

УДК 621.891

Экспериментальное исследование влияния на динамические параметры роторов изменения затяжки резьбовых соединений стяжных элементов конструкции

Зубко Алексей Игоревич

ПАО «ОДК-УМПО» — филиал ОКБ им. А. Люльки, Москва, Россия

Аннотация. Исследовано динамическое поведение ротора при изменении усилий затяжки резьбовых соединений стяжных элементов конструкции. Построены частотные характеристики параметров роторной системы. Определены формы колебаний, динамические прогибы ротора на различных частотах вращения в пределах рабочего диапазона. Выполнено сравнение результатов расчетов и экспериментов. Отмечено существенное влияние на вибрационное состояние ротора не только величины стягивающего усилия резьбовых соединений, но и качества притирки прилегаемых поверхностей контактирующих деталей. Сделан вывод об индивидуальности динамических параметров ротора, что порождает семейства частотных характеристик для партии роторов одного типа.

Ключевые слова: ротор, динамические параметры, жесткость конструкции, вибрации

Введение. Компоненты авиационно-космических аппаратов должны обладать повышенной надежностью и контролепригодностью. Подшипники опор являются критичными элементами конструкции роторных систем [1, 2]. Значительные по значению нерасчетные нагрузки на подшипники, вызванные изменением вибрационного состояния роторных систем могут приводить к значительному уменьшению их ресурса. Цель работы состояла в детальном исследовании динамических параметров роторной системы для выявления причин и диагностических признаков начальных стадий повреждений подшипников опор роторов из-за воздействия повышенных нагрузок. Для этого решались задачи: определение параметров при прохождении резонансов системой, выявление факторов влияющих на снижение собственных частот конструкции. Научная новизна состоит в выделении диагностических параметров и диагностических признаков искусственно вводимых неисправностей для разработки новых методов диагностики. Полученные результаты изменения динамических параметров при исследовании автономного ротора способствуют более полному пониманию физической картины при функционировании ротора в составе изделия.

Методы исследований. Эксперименты выполнялись на специальной установке имитирующей силовую схему установки ротора в составе газотурбинного двигателя. Установка с ротором монтировалась в кессон вакуумного разгонно-балансировочного стенда. Выполнялись пуски с возможностью детального исследования параметров вибрации при медленном изменении ча-

стоты вращения ротора. Установленными вдоль строительной оси вращающегося ротора проксиметрами определены формы его колебаний. На корпусах опор ротора в вертикальном и горизонтальном направлении были установлены датчики вибрации, сигнал которых подавался на анализатор спектра со специальным программным обеспечением.

Результаты. Были получены частотные характеристики основных (амплитуды, фазы) и производных параметров вибрации при прохождении зон резонанса. Выявлены нелинейные изменения частоты и фазы колебаний ротора по причине нелинейного изменения жесткости конструкции ротора при ослаблении стяжных элементов ротора [3]. Отмечены связи увеличения нелинейности параметров вибрации и количества гармоник роторных частот, что позволило разработать метод диагностирования данной неисправности. Показана идентичность траекторий перемещения центра масс вала (орбит) измеренных проксиметрами и аналогичных траекторий полученных при анализе информации от двух ортогонально установленных на корпусе опоры датчиков вибрации (орбит вибрации).

Заключение. Проведенные исследования позволили определить диагностические параметры и выявить диагностические признаки развития ослабления резьбовых соединений стяжных элементов конструкции, вызывающих уменьшение ее жесткости и как следствие, увеличение динамического прогиба и дисбаланса, что вызывает повышенные нагрузки на подшипники опор. Также отмечено снижение собственных частот ротора при ослаблениях, что способствует возможному попаданию их значений в рабочий диапазон частот вращения ротора приводящему к развитию резонанса с большой амплитудой и возможному внезапному повреждению подшипников опор. Разработанные алгоритмы диагностирования позволяют предотвратить данный критический отказ.

Список источников

- [1] Червяков В.М., Юдаев В.Ф. *Гидродинамические и роторные явления в роторных аппаратах*. Москва, Машиностроение, 2007, 74 с.
- [2] Назаренко Ю.Б. Жидкостное трение в подшипниках и влияние гидродинамических сил на контактные напряжения тел качения. *Двигатель*, 2015, №2, с. 10–12.
- [3] Горелик А.Л., Скрипкин В.А. *Методы распознавания*. Москва, Высшая школа, 2004, 261 с.