

О РАСЧЕТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТА С ИНТЕНСИВНЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ЖИДКОЙ СРЕДЫ

Интенсификация процесса перемешивания жидких сред достигается за счет шарнирного крепления вала, установленного по вертикальной оси аппарата. Изучены технологические преимущества таких аппаратов с симметричными перемешивающими устройствами [1]. Дальнейшие работы в этой области показали, что проведение технологического процесса при шарнирном креплении вала представляет определенный интерес не только при использовании нормализованных [2] быстроходных перемешивающих устройств, но и тихоходных несимметричных мешалок [3]. Шарнирно закрепленный вал с несимметричной лопастью отклоняется от вертикальной оси аппарата на угол θ с углом хода лопасти α между проекциями вала и лопасти на горизонтальную плоскость. В зависимости от угловой скорости вращения ω работа такой мешалки разделена на три режима движения: докритический, критический и закритический, соответствующие положениям рис. 1, а, б и в.

При проектировании аппаратов с несимметричными шарнирно закрепленными перемешивающими устройствами необходимо рассчитать основные технологические параметры: интенсивность и эффективность процесса перемешивания; расход энергии на перемешивание, определение угла отклонения вала от вертикальной оси аппарата θ и угла хода лопасти α во всех режимах движения.

Процесс суспендирования описывается уравнением вида

$$n_o = C \frac{\rho_r^{0,5} d_r^{0,25}}{\rho_r^{0,5} r^{0,6} b^{0,15}}, \quad (1)$$

где n_o — определяющая частота вращения мешалки, при которой твердая фаза равномерно распределяется по объему, об/с; C — опытный коэффициент. Для лопастных мешалок (см. рис. 1) $C = 2,15$, для других типов несимметричных меша-

лок значения C приведены в работе [4]; ρ_r - плотность частиц твердой фазы, кг/м^3 ; d_r - диаметр частиц твердой фазы, м ; ρ - плотность жидкой среды, кг/м^3 ; b - ширина лопасти, м ; r_M - длина лопасти, м .

