

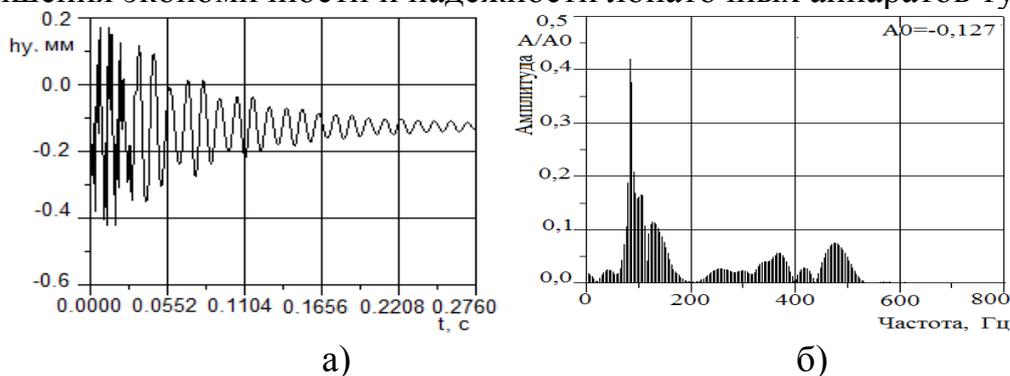
# ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АЭРОУПРУГОГО ПОВЕДЕНИЯ ЛОПАТОЧНОГО ВЕНЦА ОСЕВОЙ ТУРБОМАШИНЫ

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

*Институт проблем машиностроения НАН Украины, г. Харьков, Украина*

*Институт проточных машин ПАН, г. Гданьск, Польша*

Разработан численный метод решения связанной задачи нестационарной аэродинамики и упругих колебаний лопаток рабочего колеса осевой турбомашин. Течение идеального газа через лопаточный венец описывается нестационарными уравнениями Эйлера, представленными в консервативной форме законов сохранения. Для численного интегрирования исходных уравнений используется явная конечно-объемная разностная схема Годунова-Колгана со 2-м порядком аппроксимации, обобщенная на случай произвольной пространственной деформируемой разностной сетки. Динамический анализ использует модальный подход и конечно-элементный анализ для расчета собственных форм и частот колебаний лопаток. Численный метод основан на последовательном интегрировании уравнений аэродинамики и упругих колебаний лопаток с обменом информацией (граничными условиями) на каждой итерации. Представлен численный анализ аэроупругого поведения вибрирующего лопаточного венца осевой турбины. Приведены результаты расчетов нестационарных нагрузок и режимов колебаний лопаток. Аэроупругая устойчивость системы «поток газа–лопаточный венец» определяется коэффициентом аэродемпфирования, который характеризует обмен энергией между потоком газа и колеблющимся лопаточным венцом. Приведен анализ коэффициентов аэродемпфирования лопаточного венца при заданных гармонических и связанных колебаниях лопаток по каждой из собственных форм и совместно (с учетом 6-ти собственных форм) при различных углах сдвига по фазе колебаний лопаток. Результаты расчетов показали устойчивое аэродемпфирование для всех форм колебаний. На рис. 1 показано перемещение периферийного сечения лопаточного венца в окружном направлении и амплитудно-частотный спектр при межлопаточном угле сдвига колебаний лопаток, равным  $+90^\circ$ . Представленный метод решения связанной аэроупругой задачи позволяет прогнозировать амплитудно-частотный спектр колебаний лопаток в потоке газа, включая вынужденные и самовозбуждающиеся вибрации (флаттер) или автоколебания с целью повышения экономичности и надежности лопаточных аппаратов турбомашин.



а) – в окружном направлении; б) – амплитудно-частотный спектр

1. Рисунок 1- Перемещение периферийного сечения лопаточного венца (МЛФУ= $+90^\circ$ )