

Судостроение и гидравлика

УДК 614.842.6

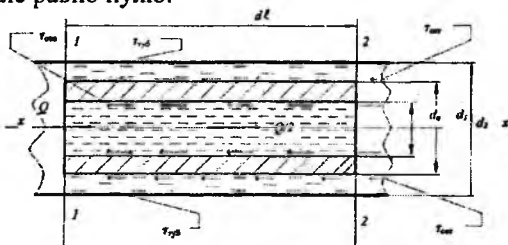
Применение коаксиальных твердофазных источников ПАВ для повышения эффективности ручных стволов

Ледян Ю. П., Карпенчук И. В., Леоник Д. А.

Белорусский национальный технический университет
Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
МЧС Республики Беларусь

При использовании твердофазных источников смачивателей и пенообразователей основной задачей является обеспечение постоянства концентрации огнетушащего раствора. Поставленная задача может быть достигнута использованием твердофазного источника трубчатой формы с коаксиальным цилиндрическим каналом.

Выделим в потоке, обтекающем твердотельный коаксиальный источник некоторый объем малой длины dl ограниченный сечениями 1-1 и 2-2 и применим к его движению теорему о движении центра масс. Так как движение равномерное, ускорения центра масс выделенного объема в трубчатом и цилиндрическом канале равно нулю.



Следовательно, сумма проекций всех внешних сил, приложенных к указанному объему, на любую ось (например, ось $x-x$) также равна нулю.

Такими внешними силами – являются силы давления в сечениях 1-1 и 2-2, нормальные к этим сечениям; силы гидродинамического давления на боковые поверхности рассматриваемого

объема и проектирующиеся в ноль на ось $x-x$; сила тяжести (вес объема жидкости между сечениями 1-1 и 2-2) направленная вертикально вниз (в виду ее малостью по сравнению с другими силами – пренебрегаем); сила сопротивления движению.

Допускаем, что все частицы жидкости движутся с одинаковыми скоростями, равными средним скоростям потока в каналах при обтекании коаксиального источника. Сила сопротивления будет равна силе трения, возникающей на боковых поверхностях выделенного объема. Касательное напряжение на стенке обозначим через τ , то полная сила трения T будет равна:

$$T = \tau \chi dl, \quad (1)$$

где χ – смоченный периметр рассматриваемого объема.

С другой стороны:

$$T = T_k + T_0, \quad (2)$$

где T_k – сила трения в кольцевом канале; T_0 – сила трения во внутреннем канале.

Рассмотрим схему течения, представленную на рисунке.

Составим сумму проекций всех перечисленных сил с учетом сделанных допущений на ось $x-x$, параллельную оси потока:

$$F_1 - F_2 - T = 0, \quad (3)$$

где F_1 и F_2 – силы давления в сечениях 1-1 и 2-2.

Произведя соответствующие подстановки получим:

$$\Delta p S = \tau \chi dl, \quad (4)$$

где Δp – потери давления на участке dl ; S – площадь сечения потока.

Тогда для всего источника смачивателя уравнение (4) примет

$$\text{вид:} \quad \Delta p S = \int_0^l \tau \chi dl = \tau \chi l. \quad (5)$$

Для обеспечения равномерности растворения твердофазного источника потоком и постоянства концентрации получаемого раствора необходимо равенство сил трения и расходов жидкости в кольцевом и центральном каналах источника:

$$T_k = T_0, \quad Q_k = Q_0 \quad \text{и} \quad Q = Q_k + Q_0, \quad (6)$$

где Q , Q_k и Q_0 – соответственно общий расход и расход в кольцевом канале и в центральном канале.

Сила трения в кольцевом канале может быть рассчитана по формуле: $T_k = \tau_{\text{мыб}} \partial \pi d_2 + \tau_{\text{сет}} \pi d_1 = \pi d (\tau_{\text{мыб}} d_2 + \tau_{\text{сет}} d_1)$, (7)

где $\tau_{\text{мыб}}$ – касательное напряжение на стенке тубуса, в котором находится твердофазный источник; $\tau_{\text{сет}}$ – касательное напряжение на стенке цилиндрической сетки, в которую помещен коаксиальный источник; d_2 – внутренний диаметр тубуса; d_1 – внешний диаметр сетки источника.

Сила трения в центральном канале может быть рассчитана по формуле: $T_0 = \tau_0 \pi d_0$, (8)

где τ_0 – касательное напряжение на внутренней стенке центрального канала смачивателя; d_0 – диаметр центрального канала смачивателя.

После преобразования можно определить диаметр центрального канала смачивателя: $d_0 = \frac{\tau_0 (d_2^2 - d_1^2)}{\tau_{\text{мыб}} d_2 - \tau_{\text{сет}} d_1}$. (9)

Касательное напряжение связано с коэффициентом гидравлического трения зависимостью: $\tau = \frac{\rho v^2 \lambda}{8}$, (10)

где λ – коэффициент гидравлического трения; v – средняя скорость.

Следует отметить, что и данный расчет является приближенным, так как не учитывает следующие факторы. Раствор ПАВ при растворении твердофазного источника является не ньютоновской жидкостью, для которой возникающие касательные напряжения являются функцией скорости сдвига и динамической вязкости такого раствора не постоянна. Кроме того, наружный и внутренний диаметр твердофазного источника в процессе растворения будет изменяться. Поэтому гидродинамика движения жидкости при растворении твердофазного источника смачивателя и пенообразователя будет более сложной и эти факторы необходимо учитывать в дальнейшем при проектировании конструкции тубуса и размеров источника. Необходим ряд исследований по определению реологических характеристик растворов, полученных при растворении.