

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кутузова Никиты Анатольевича «Разработка методов пространственной обработки случайных сигналов в приложении к задаче локализации источников вибрации с использованием конечно-элементного моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4 – Радиофизика, 1.3.7 – Акустика

Развитие стандартов и технологий при проектировании, создании, обслуживании техники предъявляет новые требования к методам диагностики. Для получения необходимой информации о механической системе, ее текущем состоянии, характеристиках шумоизлучения активно используются сети вибродатчиков. Измерения и анализ значений уровня вибрационного поля позволяет предположить наличие неисправности, определить местоположение дефектного механизма/устройства в конструкции, сделать прогноз о дальнейшем функционировании системы. Вибрационная диагностика машин, механизмов и конструкций меняется и совершенствуется путем внедрения новых алгоритмов пространственно – временной обработки данных. Стоит отметить, что постановка задачи здесь зачастую дает возможность исследователю использовать опыт, накопленный в других сферах радиофизики.

Определение неизвестных параметров источника повышенного виброизлучения является одной из таких задач. Диссертация Кутузова Н.А. посвящена разработке и исследованию методов обработки сигналов виброизмерений при решении задачи локализации источников вибрации. Тематика работы несомненно является **актуальной и соответствует специальностям 1.3.4 – Радиофизика (физико-математические науки), 1.3.7 – Акустика (физико-математические науки).**

Автор разработал методы пространственно – временной обработки сигналов, опирающиеся на известные принципы и техники радиофизики и акустики.

В введении автор предлагает достаточно разносторонний и подробный обзор современного состояния темы вибродиагностики в свете задачи определения источника вибраций.

В главе 1 автор рассматривает задачу поиска виброисточника в предположении его единственности. Для подобной постановки, на основе принципа максимального правдоподобия, автор предлагает новый эффективный алгоритм локализации. Алгоритмы, разработанные автором в работе, предполагают сравнение или сопоставление результатов измерений с сети распределенных вибродатчиков с результатами предварительного конечно – элементного моделирования для объекта при разных конфигурациях источника. В модели сигнала используется неизвестная случайная временная форма сигнала источника, что разумно для ситуации недостатка априорной информации и дает определенную универсальность. Предлагается также упрощенный вариант алгоритма, обладающий меньшей вычислительной сложностью. Приводятся результаты моделирования и апробации на двух экспериментальных конструкциях.

В главе 2 рассматривается проблема локализации источников при наличии помех, роль которых играют другие виброисточники. Оказывается, что прямое применение метода максимального правдоподобия является затруднительным вследствие высокой вычислительной сложности в данном случае, и на основе алгоритма сверхразрешения MUSIC предлагается адаптированный для вибродиагностики метод локализации нескольких источников. Метод позволяет успешно решать задачу вибродиагностики конструкции в условиях сложных, нестационарных пространственных конфигурациях вибрационного поля. Предполагается и определение вероятного числа источников и нахождение их местоположения.

Третья глава посвящена разработанному проекционному алгоритму сопоставления данных реальных измерений и априорных, полученных предварительным численным моделированием. Данный алгоритм позволяет предварительно откалибровать датчики, удалив из расчета неисправные как

аппаратно, так и (в чем ключевая особенность) имеющие погрешности, связанные с существенным различием реального сигнала и его модели. Стоит отметить невысокую вычислительную сложность этой процедуры. Устранение таких измерений позволяет улучшить получаемые результаты, в том числе и избавляться от неудовлетворительной, аномальной локализации (аномальная ошибка). Приведены также сведения об успешной апробации в задаче пеленгации акустических источников, что показывает высокую степень универсальности алгоритма.

Научные положения и выводы, полученные в диссертации, обладают **новизной**, представляются **обоснованными и достоверными**. **Обоснованность и достоверность** научных положений и выводов подтверждаются их сравнением с результатами математического моделирования, экспериментальной апробации и отсутствием противоречий результатов диссертации известным положениям радиопизики и акустики.

Основные новые научные результаты, полученные автором :

1. Предлагаемый алгоритм локализации виброисточника, основанный на принципе максимума правдоподобия, и его упрощенный вариант, позволяют определять с значительно меньшими погрешностями (в сравнении с ранее предложенными алгоритмами) неизвестные параметры источника (положение и ориентация неизвестной силы).
2. Разработанный модифицированный метод MUSIC дает возможность обнаружить несколько виброисточников в существенно большем числе частотных полос, в сравнении с традиционными методами.
3. Созданный проекционный алгоритм, согласующий модельные и экспериментальные данные, позволяет увеличить эффективность поиска источников, устранить ошибки измерений, причем в разных приложениях, где возникает обратная задача.

Результаты диссертационной работы имеют **теоретическую и практическую ценность**. На основе принципов пространственной обработки сигналов разработаны, исследованы и апробированы алгоритмы локализации

виброисточников. Полученные автором результаты обладают значимостью в области развития методов исследования и анализа процессов, связанных с шумами и вибрациям, применения новых подходов при решении обратных задач. Алгоритмы локализации обладают большим потенциалом при проведении вибро- и акустической диагностики механических систем. Алгоритм, согласующий экспериментальные и модельные данные (предложенный в третьей главе) и обнаруживающий ошибки данных различного рода может быть успешно применен в работе распределенных систем, антенных комплексах и прочих средств измерений. Результаты диссертации легли в основу модулей программного обеспечения численного моделирования и диагностики “САТЕС”.

По диссертационной работе Кутузова Н.А. имеется ряд **замечаний**:

1. Задача локализации сосредоточенных источников решалась в предположении о наличии априорной информации об их существовании. При этом не определена вероятность принятия ложного решения о наличии неоднородности, что может приводить к недостоверным сведениям об их расположении. В связи с этим для возможности практического применения полученных результатов было бы интересно рассмотреть методы обнаружения неоднородностей и их статистические характеристики.
2. Для задачи определения аномалий данных при использовании микрофонной антенной решетки автор не приводит сведений о размерности пространства главных компонент в исследуемом частотном диапазоне.
3. Присутствует ряд недостатков оформления, оставляющих неясности (к примеру, на ряде распределений отсутствуют численные маркеры на шкале целевой функции)

Сделанные замечания не снижают научной ценности полученных результатов. Тематика и содержание диссертации соответствуют специальностям 1.3.4 – Радиофизика, 1.3.7. – Акустика. Основные результаты являются новыми,

обоснованными и представляют интерес с теоретической и практической точек зрения, опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа Кутузова Н.А. «Разработка методов пространственной обработки случайных сигналов в приложении к задаче локализации источников вибрации с использованием конечно-элементного моделирования» является завершённой научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Кутузов Никита Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4 – Радиофизика, 1.3.7 – Акустика.

Официальный оппонент:

ведущий научный сотрудник  Мякинков Александр Валерьевич
публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз»
имени академика А.А. Расплетина»,
профессор, доктор технических наук
(05.12.14 –Радиолокация и радионавигация)

27.08.2026

Адрес организации: 125190, г. Москва, Ленинградский проспект, д.80, корп.16.

Телефон: +7 905 192-65-03.

E-mail: redvillage@mail.ru

Подпись Мякинкова Александра Валерьевича заверяю:

Заместитель директора НИЦ-НН по науке



 Е.А. Маврычев