

УДК 621.452.32:539.4

ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ФОРМ И ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ПОЛОЙ ШИРОКОХОРДНОЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ПЕРСПЕКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Анохин Д. В., Елизаров Д. А.

ПАО «Кузнецов», г. Самара

Основными требованиями, предъявляемые к современным авиационным двигателям, являются высокий КПД, габаритные размеры и запасы устойчивой работы вентилятора [1]. Данные требования не удовлетворяются при использовании традиционного конструктивного исполнения лопаток вентилятора, а именно сплошной широкохордной рабочей лопатки [2]. Для решения этих проблем применяются рабочие полые широкохордные лопатки (ПШЛ) вентилятора [4-6], которые позволяют снизить массу самой лопатки на 30-40% и, соответственно, на 10-15% снизить массу диска, корпусов вентилятора и бронезащиты [7,8].

Основным мероприятием при проектировании лопаток ГТД в части обеспечения приемлемого уровня переменных напряжений является частотная отстройка на этапе проектирования от резонансов в рабочем диапазоне частот вращения ротора [9]. Для ее проведения решается задача получения форм и частот собственных колебаний (ЧСК) лопаток. Ввиду сложности конструктивного исполнения такого типа рабочих лопаток вентилятора, как ПШЛ с гофрированным наполнителем, для проведения модального анализа применяется метод конечных элементов.

Согласно Нормам Прочности определение ЧСК опытных образцов лопаток проводится экспериментально. При этом данные, полученные при эксперименте, могут быть использованы для верификации используемых КЭ моделей с целью уточнения методики проведения проектировочных расчетов.

Сравнение численных и экспериментальных собственных форм и частот колебаний ПШЛ вентилятора перспективного двигателя.

В данной работе была создана КЭ модель и выполнен модальный анализ ПШЛ вентилятора для определения 9 собственных форм и частот колебаний лопатки. Формы собственных колебаний представлены на рисунке 1.

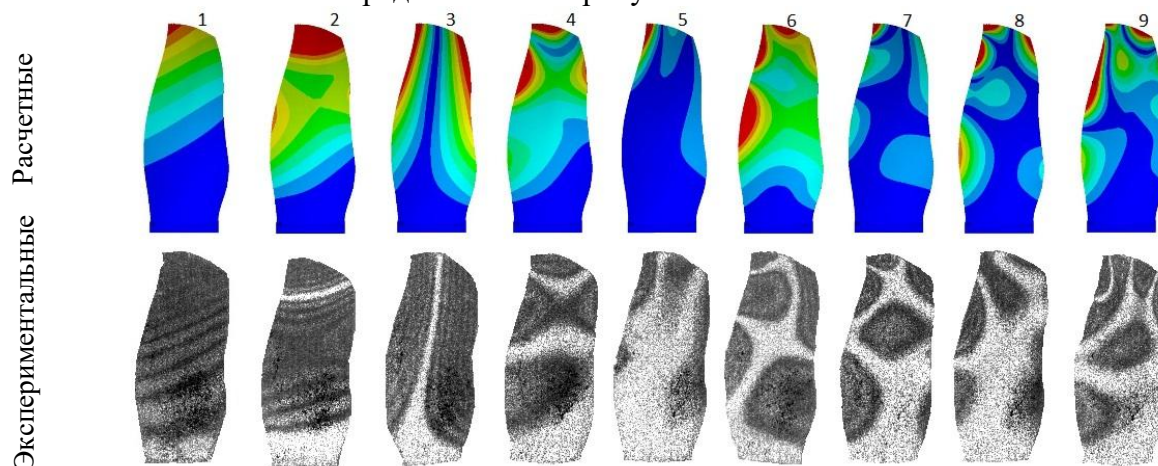


Рис. 1. Формы собственных колебаний ПШЛ

При экспериментальном исследовании методом голографической интерферометрии было испытано 3 лопатки. Сравнение расчетных и экспериментальных ЧСК представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение расчетных и экспериментальных ЧСК

Форма колебаний	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta, \%$	11,5	2,5	1,7	1,7	4,4	6,9	6,2	12,7	8,9

Как видно из таблицы 1, максимальное расхождение расчетных и экспериментальных частот колебания выявляется по 8 и 1 формам. По остальным ЧСК расхождение результатов менее 10%.

Расхождение расчетных и экспериментальных частот происходит из-за технологических отклонений изготовления замковых частей лопатки, погрешности закрепления, влияющих на условия закрепления при проведении экспериментов.

Формы собственных колебаний, полученные экспериментально, совпадают с расчетными.

Выводы:

- выполнено сравнение результатов расчетного и экспериментального исследований частот и форм собственных колебаний рабочей ПШЛ вентилятора перспективного двигателя;
- частоты собственных колебаний, получаемые расчетным путем, соответствуют экспериментальным с максимальной погрешностью 13% при совпадении форм собственных колебаний.

Библиографический список

1. Иноземцев, А. А. Пяти томный учебник «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок», серия «Газотурбинные двигатели»/ А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий.// М.: Машиностроение, 2008, С. 1204.
2. Скибин, В. А. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор)/ В. А. Скибин, В. И. Солонин и др.// М.: ЦИАМ, 2004. 422 с.
3. Richard, R. Hollow blade. Патент США №GB2147055 от 05.01.1985.
- Halila, G., Hollow airfoils/ G. Halila, K. I. Hansen// Патент Великобритании № 2254892 от 21.10.1992.
4. Иностранные авиационные двигатели (по данным иностранной печати). Вып. XIII. М.: ЦИАМ. 2000. 534 с.
5. Genckin, V. N. Способ изготовления профильных секционных лопаток сваркой давлением. Патент США № 5170666. 1972. В21к 3/04; В23 К/01.
6. Каримбаев, Т. Д. Гибридные конструкции лопаток перспективных вентиляторов/ Т. Д. Каримбаев, А. А. Луппов// Материалы XXV Юбилейной международной конференции и выставки, май-июнь 2005г. С. 331-332.
7. Каблов, Е. Н. Конструктивные и технологические решения для создания составных лопаток перспективных вентиляторов с применением прочных и жестких металлокомполитов / Е. Н. Каблов, С. Е. Салибеков, Ю. А. Абузин и др. // М.: ЦИАМ, 2003. С. 124-138.
8. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник/ И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1993. — 640 с.