

ОТЗЫВ

официального оппонента Барат Веры Александровны
на диссертацию Растегаева Игоря Анатольевича
«Методы и средства обнаружения шумоподобных сигналов источников
акустической эмиссии трибологической и гидродинамической природы на
основе иерархического беспорогового спектрально-временного анализа»

1. Актуальность работы

Метод акустической эмиссии (АЭ) является одним из перспективных методов неразрушающего контроля и обладает уникальными диагностическими возможностями. За счет выявления источников АЭ различной физической природы метод позволяет не только выявлять дефекты на ранней стадии развития, но и проводить диагностирование технологических процессов различного оборудования. Метод АЭ позволяет диагностировать оборудование сложной конструкции, из различных конструкционных материалов, в том числе с ограниченным доступом к поверхности. Однако в настоящее время метод АЭ не находит широкого промышленного применения из-за различных ограничений, связанных как с недостаточной проработкой методических основ применения АЭ контроля, так и с фундаментальными физическими причинами, обусловленными сложностью идентификации различных источников АЭ в условиях промышленного применения метода.

Диссертационная работа Растегаева И.А. направлена на развитие метода акустической эмиссии. Алгоритмы, модели и методы, предложенные автором, формируют новые научные и методические основы промышленного применения метода АЭ. Так, например, подход с использованием имитационного физического моделирования источников АЭ позволяет сделать процедуру контроля более объективной и достоверной, а применение последующей иерархической кластеризацией позволяет автоматизировать процедуру обработки данных и уменьшить долю экспертной оценки при интерпретации результатов АЭ контроля. Следует ожидать, что применение

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»	
Вх. №	18
Дата	11.01.2023

результатов диссертационной работы будет способствовать расширению области применения метода АЭ, повышению доли дефектов, выявленных на ранней стадии развития, и уменьшению вероятности возникновения аварийных ситуаций. В связи с чем, тема диссертации Растегаева И.А. является актуальной.

2. Краткий обзор диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, заключения, семи глав и восьми приложений. Общий объем диссертации составляет 328 страниц и содержит 75 рисунков и 36 таблиц. Оформление работы соответствует ГОСТ Р.7.0.11-2011.

Во введении содержится обоснование актуальности темы диссертационной работы, формулировки целей и задач диссертационного исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость работы. В первой главе автор приводит литературный обзор по теме исследования, и формулирует основные причины, сдерживающие широкое распространение метода АЭ. Также в первой главе вводятся новые термины, в частности, термин «шумоподобный сигнал», являющийся ключевым в данной работе. Во второй главе описаны общие принципы построения иерархического метода анализа шумоподобных сигналов, выявлены его преимущества, приведена область применения. В последнем разделе второй главы описан метод получения опорных АЭ сигналов с помощью имитационного физического моделирования. Третья глава посвящена выбору способов описания шумоподобных АЭ сигналов, при этом автор анализирует различные способы частотно-временного представления и различные дескрипторы, позволяющие проводить классификацию шумоподобных АЭ сигналов. Также в третьей главе вводится система критериальной оценки опасности шумоподобных источников АЭ. Четвертая глава посвящена описанию средств и методов исследования. Приводится описание лабораторных установок, моделирующих трибологические и гидродинамические явления, а также состав применяемой измерительной

аппаратуры. В части методов приводится описание алгоритмов обработки данных на каждом этапе – от предварительной фильтрации до оценки вероятности обнаружения дефектов. Пятая глава посвящена исследованию предложенных алгоритмов, исследование проводится с помощью моделей шумоподобных сигналов и на основании кластеризации данных, полученных в лабораторных экспериментах. В шестой главе приведены результаты апробации предложенных методов с помощью решения различных практических задач контроля статически и динамически нагруженного оборудования. В седьмой главе описаны технические средства, разработанные для реализации предложенного метода.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Приведенные в работе положения, выводы и рекомендации обоснованы теоретически с использованием основ механики разрушения, физической акустики, теории обработки сигналов, а также теории вероятности и математической статистики. Кроме того, все результаты, полученные в работе, подтверждены экспериментально, поэтапной верификацией данных акустических исследований с контрольными параметрами стандартных методов механических испытаний, а также визуальным подтверждением с использованием средств микроскопии, видеозаписи и тепловых измерений.

4. Научная новизна полученных результатов

Научная новизна заключается в разработке комплекса новых эффективных методов анализа и интерпретации потока данных АЭ, которые отличаются от существующих тем, что реализуют беспороговый принцип обработки без применения амплитудного детектирования сигнала, позволяют анализировать данные в различных временных масштабах, а также осуществляют принцип спектрального и временного подобия, который не был известен ранее.

