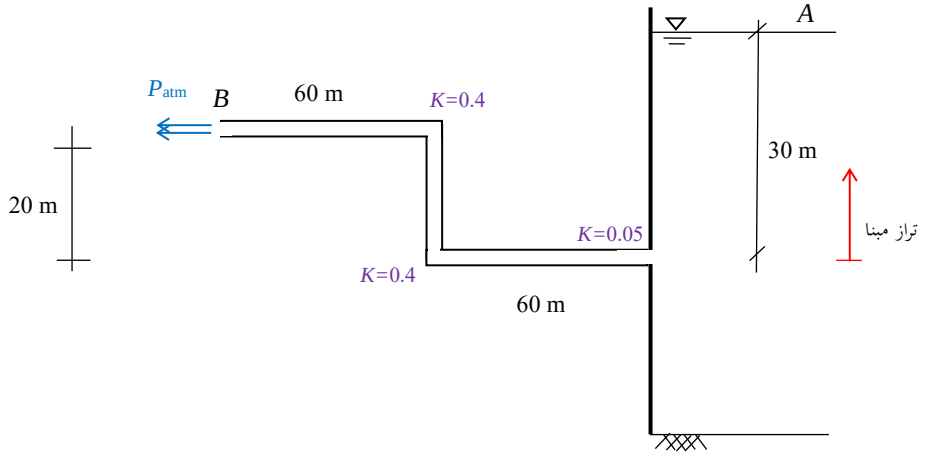
- خط لوله ای مطابق شکل آب مخزنی را بصورت جت آزاد تخلیه می‌کند. اگر قطر لوله 200 mm باشد، دبی جریان را بدست آورید.

$\rho_w = 999\ \text{kg/m}^3 \qquad \nu_w = 0.0113\times10^{-4}\ \text{m}^2/\text{s} \qquad e_s = 0.046\ \text{mm}$



جواب:

$$\frac{e}{D} = \frac{0.046}{200} = 0.00023$$

اگر تراز مبنا را در محور لوله پایینی فرض کنیم، با استفاده از معادله اصلاح شده برنولی بین نقاط A (سطح مخزن) و B (خروجی لوله) و در نظر گرفتن پیوستگی جریان ($V_A = V_B$):

$$\frac{V_A^2}{2g}^{0} + z_A + \frac{P_A}{\gamma_w} = \frac{V_B^2}{2g} + z_B + \frac{P_B}{\gamma_w} + \sum f\,\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2g} + \sum K\frac{V^2}{2g}$$

$$z_A = \frac{V_B^2}{2g} + z_B + f\,\frac{1}{D}.\frac{V^2}{2g}\sum L + \frac{V^2}{2g}\sum K$$

$$30 = \frac{V^2}{2\times9.81} + 20 + f\times\frac{1}{0.2}\times\frac{V^2}{2\times9.81}\times(60+60+20) + \frac{V^2}{2\times9.81}\times(0.05+0.4+0.4)$$

$$(700\,f + 1.85)\frac{V^2}{2} = 98.1 \qquad \text{(I)}$$

با استفاده از دیاگرام مودی معادله (I) را با آزمون و خطا می‌توان حل کرد. با توجه به میزان زبری نسبی ($\frac{e}{D} = 0.00023$)، اگر مقدار ضریب اصطکاک را در فرض اول برابر $f = 0.015$ فرض کنیم:

$$f = 0.015 \xrightarrow{\text{(I)}} V = 3.99\ \text{m/s}$$

$$\rightarrow \text{Re} = \frac{VD}{\nu} = \frac{3.99\times0.2}{0.0113\times10^{-4}} = 7.06\times10^5$$

در گام بعدی با عدد رینولدز فوق و زبری نسبی $\frac{e}{D} = 0.00023$، ضریب اصطکاک جدید با استفاده از نمودار مودی برابر $f = 0.016$ بدست می آید:

$$f = 0.016 \xrightarrow{\text{(I)}} V = 3.88\ \text{m/s}$$

$$\rightarrow \text{Re} = \frac{VD}{\nu} = \frac{3.88\times0.2}{0.0113\times10^{-4}} = 6086\times10^5$$

با این عدد رینولدز مقدار زبری قرائت شده از نمودار مودی تغییری نمی‌کند (همگرایی روش فوق بالا است و در عمل چند تکرار کافی است). بنابراین:

$$V = 3.88 \ \text{m/s}, \quad Q = 3.88 \times \pi \times \frac{0.2^2}{4} = 0.122 \quad \text{m}^3/\text{s}$$