

М.В. ГОДУБ, канд. техн. наук (БрПИ)

ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ В УЗКИХ МИКРОННЫХ
ЩЕЛЯХ

Течению жидкости в микронных щелях под действием перепада давления Δp препятствуют как вязкостное, так и молекулярное взаимодействие её с твердыми стенками щели.

Вязкостное сопротивление

$$\tau = \mu \frac{du}{d\xi} \quad (1)$$

где μ - коэффициент динамической вязкости, $\frac{du}{d\xi}$ - градиент скорости течения жидкости в щели.

Сопротивление сдвигу слоя жидкости в зоне молекулярного взаимодействия жидкости со стенкой рассматривается как нормальное внутреннее давление в виде силовой функции

$$\tau_0 = N\left(\frac{\xi}{h}\right) = ah\left(\frac{\xi}{h}\right)^n, \quad n > 0; \quad (2)$$

где h - геометрическая высота щели.

Течение жидкости происходит в слое $2\xi < \xi_1$, где $\tau + \tau_0 < \Delta p$.

Уравнение течения жидкости в таких щелях можно записать как

$$\mu \frac{d^2 u}{d\xi^2} = \frac{dp}{dx} - \frac{dN(\xi)}{d\xi} \quad (3)$$

Возле стенок действует сила сцепления и здесь связанная жидкость остается неподвижной, а в центре щели она имеет определенное значение.

Решение уравнения (3) с учетом (2) приводит к определению средней скорости течения жидкости в щели

$$\bar{u} = -\frac{1}{\mu} \left[\frac{\xi_1^2}{12} \cdot \frac{dp}{dx} - \frac{ah^2}{n+2} \left(\frac{\xi_1}{2h}\right)^{n+1} \right]. \quad (4)$$

Величина утечки жидкости через щель определится как

$$Q = \bar{u} \omega; \quad \omega - \text{площадь поперечного}$$

сечения щели, или с учетом (4)

$$Q = \frac{\omega \xi_1^3}{\mu} \left[\frac{dp}{dx} - \frac{3a}{2^{n-1}(n+2)} \left(\frac{\xi_1}{h}\right)^{n-1} \right]; \quad \frac{3a}{2^{n-1}(n+2)} \left(\frac{\xi_1}{h}\right)^{n-1} = p_t -$$

давление, необходимое на преодоление молекулярного сопротивления сдвигу. При $p_t = \Delta p$ происходит заклинивание жидкости.