

УДК 539.3:621

Ю.С. ВОРОБЬЕВ¹, К.Ю. ДЬЯКОНЕНКО²¹Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАНУ, Украина²Национальный технический университет «ХПИ», Украина

КОЛЕБАНИЯ МНОГОДИСКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РОТОРА ГТД

Рассмотрены собственные колебания сложного дисково-барабанного фрагмента ротора ГТД. Проведен анализ влияния тонкостенных оболочечных элементов на совместные колебания системы. Приведены частоты и наиболее характерные формы колебаний, на которых показана взаимосвязь между колебаниями элементов системы.

ротор, диски, тонкостенные элементы, совместные колебания, собственные частоты, собственные формы

Введение

В связи с тенденцией создания турбоагрегатов большей удельной мощности и ростом интенсивности нагрузок, ужесточаются требования к их прочности и надежности. Один из важнейших вопросов при рассмотрении прочности турбомашин – колебания роторов [1 – 4]. В связи со стремлением к равнопрочности роторов с рабочими колесами, возникает необходимость в исследованиях их колебаний не только как отдельных элементов, но и как единых деформируемых систем. Интерес представляет выявление взаимосвязи при совместных колебаниях и анализ влияния различных элементов на колебания всей системы.

Многие из современных роторов ГТД содержат системы дисков, объединенных оболочечными элементами. В данной работе рассматривается одна из таких систем, состоящая из дисков, части ротора и элементов их связывающих. Система представляет собой сложную конструкцию дисково-барабанного типа, состоящую из трех дисков, соединенных между собой тонкостенными оболочечными элементами, которые несут на себе лабиринтные уплотнения системы. **Основная цель работы:** изучить взаимосвязанные колебания этой системы и выяснить, какой вклад в колебания вносят различные ее элементы.

Результаты исследований

Влияние тонкостенных элементов, соединяющих диски, на собственные частоты системы представлены в табл. 1. Все формы колебаний являются совместными.

Таблица 1

Собственные частоты
для двух вариантов конструкции

N	с тонкостенными элементами, Гц	без тонкостенных элементов, Гц
1	134	60
2	228	79
3	346	98
4	598	104
5	882	134
6	909	135
7	1083	210
8	1113	243
9	1229	255
10	1256	349
11	1271	420
12	1334	512
13	1351	556
14	1437	624
15	1443	653
16	1534	658
17	1535	679
18	1652	757
19	1712	827
20	1732	931

При учете оболочечных элементов наблюдается существенное повышение частот и перераспределение форм колебаний. Наиболее характерные формы представлены на рис. 1 – 8.



Рис. 1. Преимущественно изгибные колебания с одним узловым диаметром, $f = 134$ Гц



Рис. 2. Преимущественно крутильные колебания, $f = 228$ Гц



Рис. 3. Преимущественно зонтичные синфазные колебания, $f = 346$ Гц

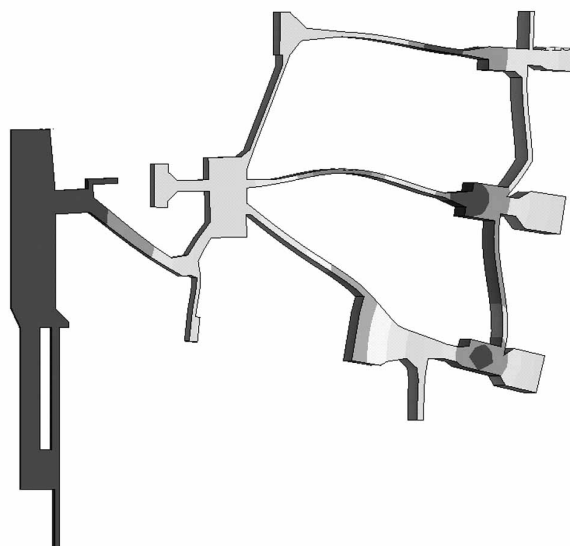


Рис. 4. Преимущественно зонтичные колебания с узловой окружностью, $f = 909$ Гц

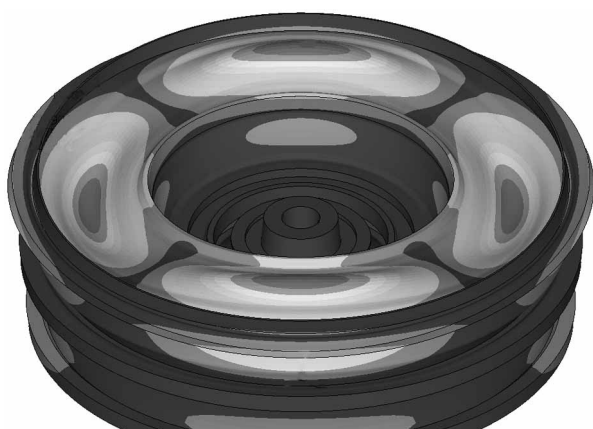


Рис. 5. Преимущественно веерные колебания с двумя узловыми диаметрами, $f = 1443$ Гц

