

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ РОТОРОВ ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Е.Ю. Русский

Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Шахтный вентиляторный агрегат серии ВО представляет собой сложную систему [1], состоящую из множества взаимосвязанных элементов, основными из которых являются: электродвигатель, трансмиссионный вал, коренной вал, подшипниковые опоры, рабочее колесо (РК) со сдвоенными листовыми лопатками, механизм поворота лопаток РК.

На рис. 1 приведена общая схема компоновки осевых вентиляторных агрегатов.

Элементы такой системы имеют свои собственные частоты изгибных и крутильных колебаний, зависящие как от конструкции соответствующего узла, так и от способа закрепления элемента.

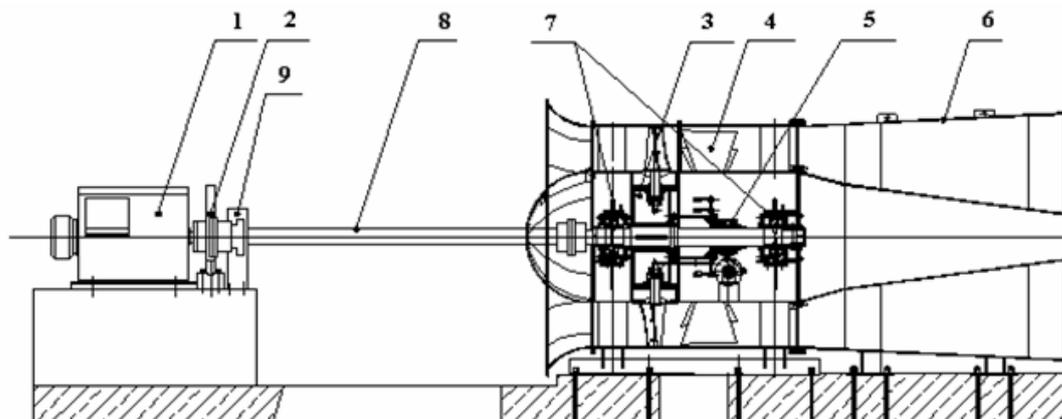


Рис. 1. Реверсивный вентиляторный агрегат ВО-36К со сменными и поворотными на ходу лопатками рабочего колеса: 1 – электродвигатель (2000 кВт, 600 об/мин); 2 – электромеханический тормоз; 3 – рабочее колесо с поворотными на ходу сдвоенными листовыми лопатками; 4 – неповоротные лопатки спрямляющего аппарата; 5 – механизм одновременного поворота лопаток рабочего колеса; 6 – диффузор; 7 – подшипниковые опоры; 8 – трансмиссионный вал; 9 – датчик оборотов

Как показывает эксплуатация турбомашин, при некоторых частотах вращения ротора в результате резкого усиления вибрации вала возникает значительная вибрация всей установки. При этом возможно задевание рабочих лопаток о корпус, разрушение уплотнений или подшипников, поломка ротора.

Причинами возникновения вибрации могут быть неточности изготовления и сборки ротора, приводящие к его статической или динамической неуравновешенности, неодинаковая поперечная жесткость вала в разных плоскостях (например, вследствие наличия шпоночных канавок), возникновение вынуждающих сил в масляном слое подшипников, возмущения от вентиляционной сети шахты, от лопаток спрямляющего и направляющего аппаратов и прочее.

Любой из указанных факторов может вызвать изгибную и крутильную деформации ротора и его узлов, которая из обычных (некритических) частотах тут же устраняется силами упругости, т.е. положение вала является устойчивым.

Основную опасность представляют вынуждающие силы, частоты которых равны или близки собственным частотам колебаний конструкции. Кроме элементов ротора – рабочего колеса и лопаток, – необходимо определить собственные частоты колебаний ротора. Необходимость этого исследования вызвана тем, что частоты колебаний корпуса РК могут значительно отличаться как от частот колебаний корпуса РК с установленными лопатками, так и от частот колебаний ротора (состоящего из корпуса РК, лопаточных узлов и коренного вала).

Поэтому необходимо знать частоты колебаний не только отдельных узлов, но и в том числе конструкции в сборе, что позволит выполнить отстройку собственных и возмущающих частот для всего диапазона собственных частот узлов вентилятора[2].

Выполним расчет и анализ собственных частот колебаний ротора и корпуса РК на примере системы установки с шахтным осевым вентилятором серии ВО-36К (диаметр по концам лопаток $D = 3000$ мм) и синхронным электродвигателем СДН2-17-44-8-У3 (номинальная мощность $P_n = 2000$ кВт), имеющим следующие рабочие характеристики: номинальная скорость вращения $n_n = 600$ об/мин. (62.8 рад/с), расход $Q = 600$ м³/с, статическое давление $P_{sv} = 2550$ Па

На рис. 2 представлены частоты колебаний рабочего колеса вентилятора по первым трем формам.

