3ª Questão: (3,5 ptos)

A instalação hidráulica da figura representa dois reservatórios (1) e (2) de grandes dimensões, cujos níveis das superfícies livres da água são respectivamente: NA_1=30 m e NA_2 = 42 m. Estes reservatórios são interligados por uma tubulação de diâmetro constante D, comprimento total é de L= 900 m e rugosidade equivalente k= 0,0005 m.

Quando a bomba ainda não está instalada no sistema a vazão de água estabelecida do reservatório (2) para (1) é de 0,13 m^3/s.

Quando se insere uma bomba no sistema à distância de L_{13}= 300 m do reservatório (1) e L_{42}= 600 m do reservatório (2), a vazão estabelecida do reservatório (1) para (2) é de 0,17 m^3/s.

Admitindo-se que as perdas de carga singulares são desprezíveis, pede-se para determinar:

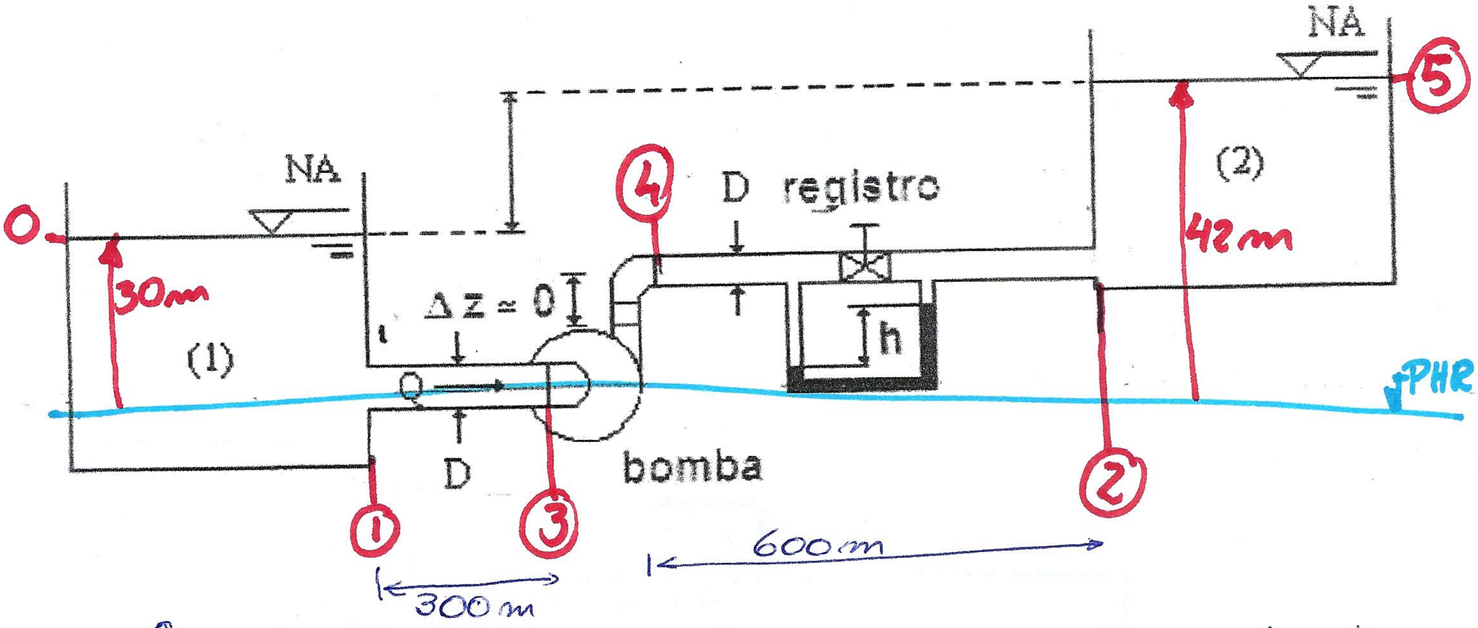
a) O diâmetro da tubulação (calcular quando não há bomba instalada no sistema);

b) A potência disponível no eixo do motor de acionamento da bomba, que tem rendimento de 80%;

c) A pressão relativa na entrada da bomba. Há possibilidade de ocorrência de cavitação na bomba?

