

FT I – Exercícios

Felipe B. Pinto 61387 - MIEQB

12 de novembro de 2022

Conteúdo

Questão 3 – 1	. . . . .	2	Questão 3 – 4	. . . . .	6
Questão 3 – 2	. . . . .	4	Questão 3 – 5	. . . . .	8
Questão 3 – 3	. . . . .	5			

Questão 3 – 1

Calcular a queda de pressão devido ao atrito de um óleo que flui a uma velocidade média de 2.4 m s^{-1} através de um tubo liso com 30 m de comprimento e 7.6 cm de diâmetro (comparar com comprimento 20 m, 30 m e 50 m).

$$\cdot \mu = 5 \text{ cP}$$

(comparar com 4 cP e 8 cP)

$$\cdot \rho = 960 \text{ kg m}^{-3}$$

E qual a queda de pressão devido ao atrito se rugosidade do tubo = 0.08 mm? (comparar com 0.2 mm e 0.8 mm). E qual a queda de pressão devido ao atrito se tubo liso com 2 joelhos em ângulo recto?

RS (i)

$$- \Delta P_{at} = 4 \phi L \rho v^2 / D;$$

$$\phi(Re, 0) = \phi\left(\frac{\rho v D}{\mu}, 0\right) = \phi\left(\frac{960 * 2.4 * 7.6 \text{ E} -2}{5 \text{ E} -2 * 10^{-3} / 10^{-2}}, 0\right) =$$

$$= \phi\left(\frac{9.6 * 2.4 * 7.6}{5} 10^2, 0\right) \cong \phi(35.02 \text{ E}3, 0) \cong 0.00275$$

$$\therefore - \Delta P_{at} \cong 4 * 0.00275 * 30 * 960 * (2.4)^2 / 7.6 \text{ E} -2 =$$

$$= \frac{4 * 2.75 * 3.0 * 9.60 * (2.4)^2}{7.6} \text{ E} 2 \cong 24.01 \text{ E}3$$

RS (ii)

L/m:	20	30	50
$- \Delta P_{at}:$	16.01 E3	24.01 E3	40.02 E3

RS (iii)

$$\begin{aligned}
-\Delta P_{at} &= 4\phi L\rho v^2/D; \\
\phi(Re, \varepsilon/D) &= \phi(35.02 \text{ E}3, 0.08 \text{ E} -3/7.6 \text{ E} -2) = \\
&= \phi(35.02 \text{ E}3, 8 \text{ E} -3/7.6) \cong \phi(35.02 \text{ E}3, 1.05 \text{ E} -3) \cong 0.0052 \\
\therefore -\Delta P_{at} &\cong 24.01 \text{ E}3 \frac{0.0052}{0.00275} \cong 45.40 \text{ E}3
\end{aligned}$$

RS (iv)

$$\varepsilon > \varepsilon_0 \implies \phi > \phi_0 \implies -\Delta P_{at} > -\Delta P_{at,0}$$

RS (v)

$$\begin{aligned}
-\Delta P_{at} &= 4\phi L_{eq}\rho v^2/D \cong 24.01 \text{ E}3 \frac{L_{eq}}{L} = \\
&= 24.01 \text{ E}3 \frac{(L + 2 * 40 * D)}{L} = 24.01 \text{ E}3(1 + 2 * 40 * 7.6 \text{ E} -2/30) \cong \\
&\cong 28.88 \text{ E}3
\end{aligned}$$

Questão 3 – 2

Corre água a $2.5 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$ através dum alargamento súbito de um tubo de 3.6 cm de diâmetro para um de 4.8 cm. Qual é a perda de carga em m ?