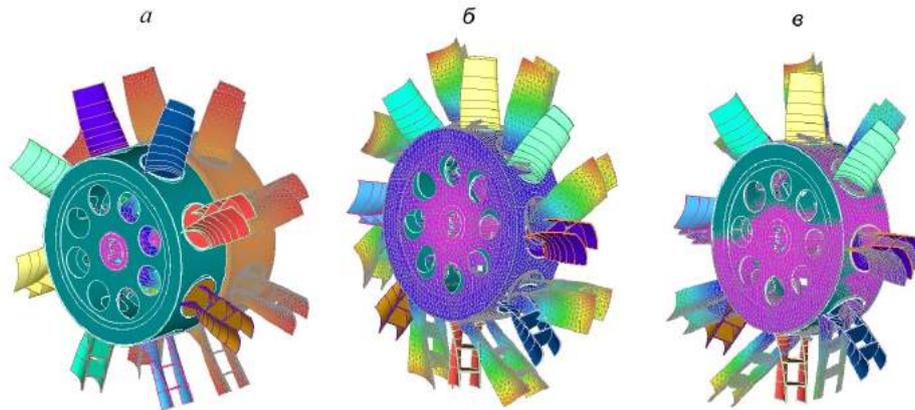


Рис. 2. Формы колебаний рабочего колеса: а – первая форма колебаний (частота 23,1 Гц); б – вторая форма колебаний (частота 54,3 Гц); в – третья форма колебаний (частота 63,1 Гц)

Частота колебаний по первой форме составляет 23,1 Гц, что в 1,3 раза больше основной возмущающей частоты – частоты вращения ротора (10 Гц).

На рис. 3 показаны результаты расчета для ротора вентилятора ВО-36К.

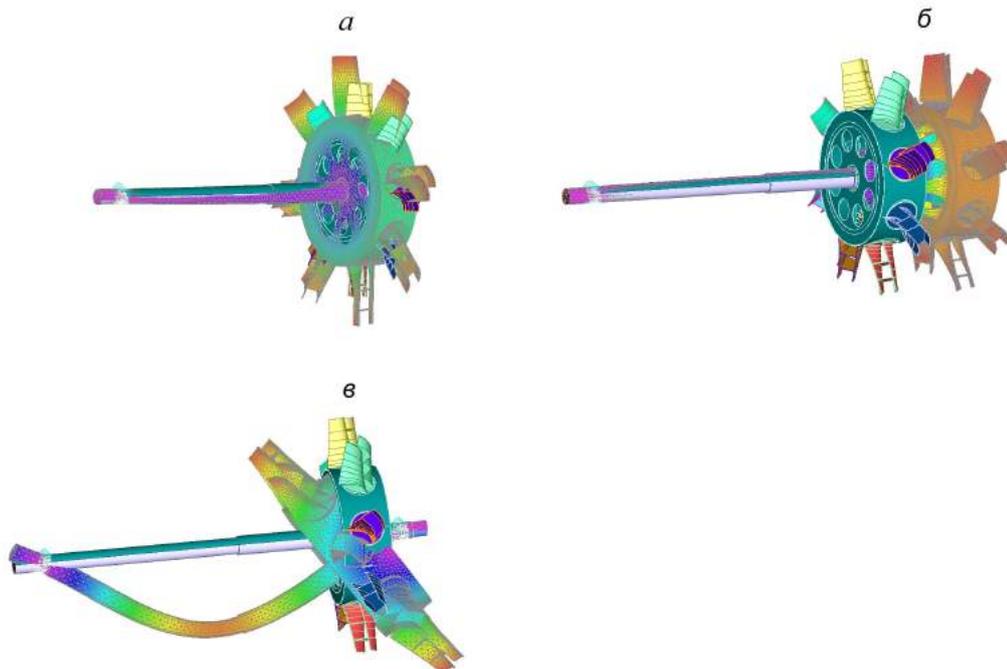


Рис. 3. Формы колебаний ротора вентилятора: а – первая форма колебаний (частота 21,8 Гц); б – вторая форма колебаний (частота 22,8 Гц); в – третья форма колебаний (частота 23,6 Гц)

Первые три собственные частоты ротора отличаются незначительно друг от друга, и отстроены от основной возмущающей частоты – частоты вращения ротора (10 Гц) – в два раза.

Из результатов расчетов следует, что для вентилятора ВО-36К собственные частоты ротора и отдельных узлов значительно отстоят от основной возмущающей частоты – частоты вращения ротора (10 Гц).

Литература

1. Попов Н.А. Разработка реверсивных осевых вентиляторов главного проветривания шахт // Диссертация на соискание уч. степени д.т.н. – Институт горного дела СО РАН – Новосибирск-2001.
2. Левин А.В. Прочность и вибрация лопаток и дисков паровых турбин / А.В. Левин, К.Н. Боришанский, Е.Д. Консон / Л.: Машиностроение, 1981.