Dados:

- o rendimento total da bomba é de 80%;
- o fluido em escoamento é água (γ= 10^4 N/m^3 e ν=10^{-6} m^2/s);
- a pressão de vapor da água a 20 C é de 2,34 kPa;
- g = 9,8 m/s^2.



$\mathcal{E}$ = 0,0005 m

sem bomba = 0,13 m^3/s

com bomba = 0,17 m^3/s

$\Delta hs \approx 0$ (perdas singulares desprezíveis)

a) D = ? - calcular sem bomba.

Neste caso, o sentido do escoamento é de 2 para 1

Aplicando a primeira lei entre 0 e 5, resulta:

$$\left(\frac{\alpha_5 V_5^2}{2g} + \frac{P_5}{\gamma} + z_5\right) - \left(\frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\gamma} + z_0\right) = \frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} - \frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}$$

z_5 = 42 m, z_0 = 30

$\frac{\alpha_5 V_5^2}{2g}$ → 0 (reserv. grande); $\frac{P_5}{\gamma}$ → 0 aberto atm; $\frac{\alpha_0 V_0^2}{2g}$ → 0; $\frac{P_0}{\gamma}$ → 0; $\frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}$ → 0, sem máquinas inicialmente

$$42 - 30 = \frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} \quad \text{I}$$

Porém, sabe-se que $\frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ II equação de DARCY-Weisbach (sem perdas singulares)

$Q = V \cdot S = \frac{V \pi d^2}{4}$, que substituída em II:

$$\frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} = \frac{f L . 16 Q^2}{20 \pi^2 D_0^5} \xrightarrow{\text{em I}} \frac{f L}{20 \pi^2 D_0^5} 16 Q^2 = 12 \quad \text{III}$$

$Q = 0{,}13\ m^3/s$. $L = 900\ m$ e adota-se $f = 0{,}02$, do que resulta $D_0 = 0{,}29\ m$

1ª Iteração

$$Re = \frac{V D_0}{\nu} = \frac{4 Q D_0}{\pi D_0^2 \nu} = 5{,}71 \times 10^5$$

$$\frac{\varepsilon}{D_0} = \frac{0{,}0005}{0{,}29} = 0{,}001724$$

$f = 0{,}0225$ colebrook ou Moody

e, voltando à equação III, resulta:

$D_1 = 0{,}297\ m$

2ª Iteração

$$Re = \frac{4 Q D_1}{\pi D_1^2 \nu} = 5{,}576 \times 10^5$$

$$\frac{\varepsilon}{D_1} = \frac{0{,}0005}{0{,}297} = 0{,}001683$$

$f = 0{,}022$

$\therefore D_2 = 0{,}296 \Rightarrow \boxed{D = 0{,}30\ m}$

b) Potência no eixo do motor com $\eta = 0{,}80$, sentido do tq 1 p/ tq 2

Aplica-se a eq. da 1ª Lei:

$$H_0 - H_5 = \frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} - \frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}$$ e, como $D = 0,3\,m$ e $Q = 0,17\,m^3/s$

$$\Rightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} = 2,41\,m/s.$$

$$-12 = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} - \frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}$$ (IV). Tem-se que determinar "f"

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{2,41 \times 0,3}{10^{-6}} = 7,23 \times 10^5$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0005}{0,3} = 1,666 \times 10^{-3}$$

$f = 0,0222$ — Colebrook ou Moody

Em IV, resulta: $\dot{W}_m = 53.280\,W$

e a potência no eixo $\dot{W}_e = \frac{\dot{W}_m}{0,80} = 66.600\,W$

c) Pressão efetiva na entrada da bomba

$$H_0 - H_3 = \frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} - \cancel{\frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}}^{\,0}$$

$$30 - \left(\alpha_3\frac{V_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\gamma} + z_3\right) = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} = 0,0222 \cdot \frac{300}{0,3} \times \frac{2,41^2}{20} = 6,45$$

e como $V_3 = 2,41\,m/s$ e $z_3 = 0$

$$\frac{P_3}{\gamma} = 23,26\,mca \Rightarrow P_3 = 233\,kPa$$

e como $P_v = 2,34\,kPa$ absoluta, não haverá cavitação