

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
НЕОСЕССИММЕТРИЧНЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ДИСКОВ
НА ВИБРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ**

©2016 М.Ш. Нихамкин, Г.В. Мехоношин, С.В. Семёнов,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**STUDY OF NONAXISYMMETRICAL DISK VIBRATION MODES INFLUENCE
ON VIBRATION CHARACTERISTICS OF ROTOR SYSTEM**

Nikhamkin M.Sh., Mekhonoshin G.V., Semenov S.V. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

The tendency of engines mass reduction leads the decrease of shafts and disks stiffness, appearance stator parts stiffness anisotropy and shift of nonaxisymmetrical vibration modes toward operating frequency range. Commonly used 1D beam models are not suitable for modeling of rotor system vibration behavior with such features. There is offered a method of 3D finite element modeling of rotor systems based on experimentally verified superelements.

Одним из основных способов исключения опасных вибраций в роторных системах является математический расчёт их вибрационных характеристик на этапе проектирования. При моделировании сложных систем, таких как, например, роторные системы газотурбинных двигателей, возникают трудности, связанные со стремлением к снижению массы двигателей и проявляющиеся в снижении жёсткости валов и дисков, появлении анизотропии жёсткости корпусных деталей и неосесимметричных форм колебаний ротора в рабочем диапазоне частот вращения.

В данной работе предлагается подход к расчётному определению вибрационных характеристик роторной системы, позволяющий учитывать влияние неосесимметричных форм колебаний дисков.

Рассмотрена роторная система, представляющая собой гибкий вал на двух опорах с двумя дисками. Опоры ротора – подшипники качения. Один из дисков – нагрузочный - расположен между опорами. Второй диск - гибкий, он имеет большой диаметр и малую толщину. Гибкий диск закреплён на валу консольно. Особенность данной роторной системы – наличие неосесимметричных собственных форм колебаний с собственными частотами, близкими к низшей критической частоте.

Для конечно-элементного моделирования вибраций описанной системы в 3D постановке использовался пакет SAMCEF FIELD 17.1. Моделирование дисков роторной системы осуществлялось с помощью су-

перэлементов, причём редукции подвергались и матрицы гироскопических моментов. Кроме этого, суперэлементы подвергались экспериментальной верификации.

Верификация заключалась в получении данных о модальных характеристиках (собственных частотах и формах колебаний) субструктуры и сравнении с расчётными значениями собственных частот и форм колебаний при одних и тех же граничных условиях. При необходимости проводилась корректировка параметров модели суперэлемента.

Методика экспериментального определения собственных частот и форм колебаний субструктуры основана на использовании трёхкомпонентной сканирующей лазерной виброметрии, описанной в [1]. Для исключения влияния жёсткости закрепления суперэлемента при верификации рассматривались граничные условия свободного закрепления, которые были реализованы и в эксперименте.

Далее из созданных суперэлементов создавалась полная конечно-элементная модель системы, и производился расчёт критических частот.

Верификация полной конечно-элементной модели роторной системы осуществлялась на основании экспериментальных данных, полученных в результате экспериментального исследования вибрационных характеристик роторной системы при наличии неосесимметричных форм колебаний.

Экспериментальные исследования осуществлялись на модельной роторной системе, регистрация и обработка экспериментальных данных осуществлялась с помощью многофункционального контроллера PXIe-1075 фирмы National Instruments (NI) [2]. Методика экспериментального исследования подразумевала разгон ротора в диапазоне частот от 0 до 6000 об/мин с регистрацией виброперемещений вала и торцевой поверхности диска, а также частоты вращения и фазы. Полученные экспериментальные данные представлялись в виде амплитудно-частотных характеристик, по которым определялись критические частоты роторной системы.

Произведён сравнительный анализ критических частот роторной системы, полученных расчётным и экспериментальным способом. Проанализировано влияние дисковых колебаний на вибрационные характеристики роторной системы.

Разработанный подход к расчётному исследованию вибраций роторных систем, состоящий в редуцировании конечно-

элементной модели за счёт использования суперэлементов с их верификацией по экспериментальным данным, может быть использован при совершенствовании методик конечно-элементного моделирования вибрации газотурбинных двигателей.

Библиографический список

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Воронов Л.В., Сенкевич А.А., Головкин А.Ю., Болотов А.П., Методика экспериментального модального анализа лопаток и рабочих колес газотурбинных двигателей. Тяжелое машиностроение, 2010, № 11. С. 2-6.

2. Семенов С.В., Мехоношин Г.В. Информационно-измерительная система управления модельной двухвальной роторной установкой [Электронный ресурс] / Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (InnoTech 2013). - Пермь, ПНИПУ, 2013. – Режим доступа: http://conference.msa.pstu.ru/sekcia_1/informatsionno-izmeritelnaya_sistema_upravleniya_modelnoy_dvukhvalnoy_rotornoy_ustanovkoy.doc.

УДК 629.7.036.34

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ЗАБРОСУ ПТИЦ НА ВХОД В РАБОТАЮЩИЙ ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ И СРАВНЕНИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ С КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫМ РАСЧЁТОМ

©2016 Н.Н. Бальяева, А.Г. Терешко, А.Р. Кирсанов

«ОКБ им. А. Люльки» - филиал ПАО «УМПО», г. Москва

THE RUNNING GAS-TURBINE ENGINE BIRD IMPACT TEST AND RESULTS COMPARATIVE ANALYSIS WITH THE FEM SIMULATION

Balyaeva N.N., Tereshko A.G., Kirsanov A.R. ("Lyulka Design Bureau" subsidiary PJSC "UEIA", Moscow, Russian Federation)

The work covers bird impact test of running gas turbine engine and comparison of it's results with the prediction of the finite element analysis simulation.

Одним из обязательных экспериментов при доводке вновь разрабатываемого газотурбинного двигателя (ГТД) является испытание по забросу птиц на вход в работающий двигатель.

Особенностью данных испытаний является их высокая стоимость: после окончания эксперимента двигатель отправляется в ремонт. Поэтому максимальное внимание

уделяется предварительным расчётам и моделированию происходящих процессов в конечноэлементных (КЭ) программных комплексах, что позволяет свести к минимуму необходимость повторения испытаний. Тем не менее, при численном моделировании невозможно учесть все факторы, оказывающие влияние на результат испытаний.