

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.214.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ТИХООКЕАНСКОГО  
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.И. ИЛЬЧЕВА  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 16.12.2022 г. № 4

О присуждении Ершову Виктору Валерьевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка новых алгоритмов настройки плоских микрофонных антенн для эффективной локализации источников звука монопольного и дипольного типа» по специальности 1.3.7 – «Акустика» принята к защите «05» октября 2022 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.214.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43, утвержденным приказом Минобрнауки России № 714/нк от 2 ноября 2012 г.

Соискатель Ершов Виктор Валерьевич, «07» января 1993 года рождения, в 2017 г. окончил Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ) по специальности «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

В 2021 г. окончил аспирантуру ПНИПУ по специальности 16.06.01 – «Физико-технические науки и технологии».

Работает старшим преподавателем в ФГАОУ ВО ПНИПУ, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» с 2021 года. Работал в Лаборатории механизмов генерации шума и модального анализа Центра акустических исследований ПНИПУ с 2014 по 2021 гг. в должности инженера и младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» и в Лаборатории механизмов генерации шума и модального анализа Центра акустических исследований Федерального государственного автономного учреждения высшего образования Пермского национального исследовательского политехнического университета, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Копьев Виктор Феликсович, гражданство РФ, основное место работы Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского, начальник научно-исследовательского центра аэроакустики Московского комплекса ЦАГИ.

Официальные оппоненты:

Комкин Александр Иванович, гражданство РФ, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность»;

Шанин Андрей Владимирович, гражданство РФ, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», доцент кафедры акустики физического факультета МГУ;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное Общество «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева» (АО «АКИН»), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Мироновым Михаилом Арсеньевичем, кандидатом физико-математических наук, Теоретический отдел АО «АКИН», старший научный сотрудник, утвержденном Мальцевым Алексеем Валерьевичем, генеральным директором АО «АКИН», указала, что диссертационная работа носит актуальный характер, полученные в результате проведения работы средства (созданная антенная решетка и пакеты программ) являются готовым инструментом для исследований различных источников аэродинамического шума. Автореферат и публикации автора достаточно полно и точно передают содержание и основную суть диссертационной работы.

Диссертационная работа Ершова В.В. на тему «Разработка новых алгоритмов настройки плоских микрофонных антенн для эффективной локализации источников звука монопольного и дипольного типа» соответствует паспорту научной специальности 1.3.7 – «Акустика» и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Представленная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а сам соискатель – Ершов Виктор Валерьевич – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.7 – «Акустика».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и входящих в международные базы данных научного цитирования Scopus и Web of Science. Полученные результаты прошли апробацию на 5 международных и 10 всероссийских научных конференциях. В опубликованных работах отражены основные результаты диссертации. Основные работы по теме диссертации:

**Ершов В.В.** Верификация алгоритмов идентификации положения источников звука // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 6. – С. 105-108. (Вклад соискателя 100%).

Копьев В.Ф., Храмцов И.В., **Ершов В.В.**, Пальчиковский В.В. О возможности использования единичной временной реализации для исследования шума вихревых колец // Акустический журнал. – 2019. – Т. 65, № 1. – С.48-57. (Вклад соискателя 15%).

**Ершов В.В.** Проектирование конструкции лучевой микрофонной антенны с возможностью быстрой перенастройки её конфигурации // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 11. – С. 20-23. (Вклад соискателя 100%).

**Ershov V.**, **Palchikovskiy V.** Designing planar microphone array for sound source localization // Akustika. – 2019. – Vol. 32. – P. 123-129. (Вклад соискателя 70%).

Ershov V., Khramtsov I., Kustov O. Determination of monopole and dipole sources of flow around a cylinder using a virtual microphone array // Akustika. – 2021. – Vol. 39. – P. 78-83. (Вклад соискателя 65%).

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов:

- от к.ф.-м.н. Демина И.Ю., доцента кафедры акустики радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Замечания в отзыве отсутствуют.

- от к.ф.-м.н. Зайцева М.Ю., ведущего научного сотрудника НИО-9 МК ФАУ «ЦАГИ». Замечания:

1. На рисунке 3 (страница 12) наблюдается повышение уровня боковых лепестков настроенной решетки в частотном диапазоне до 1,5 кГц. Как данный эффект влияет на качество локализации источников звука оптимизированной антенной в этом частотном диапазоне?

