

Задача № 18

Визначити, чому дорівнює величина перепаду висот точок початку і кінця трубопроводу. Відомо : тиск на початку трубопроводу 2,4 МПа, густина нафти 880 кг/м³ ; густина води 1030 кг/м³ ; коефіцієнт динамічної в'язкості нафти 3,3 мПа·с, коефіцієнт динамічної в'язкості води 1,5 мПа·с, витрата рідини 1250 м³/доб; довжина трубопроводу 4,9 км; діаметр трубопроводу 0,12 м; обводненість продукції 54 %. Тиск в кінці трубопроводу 0,6 МПа.

Дано :

$$P_1 = 2.4 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

$$P_2 = 6 \times 10^5 \quad \text{Па}$$

$$\mu_H := 3.3 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_B := 1.5 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

$$\rho_H = 880 \quad \text{кг/м}^3$$

$$\rho_B = 1030 \quad \text{кг/м}^3$$

$$n_B = 0.54$$

$$L = 4900 \quad \text{м}$$

$$d = 0.15 \quad \text{м}$$

$$Q_p := 1250 \quad \text{м}^3/\text{доб}$$

$$g := 9.81 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Визначити : перепад висот Δz - ?

Розв'язок

Формула для визначення тиску на початку трубопроводу :

$$P_1 = P_2 + \Delta P_{\text{тр}} + \rho_p \cdot g \cdot \Delta z \quad (1)$$

Звідси визначаємо величина перепаду висот точок початку і кінця трубопроводу

$$\Delta z = \frac{P_1 - P_2 - \Delta P_{\text{тр}}}{\rho_p \cdot g} \quad (2)$$

$$\rho_p := \rho_B \cdot n_B + \rho_H \cdot (1 - n_B) = 1030 \cdot 0.54 + 880 \cdot (1 - 0.54) = 961 \quad \text{кг/м}^3$$

$$\mu_p := \mu_B \cdot n_B + \mu_H \cdot (1 - n_B) = 1.5 \times 10^{-3} \cdot 0.54 + 3.3 \times 10^{-3} \cdot (1 - 0.54) = 2.33 \times 10^{-3} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

Визначаємо швидкість руху рідини у трубопроводі :

$$V := \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot d^2 \cdot 86400} = \frac{4 \cdot 1250}{\pi \cdot 0.15^2 \cdot 86400} = 0.819 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо число Рейнольдса :

$$\text{Re} := \frac{V \cdot d \cdot \rho_p}{\mu_p} \quad \text{Re} := \frac{0.819 \cdot 0.15 \cdot 961}{2.33 \cdot 10^{-3}} \quad \text{Re} = 50669$$

$$\text{Як бачимо} \quad \text{Re} > \text{Re}_{\text{кр}} \quad \text{Re}_{\text{кр}} = 2320$$

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору :

$$\lambda := \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad \lambda := \frac{0.3164}{50669^{0.25}} \quad \lambda = 0.021$$

Визначаємо втрати тиску на тертя :

$$\Delta P_{\text{тр}} := \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_p = 0.021 \cdot \frac{4900}{0.15} \cdot \frac{0.819^2}{2} \cdot 961 = 2.21 \times 10^5 \quad \text{Па}$$

$$\text{Отже} \quad \Delta P_{\text{тр}} = 2.21 \times 10^5 \quad \text{МПа}$$

Підставляємо числові значення у формулу (2) і отримаємо :

$$\Delta z := \frac{P_1 - P_2 - \Delta P_{\text{тр}}}{\rho_p \cdot g} = \frac{2.4 \times 10^6 - 6 \times 10^5 - 2.21 \times 10^5}{961 \cdot 9.81} = 167.5 \quad \text{м}$$

$$\text{Відповідь :} \quad \Delta z = 167.5 \quad \text{м}$$

Рисунок

