

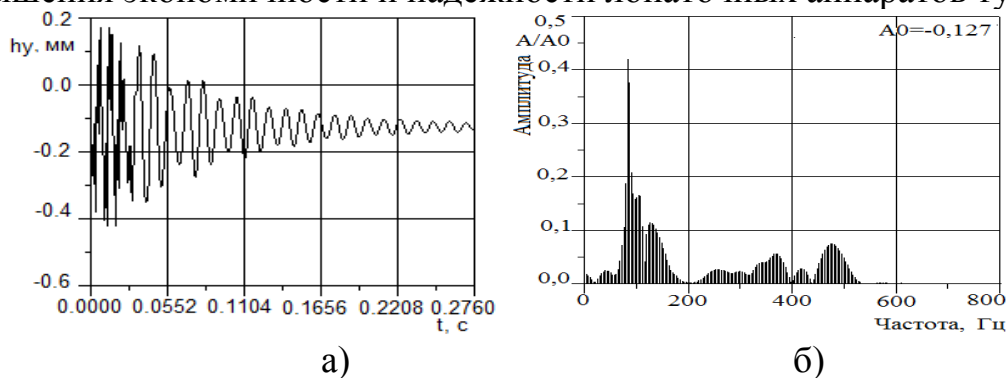
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АЭРОУПРУГОГО ПОВЕДЕНИЯ ЛОПАТОЧНОГО ВЕНЦА ОСЕВОЙ ТУРБОМАШИНЫ

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 $+90$ градусов. 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= $+90^0$)