

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Клопотова Анатолия Анатольевича на диссертационную работу Шагдырова Батора Ильича по теме: «Разработка алгоритмов и методик автоматизированной тепловой дефектоскопии и дефектометрии композиционных материалов» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Актуальность

Диссертационная работа Б.И. Шагдырова посвящена развитию метода активного теплового контроля, а именно, аспектам автоматизации процедуры обработки результатов контроля деталей и узлов из композиционных материалов. Актуальность решаемых в диссертационной работе задач обусловлена необходимостью повышения производительности процедуры обработки данных, а также обеспечения повторяемости результатов теплового контроля, который демонстрирует свою эффективность как при оценке качества полимерных композитов, так и покрытий, и металлов, что представляет высокий интерес со стороны предприятий нефтегазовой, судостроительной, авиационной и ракетно-космической промышленности. На этом основании считаю, что программные алгоритмы автоматизированной обработки данных и методики их применения, представленные в работе Б.И. Шагдырова, являются ощутимым развитием теплового метода контроля, повышающим перспективы его практического внедрения в авиационную и ракетно-космическую отрасли промышленности, а также определённым заданием для дальнейших исследований по созданию автоматизированной аппаратуры активного теплового контроля.

Научная новизна

Бесспорной научной новизной является разработка автоматизированных алгоритмов и методик проведения тепловой дефектоскопии и дефектометрии, результаты которых, демонстрируют меньшую погрешность определения параметров внутренних дефектов полимерных композиционных материалов. В частности, новизной характеризуются исследования, направленные на разработку алгоритмов, обеспечивающих автоматизированное обнаружения дефективных областей и определение их поперечных размеров, с дальнейшим построением бинарной карты дефектов. Отдельно стоит отметить предложенную методику примирения искусственной нейронной сети, основанную на анализе динамических температурных сигналов, а не изображений, которая обеспечивает высокую эффективность автоматизированного обнаружения дефектов, их классификации и определения глубины залегания.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов, в первую очередь, обеспечивается корректностью постановки задач, использованием исследовательского оборудования профессионального уровня, согласованностью результатов измерений с данными численного моделирования и аналитических расчётов, а также непротиворечивостью полученных результатов данным, опубликованным в работах других авторов. О достоверности результатов диссертационной работы свидетельствует также их апробация, которая представлена в виде 7 статей в журналах с хорошим рейтингом.

Практическая и теоретическая значимость работы

Представленные в диссертационной работе Б.И. Шагдырова автоматизированные алгоритмы и методики обнаружения и определения параметров дефектов направлены на решение практических задач по контролю полимерных композиционных материалов, покрытий и металлов и могут быть использованы в составе программного обеспечения новых видов устройств активного теплового контроля, а также в научно-исследовательской и учебной работе.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация представляет собой завершенную комплексную работу, выполненную с соблюдением требований к научному исследованию. Её содержание и структура соответствуют заявленной специальности и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников, включающего 67 работ, содержит 104 страницы текста, 52 рисунка, 15 таблиц и 2 приложения.

Во введении обозначена актуальность темы исследования и степень её разработанности. Сформулированы цели и задачи исследования, представлены положения, выносимые на защиту и научная новизна работы.

В первой главе представляет собой обзор современного состояния методов неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов, а также их сравнительный анализ. Рассмотрены различные способы активного теплового контроля и программные алгоритмы обработки результатов контроля.

Среди процитированной литературы порядка 85 % ссылок на современные научные публикации. Это свидетельствует о том, что Шагдыров Б. И. хорошо знаком с современной областью научного направления, в котором он работает и это позволяет сделать вывод о достаточности глубины проработки обсуждаемого вопроса.

Во второй главе описаны этапы разработки и изготовления наборов контрольных образцов, с имитацией различных дефектов, встречающихся в изделиях из полимерных композиционных материалов, на которых была проведена апробация программных алгоритмов автоматизированной дефектоскопии и дефектометрии. Стоит отметить, что разработка образцов с

известными параметрами дефектов, на которых возможно апробировать системы неразрушающего контроля, является актуальной задачей для всех методов неразрушающего контроля. В этой главе получены новые данные, по изучении дефектов с различной физической природой и показано, что фторопластовые вставки, типичные в ультразвуковом контроле, являются плохими имитаторами воздушных расслоений в композите. Продемонстрировано, что наиболее значимые были получены при использовании вставок из экструдированного пенополистерола. Приведенный в этой главе теоретический анализ позволил диссертанту разработать технологии изготовления контрольных образцов, а также получить несколько типов контрольных образцов композитов с дефектами типа расслоений, вставок, ударных повреждений и воды в сотах.