$$-\Delta P_{at\ arg}^{at} = \rho (v_1 - v_2)^2 / 2$$

RS

$$\begin{aligned} \frac{-\Delta P_{at}}{\rho g} &= \frac{\rho (\Delta v)^2 / 2}{\rho g} = \frac{\left(\Delta \frac{G_v}{\pi r^2}\right)^2}{2 g} = \left(\frac{G_v}{\pi \Delta r^2}\right)^2 (2 g)^{-1} \cong \\ &\cong \left(\frac{2.5 \text{ E}-3}{\pi ((3.6 \text{ E}-2/2)^2 - (4.8 \text{ E}-2/2)^2)}\right)^2 (2 * 9.78) = \\ &= 8 \left(\frac{2.5}{\pi ((3.6)^2 - (4.8)^2)}\right)^2 9.78^{-1} * 10^2 \cong 59.03 \text{ E}-3 \end{aligned}$$

Questão 3 – 3

Qual é a queda de pressão, e a potência necessária para bombear $0.04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água, através dum condensador com 400 tubos de 4.5 m de comprimento e diâmetro interno de 1 cm sabendo que o coeficiente de contracção à entrada dos tubos (C_c) é 0.6 e rugosidade aço comercial = 0.046 mm $\mu = 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

$$-\Delta P_{cont} = \frac{\rho v^2}{2} (C_c^{-1} - 1)^2$$

RS (i)

$$\begin{aligned} -\Delta P_{tot} &= -\Delta P_{at\ 1} * n - \Delta P_{at\ 2} = n \frac{4\phi \rho v^2 L_1}{D} + \frac{\rho v^2}{2} (C_c^{-1} - 1)^2 = \\ &= \rho v^2 \left(\frac{4\phi L_1 n}{D} + \frac{(C_c^{-1} - 1)^2}{2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(Re, \varepsilon/D) &= \phi\left(\frac{D \rho \bar{v}}{\mu}, \varepsilon/D\right) = \phi\left(\frac{10^{-2} * 10^3 * 1.27}{10^{-3}}, \frac{0.046 \text{ E}-3}{10^{-2}}\right) = \\ &= \phi(1.27 * 10^4, 0.046 \text{ E}-1) \cong 0.0052 \end{aligned}$$

$$\therefore -\Delta P_{tot} \cong 10^3 (1.27)^2 \left(\frac{4 * 0.0052 * 4.5 * 400}{1 \text{ E}-2} + \frac{(0.6^{-1} - 1)^2}{2} \right) \cong 6.04 \text{ E}6$$

RS (ii)

$$W_{bomba} = -\Delta P_{at\ bomba} * \frac{G_v}{n} \cong 6.04 \text{ E}6 * \frac{0.04}{400} \cong 603.91$$

Questão 3 – 4

Quer-se bombear água dum tanque para um depósito 12 m acima do nível daquele, a um caudal de $1.25 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$, através dum tubo de ferro de 25 mm de diâmetro e 30 m de comprimento. O tanque e o reservatório encontram-se à pressão atmosférica.

Qual é a potência da bomba necessária?

- $\mu = 1.30 * 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- Rugosidade do ferro = 0.046 mm
- $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$

RS

$$\begin{aligned}
 W_b &= -\Delta P_b G_v = h_b \rho g G_v = \\
 &= \left(Z_2 + \frac{v^2}{2g} + h_{at} \right) \rho g G_v = \\
 &= \left(Z_2 + \frac{v^2}{2g} + \frac{-\Delta P_{at}}{\rho g} \right) \rho g G_v = \\
 &= Z_2 \rho g G_v + \left(\frac{v^2}{2} + \frac{4\phi \rho v^2 L/D}{\rho} \right) \rho G_v = \\
 &= Z_2 \rho g G_v + \left(\frac{1}{2} + \frac{4\phi L}{D} \right) v^2 \rho G_v = \\
 &= Z_2 \rho g G_v + \left(\frac{1}{2} + \frac{4\phi L}{D} \right) \left(\frac{G_v}{\pi (D/2)^2} \right)^2 \rho G_v = \\
 &= Z_2 \rho g G_v + \left(2^3 + \frac{4^3 \phi L}{D} \right) \frac{G_v^3 \rho}{\pi^2 D^4}; \\
 \phi(Re, \varepsilon/D) &= \phi \left(\frac{\rho D \bar{v}}{\mu}, \varepsilon/D \right) = \phi \left(\frac{10^3 * 25 * 10^{-3} 2.55}{1.30 * 10^{-3}}, \frac{0.046 \text{ E}-3}{25 \text{ E}-3} \right) = \\
 &= \phi \left(\frac{25 * 2.55}{1.30} 10^3, 0.046/25 \right) \cong \phi(49.04 \text{ E}3, 1.84 \text{ E}-3) \cong 0.00255
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore W_b &= 12 * 10^3 * 9.78 * 1.25 * 10^{-3} + \\
 &+ \left(2^3 + \frac{4^3 * 0.00255 * 30}{25 * 10^{-3}} \right) \frac{(1.25 * 10^{-3})^3 * 10^3}{\pi^2 (25 * 10^{-3})^4} = \\
 &= 12 * 9.78 * 1.25 + \left(2^3 + \frac{4^3 * 2.55 * 30}{25} \right) \frac{(1.25)^3}{\pi^2 (25)^4} * 10^6 \cong 249.97
 \end{aligned}$$

