

СНИЖЕНИЕ ТОНАЛЬНОГО ШУМА БИРОТАТИВНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСЕВОГО ЗАЗОРА

Я.М. Дружинин, В.И. Милешин, А.А. Россихин
ФАО «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва, aarossikhin@ciam.ru

Ключевые слова: биротативный вентилятор, тональный шум, аэроакустика.

ТРДД сверхвысокой степени двухконтурности ($16 < K < 25$) с биротативным вентилятором, как ожидается, должен иметь высокую топливную эффективность. Однако для того, чтобы ввести такие двигатели в эксплуатацию, должно быть найдено решение для большого числа проблем, связанных с этими вентиляторами. Одна из них – это повышенные уровни шума таких двигателей по сравнению с аналогичными по тяговым характеристикам современными двигателями с однорядным вентилятором.

Шум вентиляторов существенным образом зависит от расстояния между ротором и статором или между роторами в случае биротативного вентилятора. Выбор осевого зазора – это всегда компромисс между акустическими, аэродинамическими и массогабаритными характеристиками вентилятора. Поэтому разработка и валидация методов, позволяющих предсказывать влияние осевого зазора на акустические характеристики, является актуальной задачей.

В качестве объекта исследования в данной работе был выбран модельный биротативный вентилятор для двигателя со сверхвысокой степенью двухконтурности ($K = 20$), разработанный в ЦИАМ [1]. Базовый вариант вентилятора прошел обширную программу тестирования на акустическом стенде ЦИАМ [1]. Экспериментальные результаты позволили провести валидацию численных методов для расчета аэродинамических и акустических характеристик, использовавшихся при разработке данного вентилятора.

Для исследования влияния величины осевого зазора между рабочими колёсами биротативного вентилятора на аэродинамические и акустические характеристики были рассмотрены два варианта вентилятора: базовый вариант и вариант с увеличенным в 1.46 раз расстоянием между задней кромкой первого ротора и передней кромкой второго. Увеличение осевого расстояния между венцами выполнено таким образом, чтобы проточная часть претерпевала минимальные изменения.

На первой стадии исследований проведены расчеты параметров стационарных вязких трёхмерных течений и интегральных характеристик биротативных вентиляторов с разным осевым зазором в проектной точке с помощью программного комплекса NUMECA FINE™/Turbo. Установлено, что при увеличении осевого зазора между первым и вторым ротором адиабатический КПД вентилятора снижается на 0.3%, при этом сохраняясь на уровне $\eta_{ад} = 0.93$. Степень повышения давления и массовый расход воздуха сохраняются неизменными.

На второй стадии исследования проведены расчеты уровней тонального шума в дальнем поле для рассматриваемых биротативных вентиляторов для режима «посадка» с помощью расчетного метода, разработанного в ЦИАМ. Модальный анализ, проведенный на поверхностях, расположенных спереди по потоку и сзади по потоку от вентиляторов, показал, что суммарная мощность азимутальных мод, излучаемых вентилятором через воздухозаборник, снижается при раздвижке роторов на 1.6 дБ. Суммарная мощность азимутальных мод, излучаемых вентилятором через сопло, снижается на 2.1 дБ.

Анализ поля течения за ротором вентилятора показал, что снижение уровней шума происходит как из-за ослабления интенсивности следов перед вторым ротором при увеличении осевого зазора, так и из-за изменения наклона следа в окружном направлении, вызванного закруткой течения (рисунок 1). Последний эффект возможно является даже более значимым. Это открывает дополнительные возможности при проведении акустической оптимизации биротативных вентиляторов.

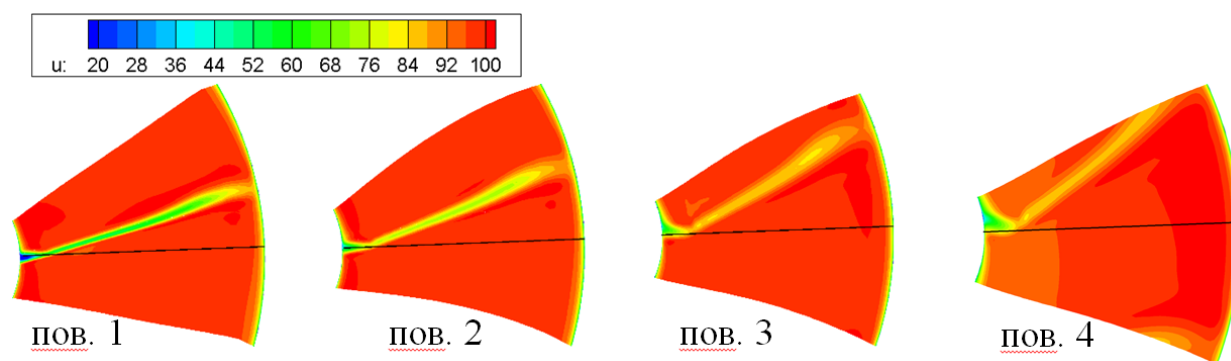


Рисунок 1 – Поля осевой скорости на поверхностях, расположенных за первым ротором. Поверхности расположены в порядке увеличения номера на расстояниях $dz=0.05$ м, $dz=0.07$ м, $dz=0.11$ м и $dz=0.15$ м от вершины задней кромки первого ротора. Черная линия приведена для указания радиального направления

Список литературы

1. Rossikhin A.A., Druzhinin I.M, Khaletskii I.D. Mileshin V.I., – Numerical and Experimental Investigation of Acoustic Characteristics of Model Ultra High Bypass Ratio Counter-Rotating Fan, GT2018-76878, ASME Turbo Expo 2018, Oslo, Norway, June 11-15, 2018.

Сведения об авторах

Дружинин Я.М., научный сотрудник ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Область научных интересов: турбомашиностроение, 3D CFD.

Милешин В.И., начальник отделения ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Область научных интересов: турбомашиностроение, 3D CFD.

Россихин А.А., начальник сектора ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Область научных интересов: вычислительная аэроакустика лопаточных машин.

REDUCTION OF A COUNTER-ROTATING FAN TONE NOISE BY INCREASE OF AXIAL SPACING

I.M. Druzhinin, V.I. Mileshin, A.A. Rossikhin
 CIAM, Moscow, aarossikhin@ciam.ru

Keywords: counter-rotating fan, tone noise, aeroacoustics.

The main noise source in a counter-rotating fan is the rotor-rotor interaction. Its power depends on size of the axial clearance. Therefore, one of the ways for improving acoustics of the counter-rotating fan is an increase in the axial spacing. This work presents a computational study of the dependence of aerodynamic and acoustic characteristics of a model counter-rotating fan for an engine with an ultra-high bypass ratio on sizes of the axial spacing. The study aims at estimations the difference in acoustic performance that could be achieved by increasing the axial clearance but in view of specified restrictions imposed on aerodynamic characteristics and structural parameters of the fan. As shown, it is possible to achieve a noticeable fan noise reduction without a considerable decrease in the fan aerodynamic performance.