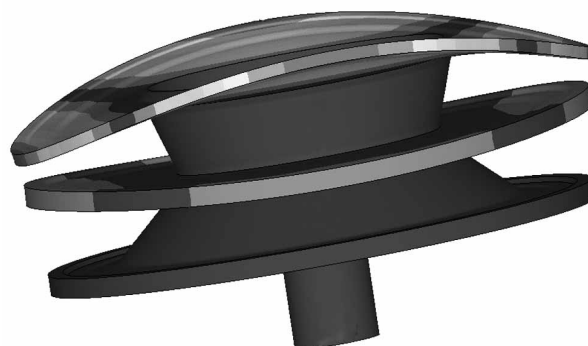


Рис. 6. Преимущественно веерные колебания двух дисков с двумя узловыми диаметрами в противофазе, $f = 135$ Гц

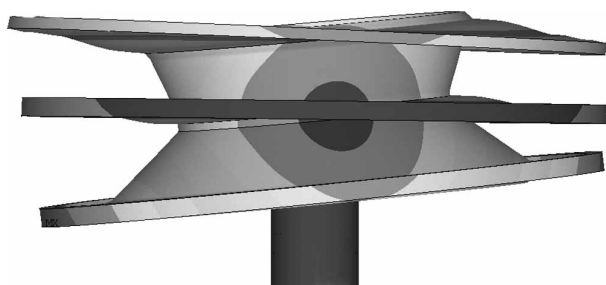


Рис. 7. Преимущественно изгибные колебания с одним узловым диаметром; первые два диска совершают колебания синфазно в противофазе с третьим, $f = 210$ Гц

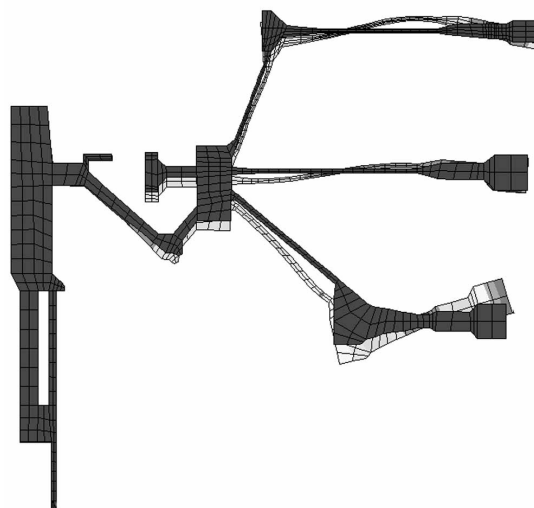


Рис. 8. Преимущественно зонтичные колебания с узловыми окружностями. 3-й диск движется в противофазе двум первым, $f = 931$ Гц

При преимущественно изгибных (рис. 1, 7), зонтичных (рис. 3, 4, 8) и особенно веерных (рис. 5, 6) формах наблюдается заметное повышение частот, т. е. оболочечные элементы существенно ужесточают конструкцию. При преимущественно крутильных колебаниях системы (рис. 2) влияние оболочечных элементов проявляется в основном как присоединенных моментов инерции, что незначительно снижает частоты. Диски в этом случае практически не деформируются.

В результате проведенных исследований можно сделать выводы, что присутствие тонкостенных оболочечных элементов в подобных конструкциях существенным образом сказывается на колебаниях всей системы. Они не только несут на себе лабиринтные уплотнения, но придают конструкции дополнительную жесткость и должны учитываться в расчетах колебаний роторных систем.

Эти исследования должны послужить началом решения значительно более сложной задачи о колебаниях полной системы ротора с облопаченными турбинными и вентиляторными дисками.

Литература

1. Шульженко Н.Г., Воробьев Ю.С. Численный анализ колебаний системы турбоагрегат – фундамент. – К.: Техника, 1991. – 232 с.
2. Воробьев Ю.С. Колебания лопаточного аппарата турбомашин. – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.
3. Sokolowski Ja, Rzadkowski R., Kwapisz L.. Frequencies and modes of rotating flexible shrouded bladed disks-shaft assemblies // Task Quarterly. – 2003. – 7, No 2. – P. 1001 – 1017.
4. Rzadkowski R., Sokolowski Ja. Natural frequencies and modes shapes of two rigid bladed discs on the shaft // Task Quarterly. – 2004. – 8, No 1. – P. 51 – 69.
5. Воробьев Ю.С., Дьяконенко К.Ю. Анализ колебаний ротора с дисками // Вестник Нац. техн. ун-та «Харьковский политехн. ин-т». – 2003. – № 8, т. 2. – С. 25 – 28.

Поступила в редакцию 22.06.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.Ф. Симбирский, ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАНУ, Харьков.