Третья глава посвящена описанию целого ряда разработанных алгоритмов, посвященных анализу и обработки экспериментальных данных автоматизированной тепловой дефектоскопии. в частности, алгоритма автоматизированной дефектоскопии, работающий на основе поиска максимальной и минимальной температур внутри указанных границ, алгоритма автоматизированного обнаружения температурных аномалий (дефектных отметок) и определения их поперечных размеров, основанного на попиксельном анализе последовательностей термограмм.

В четвёртой главе представлены результаты применения программного алгоритма, реализованного на базе искусственной нейронной сети для автоматизированного обнаружения расслоений в полимерных композитах, а также определения количества воды в сотовых авиационных панелях. В результате испытаний был получен большой массив термограмм (порядка 622 штук) с типичными для теплового контроля шумами и помехами. Диссертант, используя полученные данные, проводил обучение нейронных сетей, которые осуществляли путем подачи на ее вход пяти групп с данными, каждая из которых характеризовала определенную глубину залегания дефекта, а также пяти групп с «целями» — числовыми значениями истинных глубин дефектов.

Важным разделом, представленным в этой главе, является исследование эффективности различных математических преобразований последовательностей термограмм в качестве их предварительной обработки перед использованием алгоритма на базе искусственной нейронной сети.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационной работы, в приложении имеется акт о внедрении результатов диссертационной работы в исследовательской работе ТПУ.

Личный вклад соискателя четко прописан в диссертационной работе и не вызывает вопросов или сомнений.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации хорошо отражает содержание диссертационной работы. Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в научной литературе.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Исследования, приведённые в диссертации, выполнены на высоком уровне в рамках требований, предъявляемых к данному виду научной работы. В целом, диссертация оставляет весьма благоприятное впечатление, однако можно выделить следующие недостатки, требующие пояснения:

1) На стр. 38: приведено предложение: «Образец №2 представлял собой пластину из углепластика размерами 300×200 мм и состоял из 25-ти слоев углеродной ткани толщиной 0,2 мм каждый, между которыми были размещены пластины из фторопласта (тефлона) толщиной 0,05 мм, сложенные вдвое для имитации расслоений». К этому предложению необходимо было бы дать пояснения и провести обоснования применения этих образцов и на сколько правомерно использовать их как имитацию расслоения материала, а не инородных включений.

2) В диссертации приведена методика приготовления поверхности контролируемых образцов при помощи окраски их черной матовой краской для того, чтобы получить коэффициент поглощения поверхности на достаточно высоком уровне 0,96. Следует отметить, что при испытаниях в реальных условиях не всегда получается окрашивание поверхности нужного качества. Поэтому возникает вопрос: возможно ли использование в этих условиях результаты теплового контроля при меньших значениях коэффициента поглощения поверхности?

3) На стр. 67 приведено предложение: «...алгоритм позволяет анализировать пиксельные амплитуды на расстоянии, равном числу пикселей, установленному оператором...». Отсюда вытекает вопрос. Если при испытаниях не достаточно анализируемого расстояния, то возможно ли корректно определить дефект? В том случае, когда оператор будет использовать расстояние значительно больше установленного расстояния, то, возникает вопрос: какой будет результат работы алгоритма?

4) В работе проделана большая работа и приведен целый ряд разработанных программных алгоритмов для автоматизированной обработки данных при тепловом контроле. На мой взгляд, в работе необходимо было бы этот набор алгоритмов вместе с объектами исследований структурировать и представить в виде блок-схемы и это позволило бы наглядно выявить взаимосвязи между областями и объектами исследований, в которых эти алгоритмы работают.

Вместе с тем, отмеченные недостатки не являются принципиальными, не снижают научную ценность работы и не ухудшают общее положительное впечатление о диссертации.

Заключение.

Принимая во внимание вышеизложенное, считаю, что диссертация «Разработка алгоритмов и методик автоматизированной тепловой дефектоскопии и дефектометрии композиционных материалов» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученым степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Диссертация представляет законченный научный труд, результаты которого имеют практическое значение для научных исследований и промышленного применения в неразрушающем контроле композиционных материалов, а Шагдыров Батор Ильич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Я, Клопотов Анатолий Анатольевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 Клопотов А.А.

Официальный оппонент доктор физико-математических наук
(специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния),
профессор кафедры «Прикладная механика и материаловедение»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Томский государственный
архитектурно-строительный университет»

 Клопотов А.А.

« 28 » 11 20 23 г.

Адрес: пл. Соляная, д. 2, 634003, г. Томск, Томская обл., Россия
e-mail: klopotovaa@sibmail.com
Телефон: +7 (3822) 650723

Подпись Клопотова А.А. заверяю:

Ученый секретарь

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Томский государственный
архитектурно-строительный университет»

 Какушкин Ю.А.