

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ АЭРОУПРУГИХ ПРОЦЕССОВ В ТУРБОМАШИНАХ

А.А. Хоригов, д-р техн. наук, нач. отдела, ЦИАМ, г. Москва, Россия

Создание новых методов и средств регистрации и анализа динамических процессов позволяет выявить новые механизмы возникновения, развития и взаимодействия различных видов колебаний элементов турбомашин. Целью настоящего исследования является совершенствование на этой основе математических и физических моделей аэроупругих колебаний для повышения эксплуатационной надежности турбомашин.

Показано, что при флаттере рабочих лопаток имеют место два основных механизма: механизм классического флаттера и механизм решетчатого флаттера. При классическом флаттере появление дополнительных дестабилизирующих сил и моментов обусловлено несинфазностью в потоке воздуха изгибной и крутильной составляющих колебаний при наличии инверсии второй и третьей форм колебаний лопаток в диапазоне рабочих оборотов. Экспериментально показано, что классический флаттер может реализоваться на отдельной лопатке. При решетчатом флаттере, который также является изгибно-крутильным, основной вклад в работу нестационарных аэродинамических сил обусловлен бегущими по вращению колеса волнами деформаций со сдвигом фаз колебаний между изгибом и кручением, близким к $\pi/2$. Отмеченная для обоих видов флаттера несинфазность изгиба и кручения, зависящая от нестационарных аэродинамических сил, делает недостоверным определение действительного уровня напряжений при тензометрировании лопаток на основе распределений напряжений по формам колебаний, определенных на вибростенде, где изгиб и кручение находятся в фазе или в противофазе

При резонансных колебаниях лопаток от входной неравномерности потока обращено внимание на влияние естественной неоднородности лопаток в ко-

лесе на уровень вибрационных напряжений. Показано, что наличие отклонений в геометрических характеристиках отдельных лопаток не связано однозначно с отклонениями от средних значений вибрационных напряжений именно в этих лопатках. Обсуждаются вопросы влияния резонансных колебаний на снижение уровня напряжений при флаттере и в этой связи допустимость флаттера лопаток в эксплуатации, где резонансные колебания всегда имеют место.

При резонансных колебаниях лопаток от вращающегося срыва основное внимание уделено целесообразности их диагностики с помощью датчиков пульсаций статического давления. Приведены примеры эффективной диагностики этого опасного вида аэроупругих колебаний для осевых и центробежных компрессоров. Показаны их отличия от срывных и случайных колебаний. Прежде всего обращено внимание на то, что срывные и случайные колебания, как правило не являются узкополосными и одномодальными, а реализуются сразу по нескольким формам колебаний.

Рассмотрена физическая модель автоколебаний дисков-лабиринтов, где процесс автоколебаний представляет собой аэроупругую волну деформации, бегущую по вращению. Показана возможность диагностики автоколебаний диска-лабиринта компрессора внутреннего контура с помощью датчика вибраций, помещенного на внешнем контуре газотурбинного двигателя.

На основе проведенного исследования предложены новые методы повышения динамической прочности и эксплуатационной надежности турбомашин.

Поступила в редакцию 01.06.03

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Ю.С. Ножницкий, ЦИАМ, г. Москва; д-р техн. наук, проф. М.Е. Колотников, НПО "Сатурн", г. Москва.