

Механика движения растворов пенообразователей, подчиняющихся степенному реологическому закону

Карпенчук И.В., Шатило Э.Э.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

При течении растворов пенообразователей основным фактором реологии является проявление эффекта Томса. Рассмотрим движение при течении растворов пенообразователей. В системах пожаротушения, имеет место развитый турбулентный режим (большие числа Рейнольдса). В этом случае вязкостным напряжением можно пренебречь и определять напряжение как

$$\tau = \rho l^2 (du/dy)^2, \quad (1)$$

положив, что $f(\tau) = \tau / \rho l^2$, $f(\tau) = (du/dy)^2$, или $-du/dy = \sqrt{f(\tau)}$.

Знак минус здесь берется потому, что с увеличением расстояния от оси трубопровода, скорость u убывает. Для неньютоновских жидкостей, подчиняющихся степенному реологическому закону, функция напряжения сдвига имеет вид:

$$f(\tau) = \left(\frac{\tau}{k} \right)^n, \quad (3)$$

где k – мера консистенции жидкости; n – характеристика степени неньютоновского поведения жидкости.

Известное общее выражение для расхода жидкости:

$$Q = \frac{\pi r^3}{r^3} \int_0^{r_r} f(\tau) \tau^2 d\tau \quad (4)$$

может быть использовано для получения соотношения между расходом и перепадом давления при любом виде функции $f(\tau)$. Рассмотрим решение этой задачи. Подставим в выражение (4) значение $f(\tau)$:

$$Q = \frac{\pi r^3}{r^3} \int_0^{r_r} \left(\frac{\tau}{k} \right)^{\frac{1}{2n}} \tau^2 d\tau \quad (5)$$

После преобразований получим выражения для определения потерь давления и коэффициента гидравлического трения:

$$\Delta p = \left[\frac{(6n+1)Q}{n\pi} \right]^{2n} \frac{2^{3/2n+1} k}{d^{3n+1}}, \quad \lambda = \left(\frac{6n+1}{n} \right)^{2n} \frac{8k}{\rho 2^{2(1+n)} d^{2n+4}} \quad (6)$$

Рассмотренная математическая модель и полученные расчетные зависимости могут быть использованы для расчетов стационарных систем пожаротушения, насосно-рукавных систем при работе в экстремальных условиях с использованием растворов пенообразователей.