
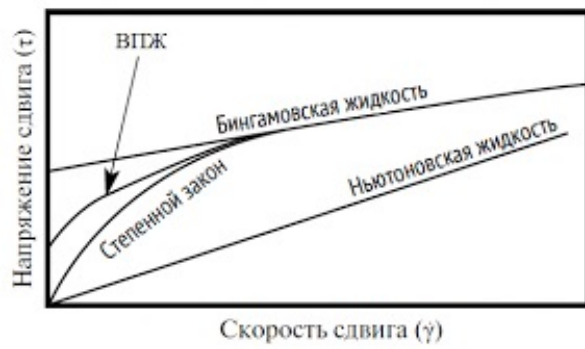
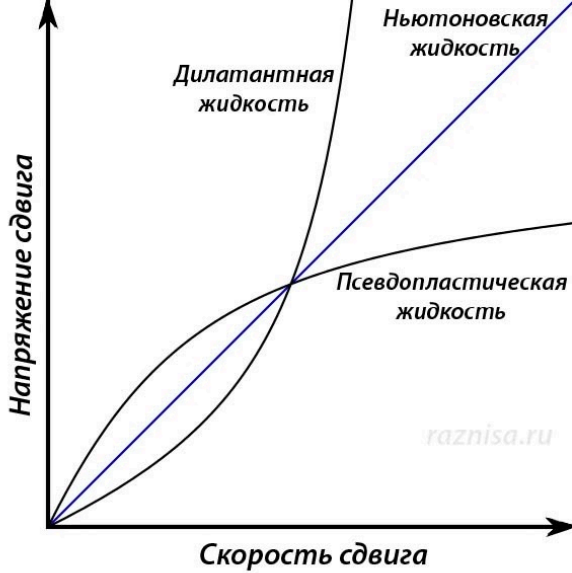


Неньютоновские тиркости





Ньютоновская

жидкость —

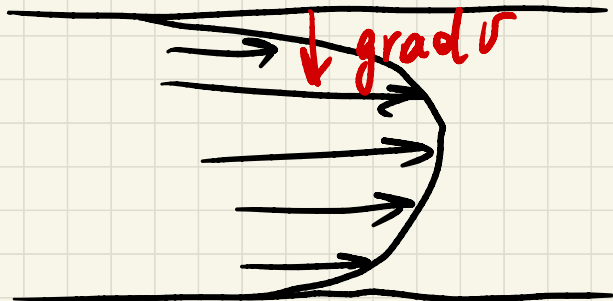
это линейная зависимость

напряжение сдвига градиент скорости

$$\tau = \mu \frac{\partial v}{\partial n}$$

Коэффициент динамической вязкости (зависит от температуры) (можно назвать просто вязкостью)

Гидродинамика для привычных нам “классических” жидкостей основывается на законе Ньютона. В случае ламинарного течения это есть пропорциональная зависимость между касательным напряжением (напряжением сдвига) и производной от скорости по направлению, нормальному к этой плоскости, то есть градиент скорости (скорость сдвига).



Если углубиться, то движение сплошной среды характеризуется тензорами напряжений и скорости деформации. Тогда для Ньютоновской жидкости, опять же, тензор напряжений будет линейно зависеть от тензора скорости деформации.

$$\mathcal{S} = \{S_{ij}\}_{i,j=1}^3 = \left\{ \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right\}_{i,j=1}^3$$

↓
тензор скоростей деформации

Тогда тензор напряжений для Ньютоновской жидкости:

$$T = -pI + \mathcal{S} \left(\begin{array}{l} p - \text{давление} \\ I - \text{единичный} \\ \text{тензор} \end{array} \right)$$

Моделей неньютоновских жидкостей достаточно много, их суть в установлении нелинейных зависимостей, обобщая уравнения Навье-Стокса. Рассмотрим одно из уравнений, для так называемых жидкостей второго порядка:

$$T = -pI + \mu \mathcal{S} + \alpha_1 \left[\frac{d\mathcal{S}}{dt} + \mathcal{S} \nabla \vec{v} + (\nabla \vec{v})^T \mathcal{S} \right] + \alpha_2 \mathcal{S}^2$$

← нормальные моменты
напряжений
 $\alpha_1 = \text{const}$
 $\alpha_2 = \text{const}$

$$\left(\nabla \vec{\sigma} \right)^T -$$

Транспонированная матрица вида

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_k}$$

Если на тело не действуют силы и скорость достаточно мала, то решение данного уравнения будет совпадать с решением Стокса

Подводим итог: неньютоновские жидкости - жидкости в которых напряжение сдвига нелинейно зависит от скорости сдвига. Это и создает эффект, когда жидкость ведет себя как твердое тело при увеличении скорости сдвига и снова как жидкость в обратном случае. В настоящее время нет точной теории для описания течения неньютоновских жидкостей, в отличие от ньютоновских. В основном, исследование таких течений основывается на численных методах и экспериментах. Также существует несколько моделей для предсказания течения таких жидкостей, некоторые довольно хорошо приближают эти функции, обобщая уравнения Навье-Стокса.