

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Ершова Виктора Валерьевича «**Разработка новых алгоритмов настройки плоских микрофонных антенн для эффективной локализации источников звука монопольного и дипольного типа**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

### **1. Актуальность работы**

В большинстве задач аэроакустики экспериментальное определение положения областей потока, в которых происходит интенсивная генерация звука, так называемая «локализация источников шума», представляет большой интерес. Это необходимо как для поиска активных или пассивных средств подавления шума, так и для верификации методов CFD, направленных на расчет акустического поля современных летательных аппаратов (ЛА). Одним из наиболее интенсивно развивающихся в настоящее время экспериментальных способов локализации источников шума являются различные микрофонные решетки, в сочетании разными методами бимформинга. При этом предлагаемые коммерческие варианты решеток и обработки сигналов (бимформинга) нацелены на конкретные задачи (автомобильная, железнодорожная промышленность, акустика зданий, помещений). В большинстве этих задач вполне достаточна настройка оборудования на монопольные источники звука. В аэроакустике ЛА преобладают источники звука более высокого порядка: дипольные - шум вентилятора, винта, обтекание элементов конструкции планера, и квадрупольные – выхлопная струя. В настоящей работе проведен поиск способов настройки микрофонной антенны (это включает в себя как расположение микрофонов так и математическое обеспечение) на звуковое поле дипольного источника, что проводится впервые и является весьма актуальным для задач экспериментальной аэроакустики с точки зрения снижения шума ЛА на режимах взлета и посадки.

### **2. Научная новизна**

По сравнению с известными исследованиями в настоящей работе усовершенствована математическая модель, позволяющая более точно находить оптимальное положение на плоскости заданного числа микрофонов с заданной апертурой с целью повышения эффективности проведения измерений источников звука дипольного типа. Для экспериментального подтверждения эффективности предложенной модели разработана и изготовлена микрофонная решетка, в которой имеется возможность изменять положение микрофонов по угловой и радиальной координате в соответствии с расчетными значениями оптимальной настройки антенны. Проведена серия экспериментальных исследований по локализации акустических диполей с помощью разработанного в диссертации метода (антенна и математическое обеспечение) – обтекание цилиндра, взаимодействие струи с пластиной. Полученные результаты демонстрируют повышение динамического диапазона относительно известных монопольных способов настройки.

### **3. Практическая значимость**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для исследования источников шума ЛА в научно-исследовательских лабораториях таких организаций, таких как ПНИПУ (Пермь), ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, АО «ОДК-Авиадвигатель», ПАО "НПО "Сатурн" и ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

### **4. Качество изложения и оформления материала**

Структура и логика изложения проблем поставленных в диссертации, а также способов их решения, представлена вполне обоснованно. Автореферат написан ясным научным языком и содержит все основные положения диссертационной работы.

## 5. Критические замечания

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.

## 6. Соответствие требованиям ВАК

Автореферат диссертационной работы Ершова В.В. «Разработка новых алгоритмов настройки плоских микрофонных антенн для эффективной локализации источников звука монопольного и дипольного типа» удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (в текущей редакции), а соискатель Ершов В.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика. По результатам исследований отраженных в диссертационной работе опубликованы 13 статей; из них 7 - в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и входящих в международные базы данных научного цитирования Scopus и Web of Science.

Ведущий научный сотрудник отделения  
газовой динамики и теплофизики  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,  
кандидат технических наук

Миронов Алексей Константинович  
«27» ноября 2022 г.

Подпись Миронова А.К. удостоверяю:  
Ученый секретарь



Джамай Екатерина Викторовна

Контактные данные: Федеральное автономное учреждение (ФАУ) «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»  
Адрес: 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 2  
Тел.: (903)2263432  
E-mail: [akomir@mail.ru](mailto:akomir@mail.ru); Сайт: <https://www.ciam.ru/>