

УДК 621.824:66.063.8.001.5

В.Н. Павлечко, И.И. Бортников (канд.техн.наук)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА
С НЕСИММЕТРИЧНОЙ ШАРНИРНО ЗАКРЕПЛЕННОЙ
МЕШАЛКОЙ

В проведенных исследованиях [1] было отмечено, что при установившемся режиме работа аппарата с несимметричной шарнирно закрепленной мешалкой угол отклонения вала от вертикальной оси θ и угол хода лопасти α остаются неизменными; мешалка совершает устойчивое круговое движение относительно вертикальной оси аппарата. Однако при пуске угол θ значительно больше, чем при установившемся режиме. Изменяет свою величину при пуске и угол хода лопасти α .

Для проектирования аппаратов с несимметричными перемещающимися устройствами на шарнирно закрепленном валу важно знать величину угла θ при установившемся режиме и

максимальную величину этого угла при пуске θ_{\max} . Это позволит определить оптимальные условия работы аппарата и перемешивающего устройства.

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований динамических характеристик несимметричной шарнирно закрепленной мешалки при пуске: максимального угла отклонения вала от вертикальной оси аппарата θ_{\max} и угла хода лопасти при θ_{\max} α_{\max} .

При пуске, в момент максимальных значений угла θ_{\max} и значений угла α при θ_{\max} , движение шарнирно закрепленного вала с несимметричной мешалкой, как и при использовании нормализованных мешалок, в нашем случае может быть описано критериальными уравнениями:

$$\theta_{\max} = C_{\theta} (Re_{\text{ц}})^{a_1} (Fr_{\text{ц}})^{b_1} \left(\frac{D}{r_M}\right)^{c_1} \left(\frac{b}{r_M}\right)^{d_1} \left(\frac{L}{r_M}\right)^{e_1} \times \left(\frac{d_b}{r_M}\right)^{f_1} \left(\frac{H_o}{r_M}\right)^{g_1}; \quad (1)$$

$$\alpha_{\theta_{\max}} = C_{\alpha} (Re_{\text{ц}})^{a_2} (Fr_{\text{ц}})^{b_2} \left(\frac{D}{r_M}\right)^{c_2} \left(\frac{b}{r_M}\right)^{d_2} \left(\frac{L}{r_M}\right)^{e_2} \times \left(\frac{d_B}{r_M}\right)^{f_2} \left(\frac{H_o}{r_M}\right)^{g_2}, \quad (2)$$

где C_{θ} , C_{α} , a_1 , b_1 , c_1 , d_1 , e_1 , f_1 , g_1 , a_2 , b_2 , c_2 , d_2 , e_2 , f_2 , g_2 - соответственно коэффициенты уравнений и показатели степеней, определяемые опытным путем; $Re_{\text{ц}} =$

$$= \frac{\rho n r_M^2}{\mu} \quad - \text{центробежный критерий Рейнольдса}; \quad Fr_{\text{ц}} =$$

$$= \frac{n^2 r_M}{g} \quad - \text{центробежный критерий Фруда}; \quad D - \text{диаметр}$$

аппарата, м; r_M - длина лопасти, м; b - высота лопасти, м;

L - длина вала, м; d_B - диаметр вала, м; H_o - высота

наполнения аппарата средой, м; n - частота вращения мешалки, 1/с; ρ - плотность среды, кг/м³; μ - вязкость среды, Н·с/м².

Схема экспериментальной установки и методика проведения опытов описаны в работе [1]. В опытах использовали аппарат с плоским днищем диаметром 300 мм, выполненным из оргстекла. Частоту вращения мешалки изменяли в пределах $n =$

$= 0,833 - 3,0 \frac{1}{c}$. Исследовали лопасти длиной $r_M = 60, 75$

и 100 мм при $\frac{b}{r_M} = 0,2$ и $r_M = 100$ при $\frac{b}{r_M} = 0,1, 0,2$

и 0,4. Применяли валы длиной $L = 300, 400$ и 500 мм диаметром $d_B = 10$ мм и длиной $L = 365$ мм диаметром $d_B =$

$= 9,5, 15$ и 25 мм. Высоту наполнения аппарата средой изменяли в пределах $H_0 = 50, 100, 150, 200$ и 300 мм. В качестве жидких сред использовали воду и технический глицерин ($\rho = 1250 \text{ кг/м}^3$). Вязкость глицерина изменяли в пределах $\mu = 0,1 - 0,77 \text{ нс/м}^2$ нагреванием до различных температур.

Опыты проведены в закритическом режиме работы аппарата, который, согласно [1], является рабочим режимом для промышленных аппаратов.

Эксперименты показали, что при пуске значения углов θ_{\max} и $\alpha_{\theta_{\max}}$ в исследованных пределах изменения переменных практически не зависят от свойств перемешиваемой среды.

Проведенные экспериментальные исследования позволили записать уравнения (1) и (2) в виде

$$\theta_{\max} = 40,6 Fr_{\text{ц}}^{0,25} \left(\frac{D}{r_M}\right)^{-0,29} \left(\frac{b}{r_M}\right)^{0,35} \left(\frac{L}{r_M}\right)^{-0,75} \times$$

$$\times \left(\frac{d_B}{r_M}\right)^{-0,65} \left(\frac{H_0}{r_M}\right)^{-0,13}, \text{ град;} \quad (3)$$

$$\alpha_{\theta_{\max}} = 800 Fr_{\text{ц}}^{1,4} \left(\frac{D}{r_M}\right)^{0,23} \left(\frac{b}{r_M}\right)^{-0,12} \left(\frac{L}{r_M}\right)^{1,8} \times$$

$$\times \left(\frac{d_B}{r_M}\right)^{0,65} \left(\frac{H_0}{r_M}\right)^{0,3}, \text{ град.} \quad (4)$$

Расхождение опытных значений θ_{\max} и $\alpha_{\theta_{\max}}$, вычисленных соответственно по выражениям (3) и (4), не превышает $\pm 12\%$ для θ_{\max} и $\pm 30\%$ для $\alpha_{\theta_{\max}}$.

Уравнения (3), (4) справедливы в следующем пределах изменения переменных:

$$Re_{\text{ц}} = 5,85 - 25000; \quad Fr_{\text{ц}} = 6,12 \cdot 10^{-3} - 63,8 \cdot 10^{-3};$$

$$\frac{D}{r_{\text{м}}} = 3 - 5; \quad \frac{b}{r_{\text{м}}} = 0,1 - 0,4; \quad \frac{L}{r_{\text{м}}} = 3 - 8,33;$$

$$\frac{d_{\text{в}}}{r_{\text{м}}} = 0,095 - 0,417; \quad \frac{H_{\text{о}}}{r_{\text{м}}} = 0,5 - 4,66.$$

В ы в о д

Приведенные результаты исследования могут быть использованы для инженерных расчетов при проектировании аппаратов с несимметричными шарнирно закрепленными мешалками.

Л и т е р а т у р а

1. Бортников И.И., Павлечко В.Н., Павлушенко И.С. О работе аппарата с несимметричными шарнирно закрепленными мешалками. - В сб.: Химия и химическая технология, вып.7, Минск, 1974, с.165-170.