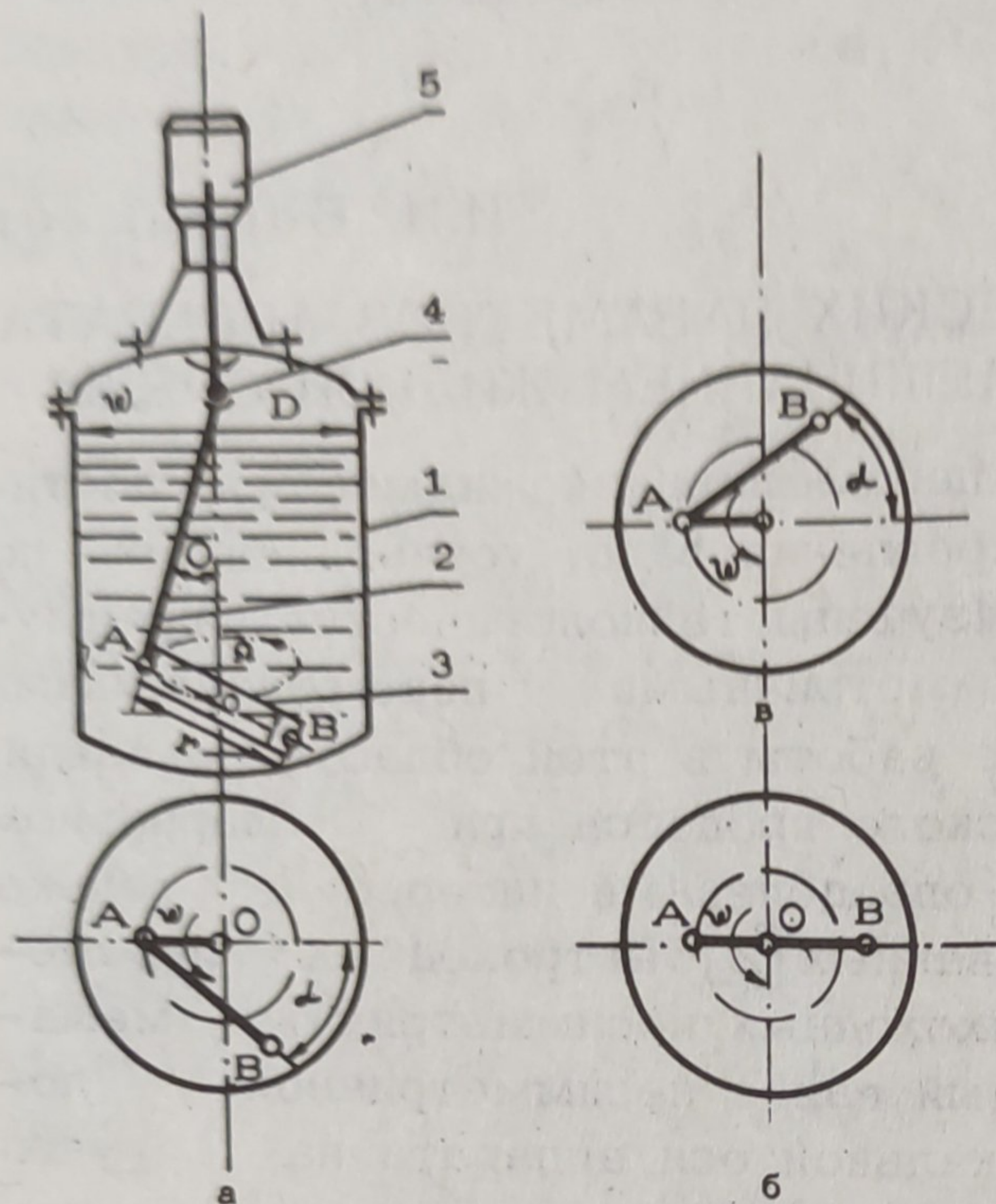


Рис. 1. Схема аппарата с несимметрично шарнирно закрепленной мешалкой: а - докритический режим; б - критический режим; в - закритический режим; 1 - сосуд; 2 - вал; 3 - лопасть; 4 - универсальный шарнир; 5 - двигатель.

Уравнение (1) справедливо в следующих пределах изменения переменных: $Re_{и} = \frac{\rho n r_M^2}{\mu} = 5 \cdot 10^4 \div 9 \cdot 10^3$; $Ga = \frac{\rho^2 r_M^3 g}{\mu^2} = 2 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^7$; $\Gamma_{d_r} = \frac{d_r}{r_M} = 4,58 \cdot 10^{-3} \div 2,75 \cdot 10^{-2}$; $\Gamma_b = \frac{b}{r_M} = 0,1 \div 0,6$. Мощность, затрачиваемая на перемешивание, определяется по выражению (в Вт)

$$N = K_N \rho n^3 r_M^5$$

С учетом ширины лопасти несимметричной мешалки выражение для определения критерия мощности определяется зависимостью

$$K'_N = 1,9 K_N \left(\frac{b}{r_M} \right)^{0,39},$$

где K'_N -- значение критерия мощности для мешалки с заданными значениями отношения $\left(\frac{b}{r_M} \right)$; K_N -- значение критерия

рия мощности для мешалки с $\left(\frac{b}{r_M}\right) = 0,2$, определяемое для различных типов мешалок по данным [4].

При проектировании аппаратов с несимметричной шарнирно закрепленной лопастью важным является определение угла отклонения перемешивающего устройства от вертикальной оси аппарата θ , угла хода лопасти α , а также режима его движения в среде. Динамические характеристики аппарата с шарнирно закрепленным несимметричным перемешивающим устройством с инженерной точностью можно вычислять [5] по следующим зависимостям (в град):

$$\theta_{\text{докр}} = 3,33 \frac{\rho^{0,075} n^{0,58} r_M^2 D^{0,53} b^{0,2} H_o^{0,18}}{\mu^{0,075} L^{1,5} d_B}, \quad (2)$$

где n -- частота вращения мешалки, 1/с; D -- диаметр аппарата, м; H_o -- высота заполнения аппарата средой, м; μ -- вязкость среды, н·с/м²; L -- длина шарнирно закрепленной части вала, м; d_B -- диаметр вала, м.