2. На рисунке 10 (страница 16) отсутствуют подписи осей диаграмм направленности.

3. Полученные в работе результаты в основном относятся к плоским

микрофонным антеннам, имеющим лучевую конструкцию и расположение микрофонов на этих лучах. Однако, известны плоские антенны со спиральным расположением микрофонов и даже случайными координатами микрофонов. В работе не проводится оценка применимости развитых методов оптимизации для таких классов антенн.

- от д.т.н. Иголкина А.А., доцента, профессора кафедры автоматических систем энергетических установок ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева». Замечания:

1. В тексте автореферата не отмечено, чем объяснено смещение источника шума струи ближе к срезу сопла при использовании шевронного насадка относительно конического.

2. Отсутствует оценка неопределенности измерений по ГОСТ Р 50.2.038-2004.

- от к.т.н. Миронова А.К., ведущего научного сотрудника отделения газовой динамики и теплофизики ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Замечания:

1. Основными претензиями оппонента к материалам, представленным в автореферате, является то, что, во-первых, все данные, иллюстрирующие локализацию источников в реальных потоках (вихревое кольцо, затопленная струя, обтекание цилиндра, обтекание пластины), носят исключительно качественный характер. В том числе на рис. 1, 5, 12, 13 даже не приводятся легенды уровней звукового давления, полученного в эксперименте. Во-вторых, верификация картин визуализации проводится только на основании сравнения с результатами измерений с помощью аналогичных микрофонных решеток. При этом используются интуитивные понятия о точности полученных результатов (например, более компактное расположение источников). Типичной для сравнения различных данных является цитата из заключения: «В результате было получено визуальное подтверждение эквивалентности областей распределения источников на картах локализации» (стр. 22 автореферата). В настоящее время известно большое количество расчетных и экспериментальных методов, отличных от бимформинга, которые косвенно позволяют определять

расположение источников аэродинамического шума. В том числе, для затопленной струи воздуха имеется экспериментально подтвержденная зависимость  $x/d=1.56(fd/u)^{-1}$ , где  $x$  - расстояние от среза сопла,  $d$  - диаметр,  $u$  - скорость истечения,  $f$  - частота излучения, характерная для сечения  $x/d$ . По мнению оппонента проведение сравнений с результатами, полученными косвенными методами (например, с данными по затопленной струе: рис. 2.29-2.32 из монографии А. Г. Мунина «Авиационная акустика»), придали бы представленной на соискание к.т.н. работе более презентабельный и законченный вид.

- от к.т.н. Синера А.А., начальника отдела внешних характеристик АО «ОДК-Авиадвигатель». Замечания:

1. При проведении настройки антенны на оптимальное качество локализации диполей была определена верхняя граничная частота оптимизации - 5000Гц, однако в тексте автореферата не приводятся аргументы, на основании которых был сделан соответствующий выбор.

2. При проведении экспериментальных исследований локализации диполей с помощью двух микрофонных антенн в заглушенной камере ЦАИ ПНИПУ, в тексте автореферата определена скорость турбулентной струи только для случая взаимодействия с тонкой пластиной, тогда как скорость струи при взаимодействии с цилиндрическим стержнем не указана.

3. Из текста автореферата до конца не понятно, как реализован программный комплекс для визуализации источников. Какие конкретно данные подаются на вход в ПО для визуализации источников? Необходимо выгрузить автоспектры и взаимные спектры из какого-либо ПО для спектрального анализа или на вход подаются исходные временные реализации сигналов давления, измеренные микрофонами? Требуются ли какие-либо дополнительные библиотеки или достаточно базового модуля ПО Matlab, чтобы стало возможным использовать разработанное ПО?

4. В работе рассмотрены только антенны с размещением микрофонов вдоль лучей, варианты с нерегулярным расположением микрофонов не

рассматривались, что, на мой взгляд, несколько ограничивает возможности оптимизации свойств создаваемой антенны. Возможно ли оптимизировать расположение микрофонов по радиальным координатам на соседних лучах независимо друг от друга или все микрофоны в одном ряду по радиусу имеют абсолютно одинаковые радиальные координаты?

