

PQI 3203 - EXERCÍCIOS

LISTA 1 – EXERCÍCIO 3

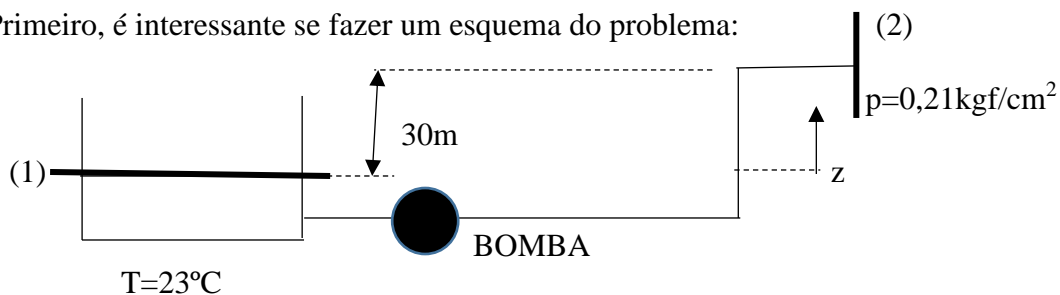
(3) Água é bombeada de um reservatório, à temperatura de 23°C, até um nebulizador, localizado no topo de uma torre de absorção. A tubulação é em aço carbono, de 3" Schedule N° 40. Pode-se admitir que o perfil de velocidades na tubulação é achatado e que a troca de calor com o ambiente é desprezível. A diferença de cotas entre a superfície livre de água no reservatório e a saída do nebulizador é de 30 m. A pressão relativa na entrada do nebulizador é de 0,21 kgf/cm². A vazão de escoamento é de 0,75 m³/min. A potência fornecida à bomba é de 14 CV.

Determinar a temperatura da água ao entrar no nebulizador. (Problema 4-3 do livro-texto).

Resposta: $T_2 = 23,12^\circ\text{C}$

SOLUÇÃO:

Primeiro, é interessante se fazer um esquema do problema:



Tubo: aço-carbono 3"Sch40

Esclarecendo:

Para tubos comerciais, há uma padronização que permite normalizar suas características. Para tubos de aço comercial, utiliza-se como padronização o NÚMERO DE LISTA ou SCHEDULE NUMBER. Assim:

3"Sch40 significa que o diâmetro externo do tubo é de 3" e o Schedule Number – 40 - indica a resistência do tubo que está associada à espessura da parede da tubulação. Quanto maior o Schedule Number, maior será a espessura da parede da tubulação. Conforme a tabela a seguir, observa-se que para um tubo de 3"Sch40, o diâmetro interno da tubulação, pelo qual passa o fluido é 7,792cm

O exercício trata de um balanço de energia que deve ser feito num dado volume de controle. Deve-se então definir as duas superfícies de controle entre as quais está o volume de controle a ser considerado para a aplicação da equação de balanço de energia. A equação a ser utilizada deve permitir que se estime a temperatura. Para isso, há duas equações possíveis:

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta h = q + w \quad (\text{eq 1})$$

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta u + \frac{\Delta p}{\rho} = q + w \quad (\text{eq 2})$$

LINKS

Tubos de aço carbono (com e sem costura)

Diâmetro Nominal (Pol.)	Externo (mm)	Interno (mm)	Espessura de Parede (mm)	Peso (kg/m)	Denominação	Schedule No.
1/4"	13.72	9.24	2.24	0.63	STD	40
		7.68	3.02	0.8	XS	80
3/8"	17.1	12.53	2.31	0.85	STD	40
		10.75	3.2	1.1	XS	80
1/2"	21.34	15.8	2.77	1.26	STD	40
		14.16	3.73	1.62	XS	80
		11.78	4.78	1.95	-	160
		6.4	7.47	2.54	XXS	-
		20.93	2.87	1.68	STD	40
3/4"	26.67	18.85	3.91	2.19	XS	80
		15.55	5.56	2.89	-	160
		11.03	7.82	3.63	XXS	-
		26.64	3.38	2.5	STD	40
1"	33.4	24.3	4.55	3.23	XS	80
		20.68	6.36	4.23	-	160
		15.22	9.09	5.45	XXS	-
		35.04	3.56	3.38	STD	40
1.1/4"	42.17	32.46	4.85	4.46	XS	80
		29.46	6.35	5.6	-	160
		22.76	9.7	7.75	XXS	-
		40.9	3.68	4.05	STD	40
1.1/2"	48.26	38.1	5.08	5.4	XS	80
		33.98	7.14	7.23	-	160
		27.94	10.16	9.54	XXS	-
		52.5	3.91	5.43	STD	40
2"	60.32	49.24	5.54	7.47	XS	80
		42.84	8.74	11.1	-	160
		38.18	11.07	13.41	XXS	-
		62.71	5.16	8.62	STD	40
2.1/2"	73.03	59.01	7.01	11.4	XS	80
		53.99	9.52	14.9	-	160
		44.99	14.02	20.37	XXS	-
		77.92	5.49	11.28	STD	40
3"	88.9	73.66	7.62	15.25	XS	80
		66.64	11.13	21.31	-	160
		58.42	15.24	27.65	XXS	-
		90.12	5.74	13.56	STD	40
3.1/2"	101.6	85.44	8.08	18.6	XS	80
		102.26	6.02	16.06	STD	40
4"	114.3	97.18	8.56	22.29	XS	80
		92.04	11.13	28.27	-	120
		87.32	13.49	33.49	-	160
		80.06	17.12	40.98	XXS	-
		128.3	6.55	21.75	STD	40
5"	141.3	122.26	9.52	30.92	XS	80
		115.9	12.7	40.25	-	120
		109.54	15.88	49.01	-	160
		103.2	19.05	57.36	XXS	-

