

В. Н. Колодежнов, С. С. Капранчиков (Воронеж, ВГТА).
Моделирование расходно-перепадной характеристики канала для одного случая зависимости вязкости от скорости сдвига.

Было рассмотрено одномерное установившееся течение в цилиндрическом канале радиуса R и длины L жидкости, которое описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{dP'(z')}{dz'} = \frac{2}{K_G} \frac{1}{r'} (r' \tau'_{rz}), \quad \frac{du'}{dz'} = 0, \quad \tau'_{rz} = \frac{2}{La} \mu'(\dot{\gamma}') \dot{\gamma}', \quad La = \frac{2R(P_0 - P_1)}{\mu_1 U_s},$$

$$K_G = \frac{2R}{L}, \quad \tau'_{rz} = \frac{\tau_{rz}}{P_0 - P_1}, \quad \mu(\dot{\gamma}') = \frac{\mu(\dot{\gamma})}{\mu_1} = \begin{cases} 1, & 0 < -\dot{\gamma}' < \dot{\gamma}'_0, \\ \frac{1}{2} \left(\frac{|\dot{\gamma}'|}{\dot{\gamma}'_0} + \frac{\dot{\gamma}'_0}{|\dot{\gamma}'|} \right), & -\dot{\gamma}' > \dot{\gamma}'_0, \end{cases} \quad (1)$$

$$P' = \frac{P - P_1}{P_0 - P_1}, \quad \dot{\gamma}' = \frac{du'(r')}{dr'} = \frac{\gamma R}{U_s}, \quad \dot{\gamma}'_0 = \frac{\dot{\gamma}_0 R}{U_s}, \quad u'(r') = \frac{u(r)}{U_s}, \quad r' = \frac{r}{R}, \quad \dot{\gamma}_0 > 0,$$

где $P(z)$ — давление среды в канале; τ_{rz} — касательные напряжения; La — критерий подобия Лагранжа; K_G — геометрический критерий подобия; $\mu(\dot{\gamma})$ — динамическая вязкость жидкости в зависимости от скорости сдвига $\dot{\gamma}$; μ_1 — динамическая вязкость жидкости в области ньютоновского течения; $\dot{\gamma}_0$ — пороговое значение скорости сдвига; P_0, P_1 — давление среды на входе в канал и выходе из него, соответственно; U_s — принимаемая в качестве масштабной скорость течения жидкости в канале; $u(r)$ — распределение скорости течения жидкости в канале в зависимости от радиальной координаты r . Здесь и далее верхними штрихами отмечаются безразмерные величины.

Представление вязкости жидкости в форме (1) предполагает, что рассматриваемая область течения разбивается на две зоны течения: ньютоновского в центральной части канала и неньютоновского вблизи стенки.

Принимая во внимание соответствующие граничные условия, в том числе разбиение течения на две зоны и «сшивание» характеристик течения на их границе, было получено распределение скорости в канале от радиальной координаты, которое структурно может быть записано в форме

$$u'(r') = \begin{cases} u'_1(r', La, K_G, \dot{\gamma}'_0), & 0 \leq r' \leq R'_\mu, \\ u'_2(r', La, K_G, \dot{\gamma}'_0), & R'_\mu < r' \leq 1, \end{cases}, \quad R'_\mu = \frac{8\dot{\gamma}'_0}{La K_G}, \quad (2)$$

где $u'_1(r')$, $u'_2(r')$ — распределения безразмерной скорости жидкости в зоне ньютоновского и неньютоновского течений, соответственно; R'_μ — радиус цилиндрической границы раздела зон течения.

С учетом (2) было получено выражение для определения объемного расхода Q через цилиндрический канал. Как следует из (2), двухслойная схема течения имеет место при достаточно больших значениях критерия подобия Лагранжа: $La > La_{crit}$, $La_{crit} = 6\dot{\gamma}'_0/K_G$, где La_{crit} — критическое значение критерия Лагранжа. Если же выполняется условие $La < La_{crit}$, то в канале реализуется традиционная схема ньютоновского течения. С учетом сказанного безразмерное значение расхода определяется следующим образом:

$$Q' = \frac{Q}{2\pi R^2 U_s} = \begin{cases} \int_0^{R'_\mu} r' u'_1(r', La, K_G, \dot{\gamma}'_0) dr' + \int_{R'_\mu}^1 r' u'_2(r', La, K_G, \dot{\gamma}'_0) dr', & La > La_{crit}, \\ La K_G / 64, & La < La_{crit}. \end{cases} \quad (3)$$

По полученным соотношениям (2) и (3) был проведен численный эксперимент по анализу влияния основных критериев подобия на характеристики течения.