5. Конструкция антенны подразумевает, что лучи-державки, на которых закрепляются микрофоны, крепятся к центральному телу с помощью сухарей, имеющих малые радиальные размеры. В автореферате никак не оговариваются требования к точности изготовления отверстий в сухаре, куда вставляются лучи-державки. В связи с малыми радиальными размерами сухарей, линейные отклонения геометрии отверстий могут приводить к отклонениям по углу установки луча-державки. Каким образом контролируется точность установки луча по углу? Каковы максимальные зазоры между поверхностью луча-державки и поверхностью отверстия в сухаре, какие в этом случае возникают отклонения по углу установки луча-державки?

- от д.т.н. Синера А.А., профессора кафедры «Ракетные двигатели» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт». Замечания:

1. В автореферате не указано, насколько глубоко анализировались зарубежные патентные источники.

2. Недостаточно обосновано использование шума турбулентной струи для верификации разработанной модели.

- от д.т.н. Максименкова В.И., профессора кафедры самолетостроения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Замечания:

1. В автореферате приведены сравнения разработанной антенны с фирменной. Как оценивается временной фактор настройки антенн?

- от д.т.н. Тимушева С.Ф., профессора кафедры «Ракетные двигатели», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет). Замечания:

1. В автореферате не указано, насколько глубоко анализировались зарубежные патентные источники.

2. Недостаточно обосновано использование шума турбулентной струи для верификации разработанной модели.

Все отзывы положительные, на все имеющиеся в отзывах замечания диссертант убедительно ответил. В целом, в отзывах отмечено, что диссертационная работа представляет собой самостоятельно выполненное, завершённое научное исследование на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью, содержит результаты, способствующие совершенствованию методов акустической локализации фазированными антенными решетками и моделей их настройки в зависимости от условий проведения акустических измерений.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается направлением и особенностями их исследований, которые соответствуют тематике диссертации Ершова В.В.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- сконструирована и создана новая микрофонная антенна с возможностью выбора числа микрофонов и подстройки их положения, что позволяет экспериментально верифицировать расчетные методы оптимальной настройки антенн на локализацию источников звука монопольного и дипольного типа;

- выполнено написание программных кодов обработки экспериментальных данных с целью построения карт локализации источников монопольного и дипольного типа, верифицированных на модельных источниках посредством проведения виртуальных экспериментов;

- усовершенствована математическая модель для нахождения оптимального расположения на плоскости заданного числа микрофонов с заданной апертурой с целью повышения эффективности проведения измерений источников звука дипольного типа;

- проведены натурные эксперименты по локализации источников звука дипольного типа, возникающих при взаимодействии дозвукового турбулентного потока с твердыми телами различной конфигурации, с применением

разработанной антенны и новых алгоритмов обработки;

- проведено сопоставление результатов экспериментов, полученных по известным схемам настройки микрофонных антенн, с результатами, полученными с применением разработанного в диссертации метода. Показано заметное преимущество последнего.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработанные подходы могут быть использованы для широкого спектра аэроакустических задач, связанных с возникновением дипольно-ориентированного звукового поля при взаимодействии потока с элементами планера самолета (например, при обтекании стоек шасси), решение которых будет способствовать модернизации существующих и разработке перспективных методов шумоглушения гражданских самолетов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается соответствующими актами и справками:

- результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» ФГАОУ ВО ПНИПУ: в рабочую программу дисциплины «Научно-исследовательская работа студента» по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» и рабочую программу дисциплины «Задачи экспериментальной аэроакустики» по программе аспирантуры «Авиационная акустика» в рамках научной специальности 1.3.7. «Акустика»;

- результаты диссертационной работы используются в научных исследованиях, проводимых в ФГАОУ ВО ПНИПУ в настоящее время в рамках выполнения гранта РФФИ, а также использовались ранее в рамках выполнения гранта РФФИ.

Достоверность приведенных в диссертации результатов подтверждается путем сравнения полученных экспериментальных данных с результатами других авторов, полученных в аналогичных экспериментах, и верификацией используемых численных моделей путем сравнения численных расчетов с расчетами других исследователей. Экспериментальные исследования выполнены

