

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО" МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 30.09.2026 г. № 15.

О присуждении Кутузову Никите Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка методов пространственной обработки случайных сигналов в приложении к задаче локализации источников вибрации с использованием конечно-элементного моделирования» по специальностям 1.3.4. – Радиофизика, 1.3.7 – Акустика принята к защите 22 апреля 2026 г., протокол № 11, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособнадзора № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Кутузов Никита Анатольевич, 11 октября 1993 года рождения, в 2014 году окончил бакалавриат Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 010400 «Информационные технологии», в 2016 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», в 2020 году окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

В период подготовки диссертации Кутузов Никита Анатольевич обучался в аспирантуре и работал и работает в настоящее время в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В.Гапонова-Грехова Российской академии наук» в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в отделе физической акустики Центра Гидроакустики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В.Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Родионов Александр Алексеевич, заведующий лабораторией обработки многомерных сигналов

отдела физической акустики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В.Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. Мякинков Александр Валерьевич, доктор технических наук (специальность 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация), профессор, ведущий научный сотрудник публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»
2. Иголкин Александр Алексеевич, доктор технических наук (специальность 01.04.06 – Акустика), доцент, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина Самарского университета.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), г. Москва, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 03.09.2026, подписанном доктором физико-математических наук (специальность 01.04.06 – Акустика) Бобровническим Юрием Ивановичем, заведующим отделом теоретической и прикладной акустики ИМАШ РАН и кандидатом технических наук (специальность 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин), младшим научным сотрудником ИМАШ РАН, Карповым Иваном Андреевичем, указала, что диссертация Кутузова Никиты Анатольевича удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Кутузов Никита Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4 – Радиофизика, 1.3.7. – Акустика.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в 2 статьи в журналах, включенных в библиографические базы данных Web of Science, Scopus, 1 статья опубликована в журнале, включенном в перечень ВАК и базу данных RSCI. Результаты диссертации были представлены на научных конференциях, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается в постановке задач, разработке методов, проведении аналитических расчетов, компьютерного моделирования, экспериментальной апробации, обсуждении полученных результатов и подготовке их к печати.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Kutuzov N. A.** Study of the possibility of localizing multiple vibration sources in a mechanoacoustic system with a large number of degrees of freedom/ **N. A. Kutuzov, A. A. Rodionov, A. V. Stulenkov, A.S.Suvorov**// *Acoustical Physics*.– 2020. – Vol. 66.– No 3. – P. 313–319.
2. **Kutuzov N. A.** Localization of Multiple Vibration Sources Using a Modified MUSIC Algorithm / **N. A. Kutuzov, A. A. Rodionov, A. V. Stulenkov** // *Physics of Wave Phenomena*. – 2024. – Vol. 32. – No. 1. – P. 56–66.
3. **Кутузов Н. А.** Проекционный метод определения аномальных датчиков в задачах виброакустики / **Н. А. Кутузов, А. А. Родионов** // *Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]*. – 2024. – № 12. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/dec24/8/text.pdf>

На диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва от:

1. Бляхмана Александра Борисовича, доктора технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация, главного конструктора по направлению Акционерного общества “Федеральный научно-производственный центр “Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники””
2. Болховской Олеси Викторовны, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, доцента кафедры статистической радиофизики и мобильных систем связи радиофизического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
3. Маврычева Евгения Александровича, кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения, Заместителя директора НПЦ-НН по науке

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

1. Одно из замечаний касается моделирования вибрационного поля сигналов, описываемых формулой (1.1) главы 1 на стр. 21. Эта модель сигнала верна, как нетрудно показать, только для точечного силового источника. Похожая формула будет, скорее всего, также и для точечного кинематического источника. Однако она неверна для источников конечных размеров, какими являются реальные источники вибраций (в диссертации говорится о машинах и механизмах). Для протяженного источника зависимость поля вибраций от координат места его установки значительно усложняется, а применение теоремы взаимности также не очевидно. В описанных в диссертации лабораторных экспериментах в качестве источников использовались пьезоэлектрические

возбудители, которые можно считать точечными. Так что сомнений в правильности используемой модели не возникает.

Однако при проведении будущих натурных экспериментов на машинах и механизмах их моделирование точечными источниками может вызвать дополнительное рассогласование теории и эксперимента и увеличение ошибок метода. Поэтому в дальнейшем развитии полученных в диссертации результатов может потребоваться разработка более точных моделей сигналов, основанных на более сложных и адекватных моделях источников вибраций.

