

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДИСБАЛАНСА ТРДД

©2016 А.Е. Сундуков<sup>1</sup>, Е.В. Сундуков<sup>2</sup>, С.М. Плотников<sup>2</sup>, А.Ю. Балакин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Турбина СК», г. Самара

<sup>2</sup>Публичное акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

<sup>3</sup>Самарский государственный университет путей сообщения

### SOME ASPECTS OF AERODYNAMIC IMBALANCE VIBRATION-BASED DIAGNOSTIC ON BYPASS TURBOFAN ENGINE

Sundukov A.E. (LLC «Turbina SK», Samara, Russian Federation),  
Sundukov E.V., Plotnikov S.M. (JSC «Kuznecov», Samara, Russian Federation),  
Balakin A.U. (Samara State Transport University, Samara, Russian Federation)

*The major triggers of gasdynamic discontinuity behind fan wheel are blades setting angles and the difference of pitch magnitude. For estimation of the spectrum generated by the irregularity of setting angles and pitches has been carried out processing of experimental data.*

Практика испытаний и эксплуатации двухконтурных газотурбинных двигателей (ТРДД) показывает, что в ряде случаев их повышенная вибрация в районе передней опоры может быть вызвана аэродинамическим дисбалансом вентилятора с относительно крупными лопатками. Аэродинамическая неуравновешенность связана с отличием проекций газовых сил на плоскость вращения вентиляторного колеса, действующих на лопатки, расположенные диаметрально. Это отличие может быть вызвано несколькими факторами:

- технологическим разбросом углов установки лопаток и их шагов [1, 2];
- разбросом величин деформаций пера лопаток под действием центробежных и газовых сил, приводящих к различному изменению углов установки профилей и шагов [2];
- разбросом величин натягов по контактными поверхностям антивибрационных полок и другими факторами.

Практика компенсации аэродинамической неуравновешенности механической подбалансировкой ротора низкого давления на стенде постановкой дополнительных грузов при сдаточно-контрольных испытаниях не решает проблемы. При подъеме самолёта на высоту изменяются условия на входе в двигатель (давление и температура). При этом меняются действующие на лопатки газовые силы и связанная с ними аэродинамическая неуравновешенность, что приводит к

росту интенсивности вибраций от дополнительно установленных грузов.

Наиболее эффективной является диагностика этого явления по параметрам вибрации. В работе [1] показано, что при проявлении данного дефекта лопаточная составляющая ( $f_l$ ) вентиляторного колеса модулирована рядом  $kf_p$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, f_p$  - частота вращения ротора низкого давления). Однако при использовании данного диагностического признака возникают определённые трудности. Модуляции лопаточной гармоники возникают довольно часто. Во-первых, некоторый аэродинамический дисбаланс имеется почти всегда. В этом случае необходимо иметь соответствующую норму на параметры модуляции (например, уровень глубины модуляции). Во-вторых, появление модулирующих составляющих  $kf_p$  может быть вызвано другими факторами, наиболее часто биением колеса вентилятора. Поэтому весьма актуальным является совершенствование методов диагностики аэродинамической неуравновешенности.

Как показали исследования [1,2], наиболее значимыми факторами, вызывающими газодинамическую неоднородность за вентиляторным колесом, являются углы установки рабочих лопаток и разница в величине шагов. Для оценки спектров, генерируемых неравномерностью углов установки и шагов, была выполнена обработка экспериментальных данных, полученных авторами работы [2]. На рис. 1 представлен автоспектр последовательности максимальной интенсивности

кромочных следов при изменении угла и шага при работе двигателя на максимальном режиме (данные получены расчётным путём при подстановке в известное соотношение полученных массивов углов и шагов. Здесь по оси  $Y$  представлена относительная амплитуда). Переход во временную область последовательностей отклонений параметров и соответствующий расчет по алгоритму БПФ выполнен для частоты вращения ротора низкого давления 87 Гц.

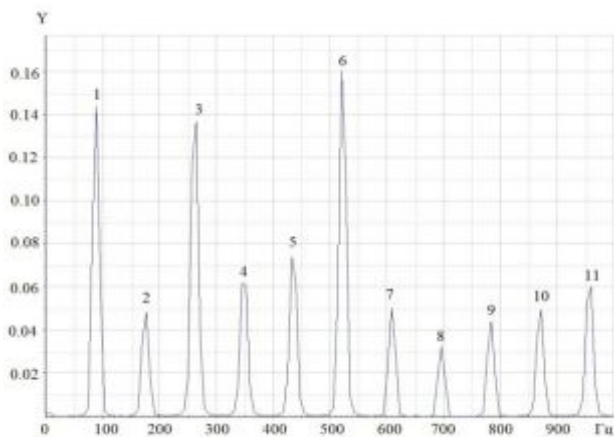


Рис. 1. Автоспектр последовательности максимальной интенсивности кромочных следов при изменении угла и шага

Полученные данные весьма близки к результатам анализа влияния угла. Таким

образом можно заключить, что для рассматриваемого случая решающим фактором, определяющим возможность возбуждения аэродинамического дисбаланса, являются новые углы установки пера лопаток под воздействием центробежных и газовых сил при работе двигателя. При этом диагностическим признаком наличия аэродинамического дисбаланса является модуляция лопаточной гармоники вентиляторного колеса рядом  $kf_p$  с преобладанием нечётных гармоник.

Полученные результаты подтверждены данными испытаний двигателя с наличием аэродинамической неуравновешенности первого вентиляторного колеса.

#### Библиографический список

1. Киселёв Ю.В. Исследование влияния неоднородности рабочего колеса вентилятора на структуру вибрационных процессов. // Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов. – Куйбышев: КУАИ, 1986. С. 76-81.
2. Идельсон А.М., Купцов А.И. Упругая деформация лопаток вентилятора как фактор, влияющий на аэродинамический дисбаланс // Вестник СГАУ, Самара: 2006. №2. С. 25-30.

УДК 621.51.226.2.53

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ ПРИ КАСАНИИ О ПРИРАБАТЫВАЕМОЕ ПОКРЫТИЕ

©2016 С.Ю. Данилкин, В.В. Шкуров, А.Л. Кураков

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

#### RESEARCH OF THE COMPRESSOR BLADES VIBRATIONAL LOADING AT THE TOUCH OF THE ABRADABLE COATING

Danilkin S.Y., Shkurov V.V., Kurakov A.L. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

*The work present results of rotor blades vibrational loading experimental studies of advanced engines compressors at the touch of the abrasible coating. It has been shown that in certain cases the individual blades experience strong vibrational excitation of touching them abrasible coating, wherein the time amplitude of the vibration stress can increase. Has been studied mechanisms of blade vibrations detected diagnostic features touching the blades of the abrasible coating and offered recommendations to ensure the strength of the vibration vane compressors during bench testing.*

Постоянное стремление к повышению газодинамических параметров перспективных компрессоров авиационных газотурбин-

ных двигателей (ГТД) приводит к неизбежному уменьшению радиального зазора между рабочими лопатками и корпусом, что по-