

Задача № 17

Визначити, у скільки разів і на скільки Па (МПа) зміняться втрати тиску у трубопроводі при динамічних в'язкостях нафти 70 і 26 мПа·с. Інші вихідні дані : внутрішній діаметр трубопроводу 150 мм, густина нафти 900 кг/м³, довжина трубопроводу 10,6 км, витрата нафти 1700 м³/доб.

Дано :

$$\mu_{H1} = 70 \times 10^{-3} \quad \text{Па}\cdot\text{с}$$

$$\mu_{H2} := 26 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па}\cdot\text{с}$$

$$\rho_H := 900 \quad \text{кг/м}^3$$

$$d := 0.15 \quad \text{м}$$

$$Q_H = 1700 \quad \text{м}^3/\text{доб}$$

$$L = 10600 \quad \text{м}$$

Визначити : $\Delta P_{\text{тр}2}/\Delta P_{\text{тр}1}$ - ? $\Delta P_{\text{тр}2} - \Delta P_{\text{тр}1}$ - ?

Розв'язок

Визначаємо швидкість руху рідини у трубопроводі :

$$V := \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot d^2 \cdot 86400} \quad V := \frac{4 \cdot 1700}{\pi \cdot 0.15^2 \cdot 86400} \quad V = 1.113 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Числа Рейнольдса для двох випадків:

$$\text{Re}_1 := \frac{V \cdot d \cdot \rho_H}{\mu_{H1}} \quad \text{Re}_1 := \frac{1.113 \cdot 0.15 \cdot 900}{70 \cdot 10^{-3}} \quad \text{Re}_1 = 2146.5$$

$$\text{Re}_2 := \frac{V \cdot d \cdot \rho_H}{\mu_{H2}} \quad \text{Re}_2 := \frac{1.113 \cdot 0.15 \cdot 900}{26 \cdot 10^{-3}} \quad \text{Re}_2 = 5779.04$$

$$\text{Re}_1 < \text{Re}_{\text{кр}} \quad \text{Re}_2 > \text{Re}_{\text{кр}} \quad \text{Re}_{\text{кр}} = 2320$$

Визначаємо коефіцієнти гідравлічного опору :

$$\lambda_1 := \frac{64}{\text{Re}_1} \quad \lambda_1 := \frac{64}{2146.5} \quad \lambda_1 = 0.0298$$

$$\lambda_2 := \frac{0.3164}{\text{Re}_2^{0.25}} \quad \lambda_2 := \frac{0.3164}{5779.04^{0.25}} \quad \lambda_2 = 0.0363$$

Визначаємо втрати тиску на тертя для двох випадків, тобто для μ_{H1} і μ_{H2} :

$$\Delta P_{\text{тр1}} := \lambda_1 \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_H = 0.0298 \cdot \frac{10600}{0.15} \cdot \frac{1.113^2}{2} \cdot 900 = 1.174 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

$$\Delta P_{\text{тр2}} := \lambda_2 \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_H = 0.0363 \cdot \frac{10600}{0.15} \cdot \frac{1.113^2}{2} \cdot 900 = 1.43 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

Таким чином $\Delta P_{\text{тр}2}/\Delta P_{\text{тр}1} = \frac{1,43 \times 10^6}{1,174 \times 10^6} = 1,218$ разів

$$\Delta P_{\text{тр}2} - \Delta P_{\text{тр}1} = 1.43 \times 10^6 - 1.174 \times 10^6 = 2.56 \times 10^5 \text{ Па}$$

Відповідь : $\Delta P_{\text{тр}2}/\Delta P_{\text{тр}1} = 1,218$ разів

$$\Delta P_{\text{тр}2} - \Delta P_{\text{тр}1} = 2.56 \times 10^5 \text{ Па}$$