

Задача № 5

Визначити тиск на вході в „Супутник” – Б-40, якщо тиск на гирлі – 3,1 МПа, довжина горизонтальної викидної лінії – 9,3 км, діаметр викидної лінії – 120 мм, дебіт рідини – 800 м³/доб, обводненість нафти – 45 %, густина нафти – 915 кг/м³, кінематична в’язкість нафти 3,6·10⁻⁶ м²/с; густина води 1040 кг/м³; кінематична в’язкість води 1,3·10⁻⁶ м²/с.

Дано :

$$P_1 := 3.1 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\Delta z := 0 \text{ м}$$

$$n_B = 45 \% \quad n_B := 0.45$$

$$\nu_H := 3.6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\nu_B := 1.3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\rho_H := 915 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_B := 1040 \text{ кг/м}^3$$

$$L := 9300 \text{ м}$$

$$Q_p := 800 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$d := 0.12 \text{ м}$$

$$\text{Визначити : } P_2 - ?$$

Розв’язок

Запишемо формулу для визначення тиску на початку трубопроводу :

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

$\Delta z = 0$, тоді

$$P_1 = P_2 + \Delta P_{\text{тр}}$$

$$P_2 = P_1 - \Delta P_{\text{тр}} \quad (2)$$

Визначаємо швидкість руху рідини у викидній лінії

$$V := \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot d^2 \cdot 86400} \quad V := \frac{4 \cdot 800}{\pi \cdot 0.12^2 \cdot 86400} \quad V = 0.819 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо густину і динамічну в'язкість рідини :

$$\rho_p := \rho_B \cdot n_B + \rho_H \cdot (1 - n_B) = 1040 \cdot 0.45 + 915 \cdot (1 - 0.45) = 971.25 \quad \text{кг/м}^3$$

$$\nu_p := \nu_B \cdot n_B + \nu_H \cdot (1 - n_B) = 1.3 \cdot 10^{-6} \cdot 0.45 + 3.6 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - 0.45) = 2.565 \times 10^{-6} \quad \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Визначаємо число Рейнольдса :

$$\text{Re} := \frac{V \cdot d}{\nu_p} \quad \text{Re} := \frac{0.819 \cdot 0.12}{2.565 \times 10^{-6}} \quad \text{Re} = 38315.8$$

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

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору :

$$\lambda := \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad \lambda := \frac{0.3164}{38315.8^{0.25}} \quad \lambda = 0.023$$

Визначаємо втрати тиску на тертя :

$$\Delta P_{\text{тр}} := \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_p = 0.023 \cdot \frac{9300}{0.12} \cdot \frac{0.819^2}{2} \cdot 971.25 = 5.81 \times 10^5 \quad \text{Па}$$

Підставляємо числові значення у формулу (2) і отримаємо :

$$P_2 := P_1 - \Delta P_{\text{тр}} = 3.1 \cdot 10^6 - 5.81 \times 10^5 = 2.52 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

Відповідь: $P_1 = 2.52 \times 10^6 \quad \text{Па}$

