

РАСХОД ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В КРИВОЛИНЕЙНЫХ КАНАЛАХ

Д.В.Довнар, В.Л.Мальшев, О.Д.Мальшева

Могилевский технологический институт

Исследуется стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости на кольцевом участке криволинейного канала.

Для плоского случая решена система уравнений Навье-Стокса и уравнения непрерывности в полярных координатах

$$\begin{cases} V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{V_r^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{V_r}{r^3} \right); \\ V_r \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r V_\varphi}{r} = -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{V_\varphi}{r^3} \right); \\ \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r}{r} = 0 \end{cases}$$

Впервые в аналитическом виде получено выражение для объемного расхода жидкости. Найдены величины гидродинамического сопротивления, максимальная и средняя расходные скорости при наличии поворота на произвольный угол. Расчетные величины согласуются с опытными данными.

По соотношению объемных расходов жидкости в классическом прямолинейном (течение Пуазейля) и рассмотренном криволинейном случаях проведены оценки влияния кривизны канала на гидродинамическое сопротивление его участка.

$$\left| \frac{Q_D}{Q} \right| = \frac{2(b-1)^3}{3(b+1) \left[b^2 \ln b - \frac{b^2}{2} - \frac{b^2 \ln b}{b^2-1} (b^2 - 2 \ln b - 1) + \frac{1}{2} \right]},$$

где $b = \frac{r_2}{r_1}$, r_1 и r_2 - радиусы внутренней и внешней стенок канала,

соответственно.

При малой кривизне участка и стремлении его формы к прямолинейной ($b \rightarrow 1$) отношение расходов стремится к единице. Некоторые результаты численного анализа функции Q_D/Q от единственной переменной «b», являющейся безразмерным параметром, характеризующим степень кривизны канала, представлены в таблице

b	1,001	5,001	10,001	15,001	20,001	25,001	29,001
Q_D/Q	1,009	1,007	1,139	1,175	1,2	1,217	1,228