

УДК 534.836:629.7+621.6

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В ВЕНТИЛЯТОРЕ**

Богданов С.А., Михеев М.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Крючков А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева

При моделировании течения в лопаточных машинах с целью расчетного определения их напорных характеристик (компрессоры, вентиляторы) для экономии вычислительных ресурсов используется так называемое осреднение на каждом радиусе вдоль шага (по окружности). Подобный подход позволяет рассматривать только один межлопаточный канал на венец с постановкой периодических граничных условий, вместо моделирования всей кольцевой геометрии.

Для адекватного расчёта уровня звукового давления, как в источнике, так и в дальнем звуковом поле, в сопряжении с истинным частотным спектром, необходимо моделирование полной кольцевой геометрии, т.е. полных венцов первого и второго колёс в нестационарной постановке с явным взаимодействием венцов (sliding mesh interface). Подобный подход даже для ближнего звукового поля (без учёта присоединённой атмосферы) требует минимум 1,800 млн. ячеек для рассмотренного случая винтовентилятора турбовинтовентиляторного двигателя НК-93 (18 межлопаточных каналов по 100 тыс. ячеек на канал) и около  $15 \cdot 20 \cdot 10 = 3000$  шагов по времени. Здесь 15 – количество периодов (оборотов колеса) до установления (выделения периода), 20 – количество шагов по времени, потребное для прохождения лопатки первого венца относительно второго, 10 – количество лопаток второго ряда (взято большее). Таким образом, при затрате 50 итераций на один шаг по времени потребуется 15000 итераций. Для двухпроцессорной ЭВМ типа PIV (2500 МГц, 2Гб) из расчета 30 секунд/итерация это потребует примерно  $450 \cdot 10^3$  секунд (125 часов).

Данный расчёт может быть использован для расчёта звуковой мощности в дальнем звуковом поле с использованием обобщённой аналогии Лайтхилла (2 подход). При пересчёте на дальнее звуковое поле в рамках прямого метода потребные вычислительные ресурсы и время счета больше примерно на порядок (прогнозируемая оценка).

В связи с отмеченными особенностями подобных расчётов предлагается провести расчёт с осреднением в межвенцовых зазорах. При этом, как отмечено, параметры определяются вдоль шага по окружности на каждом радиусе отдельно, а потребная расчётная область уменьшается до двух межлопаточных каналов (для всего вентилятора в целом). Подобное допущение не позволяет рассматривать динамическую картину влияния поля течения в одном венце на поле течения в другом (интерференция венцов), т.е. на спектре звуковой мощности отсутствует гармоника, соответствующая частоте взаимодействия ( $z_1 \cdot n_1 + z_2 \cdot n_2$ ). В современных авиационных конструкциях осевой зазор между венцами вентиляторов, как правило, больше двух хорд рабочего колеса, искажением формы ударной волны при этом можно пренебречь.

При проведении расчётов в рамках отмеченного подхода основное внимание будет уделено сопоставлению результатов расчетного определения уровня звуковой мощности с результатом замеров между лопатками первого и второго рядов.