- в закритическом режиме

$$\theta_{\text{закр}} = 3,1 \frac{\rho^{0,075} r_M^2 D^{0,037} b^{0,2} H_o^{0,18}}{\mu^{0,075} n^{0,22} L^{1,5} d_B}. \quad (3)$$

Для угла хода лопасти в докритическом режиме

$$\alpha_{\text{докр}} = 0,14 \frac{\rho^{0,25} d_B^{0,06}}{\mu^{0,25} n^{3,8} r_M^{1,3} D^{0,65} L^{0,9}}; \quad (4)$$

- в закритическом режиме

$$\alpha_{\text{закр}} = 17,5 \frac{\rho^{0,2} n^{1,7} D^{0,8} L^{0,32} d_B^{0,37}}{\mu^{0,2} r_M^{0,32}}. \quad (5)$$

В закритическом режиме работы, когда $\omega = \omega_{\text{кр}} \approx \sqrt{\frac{g}{l}}$ (здесь g -- ускорение свободного падения, м/с²; l -- расстояние от точки подвеса до центра масс системы, м)

$$\alpha = 0; \quad \theta_{\text{крит}} = \arcsin \frac{r_M}{2L}.$$

Выражения (2) - (5) справедливы при следующих значениях

$$\begin{aligned} \text{изменения переменных: } Re_{\text{ц}} &= \frac{\rho n r_M}{\mu} = 1 \div 2 \cdot 10^4; \quad Fr_{\text{ц}} = \\ &= \frac{n^2 r_M}{g} = 2 \cdot 10^{-3} \div 4 \cdot 10^{-2}; \quad \frac{D}{r_M} = 3 - 5; \quad \frac{b}{r_M} = 0,1 - 0,6; \\ \frac{d_B}{r_M} &= 0,095 - 0,25; \quad \frac{H}{r_M} = 0,5 - 3,0. \end{aligned}$$

При работе перемешивающих устройств в жидкой среде возникают осевые усилия $P_{\text{ос}}$, действующие на привод аппарата. Эти усилия вычисляются по формуле (в Н):

$$P_{\text{ос}} = K^* \rho n^2 r_M^4,$$

где K^* — коэффициент упора, зависящий от свойств среды, режимов ее движения, размеров и конструкции перемешивающих устройств. Значения этого коэффициента приведены в работе [6].

Выводы. Приводится методика расчета технологических характеристик аппарата с несимметричной шарнирно закрепленной лопастью. Даны формулы для расчета процесса суспендирования, определения мощности, потребляемой на перемешивание. Приводятся инженерные зависимости для определения угла отклонения мешалки от вертикальной оси аппарата θ , угла хода лопасти α и вычисления осевого усилия, действующего на привод аппарата.

Л и т е р а т у р а

1. Бортников И.И. и др. Некоторые характеристики аппаратов с прецессионным движением мешалки. — Химическое и нефтяное машиностроение, 1967, № 6, с. 21-23.
2. МН 5874-66. Аппараты с перемешивающими устройствами вертикальные. Перемешивающие устройства механические. Типы, параметры, конструкция и исполнительные размеры. М., 1970.
3. Бортников И.И., Павлушенко И.С., Медведев В.Д. Авт. свид. № 392959, кл. В01f, 7/16. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1973, № 33.
4. Бортников И.И., Павлушенко И.С. Некоторые технологические характеристики аппаратов с несимметричными шарнирно закрепленными мешалками. — Химическое и нефтяное машиностроение, 1974, № 9, с. 11-13.
5. Бортников И.И., Павлечко В.Н. Экспериментальное ис-

следование работы аппарата с шарнирно закрепленной несимметричной мешалкой. - В сб.: Химия и химическая технология. Минск, вып. 11, с. 100-105. 6. Бортников И.И., Павлушенко И.С. Расчет осевых сил, возникающих при работе вращающихся мешалок. - Химическое и нефтяное машиностроение, 1975, № 3, с. 10-12.