Questão 3 – 5

Pretende-se bombear $4 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$ de uma solução de ácido sulfúrico através dum tubo de 2.5 cm de diâmetro, em chumbo, e a uma altura de 25 m. O tubo tem 30 m de comprimento e contém dois joelhos em ângulo recto. Calcular a potência da bomba teoricamente necessária.

- $\rho_{sol \text{ ac}} = 1531 \text{ kg m}^{-3}$
- $\mu_{sol \text{ ac}} = 0.065 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- rugosidade chumbo = 0.05 mm

RS

$$\begin{aligned}
W_b &= -\Delta P_b G_v = h_b \rho g G_v = \\
&= (Z_2 + h_{at}) \rho g G_v = \\
&= Z_2 \rho g G_v + \left(\frac{-\Delta P_{at}}{\rho g} \right) \rho g G_v = \\
&= Z_2 \rho g G_v + (4 \phi \rho v^2 L_{eq}/D) G_v = \\
&= Z_2 \rho g G_v + \left(\frac{G_v}{\pi r^2} \right)^2 (L + 2 * 40 * D) \frac{4 \phi \rho G_v}{D} = \\
&= Z_2 \rho g G_v + \frac{4^3 \phi \rho (L + 2 * 40 * D) G_v^2}{\pi^2 D^5} = \\
&= Z_2 \rho g G_v + \frac{4^3 \phi \rho (L + 2 * 40 * D) G_v^2}{\pi^2 D^5};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi(Re, \varepsilon/D) &= \phi\left(\frac{\rho D \bar{v}}{\mu}, \varepsilon/D\right) = \phi\left(\frac{\rho D}{\mu} \frac{G_v}{\pi (D/2)^2}, \varepsilon/D\right) = \\
&= \phi\left(\frac{\rho G_v 4}{\mu \pi D}, \varepsilon/D\right) = \phi\left(\frac{1531 * 4 * 10^{-3} * 4}{0.065 * \pi * 2.5 * 10^{-2}}, \frac{0.05 * 10^{-3}}{2.5 * 10^{-3}}\right) = \\
&= \phi\left(\frac{1.531 * 4^2}{6.5 * \pi * 2.5} * 10^4, 2 * 10^{-2}\right) \cong \phi(4.80 \text{ E}3, 2 * 10^{-2}) \cong 0.0069
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
W_b &\cong 25 * 1531 * 9.78 * 4 * 10^{-3} + \\
&+ \frac{4^3 * 0.0069 * 1531 * (30 + 2 * 40 * 2.5 * 10^{-2}) * (4 * 10^{-3})^2}{\pi^2 * (2.5 * 10^{-2})^5} = \\
&= 2.5 * 1.531 * 9.78 * 40 + \frac{4^5 * 6.9 * 1.531 * (3 + 2 * 4 * 2.5 * 10^{-2})}{\pi^2 * 2.5^5} 10^5 \cong \\
&\cong 3.59 \text{ E}6
\end{aligned}$$