

ПРИМЕНЕНИЕ СУБСТРУКТУРНОГО ПОДХОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РОТОРНОЙ ДИНАМИКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Семенов С.В., Нихамкин М.Ш.

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

Ключевые слова: субструктуры, роторная динамика, редукция, конечно-элементные модели, газотурбинные двигатели.

Процесс создания современных газотурбинных двигателей (ГТД) подразумевает нахождение баланса между количеством дорогих натуральных испытаний и обеспечением требуемых характеристик будущего изделия. Причем последние включают в себя жесткие требования по безопасности эксплуатации двигателя, в том числе не превышения заданного уровня вибрации. Сокращению количества натуральных испытаний способствует широкое применение средств моделирования вибрационного поведения роторных систем, базирующихся на конечно-элементных методах. Однако, несмотря на почти более чем вековую историю математических моделей роторных систем, конструкции современных ГТД, в особенности авиационных, предъявляют все большие требования к количеству учитываемых явлений и эффектов. Связано это, в первую очередь с тенденцией к уменьшению массы двигателя, приведшей, например, к тому, что массы дисков стали сопоставимы с массой элементов вала, а податливость корпусов стала сказываться на критических частотах всей роторной системы двигателя. Для анализа колебаний таких конструкций уже не подходят традиционные одномерные модели с сосредоточенными массами, а требуется применение трехмерных моделей с большим количеством степеней свободы, что значительно повышает требования к вычислительным ресурсам, особенно при решении оптимизационных задач [1].

Другой проблемой, мешающей значительно сократить количество натуральных испытаний, является трудность верификации моделей вибрационного поведения современных газотурбинных двигателей по причине высокой плотности спектров их критических и резонансных частот [2].

Эффективным способом решения данных проблем является использование субструктурного подхода, заключающегося в разбиении исходной модели на отдельные конечно-элементные субструктуры, которые в последующем могут быть редуцированы и экспериментально верифицированы по модальным характеристикам, полученным с помощью экспериментального модального анализа.

В данной работе предлагается методика решения задач роторной динамики газотурбинных двигателей с использованием редуцированных и экспериментально верифицированных субструктур. Апробация методики осуществлена на модельной роторной установке. Экспериментальный модальный анализ выполнен с использованием трехкомпонентной лазерной виброметрии. В качестве метода редукции выбран метод покомпонентного синтеза мод (CMS). Качество верификации и редукции определено путем сравнения критических частот роторной системы, полученных расчетным и экспериментальным способами. Показано, что предлагаемый метод может быть использован для моделирования вибрационного поведения газотурбинных двигателей на этапе их проектирования.

Список литературы

1. Nonaxisymmetrical vibration modes of rotor system simulation using experimentally verified superelements / S. Semenov, M. Nikhamkin, G. Mekhonoshin, N. Sazhenkov, I. Semenova // Proceedings of the 24th International Congress on Sound and Vibration (ICSV24) [Electronic resource] : London, 23-27 July 2017 / Intern. Inst. of Acoustics and Vibration, UKs Institute of Acoustics. - [S. l.]: [s. n.], 2017. - 8 p.

2. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. – ОАО – Авиадвигатель. Пермь: 2006. 398 с.

Сведения об авторах

Семенов С.В., старший преподаватель кафедры «Авиационные двигатели» 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 М.Ш., доктор технических наук, профессор кафедры «Авиационные двигатели» 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.

APPLICATION OF A SUBSTRUCTURAL APPROACH TO SOLVING PROBLEMS OF ROTOR DYNAMICS OF A GAS TURBINE ENGINE

Semenov S.V., Nikhamkin M.Sh.

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

Keywords: substructures, rotor dynamics, reduction, finite element models, gas turbine engines.

The work is devoted to the method of gas turbine engine vibration modeling using substructures. Approbation on a test rig was carried out. It is shown that the proposed technique can be used to simulate the vibrational behavior of GTE.