2. Во Введении диссертации и в автореферате в разделе «Научная новизна диссертационной работы» написано: «1. На основе принципа максимума правдоподобия разработан ранее не применявшийся метод локализации единственного виброисточника... Показано, что разработанный метод обладает меньшими погрешностями оценок параметров виброисточника (местоположение и ориентация), в сравнении с известными методами». Эта формулировка не вполне точна. Метод, предложенный в диссертации, состоит из нескольких составных частей. Помимо принципа максимума правдоподобия, в нем используются пространственная обработка сигналов, конечно-элементное моделирование, другие современные методы обработки сигналов. Все они дают свой отдельный и совместный вклад в результирующую точность разработанного в диссертации метода. Кроме того, «честного» сравнения с известными методами, т.е. сравнения в одинаковых условиях, насколько можно понять, в диссертационной работе не проводилось.

3.Ряд ключевых параметров предложенного в главе 3 алгоритма (порог критерия CPV, конкретный вид функции отбора (3.3), множитель в пороговом правиле (3.5)) выбран, по указанию самого автора, произвольно. Желательно привести обоснование их выбора или анализ чувствительности результатов к этим параметрам.

4.Номера сессий Российского акустического общества в разделе «Апробация результатов» содержат неточности.

5.Совпадают ссылки [26] и [71] в списке литературы.

6. В п. 2.2 при указании взаимных положений пары виброисточников дана ссылка на рисунок 2.3, тогда как положения источников показаны на рисунке 2.2.

7.Имеется расхождение в описании одного и того же эксперимента в главах 2 и 3, хотя в главе 3 прямо указано, что условия те же: мощность второго источника в положении II - 3,5 дБ / 10 дБ; длительность сигнала - 2 / 2,5 мин.

Расхождение требует уточнения.

8.В тексте встречается ряд опечаток, в том числе: повтор слов в подписи к рис. 1.3; «коэффициента» вместо «коэффициента»; «методов, описанные в предыдущих главах», «а чем на других», «в трех направления» (п. 3.1-3.2); «принципа», «упрощенной модификации» вместо «модификацией» (Заключение); опечатка в фамилии научного руководителя в тексте благодарности («Родинову» вместо «Родионову»); «конечно-элементного моделирование» в расшифровке аббревиатуры КЭМ.

Замечания из отзыва официального оппонента Мякинкова А.В.

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)

Замечания из отзыва официального оппонента Иголкина А.А.

1. В работе приведены результаты экспериментальной апробации алгоритмов, при этом на конструкции устанавливается существенное число вибродатчиков, обладающих определенной массой. Автор не делает оценки относительно степени влияния, установленных датчиков на результаты эксперимента.

2. Автором указан принцип определения числа источников по спектру собственных чисел выборочной корреляционной матрицы принятого сигнала, но не представлена численная граница для определения порога, разделяющего сигнальные и шумовые собственные числа.

3. В третьей главе не совсем ясным остается вопрос эффективности предлагаемого проекционного алгоритма в зависимости от количества модельных главных компонент.

Замечания из отзыва на автореферат Бляхмана А.Б.

1. Автором не выделено в результатах исследований, что именно составляет новизну. Раздел «Основные результаты диссертации» и «Научная новизна диссертационной работы» практически повторяют друг друга.

2. В разделе «Положения, выносимые на защиту», пункт 3, не расшифровано, что значит «позволяет существенно улучшить результат...» (стр.9).

3. Не пояснено, что такое «жадная» модификация метода наименьших квадратов (стр. 22).

Замечания из отзыва на автореферат Болховской О.В.

1. При описании проекционного алгоритма определения аномальных измерений (глава 3) вводится функция отбора (11), основанная на отношении проекций векторов экспериментальных данных на пространства старших и младших собственных векторов. Однако физическая интерпретация этой функции раскрыта недостаточно подробно. В

частности, не совсем ясно, почему именно такое отношение позволяет надежно выделять аномальные датчики, и как выбор порогового значения (13) влияет на вероятность пропуска или ложного обнаружения аномалии.

2.В автореферате отмечается, что вычислительная сложность предложенного проекционного алгоритма существенно ниже сложности «жадного» алгоритма. При этом конкретные оценки вычислительной сложности, например в виде зависимости времени работы от числа датчиков и узлов конечно-элементной модели, не приводятся. Было бы полезно увидеть такое сравнение, особенно для случаев с большим числом датчиков.

Замечания из отзыва на автореферат Маврычева Е.А.

1.Выбор некоторых параметров обработки сигналов и алгоритмов (например, порог при выборе числа компонент в главе 3, ширина полосы при обработке сигналов и т.д.) требуют больших пояснений.

2. Присутствуют мелкие опечатки, некоторые рисунки могли бы быть пропечатаны лучше и т.д.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

На основе принципа максимума правдоподобия для случая единственного виброисточника разработан метод локализации виброисточника, предполагающий пространственную обработку сигналов, использование конечно-элементной модели конструкции. На основе численного моделирования и экспериментальной апробации с двумя конструкциями показана эффективность и большая точность при оценке неизвестных параметров источника, в сравнении с известными методами.

