

## Расчетно-экспериментальное исследование работы интерферометра при высоких уровнях акустического давления

О. Ю. Кустов, И. В. Храпцов, Е. С. Федотов, А. А. Синер, В. В. Пальчиковский

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь

Как известно, авиационный двигатель вносит заметную долю в общий уровень шума самолета. Одним из наиболее сильных источников шума, генерируемого авиационным двигателем, является вентилятор. Шум генерируемый вентилятором распространяется по внешним контурам авиационного двигателя и для его подавления стенки каналов облицовываются звукопоглощающими конструкциями (ЗПК), как правило резонансного типа.

Для выбора эффективного варианта ЗПК может использоваться численное моделирование [1, 2, 3], а также экспериментальные исследования [4, 5], которые реализуются на установках «Канал с потоком» и «Интерферометр с нормальным падением волн». Чтобы определить акустические характеристики ЗПК на первой установке необходимо обрабатывать экспериментальные данные [6], применяемый на второй установке метод передаточной функции позволяет намного быстрее определять эти характеристики.

Для реализации второго подхода в Лаборатории механизмов генерации шума и модального анализа (ЛМГШиМА) ПНИПУ спроектирован и изготовлен интерферометр для высоких уровней акустического давления с нормальным падением волн (рис. 1). Установка позволяет реализовать уровни давления до 160 дБ в диапазоне частот 500-6400 Гц. Сравнение с испытаниями на подобных установках в Аэрогидродинамическом институте им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ, г. Москва) и АО «Авиадвигатель» (г. Пермь), показали расхождение результатов не более 5 %. Подробнее конструкция установки и результаты верификационных испытаний представлены в работе [7].

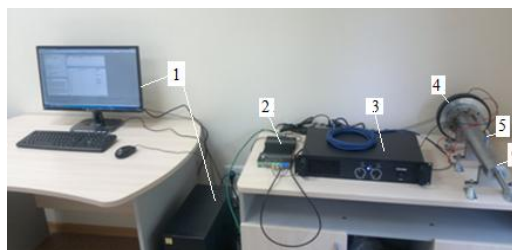


Рис. 1. Установка «Интерферометр с нормальным падением волн» ЛМГШиМА ПНИПУ: 1 – персональный компьютер; 2 – анализатор спектра; 3 – усилитель; 4 – динамик; 5 – микрофоны; 6 – импедансная труба

Также авторами разработана методика численного моделирования процессов в интерферометре с нормальным падением волн. Численное моделирование основано на прямом решении системы уравнений Навье-Стокса (DNS) с учётом сжимаемости в программных пакетах ANSYS FLUENT и ANSYS CFX. В качестве геометрической модели использовалась внутренняя область интерферометра, которая представляют собой цилиндрическую трубу с резонатором Гельмгольца на одном конце и высокочастотный драйвер (динамик) на другом.

На рис. 2 и 3 представлены результаты эксперимента и численного моделирования для уровня акустического давления 130 дБ. Подобные данные были получены также для 140 и 150 дБ. В результате исследований выявлено, что при росте уровня звукового давления от 130 до 150 дБ увеличиваются расхождения между экспериментальными и расчетными результатами, а именно, происходит смещение резонансной частоты резонатора Гельмгольца с 900 Гц до 1000 Гц соответственно. Это может быть вызвано очень сильным вихреобразованием в области горла резонатора. В целом, полученные результаты имеют хорошую сходимость, и данная методика будет применена для дальнейших исследований.

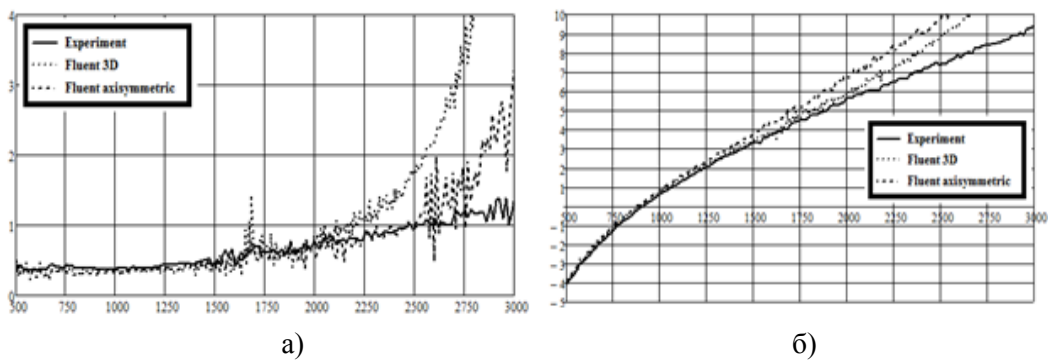


Рис. 2. Импеданс при 130 дБ: а) действительная часть; б) мнимая часть

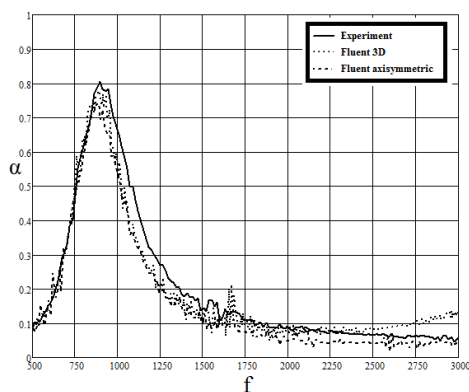


Рис. 3. Коэффициент звукопоглощения при 130 дБ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства РФ по постановлению № 220 «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования» по договору № 14.Z50.31.0032.

### Литература

1. Федотов Е.С., Пальчиковский В.В. Исследование работы резонатора Гельмгольца в волноводе прямоугольного сечения // XXIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках», Пермь, 1-4 октября 2014, Т. 1, С. 268-271.
2. Федотов Е.С., Пальчиковский В.В. Исследование работы резонатора Гельмгольца в волноводе прямоугольного сечения // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2014, №38, С. 107-126.
3. Кустов О.Ю., Синер А.А., Федотов Е.С., Храмов И.В. Определение импеданса резонатора Гельмгольца с помощью численного моделирования // Математическое моделирование прикладных проблем на основе континуального и атомистического подходов. Аэродинамика и аэроакустика. Программа и Сборник тезисов. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. С. 63-65.
4. Gallman J.M., Kunze R.K. Grazing flow acoustic impedance testing for the NASA AST Program// AIAA Paper, 2002, AIAA-2002-2447.
5. Комкин А.И. Методы измерения акустических характеристик звукопоглощающих материалов // Измерительная техника – 2003. – № 3. – С. 47-50.
6. Bulbovich R.V., Pavlogradskiy V.V., Palchikovskiy V.V. The procedure of liner impedance eduction by finite element method // 29<sup>th</sup> Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS 2014.
7. Кустов О.Ю., Пальчиковский В.В. Интерферометр для высоких уровней акустического давления // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. 2015. Т. 1. С. 157-160.