УДК 539.4

А.Е. Крушевский, В.Ф. Кондратюк

КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЧЕТЫРЕХМАССОВОЙ СИСТЕМЫ КАК ПРОТОТИП МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОЛЕБАНИЙ ЛИНИИ ВАЛА ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТЫ

Белорусский национальный технический университет, ОАО "Белгорхимпром" Минск, Беларусь

Для предупреждения повышенного шума и уменьшения износа линии вала вентилятора главного проветривания (ВГП) необходим ряд мероприятий, основным из которых представляется наличие достоверной математической модели колебаний линии вала ВГП. В настоящей работе рассматриваются крутильные колебания линии вала ВГП как четырехмассовой системы (рис. 1). Этими элементами могут быть собственно вентилятор, части компенсирующей муфты, ротор электродвигателя.

Дифференциальные уравнения:

$$J_1\ddot{\varphi}_1 = c_2(\varphi_2 - \varphi_1),$$
$$J_2\ddot{\varphi}_2 = c_2(\varphi_1 - \varphi_2) - s_1 r_2,$$
$$J_3\ddot{\varphi}_3 = c_3(\varphi_4 - \varphi_3) + s_1 r_3,$$
$$J_4\ddot{\varphi}_4 = c_3(\varphi_3 - \varphi_4),$$

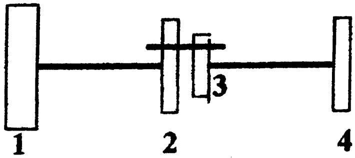

Рис.1. Схема 4-массовой механической системы

где $\varphi_3 / \varphi_2 = i_{23}$ – передаточное число,

J_1, J_2, J_3, J_4 – моменты инерции,

s_1 – сила взаимодействия элементов 2, 3.

Исключаем φ_2, φ_3 , s_1 :

$$\left(\frac{J_1}{c_2}\frac{d^4\varphi_1}{dt^4} + \frac{d^2\varphi_1}{dt^2}\right)(r_3 J_2 + r_2 i_{23} J_3) =$$

$$= -r_3 J_1 \frac{d^2\varphi}{dt^2} + c_3 r_2 [\varphi_4 - i_{23}(\frac{J_1}{c_2}\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \varphi_1)];$$

$$J_4 \frac{d^2\varphi_4}{dt^2} = -c_3[\varphi_4 - i_{23}(\frac{J_1}{c_2}\frac{d^2\varphi_1}{dt^2} + \varphi_1)].$$

Частотное уравнение:

$$\begin{vmatrix} (\frac{J_1\omega^4}{c_2}-\omega^2)-r_3J_1\omega^2+c_3r_2i_{23}(1-\frac{J_1\omega^2}{c_2}) & c_3r_2 \\ i_{23}(1-\frac{J_1\omega^2}{c_2}) & 1-\frac{J_4\omega^2}{c_3} \end{vmatrix}=0,$$

$$(1-\frac{J_4\omega^2}{c_3})[(1-\frac{J_1\omega^2}{c_2})(c_3r_2i_{23}-\omega^2(r_3J_2+r_2i_{23}J_3)r_3\omega^2J_1]-$$

$$-i_{23}c_3r_2(1-\frac{J_1\omega^2}{c_2})=0.$$

Квадрат круговой частоты:

$$\omega^2=\frac{J_1J_4(\frac{1}{c_3}+\frac{i_{23}^2}{c_2})+(J_2+i_{23}^2J_3)(\frac{J_1}{c_2}+\frac{J_4}{c_3})\pm\sqrt{[J_1J_4(\frac{1}{c_3}+\frac{i_{23}^2}{c_2})+(J_2+i_{23}^2J_3)(\frac{J_1}{c_2}+\frac{J_4}{c_3})]^2-\frac{4J_1J_4}{c_2c_3}(J_2+i_{23}^2J_3)[J_1+J_2+i_{23}^2(J_3+J_4)]}}{2\frac{J_1J_4}{c_2c_3}(J_2+i_{23}^2J_3)}.$$

Если пренебречь массами элементов 2, 3, то $J_2=J_3=0$, а выражение для собственных частот как для двухмассовой системы примет более простой вид:

$$\omega^2=\frac{c_2(i_{23}^2+\frac{J_1}{J_4})}{J_1(i_{23}^2+\frac{c_2}{c_3})}.$$

В частности, при $c_2=i_{23}c_3=c,\;\; J_1=i_{23}^2J_4=J,\;\; i_{23}=1/3$ имеем:

$$\omega^2=\frac{c(1+1)}{J(1+3)}=\frac{c}{2J},$$

что совпадает с решением задачи №14.70 из сборника Колесникова К.С. [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников К.С. Сборник задач по теоретической механике. — М.: Физматгиз, 1983. — 320 с.