Для случая наличия нескольких виброисточников, на основе метода сверхразрешения MUSIC, разработана модификация метода, позволяющая качественно решать задачу локализации нескольких источников. При использовании разработанной модификации источники разрешаются в большем числе частотных полос в сравнении с методами наименьших квадратов и максимума правдоподобия, рассчитанными на единственный источник (использование данных методов, рассчитанных на несколько источников, затруднительно из-за слишком высокой вычислительной сложности). Показана возможность определения количества работающих виброисточников по спектру собственных чисел корреляционной матрицы сигнала, показано, что суммирование целевых функций модифицированного метода MUSIC позволяет улучшить результат локализации.

Для решения задачи идентификации ошибок измерений на датчиках (аппаратных и связанных с рассогласованием реальной и полученной расчетом функций коэффициентов передачи) при решении обратных задач предложен алгоритм, относящийся к

проекционным алгоритмам. Работа алгоритма основана на сопоставлении численной модели и исследуемого объекта. Экспериментально и имитационным моделированием показана эффективность алгоритма при обнаружении аномалий измерений в задаче локализации виброисточника и шумопеленгации с использованием микрофонных решеток. Применение алгоритма позволяет существенно улучшить результат локализации. Алгоритм может быть использован и в других приложениях при решении обратных задач.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что разработаны методы локализации одного и нескольких виброисточников, а также проекционный алгоритм определения ошибок измерений на датчиках. В работе развиваются методы пространственной и статистической обработки случайных сигналов при решении обратных задач, а также методы контроля и диагностики шумов и вибраций. Полученные результаты диссертации вносят вклад в развитие радиофизики и акустики.

Значение полученных соискателем результатов для практики определяется возможностью использования предложенных методов пространственной обработки сигналов для вибрационной и акустической диагностики машин, механизмов, сложных конструкций. Результаты использованы при разработке программного обеспечения САТЕС, предназначенного для проектирования и диагностики техники, могут быть востребованы для производства соответствующих работ в организациях судостроительной, авиационной, энергетической и других отраслей.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что изложенные в диссертационной работе результаты подтверждаются численным моделированием и экспериментальной апробацией, а также отсутствием противоречий результатов диссертации известным положениям радиофизики и акустики.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, разработке методов, проведении аналитических расчетов, компьютерного моделирования, экспериментальной апробации, анализе результатов и подготовке их к печати.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) За что отвечает такой параметр предлагаемого проекционного алгоритма как количество временных отсчетов L ? Вы говорите о случайных сигналах, для алгоритма, излагаемого в третьей главе, насколько это принципиально?
- 2) Стоит ли производить усреднение по частоте для алгоритма отбора датчиков?
- 3) Многие конечно-элементные модели довольно сложны, вы рассчитываете коэффициенты передачи для всех возможных положений и ориентаций источников? Не займет ли это слишком много времени?
- 4) Поясните как оценивать влияние качества модели, сеточного разбиения, на результат локализации?

Соискатель Кутузов Н.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания и привел собственную аргументацию:

- 1) Данный параметр отвечает в функции проекционного алгоритма за временное усреднение функций отбора, такое усреднение может дать более точные оценки качества данных на датчиках. При этом я могу и не производить такого усреднения, взяв один отсчет сигнала. Применять алгоритм я могу, как для случайных сигналов, так и для детерминированных.
- 2) Наличие ошибок датчика в большом количестве частотных полос, в которых проводится оценка, может приводить к гипотезе о его аппаратной неисправности. При этом принципиально проводить анализ с использованием проекционного алгоритма и отдельно, по каждой частотной полосе, поскольку один датчик в силу большего рассогласования модели и объекта на какой-то частоте может быть аномальным, а на другой частоте оказаться полезным для решения задачи.
- 3) Я рассчитываю коэффициенты передачи по принципу взаимности и для сложных моделей, с десятками и сотнями тысяч узлов. Это может занимать несколько часов на ПЭВМ, но даже при большем числе (миллионы) узлов не так много времени требуется, учитывая что коэффициенты считаются предварительно и хранятся в памяти для последующей работы.
- 4) Я могу пользоваться критерием сеточной сходимости при построении конечно-элементной модели, но даже для не очень качественных моделей возможна хорошая локализация. При анализе степени влияния модели на результат локализации можно воспользоваться косвенными признаками, например, абсолютными значениями целевой функции метода наименьших квадратов, связанными с коэффициентом корреляции между моделью и экспериментом или поведением функции отбора из главы 3.

На заседании 30.09.2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития радиофизики и акустики, присудить Кутузову Н.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4. – Радиофизика, 1.3.7 – Акустика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек из них 7 докторов наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, 6 докторов наук по специальности 1.3.7. – Акустика, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 16, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

30.09.2026

