

Задача № 2

В похилому промисловому колекторі із висхідним потоком транспортується обводнена нафта. Визначити тиск на виході насоса, якщо тиск в кінці колектора 0,8 МПа, величина перепаду висот точок початку і кінця колектора 30 м, обводненість продукції 62 %. густина нафти 875 кг/м³ ; густина води 1060 кг/м³ ; коефіцієнт динамічної в'язкості нафти 2,6 мПа·с, коефіцієнт динамічної в'язкості пластової води 1,25 мПа·с, витрата рідини 1240 м³/доб; довжина колектора 5450 м; діаметр колектора 0,1 м.

Дано :

$$\Delta z := 30 \quad \text{м}$$

$$P_2 := 0.8 \cdot 10^6 \quad \text{Па}$$

$$n_B := 0.62$$

$$\mu_H := 2.6 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па·с}$$

$$\mu_B := 1.25 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па·с}$$

$$\rho_H := 875 \quad \text{кг/м}^3$$

$$\rho_B := 1060 \quad \text{кг/м}^3$$

$$L := 5450 \quad \text{м}$$

$$Q_p := 1240 \quad \text{м}^3/\text{доб}$$

$$d := 0.1 \quad \text{м}$$

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

Визначити : P_1 - ?

Розв'язок

Запишемо формулу для визначення тиску на виході насоса (тобто на початку трубопроводу) :

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

Визначаємо швидкість руху рідини у викидній лінії

$$V := \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot d^2 \cdot 86400} \quad V := \frac{4 \cdot 1240}{\pi \cdot 0.1^2 \cdot 86400} \quad V = 1.827 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо густину і динамічну в'язкість рідини :

$$\rho_p := \rho_B \cdot n_B + \rho_H \cdot (1 - n_B) = 1060 \cdot 0.62 + 875 \cdot (1 - 0.62) = 989.7 \quad \text{кг/м}^3$$

$$\mu_p := \mu_B \cdot n_B + \mu_H \cdot (1 - n_B) = 1.25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.62 + 2.6 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.62) = 1.763 \times 10^{-3} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

Визначаємо число Рейнольдса :

$$\text{Re} := \frac{V \cdot d \cdot \rho_p}{\mu_p} \quad \text{Re} := \frac{1.827 \cdot 0.1 \cdot 989.7}{1.763 \times 10^{-3}} \quad \text{Re} = 102562.8$$

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

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору :

$$\lambda := \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad \lambda := \frac{0.3164}{102562.8^{0.25}} \quad \lambda = 0.018$$

Визначаємо втрати тиску на тертя :

$$\Delta P_{\text{тр}} := \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_p = 0.018 \cdot \frac{5450}{0.1} \cdot \frac{1.827^2}{2} \cdot 989.7 = 1.62 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

Підставляємо числові значення у формулу (1) і отримаємо :

$$P_1 := P_2 + \Delta P_{\text{тр}} + \rho_p \cdot g \cdot \Delta z = 0.8 \times 10^6 + 1.62 \times 10^6 + 989.7 \cdot 9.81 \cdot 30 = 2.71 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

$$\text{Відповідь:} \quad P_1 = 2.71 \times 10^6 \quad \text{Па}$$

