

## ОТЗЫВ научного руководителя

на диссертацию 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.

Кутузов Никита Анатольевич после окончания радиофизического факультета ННГУ (магистратура) поступил в аспирантуру ННГУ. На третьем курсе аспирантуры в 2018 году он начал свою работу в отделе физической акустики, где сразу включился в тематику исследований, проводимых в отделе. В тот период в отделе велись работы, посвященные локализации источников вибраций на механической конструкции по сигналам с вибродатчиков, расположенных на этой конструкции. Для этого использовалась конечно-элементная модель конструкции, которая позволяла рассчитывать комплексные коэффициенты передачи из любой точки конструкции (точки приложения силы) в любую точку установки вибродатчика. Задача локализации источников вибраций актуальна при диагностике конструкций и механизмов с целью снижения их вибраций и звукового излучения, а также при поиске неисправностей и дефектов. Отмечу, что ранее в отделе были разработаны и апробированы методы для локализации единственного источника. На практике источников вибраций может быть больше одного. Соответственно, целью работы Кутузова была разработка метода, позволяющего эффективно искать несколько источников. Кроме того, интересно было исследовать вопрос об оптимальности использованных ранее методов локализации единственного источника вибрации. Обе задачи были успешно решены Кутузовым Н.А. Для локализации нескольких источников вибраций была предложена специальная модификация метода MUSIC. Численно и экспериментально показано превосходство предложенного алгоритма по сравнению с ранее используемыми методами. Для локализации одного источника на основе принципа максимального правдоподобия были получены два метода, различающихся эффективностью и вычислительной сложностью. Показано, что оба метода дают близкую погрешность локализации. При этом первый, более строгий подход дает более точную оценку приложенной силы. А

второй, упрощенный вариант обладает более низкой вычислительной сложностью. Отмечу, что Кутузов занимался выводом аналитических выражений для всех разрабатываемых методов, их численным и экспериментальным исследованием. А также участвовал в создании демонстрационного макета, показывающего работу разработанных алгоритмов в реальном времени.

Результаты работы Кутузова Н.А. использовались при разработке программного обеспечения высокопроизводительного численного моделирования виброакустических характеристик и акустической диагностики «САТЕС» в рамках соответствующего гранта-субсидии Минпромторга.

Дальнейшая деятельность Кутузова Н.А. была направлена на поиск путей улучшения результатов локализации источников. Здесь стоит отметить, что источники вибраций могут быть широкополосными. Именно такой случай рассматривался Кутузовым в диссертационной работе. При этом локализация осуществлялась независимо в каждой частотной полосе. В каждом рассматриваемом экспериментальном сценарии находились полосы, в которых не получалось успешной локализации (слишком большая ошибка). Либо отсутствовало разрешение в случае двух источников. Это связано с тем, что конечно-элементная модель и реальная конструкция всегда имеют некоторое несоответствие (рассогласование). Таким образом, хотелось добиться максимально возможного числа удачных полос путем улучшения применяемого алгоритма обработки. В результате глубокого сравнительного анализа данных эксперимента и численной модели выяснилось, что указанное рассогласование может быть различным на разных вибродатчиках и в разных частотных полосах. В связи с этим у Кутузова возникла идея отбора таких неудачных датчиков отдельно для каждой частотной полосы. Интуитивно казалось, что такой отбор датчиков (с последующим их удалением) должен улучшить качество реализации. Соответственно, возникла необходимость разработки метода такого отбора. Эта задача была также успешно решена Н.А. Кутузовым. Был предложен специальный алгоритм отбора, основанный на проекции сигнального подпространства, полученного по численной модели коэффициентов передачи, на подпространство принятого сигнала. Эта проекция анализировалась в зависимости от номера отбрасываемого датчика. При отбрасывании неудачных датчиков проекция сильно возрастала, поскольку увеличивалась общая «похожесть» модели и эксперимента. Предложенный метод был проанализирован численно и экспериментально. Было показано, что он позволяет существенно увеличить число удачных полос в задаче локализации

источников вибраций. Отмечу, что предложенный метод не является специфическим для вибрационной задачи и для упомянутого типа рассогласования. В диссертации рассмотрена также задача отбора «плохих» приемников в приложении к пеленгации источников плоских волн с помощью планарной решетки микрофонов. На экспериментальных данных показана высокая эффективность предложенного метода и для данной задачи. На мой взгляд, предложенный алгоритм имеет большой потенциал для решения подобных задач в других областях науки и техники.

Замечу, что Кутузов Н.А. параллельно работе над диссертацией принимал участие в нескольких научных и прикладных работах. В них он также успешно решал поставленные перед ним задачи.

В итоге Н.А. Кутузов стал, с одной стороны, квалифицированным теоретиком, умеющим решать сложные задачи в области статистической обработки сигналов в антенных решетках, и, с другой стороны, опытным специалистом, хорошо понимающим специфику реальных сигналов.

На мой взгляд, диссертация Н.А. Кутузова отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4 – Радиофизика, 1.3.7 – Акустика.

Заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика)

Родионов Александр Алексеевич

Почтовый адрес: 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46. Телефон: +7 (831) 164-774. e-mail: [alexr@ipfran.ru](mailto:alexr@ipfran.ru).

Сведения о Родионове Александре Алексеевиче заверяю,  
Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»,  
к.ф.-м.н.

« 1 » декабря 2025 г.



Корюкин И.В.

М.П.