



Теплообмен При Структурном Режиме Движения Вязко-Пластичных Жидкостей В Круглой Цилиндрической Трубе

Зариф Махмарижабович Рузиев

Магистрант Самаркандского Государственного Университета

Received 24th Feb 2022, Accepted 28th Mar 2022, Online 29th Apr 2022

Аннотация: В данной работе рассматривается теплообмен при движении вязко-пластичной жидкости в цилиндрической трубе.

Рассмотрим задачу, изложенную в, для случая течения вязко-пластичной среды в круглой цилиндрической трубе.

В данном случае, когда дифференциальные уравнения движения охватывают всю область течения, имеем:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_1}{\partial r} \right) = \frac{v}{a} \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \quad 0 \leq r \leq R, \quad (1)$$

где $a = \lambda(c_p p)^{-1}$;

$$v = \frac{\tau_0 R}{\eta a} \left[\frac{R}{2r_0} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) + \frac{r}{R} - 1 \right]. \quad (2)$$

R – радиус трубы

r_0 – радиус ядра.

Остальные обозначения см:

На основании принятых в допущений, подставив в (1) выражения (2) и

$$T_1(r, z) = Az + T(r), \quad \frac{\partial T_1}{\partial z} = A, \quad \text{получим:}$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) = \frac{\tau_0 R}{\eta a} \left[\frac{R}{2r_0} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) + \frac{r}{R} - 1 \right] \cdot A \quad 0 \leq r \leq R. \quad (3)$$

Имеем следующие граничные условия:

$$\left. \frac{dT}{dr} \right|_{r=0} = 0, \quad T(R) = 0.$$

так как T - разность температур вязко-пластичной среды и стенки трубы.

Проинтегрировав (3) при указанных граничных условиях, получим:

$$T = \frac{\tau_0 R^3 A}{\eta a} \left[\frac{5}{36} - \frac{3}{32} \cdot \frac{R}{r_0} + \left(\frac{R}{8r_0} - \frac{1}{4} \right) \frac{r^2}{R^2} + \frac{r^3}{9R^3} - \frac{r^4}{32r_0 R^3} \right]. \quad (4)$$

Среднее значение разности температур жидкости и стенки трубы определяем из выражения:

$$T_{cp} = \frac{2}{R^2} \int_0^R T r dr = \frac{\tau_0 R^4 A}{\eta a r_0} \left(\frac{7}{120} \cdot \frac{r_0}{R} - \frac{1}{24} \right).$$

Параметр Нуссельта определяем из вырожения коэффициентов теплоотдачи

$$a = -\lambda \left. \frac{1}{T_{cp}} \cdot \frac{dT}{dr} \right|_{r=R};$$

$$Nu = aR/\lambda = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{6} \cdot \frac{r_0}{R} \right) \left(\frac{1}{24} - \frac{7}{120} \frac{r_0}{R} \right)^{-1}. \quad (5)$$

Связь между q и A получаем из теплового баланса для определенного участка трубы :

$$2q = RV_p C_p A.$$

Для случая истинного распределения скоростей в поперечном сечении трубы задача решена аналогично. В этом случае, решив уравнения:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT_1}{dr} \right) = \frac{\tau_0 R A}{\eta a} \left[\frac{R}{2r_0} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) + \frac{r}{R} - 1 \right] \quad r_0 \leq r \leq R$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT_2}{dr} \right) = \frac{\tau_0 R A}{\eta a} \left[\frac{R}{2r_0} \right] \left(1 - \frac{r_0^2}{R^2} + \frac{r_0}{R} - 1 \right) \quad 0 \leq r \leq r_0$$

при граничных условиях

$$T_1(R) = 0, \quad T_1(r_0) = T_2(r_0),$$

$$\left. \frac{dT_1}{dr} \right|_{r=r_0} = \left. \frac{dT_2}{dr} \right|_{r=r_0}, \quad \left. \frac{dT_2}{dr} \right|_{r=0} = 0,$$

определяем следующее выражение для параметра параметра Nu

$$Nu = \frac{aR}{\lambda} = f_1\left(\frac{r_0}{R}\right) : f_2 \frac{r_0}{R}, \quad (6)$$

где $f_1\left(\frac{r_0}{R}\right) = \frac{1}{8} - \frac{r_0}{6R} + \frac{r_0^4}{24R^4};$

$$f_2\left(\frac{r_0}{R}\right) = \frac{1}{24} - \frac{7}{120} \cdot \frac{r_0}{R} + \frac{r_0^4}{48R^4} - \frac{r_0^6}{240R^6}.$$

Результаты численных расчетов по выражениям (5) и (6) для различных значений размера ядра течения приведены в таблице.

$y_0 h,$ $r_0 R$	Формулы	
	(5)	(6)
0,0	3,000	3,000
0,1	3,023	3,023
0,2	3,055	3,054
0,3	3,103	3,096
0,4	3,181	3,151
0,5	3,333	3,223
0,6	3,750	3,314
0,7	10,000	3,431
0,8	1,666	3,578
0,9	2,307	3,764
0,99	2,482	3,973
1,0	2,500	4,000

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика в бурении и цементирования нефтяных и газовых скважин. М., «Недра». 1977 г. 230с.
2. Шербан. Л.Н., Черняк В.И. Прогноз и регулирование теплового режима при бурении глубоких скважин. М., «Недра». 1974 г. 245с.