УДК 621.51.226.2.53

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ВЫСОКОНАПОРНЫХ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД В УСЛОВИЯХ СРЫВНОГО ОБТЕКАНИЯ

Данилкин С.Ю., Шкуров В.В., Кураков А.Л.
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва, sydanilkin@ciam.ru

Ключевые слова: аэроупругие процессы, рабочие лопатки, осевой компрессор, срывные колебания, флаттер, стендовые испытания, спектральный анализ.

Развитие авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) неразрывно связано с повышением аэродинамической эффективности компрессоров, что, в свою очередь, приводит к увеличению напорности ступеней и повышает вероятность возникновения опасных аэроупругих процессов (флаттер, вращающийся срыв, резонансные колебания лопаток, помпаж). Опасность перечисленных аэроупругих процессов заключается в интенсивном росте уровня вибрационных напряжений в различных узлах ГТД (лопатках, дисках, подшипниках и т.д.), что может вызвать их усталостное разрушение за короткий интервал времени и привести к выходу из строя всего двигателя.

Аэроупругие процессы в осевых компрессорах современных авиационных ГТД характеризуются сложным взаимодействием потока газа и колеблющихся лопаток. Современные методы расчета и проектирования осевых компрессоров позволяют успешно отстраиваться от резонансов по низшим формам колебаний лопаток, однако не всегда удается полностью исключить возникновение в них флаттера и срывных колебаний из-за сложности предсказания нестационарных аэродинамических сил, действующих на лопатки. В зависимости от действия нестационарных аэродинамических сил и сочетания подводимой и рассеиваемой энергии в компрессорах могут возникать различные виды опасных аэроупругих колебаний лопаток. Опасные аэроупругие колебания при определенных условиях могут возникать практически на любом режиме работы авиационного двигателя, поэтому надежная ранняя диагностика их появления и диагностика вида колебаний при проведении экспериментальных исследований являются актуальной задачей.

В отделении «Динамика и прочность авиационных двигателей» ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова» накоплен опыт проведения экспериментальных исследований аэроупругих колебаний лопаток компрессоров на стендах института и предприятиях промышленности с использованием новых технологий обработки и анализа динамических сигналов. В частности, разработаны и запатентованы методы диагностики флаттера рабочего колеса и других видов колебаний лопаток в составе осевой турбомашины, которые успешно применяются в настоящее время при проведении экспериментальных исследований динамической прочности лопаток двигателей различного назначения на стендах ЦИАМ и предприятиях промышленности.

В настоящей работе выполнено экспериментальное исследование особенностей срывных колебаний лопаток осевых компрессоров перспективных авиационных ГТД при стендовых испытаниях объектов различных конструктивных схем. Анализ полученных результатов проведен с использованием технологий обработки динамических сигналов с тензометров на лопатках и датчиков пульсаций потока.

Выявленные особенности срывных колебаний лопаток компрессоров свидетельствуют о высокой опасности этого явления для вибрационной прочности современных высоконапорных вентиляторов и компрессоров. Полученные результаты демонстрируют возможность успешного применения современных методов цифровой обработки сигналов динамических процессов, применяемых специалистами ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», для диагностики сложных аэроупругих явлений и позволяют сформировать рекомендации по повышению надежности авиационных ГТД.

Сведения об авторах

Данилкин Сергей Юрьевич, начальник отдела, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная д. 2, тел. +7 495 5529726. (моб: +7 926 0466200) E-mail: sydanilkin@ciam.ru. Область научных интересов: прочность, динамика, расчетно-экспериментальный анализ, цифровая обработка сигналов.

Шкуров Владимир Викторович, начальник сектора, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная д. 2, тел. +7 495 5529672. E-mail: 20201@rtc.ciam.ru. Область научных интересов: прочность, динамика, расчетно-экспериментальный анализ, цифровая обработка сигналов.

Кураков Александр Леонидович, инженер, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная д. 2, тел. +7 495 5529672. E-mail: 20201@rtc.ciam.ru. Область научных интересов: прочность, динамика, расчетно-экспериментальный анализ, цифровая обработка сигналов.

RESEARCH OF THE AIRCRAFT GTE HIGH-PRESSURE AXIAL COMPRESSO BLADES VIBRATIONS IN STALL FLOW CONDITIONS

Danilkin S.Y., Shkurov V.V., Kurakov A.L.

P.I. Baranov Central Institute of Aviation Motors, Moscow, Russian Federation, sydanilkin@ciam.ru

Keywords: aeroelastic processes, rotor blades, axial compressor, stall vibrations, flutter, bench tests, spectral analysis.

The results of experimental researches of perspective aircraft **GTE** axial compressors blades stall vibrations are presented. The analysis of aeroelastic processes was carried out using modern technologies for processing dynamic signals from blade strain gauges and flow pulsation sensors. The features of compressor blades oscillations in the conditions of stalling flow are revealed and recommendations for improving the reliability of complex aeroelastic phenomena diagnostics are proposed.

About the authors

Danilkin Sergey Yurievich, head of division, CIAM, 111116, Moscow, Aviamotornaya Str. 2, phone: +7 495 5529726 (+7 926 0466200). E-mail: sydanilkin@ciam.ru. Area of research: strength, dynamics, experiment-calculated analysis, digital signal processing.

Shkurov Vladimir Viktorovich, chief of group, CIAM, 111116, Moscow, Aviamotornaya Str. 2, phone: +7 495 5529726. E-mail: 20201@rtc.ciam.ru. Area of research: strength, dynamics, experiment-calculated analysis, digital signal processing.

Kurakov Alexander Leonidovich, engineer, CIAM, 111116, Moscow, Aviamotornaya Str. 2, phone: +7 495 5529672. E-mail: 20201@rtc.ciam.ru. Area of research: strength, dynamics, experiment-calculated analysis, digital signal processing.