РАСЧЁТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВЕНТИЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО СПС

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

Формирование облика силовой установки перспективного сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) является комплексной задачей как в части аэродинамического проектирования, так и со стороны требований к ресурсу и экологии (уровень шума, эмиссия) [1]. Особенности аэродинамики и акустики одноступенчатых вентиляторов двухконтурных двигателей дозвуковых самолетов широко исследуются и публикуются, однако для перспективных двигателей СПС со степенью двухконтурности от 1.0 до 3.0 предполагается применение двухступенчатых вентиляторов, обеспечивающих более высокую степень повышения полного давления. Для вентилятора гражданского двигателя не предполагается наличие регулируемых направляющих аппаратов, что дополнительно усложняет разработку, так как параметры на входе в вентилятор существенно изменяются в течение полётного цикла.

В работе рассматривается высокоэффективный малошумный вентилятор с широкохордными бесполочными лопатками без входного направляющего аппарата с высокой удельной производительностью W≈200 кг/с/м2 с целью уменьшения входного диаметра. Для достижения высокого уровня запасов ГДУ ΔКу>20% во всём диапазоне режимов работы без применения регулируемых направляющих аппаратов выбрано распределение нагрузки с преобладанием π* в первой ступени. Для обеспечения требований малошумности вентилятора окружная скорость РК1 на режиме «Макс. взл. Н=0 М=0» выбрана на уровне типовых ступеней гражданских ТРДД. Для достижения требований к акустическим характеристикам вентилятора осевые зазоры между венцами были увеличены и составляют 48%, 89% и 51% соответственно между РК1-НА1-РК2-НА2. Числа лопаток рабочих колёс

выбраны одинаковыми для возможности оптимизации акустических характеристик посредством клокинга (изменения взаимного окружного положения колёс при равном числе лопаток), а также для упрощения подбора ЗПК.

Выполнен расчёт интегральных характеристик вентилятора в широком диапазоне частот вращения ротора. Анализ полученных интегральных характеристик для различных частот вращения вентилятора показал, что для всех рассмотренных режимов достигается высокий уровень ΔКу≈20%. Для режимов 100%, 102%, 105% характерно наличие длинного вертикального участка напорной ветки. Наиболее высокие уровни адиабатического КПД достигаются в диапазоне 92%-94% по частоте вращения и составляют η^*ад≈0,92 в максимуме на ветке. Получены поля течения в проточной части вентилятора.

Проведено численное исследование тонального шума вентилятора на режиме «посадка». Исследования проводились с помощью 3D метода численного расчета взаимодействия венцов, разработанного в ЦИАМ [2]. В результате расчетов получен модальный состав излучения на входе в вентилятор и выходе из него. Вычислена мощность тонального шума, излучаемого вентилятором в исследуемом частотном диапазоне. Проведен анализ того, взаимодействие каких венцов дает наибольший вклад в излучение. Для этого проведены расчеты для модифицированного вентилятора, у которого числа лопаток во всех венцах разные. Показано, что основной вклад в тональный шум вентилятора вносит шум, связанный с взаимодействием второго рабочего колеса с первым направляющим аппаратом.

Литература

1. Дутов А.В., Пухов А.А. Создание научно-технического задела для разработки перспективных сверхзвуковых гражданских самолетов // Крылья родины, № 9-10, 2022. С. 38-39.
2. Nyukhtikov, M.A., Rossikhin, A.A., Sgadlev, V.V., Brailko, I.A. Numerical Method for Turbo-Machinery Tonal Noise Generation and Radiation Simulation Using CAA Approach, GT2008-51182, ASME Turbo Expo 2008: Power for Land, Sea and Air, GT2008, Berlin, Germany, June 9-13, 2008