

# АНАЛИЗ АЭРОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОЧНОГО ВЕНЦА ТУРБОМАШИНЫ В 3D ПОТОКЕ ВЯЗКОГО ГАЗА

Гнесин В.И., Колодяжная Л.В., Колесник А.А.

*Институт проблем машиностроения НАН Украины, г. Харьков*

В работе представлен метод решения связанной аэроупругой задачи, позволяющий прогнозировать амплитудно-частотный спектр колебаний лопаток в трехмерном потоке вязкого газа, включая вынужденные, самовозбуждающиеся колебания и автоколебания с целью повышения экономичности и надежности лопаточных аппаратов турбомашин.

Для повышения эффективности и надежности эксплуатации турбоагрегата необходимо прогнозирование аэроупругого поведения лопаточных венцов, чтобы исключить возможность проявления аэроупругой неустойчивости колеблющихся лопаток (флаттера).

Флаттер представляет собой самовозбуждающуюся неустойчивость под действием аэродинамических сил, вызванных вынужденными колебаниями лопаток, которые вызваны, в свою очередь, возмущающими силами при вращении лопаток в неоднородном вверх по течению потоке.

Стандартный подход к расчету флаттера облопаченных дисков основан на методе частотного анализа [1], в котором предполагается, что движение лопаток описывается гармоническими функциями по времени с постоянным углом сдвига фаз между соседними лопатками. Данный подход игнорирует эффект обратной связи влияния колеблющихся лопаток на основной поток газа.

В последнее время развиваются новые подходы, основанные на маршевой по времени схеме, включающей интегрирование уравнений аэродинамики и динамики упругих колебаний [2].

В данной работе на основе аэродинамической модели осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и модального подхода к решению задачи динамики лопаток, развит метод решения связанной задачи (метод одновременного интегрирования уравнений течения вязкого газа и уравнений колебаний лопаток под действием мгновенных нестационарных нагрузок) и представлен численный анализ аэроупругого поведения турбинного лопаточного венца в трансзвуковом потоке вязкого газа при заданных гармонических колебаниях лопаток с учетом 6-ти собственных форм при различных углах сдвига по фазе колебаний лопаток и связанных колебаниях.

## **Литература:**

1. Bolcs, A. Aeroelasticity in Turbomachines: Comparison of Theoretical and Experimental Cascade Results / A. Bolcs, T.H. Fransson // Communication du LTAT. – EPFL Switzerland., 1986. – №.13. –P. 174.
2. Gnesin V. Numerical Modeling of fluid–structure interaction in a turbine stage for 3D viscous flow in nominal and off–design regimes/ V. Gnesin, R. Rzadkowski, L. Kolodyazhnaya // Proceedings of ASME , TURBO-EXPO 2010, GT2010–23779, Glasgow, UK.–2010.– P. 1–9.