электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Динамика ротора с учетом влияния газового потока в лабиринтном уплотнении

12, декабрь 2014

Андреев Ф. Б., Гуськов А. М., Туверез Ф., Блан Л.

УДК: 531.8, 534, 534.05

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
НИЦ "Курчатовский Институт"
Ecole Centrale de Lyon
gouskov_am@mail.ru

Исследуется влияние динамики газового потока в лабиринтном уплотнении ротора со статором на устойчивость ротора. Основное внимание уделено оценке динамических коэффициентов, учитывающих движение газа через лабиринтное уплотнение. Поток утечки и распределение давления рассчитаны с использованием модифицированного метода Ньюмена, а распределение окружных скоростей – с помощью модели трения Папаевангелу. Приводится сравнительный анализ полученных динамических коэффициентов с данными других исследователей.

Лабиринтные уплотнения широко используются в газотурбинных двигателях, силовых турбинах и компрессорах для предотвращения попадания газа высокого давления в зоны низкого давления [1–4]. Лабиринтные уплотнения обычно выполняют в виде встроенного в ротор набора уплотнительных гребней (рис. 1). Каждая пара соседних гребней образует полость, ограниченную корпусом статора. Всего имеется N гребней и $(N-1)$ полостей. Принцип работы лабиринтных уплотнений заключается в следующем. Закрученный вихревой газ под высоким давлением попадает через зазор между первым гребнем и корпусом статора в первую полость лабиринтного уплотнения, где газ расширяется и изменяется его момент вращения из-за трения о стенки полости, которая может вращаться со скоростью, отличающейся от скорости вихря на входе. Первоначальное закручивание газа связано с вращением ротора и зависит от особенностей конструкции (геометрии) его элементов. Скорость предзакручивания газа представляет собой касательную или окружную скорость набегающего потока в уплотнении. В общем случае, из-за возможных колебаний ротора, это вращение неосесимметричное и нестационарное [5–7]. После того, как газ преодолевает несколько подобных полостей, он оказывается в конце уплотнения со значительно сниженным давлением.

Лабиринтные уплотнения являются бесконтактными, что существенно снижает их износ и трение между ротором и статором по сравнению с уплотнениями других типов. Лабиринтные уплотнения характеризуются малым зазором между ротором и статором порядка 0,3% диаметра ротора.

Несмотря на существенное снижение давления через лабиринтные уплотнения возможны определенные утечки газа из зоны высокого давления, которые зависят от различных факторов: геометрии гребня, числа полостей, перепадов давлений и температур, типа газа и т.д.

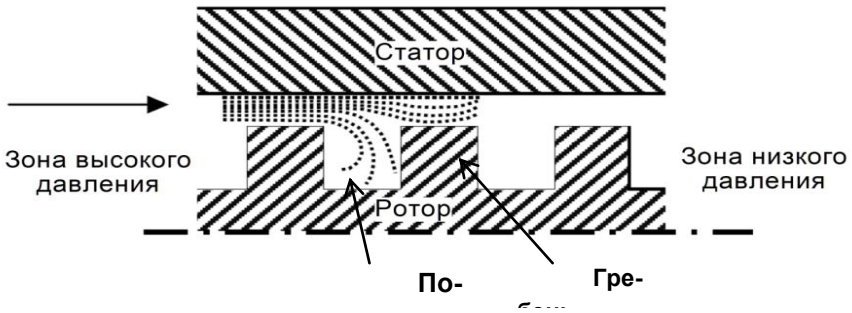

Рисунок 1 Схема работы лабиринтного уплотнения

Опыт эксплуатации роторных систем показывает, что при определенных условиях истечение газа через лабиринтное уплотнение может оказывать существенное влияние на динамику и устойчивость подобных систем [8-10].

Полученные результаты показывают, что использование более совершенной модели для коэффициента трения обоснованно в случае предложенной модели лабиринтного уплотнения. Описанная расчетная схема и предложенный вычислительный алгоритм позволили повысить точность численного расчета динамических коэффициентов газового потока. Предложенная модель, описывающая динамику газового потока в лабиринтном уплотнении, может быть использована при моделировании и анализе устойчивости связанной системы гибких ротора и статора.

Список литературы

1. Траупель В. Тепловые турбомашины. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 344 с.
2. Eser D., Kazakia J. Air Flow in Cavities of Labyrinth Seals // International Journal of Engineering Science. 1995. No. 33. pp. 2309-2326.
3. Childs D. W., Scharrer J. K. An Iwatsubo-based solution for labyrinth seals: comparison to experimental results // Trans. ASME. J. of Engr. for Gas Turbines and Power. 1986. No. 108. pp. 325-331.
4. Picardo A. M. High Pressure Testing of See-Through Labyrinth Seals // Technical report for Mechanical Engineering Department, Texas A&M University. 2003. P. 27.

5. Banakh L., Panovko G. Oscillations of shaft on vibrating foundation // Journal of Vibroengineering. 2009. Vol. 11. No. 3. P. 415-420.
6. Пановко Г.Я. Лекции по основам вибрационных машин и технологий. –М.: МГТУим. Н.Э. Баумана, 2008. – 192 с.
7. Gouskov A.M., Panovko G.Y. On parametric oscillations of pendular and rotor systems // Journal of Vibroengineering. 2008. Vol. 10. No. 3. P. 277-282.
8. ax:
9. Alford J. S. Protecting turbomachinery from self-excited rotor whirl // Trans. ASME. J. of Engineering for Power. 1965. No. 87. P. 333-344.
10. Benckert H., Wachter J. Flow induced spring coefficients of labyrinth seals for application in rotor dynamics // NASA Conf. Pub. 2133: Rotordynamic Instability Problems in High-Performance Turbomachinery. Texas. 1980. P. 189-212.
11. Kanki H., Morii S. Destabilizing force of labyrinth seal // NASA Conf. Pub. 2443: Rotordynamic Instability Problems in High-Performance Turbomachinery. Texas. 1986. P. 205-224.