РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНАЛЬНОГО ШУМА МОДЕЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАРМОНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

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

Доминирующий вклад в шум ТРДД вносит вентилятор. Одним из подходов к снижению шума вентилятора является снижение окружной скорости вентилятора [1]. В данной работе исследуется тональный шум вентилятора со сверхнизкой окружной скоростью в передней и задней полусферах на режимах «набор высоты» и «взлет».

В рамках работы с использованием численного метода, разработанного в ЦИАМ [2], был проведен расчет мощности излучения и построены диаграммы направленности излучения шума из воздухозаборника и сопла вентиляторной ступени для второй, третьей и четвертой гармоник частоты следования лопаток (первая гармоника не излучается в рамках использованной модели).

Метод расчёта базируется на решении линейных или нелинейных уравнений Эйлера для возмущений поверх вязкого стационарного среднего поля течения в системе отсчета вращающихся венцов. В рамках численного метода дискретизация по пространству построена на основе метода конечных объемов, с использованием обобщенной на метод конечных объемов DRP схемы (Dispersion Relation Preserving Scheme) [3]. При проведении расчета можно выбирать порядок схемы. Для дискретизации уравнений по времени используется шестишаговая схема Рунге-Кутта типа HALE-RK (High-accuracy large-step explicit Runge–Kutta) четвертого порядка [4]. Для расчета акустических характеристик в дальнем поле используется метод, основанный на уравнении Фокс Вильямса – Хоукингса.

Проведение нестационарного расчета допускается как во временной, так и в частотной области. В первом случае производится непосредственное решение дискретизированных уравнений в течение заданного числа шагов по времени. Во втором случае решение ищется в виде конечного набора полей гармоник некото-

рой базовой частоты, достаточного для описания эволюции течения во времени. При этом нестационарная задача сводится к стационарной задаче для набора коэффициентов Фурье. Для целого ряда задач, и прежде всего для расчета шума вентиляторов с однородными статорами, метод расчета в частотной области обеспечивает более быструю сходимость решения. В рамках представленной работы использовался именно этот метод расчета.

В работе представлено сравнение результатов акустического расчета (диаграмм направленности в дальнем поле для указанных тонов) с имеющимися экспериментальными данными. Показано удовлетворительное соответствие между результатами расчета и эксперимента для обоих режимов.

Приведено сравнение результатов расчета с аналогичными результатами для вентилятора со сверхзвуковой окружной скоростью вращения рабочих лопаток на режимах «набор высоты» и «взлет». Исследуются наблюдаемые отличия в диаграммах направленности.

Литература

1. 1986. Huff D.L. Noise Reduction Technologies for Turbofan Engines, NASA/TM-2007-214495, 2007
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
3. C.K.W. Tam, J.C. Webb. Dispersion-relation-preserving finite difference schemes for computational acoustics. J. Comput. Phys., v.107, 1993, pp.262–281.
4. Allampalli V., Hixon R., Nallasamy M., Sawyer S.D. – High-accuracy large-step explicit Runge–Kutta (HALE-RK) schemes for computational aeroacoustics, Journal of Computational Physics, vol. 228, pp. 3837–3850, 2009