию.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертантом справедливо сформулированы следующие пять пунктов научной новизны работы.

Пункт 1. Детально (теоретически и экспериментально) исследованы физические механизмы, лежащие в основе явления локального резонанса в области дефектов в гомогенных полимерных и слоистых композиционных материалах.

Пункт 2. Установлены зависимости термо- и виброакустических откликов в дефектах полимерных и композиционных материалов от спектрального состава сигнала возбуждения, используемого для их резонансной стимуляции.

Пункт 3. Определена оптимальная конфигурация титановых волноводов, позволяющая повысить эффективность электромеханического преобразования энергии ультразвукового воздушно-связанного

магнестрикционного преобразователя. Определены условия размещения излучателя по отношению к объекту контроля.

Пункт 4. Исследованы электроакустические эффекты, возникающие в газоразрядном излучателе в ходе его эксплуатации. Разработана методика его использования в задачах неразрушающего контроля композиционных материалов.

Пункт 5. Предложен метод электроакустической бесконтактной стимуляции композиционных материалов с использованием разработанного газоразрядного излучателя, определены границы его применимости.

Анализ **обоснованности и достоверности** полученных результатов позволяет утверждать, что результаты диссертации получены с использованием современных теоретических и экспериментальных методов. Полученные результаты достоверны и не противоречат общезначимым принципам и ранее опубликованным данным.

Результаты диссертации **обсуждались** на всероссийских и международных конференциях, полнота их опубликования соответствует требованиям ВАК.

Научная и практическая ценность результатов

Д.А. Дерусовой получены новые научные результаты, которые вносят вклад в развитие методов неразрушающего контроля. Практическая значимость работы состоит в разработке научных основ и аппаратуры для создания новых методов неразрушающего контроля композиционных элементов конструкций.

Список замечаний по диссертации и автореферату

1. При выводе соотношений для мощности генерации тепла при ультразвуковом стимулировании дефекта автор достаточно вольно обходится с компонентами тензорных величин. При использовании соотношения (2.6) не сформулирована гипотеза о виде напряжённо-

деформированного состояния, и в результате этого неясно, чему равны остальные диагональные компоненты тензора напряжений?

2. Использовать для соотношения (2.6) определение закона Гука некорректно, т.к. в соотношение уже введены диссипативные слагаемые. При оценке диссипированной энергии интегрирование идёт только по нормальной компоненте напряжений. При этом в соотношении (2.9) появляется коэффициент Пуассона. Это означает, что использована связь с другими компонентами напряжений. Желательно более аккуратно проделать этот вывод.
3. При оценке максимальной деформации пластины (соотношение 2.18) координаты x, y уже имеют конкретные значения, соответствующие центру пластины, и соотношение может быть существенно упрощено для дальнейших выкладок.
4. При анализе изменения температуры не приводятся оценки по величинам теплообмена с окружающей средой и изменением температуры за счёт теплопроводности. Низкий коэффициент теплопроводности исследуемых материалов и короткое время нагрева, по-видимому, делают эти поправки незначительными. Но для методической чистоты эксперимента данный момент требует обсуждения.
5. При экспериментальном исследовании композиционных материалов все исследованные образцы ведут себя как изотропные тела. Ни для одного из исследуемых композиционных материалов нет явного влияния зависимости скорости распространения упругих волн от направления укладки. Чем это вызвано?

Замечания, высказанные по работе, не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Структура диссертации имеет внутреннюю логику изложения. Стиль изложения материала диссертации – ясный, количество ошибок

стилистического и орфографического характера минимально. По своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне данная диссертационная работа соответствует направлению: «Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды» паспорта специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации хорошо отражает содержание диссертации и опубликованных работ. Уровень апробации результатов работы (публикации в международных научных журналах и выступления на конференциях) – соответствует самым высоким требованиям.

Заключение о соответствии работы

п. II 9. Положения о присуждении учёных степеней

Принимая во внимание всё вышеизложенное, считаю, что диссертация Дарьи Александровны Дерусовой является завершённой научно-квалификационной работой, вносящей существенный вклад в развитие методов контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

На основании анализа содержания рукописи и автореферата диссертации можно сделать заключение, что диссертация Д.А. Дерусовой «Разработка и исследование лазерно-виброметрического метода неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов с применением контактных и воздушно-связанных излучателей» полностью соответствует требованиям п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а

её автор Дарья Александровна Дерусова заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
(специальность 1.1.8. – Механика деформируемого твёрдого тела), член-корреспондент РАН,
директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

Адрес: ПФИЦ УрО РАН, 614990,
г. Пермь, ул. Ленина, 13а.

e-mail: roa@icmm.ru

Тел. +7 (3422) 12-60-08.

07.12.2023

Подпись О.А. Плехова заверяю:

Главный учёный секретарь

ПФИЦ УрО РАН

Плехов Олег Анатольевич

Дата

М.П.

Вотинова Анастасия Григорьевна