В частности автором

- впервые предложены методы имитации основных механизмов разрушения материала циклически нагруженных элементов в виде узлов трения-скольжения и силовых элементов статического и динамического промышленного оборудования;
- сформулирован новый научный подход выявления и изучения стадийности излучения источников акустической эмиссии, сопровождающих схватывание и пластическое отеснение материала контактирующих элементов узлов трения-скольжения,
- впервые для выявления усталостных трещин использованы закономерности спектрального и временного подобия проявления сигналов непрерывной акустической эмиссии

5. Практическая значимость работы

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенные автором методы доведены до промышленной реализации в форме методик контроля и устройств, способствующих их реализации. В частности, автором предложены:

- способ повышения точности локации шумоподобных источников акустической эмиссии (Патент № 2515423);
- способ диагностики динамического промышленного оборудования (Патент № 2684709);
- методика оценки поврежденности цапф сушильных цилиндров картоноделательных машин (№ МАЭК-СЦКДМ-001-2019).
- стенд, реализующий предложенный метод имитации основных источников акустической эмиссии без повреждения объектов контроля (Патент № 2608969),
- преобразователь акустической эмиссии повышенной надежности (Патент № 2601270)
- универсальный акустический волновод (Патент № 2665360).

6. Публикации и апробация результатов работы

Основное содержание диссертационной работы изложено в 48 публикациях, в том числе: 22 статьях (из которых 5 опубликованы в журналах входящих в перечень рецензируемых научных изданий рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ по специальности 2.2.8 и 12 в соответствующих профилю изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus), также Растегаев И.А. является соавтором монографии и 5 патентов. Результаты диссертационной работы были доложены на 20 международных и российских конференциях.

7. Замечания по диссертационной работе

7.1 Определение «шумоподобный сигнал» в тексте диссертации сформулировано недостаточно строго с точки зрения математической модели сигнала. Из определения, на стр.27-28, сложно сделать однозначный вывод, является ли шумоподобный сигнал непрерывным процессом, или может быть также и импульсным.

При перечислении источников шумоподобных сигналов автор указывает как источники, генерирующие непрерывные сигналы (трение, утечка), так и импульсные (осадки, электрические помехи). Однако далее по тексту многократно проводится противопоставление шумоподобных и импульсных сигналов, например при выборе признаков (стр.90, стр. 111).

7.2 Также есть вопросы, связанные с полнотой литературного обзора. В разделе 3.2 стр.109 автор указывает, на отсутствие работ по комплексному сравнению частотно-временных преобразований сигналов, в то время как существует ряд фундаментальных трудов, посвященных этим вопросам

- Time and Frequency Representation of Signals and Systems./Longo G., Picinbono B., editors. - Springer Verlag, 1989.
- Time-frequency signal analysis. Methods and applications./ B.Boashash, editor. - New York.: Wiley Halsted Press, 1992.

- Слесарев Д.А. "Обнаружение и фильтрация сигналов в неразрушающем контроле", Москва, 2011

7.3 В главе 3, в частности в разделе 3.4, содержатся декларативные выводы, связанные с выбором признаков для описания шумоподобных сигналов. Более предпочтительно, с точки зрения наглядности, сначала определить модели типичных шумоподобных сигналов, как в разделе 4.1, а затем обосновать информативность выбранных представлений на их примере.

7.4 В разделе 4.3.4 автором предлагается оценивать вероятность обнаружения дефекта с помощью локации, как отношение общего количества событий в месте расположения дефекта к общему количеству событий. В этом случае формула вызывает некоторые сомнения, так как она не опирается на критерий обнаружения дефекта, а общее количество событий никак не характеризует обнаруживаемый дефект. Например, при низкой плотности локаций на локационной карте большой площади, вероятность обнаружения дефекта будет существенно занижена по сравнению с фактической.

7.5 В диссертационной работе предложен метод идентификации источников АЭ на основании опорных данных с помощью алгоритмов классификации. При исследовании алгоритмов автор опирается на данные физических экспериментов, моделирующих процессы фрикционного износа, такие данные являются реалистичными с точки зрения практического применения метода, однако присутствует доля априорной неопределенности, связанная с отсутствием объективной информации о принадлежности сигнала тому или иному классу. Полученные результаты являются правдоподобными и не противоречат принятым физическим моделям, однако при таком подходе ложно провести расчет стандартных статистических мер, позволяющих количественно оценить эффективность классификации.

8. Заключение

Диссертационная работа Растегаева Игоря Анатольевича «Методы и средства обнаружения шумоподобных сигналов источников акустической эмиссии трибологической и гидродинамической природы на основе иерархического беспорогового спектрально-временного анализа», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», представляет собой законченное исследование выполненное на высоко научно-техническом уровне. Диссертационная работа содержит новые научно обоснованные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития акустико-эмиссионного контроля. Работа соответствует пунктам 3 и 4 паспорта специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», а ее автор Растегаев Игорь Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры
диагностических информационных
технологий Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»

Барат Вера Александровна

В. Барат

30.12.22



Барат Вера Александровна

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И. ПОЛЕВАЯ

Л.И. Полевая