

В. Н. Колодежнов, О. Г. Березнев (Воронеж, ВГТА). **Определение расходных характеристик течения неньютоновской жидкости с пределом применимости степенного закона вязкости в цилиндрическом канале.**

При математическом моделировании течения неньютоновских жидкостей со степенным законом вязкости предполагается, что такая зависимость имеет место на всем диапазоне изменения скорости сдвига $\dot{\gamma}$. Однако многие экспериментальные данные указывают на то, что степенной закон имеет место лишь при сравнительно малых скоростях сдвига. При достаточно больших по модулю значениях $\dot{\gamma}$ для некоторых типов неньютоновских жидкостей зависимость касательного напряжения от скорости сдвига имеет практически линейный вид. Поведение жидкостей такого рода в цилиндрическом канале радиуса R предлагается описывать следующей реологической моделью:

$$\tau_{rz} = \begin{cases} -k|\dot{\gamma}|^n, & 0 < -\dot{\gamma} < \dot{\gamma}_0, \\ k\dot{\gamma}_0^{n-1}[\dot{\gamma}_0(n-1) + n\dot{\gamma}], & -\dot{\gamma} > \dot{\gamma}_0, \end{cases} \quad \dot{\gamma} = \frac{du}{dr} < 0, \quad (1)$$

где τ_{rz} — касательное напряжение, k — коэффициент консистенции жидкости, n — индекс течения, $\dot{\gamma}_0 > 0$ — пороговое значение модуля скорости сдвига, при превышении уровня которого степенной участок кривой течения сменяется линейным участком, u — скорость жидкости в канале, представляющая собой функцию радиальной координаты r .

Реологическая модель (1) обеспечивает сшивание отдельных участков кривой течения в точке $\dot{\gamma} = -\dot{\gamma}_0$ непрерывно-дифференцируемым образом.

Различная зависимость (1) касательного напряжения от скорости сдвига на отдельных диапазонах изменения $\dot{\gamma}$ предполагает, что область течения должна быть разбита на две зоны. Из соображений симметрии можно предположить, что граница раздела этих зон будет представлять собой цилиндрическую поверхность неизвестного пока радиуса R_μ . Это означает, что решение задачи для скорости следует искать в виде

$$u(r) = \begin{cases} u^{(1)}(r), & 0 < r < R_\mu, \\ u^{(2)}(r), & R_\mu < r < R, \end{cases}$$

где $u^{(1)}, u^{(2)}$ — распределения скорости, соответственно, в первой (центральной) и второй (периферийной) зонах течения. В первой зоне, когда выполняется условие $0 < -\dot{\gamma} < \dot{\gamma}_0$, реологическая кривая течения описывается степенным законом. Во второй зоне, когда скорость сдвига по модулю превышает некоторое пороговое значение ($-\dot{\gamma} \geq \dot{\gamma}_0$), реологическая кривая течения описывается линейной зависимостью. Условно будем называть эту зону *зоной бингамовского течения*.

Принимая во внимание традиционные граничные условия и условия сопряжения профилей скорости для отдельных зон течения на их границе, были получены выражения для $u^{(1)}$ и $u^{(2)}$. В ходе решения было показано, что $R_\mu = 2k\dot{\gamma}_0^n L/\Delta P$. Здесь ΔP представляет собой перепад давления на длине канала L .

С учетом найденного распределения скорости в канале объемный расход жидкости с реологической моделью (1) определялся следующим образом:

$$\begin{aligned} Q &= 2\pi \int_0^{R_\mu} r u^{(1)}(r) dr + 2\pi \int_{R_\mu}^R r u^{(2)}(r) dr \\ &= \pi \dot{\gamma}_0 \left\{ \frac{n}{3n+1} R_\mu^3 + \frac{n-1}{3n} (R^3 - R_\mu^3) + \frac{1}{4nR_\mu} (R^4 - R_\mu^4) \right\}. \end{aligned}$$

На основе численных экспериментов с моделью проведен анализ влияния основных параметров системы на характеристики течения.