Tem-se como informação, além das colocadas no diagrama:

$q=0$ perdas de calor desprezíveis).
vazão volumétrica = 0,75m³/min.

Potência da bomba = 14CV.

Aplicando-se a eq 1:

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta h = q + w$$

Termo de energia cinética: $\frac{\Delta v_b^2}{2}$

$v_{b1} = 0$ (na verdade, é desprezível por se ter um tanque grande). Justificando:

Pelo balanço de massa em regime permanente:

$$\begin{aligned}\dot{m}_1 &= \dot{m}_2 \\ \rho_1 v_{b1} A_1 &= \rho_2 v_{b2} A_2 \\ \rho_1 &= \rho_2\end{aligned}$$

Assim:

$$v_{b1} = v_{b2} \frac{A_2}{A_1}$$

Como $A_1 \gg \gg \gg \gg \dots \gg \gg A_2$ (o tanque é grande comparado ao tubo de descarga), pode-se dizer que v_{b1} é desprezível ou nula, frente a v_{b2} .

Com relação á velocidade v_{b2} :

$$v_{b2} = \frac{\dot{q}}{A_2} = \frac{0,75 \text{ m}^3}{60 \text{ s}} \times \frac{4}{\pi(7,792 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 2,62 \text{ m/s}$$

O termo de energia potencial: $g\Delta z$

Utilizando-se o plano de referência assinalado para contagem das cotas:

$$z_1 = 0$$

$$z_2 = 30 \text{ m}$$

O termo de variação de entalpia: Δh

$$\Delta h = \bar{c}_p \Delta T = \bar{c}_p (T_2 - T_1)$$

$$T_1 = 23^\circ \text{C}$$

$$\bar{c}_p = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ \text{C}} = 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ \text{C}}$$

Trabalho de eixo: w .

Foi fornecida a potência da bomba: 14CV

1CV=745w, ou seja, 14CV=10440w.

Para converter a potência em trabalho de eixo por unidade de massa:

-vazão volumétrica = 0,75m³/min.

-vazão mássica = (0,75m³/60s)x(1000kg/m³) = 12,5kg/s

Assim, na equação do balanço de energia tem-se:

$$\frac{2,62^2 - 0}{2} + 9,8(30 - 0) + 4187(T_2 - 23) = \frac{10440}{12,5}$$

Dessa equação obtém-se $T_2 = 23,13^\circ\text{C}$

Se for empregada a equação 2:

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta u + \frac{\Delta p}{\rho} = q + w \text{ (eq 2)}$$

O que muda em relação à resolução anterior são os termos devidos à energia interna, Δu , e o termo referente ao trabalho de fluxo, $\frac{\Delta p}{\rho}$.

Para esse dois termos têm-se:

$$\Delta u = \bar{c}_v(T_2 - T_1)$$

$$T_1 = 23^\circ\text{C} = 296\text{K}$$

$$\bar{c}_v = 4218 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\frac{\Delta p}{\rho} = \frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{20593,4 - 0}{1000}$$

Voltando-se à equação de balanço:

$$\frac{2,62^2 - 0}{2} + 9,8(30 - 0) + \frac{20593,4 - 0}{1000} + 4218(T_2 - 296) = \frac{10440}{12,5}$$

$$T_2 = 296,12\text{K} = 23,12^\circ\text{C}$$