

АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ РОТОРА ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИК РЕДУКЦИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Семенов С.В., Нихамкин М.Ш., Головкин А.Ю.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь,
sergey.semyonov@mail.ru

Ключевые слова: роторная динамика, редукция, конечно-элементные модели, CMS.

Создание двигателей нового поколения требует решения задач, связанных с исключением опасных вибраций. Основным источником вибрации в газотурбинном двигателе являются быстровращающиеся роторы [1]. В современном машиностроении проблемы вибрации принято решать на стадии проектирования, включающего в себя этап моделирования вибрационного поведения конструкции будущего изделия. Следует отметить, что сложность конструкций разрабатываемых в настоящее время газотурбинных двигателей значительно возросла, что повлекло за собой усложнение их вибрационного спектра, проявляющееся, в первую очередь, в смещении частот вибрационных режимов, связанных с собственными формами колебаний дисков, блисков в рабочие диапазоны частот вращения, а также сильное влияние жесткости соединений на общую жесткость роторов ГТД.

Необходимость учета данных факторов при моделировании вибрационного поведения роторов ГТД вынуждает отказываться от одномерных балочных моделей и переходить к трехмерным конечно-элементным моделям. Они рассматриваются как более точные и удобные средства моделирования, особенно в случае применения их в связке с современными CAD/CAE системами. Однако подавляющее большинство трехмерных моделей используется в линейной и осесимметричной постановке [2]. Кроме этого, зачастую данные модели имеют большую размерность, учитывают сложную геометрию роторной системы, подшипники, уплотнения, а также поведение всех сборочных элементов: дисков, лопаток, вентиляторов и соединений. Все эти элементы усложняют моделирование вибрационных процессов в роторной системе и поэтому требуют больше вычислительных ресурсов, затрудняя таким образом решение таких итерационных задач, как идентификация и оптимизация математических моделей.

Эффективный путь решения данной проблемы – использование суперэлементов для моделирования деталей со сложной геометрией. Данный подход позволяет не только уменьшить размерность математической модели ротора, но и при осуществлении экспериментальной верификации суперэлементов, увеличить ее точность. Использование суперэлементов (субструктур) в роторной динамике позволяет моделировать сложные полноразмерные роторные систем с учетом их конструктивных особенностей и эксплуатационных условий.

Цель данной работы – предложить методику решения задач модального анализа и определения критических частот на примере трехмерной модели ротора низкого давления с использованием методик редукции, а также оценить их влияние на время расчета. В качестве способа редуцирования использован метод покомпонентного синтеза мод (CMS). Показано, что метод покомпонентного синтеза мод (CMS) позволяет осуществлять качественную редукцию конечно-элементной модели ротора ГТД, позволяя значительно ускорять решения таких задач, как определение модальных характеристик моделей и расчет критических режимов ротора. Продемонстрированная методика может быть рекомендована для использования при проектировании газотурбинных двигателей.

Список литературы

1. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. Пермь: ОАО «Авиадвигатель», 2006. 398 с.

2. Genta G. Dynamic Analysis Of Rotors: Comparison Between the Simplified One-Dimensional Results and Those Obtained Through 3-D Modeling / G. Genta. Текст: электронный // Proceedings of XXI Congresso nazionale AIMETA 2013: [сайт]. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/234899818.pdf> (Дата обращения: 15.03.2021).

Сведения об авторах

Семенов Сергей Валерьевич, старший преподаватель кафедры авиационных двигателей ФГБОУ ВПО ПНИПУ. Область научных интересов: роторная динамика, расчетный и экспериментальный модальный анализ, механика разрушения изделий из ПКМ, баллистическое повреждение узлов и деталей из ГТД, идентификация конечно-элементных моделей.

Нихамкин Михаил Шмерович, д-р техн. наук, профессор кафедры авиационных двигателей ФГБОУ ВПО ПНИПУ. Область научных интересов: роторная динамика, расчетный и экспериментальный модальный анализ, механика разрушения изделий из ПКМ, баллистическое повреждение узлов и деталей ГТД, идентификация конечно-элементных моделей, лазерная виброметрия.

Головкин Андрей Юрьевич, старший преподаватель кафедры авиационных двигателей ФГБОУ ВПО ПНИПУ. Область научных интересов: расчетный и экспериментальный модальный анализ, идентификация конечно-элементных моделей, определения полей деформации с помощью лазерной виброметрии.

ANALYSIS OF THE VIBRATION BEHAVIOR OF THE ROTOR OF A GTE USING THE METHODS OF REDUCTION OF FINITE ELEMENT MODELS

Semenov S.V., Nikhamkin M.Sh., Golovkin A.Yu.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, sergey.semyonov@mail.ru

Keywords: rotordynamics, reduction, finite element models, CMS.

The work is devoted to the problems of modeling the vibration behavior of GTE rotors with the use mode component synthesis (CMS) method. The comparison of the speed of modal analysis and determination of critical speeds using complete and reduced models is carried out.