

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ НЕКОМПАКТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ШУМА

С.Л. Денисов¹, Н.Н. Остриков²

¹ФАУ «ЦАГИ», г. Жуковский, *stanislav.denisov@tsagi.ru*

²ФАУ «ЦАГИ», г. Жуковский, *nikolay.ostrikov@tsagi.ru*

Проблема снижения шума самолётов на местности является одной из приоритетных задач в современной гражданской авиации, решение которой позволяет не только удовлетворить экологическим требованиям, но и обеспечить конкурентное преимущество. Хорошо известно, что одним из основных источников шума самолётов на местности является шум двигателя, а одним из возможных и достаточно эффективных способов его снижения является эффект экранирования с помощью различных элементов конструкции планера самолёта. Проблемам реализации эффекта экранирования шума авиационной силовой установки с точки зрения анализа возможности проведения расчётных и экспериментальных исследований и посвящен данный доклад.

Авиационная силовая установка представляет собой сложный акустически некомпактный источник шума, который в случае двухконтурного турбовентиляторного двигателя можно представить в виде совокупности источников различной интенсивности, направленности излучения и спектральных свойств. Основными источниками шума двухконтурного турбовентиляторного двигателя следует признать шум вентилятора в передней полусфере, шум внешнего контура в задней полусфере и шум струи в задней полусфере.

Анализ этих источников шума по отдельности представляет собой достаточно не простую задачу, в решении которой в последнее время наметился существенный прогресс благодаря активному использованию высокопроизводительных расчётных методов, а также углублению понимания сути физических явлений, лежащих в основе процессов генерации звука

нестационарными потоками, что позволило развить различных (эмпирически, полуэмпирические или иные) расчётные модели, адекватно описывающие излучение звука в интересующем диапазоне параметров. Однако при анализе эффекта экранирования наличие экранирующей поверхности в непосредственной близости от источника существенно усложняет рассматриваемую задачу, что приводит к необходимости доработки как методов расчёта, так и рассматриваемых моделей.

На ранних этапах оценки [1] эффекта экранирования использовались упрощенные модели как для описания рассматриваемых источников шума, так и для расчёта эффективности экранирования (метод Маекавы, метод Френеля или метод Кирхгофа) непосредственно. Однако расчёты, проведенные с использованием данных методов показали эффективность экранирования до 30 – 40 дБ, что носило однозначно завышенную оценку и не наблюдалось в эксперименте. Детальный анализ данных результатов [2–4] выявил глубинные противоречия в используемых подходах, главным из которых было не корректное описание фазовой структуры звукового поля в непосредственной близости к рассеивающей кромке экрана (зачастую фаза вообще не рассматривалась, поскольку в качестве диаграммы направленности принималась выраженная в дБ амплитуда звукового поля, измеренного в эксперименте в дальнем поле). Использование упрощенных методов расчёта дифракции в данном случае только увеличивало ошибку.

Развитие новых методов [3–5] для расчёта эффективности экранирования (например, Геометрическая Теория Дифракции) в совокупности с новыми подходами для моделирования шума [6, 7], излучаемого авиационными некомпактными источниками, позволило существенно повысить точность расчёта звукового поля в освещенной зоне, зоне тени и зоне полутени, а для некомпактных источников ввести также понятие зоны частичной тени.

Данные успехи существенно опираются на развитие экспериментальных методов исследования [8], которые, благодаря использованию метода последовательностей максимальной длины, позволили не только давать количественную оценку влияния положения и геометрии экрана на снижение шума, но и дали

возможность выявить вклад различных границ экрана в суммарное звуковое поле в рассматриваемых точках наблюдения.

Параллельно шло развитие численных методов расчёта эффективности экранирования с помощью Метода Конечных Элементов или Метода Граничных Элементов. Несмотря на присущие численным методам недостатки (необходимость построения сетки, использование значительных вычислительных ресурсов и проч.), они имеют важное достоинство, поскольку позволяют точно описать геометрию экранирующей поверхности, что особенно важно для задач авиационной акустики с точки зрения выбора положения силовой установки по отношению к планеру самолёта при условии снижения шума самолёта на местности.

Таким образом, на сегодняшний день существует несколько взаимодополняющих подходов как для оценки влияния эффекта экранирования так и для расчёта непосредственно эффективности экранирования на снижение шума самолёта на местности. Анализ границ применимости рассматриваемых методов, а также возможность их реализации и эффективность использования составляют основную цель данной работы.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020–2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 8 декабря 2020 г. N. 075-11-2020-023). Экспериментальная часть работы выполнена на базе УНУ «Заглушенная камера с потоком АК-2» ФАУ ЦАГИ, модернизируемой при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению N. 075-11-2021-066.

Литература

1. Von Glahn, U., Goodykoontz, J., Wagner, J. Nozzle Geometry and Forward Velocity Effects on Noise for CTOL Engine-Over-The-Wing Concept // NASA TM-X-71453, Oct. 1973.
2. Broadbent E.G. Noise Shielding for Aircraft // Prog. Aerospace Science, 1977, Vol.17, pp. 231–268.

3. Ostrikov N.N., Denisov S.L. Mean Flow Effect on Shielding of Noncompact Aviation Noise Sources // 22nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 30 May – 1 June, 2016, AIAA Paper 2016 – 3014.
4. Denisov S.L., Ostrikov N.N. Comparison of the methods for noncompact aviation noise sources shielding calculation // The 22nd International Congress on Sound and Vibration, 12 – 16 July 2015, Florence, Italy.- Book of abstracts. P. 196.
5. Ostrikov N.N., Denisov S.L. Airframe Shielding of Noncompact Aviation Noise Sources: Theory and Experiment // AIAA Paper 2015 – 2691.
6. Денисов С.Л., Копьев В.Ф., Остриков Н.Н., *и др.* // Акустический журнал, 2020, 66, N.5, С. 540–555.
7. Денисов С.Л., Остриков Н.Н., Гранич В.Я. // Акустический журнал, 2021, 67, N.1, С. 10–15.
8. Денисов С.Л., Остриков Н.Н., Панкратов И.В. // Акустический журнал, 2020, 66, N.6, С. 620–631.