Ex 7.5 – Água escoa de um reservatório

Determinar: Calcule o desnível entre as superfícies livres dos dois reservatórios para se manter a vazão desejada

Dados: $L = 280\,m\,;\, T_{água} = 20^{o}C\,;\, \dot{V} = 0{,}009\,m^3/s\,;\, d = 75\,mm$

Propriedades à T=20ºC: $\nu = 1{,}004x10^{-6}\,m^2/s\,;\, \rho = 998{,}3\,kg/m^3$

Desprezando as perdas localizadas, tem-se: $\dfrac{P_1}{\rho g} + \dfrac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \dfrac{P_2}{\rho g} + \dfrac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$

Como os reservatórios estão abertos à pressão atm e considerando reservatório de grandes dimensões, tem-se:

$$Z_1 - Z_2 = f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g}\;;\; V = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{\dot{V}}{\pi d^2/4} = \frac{0{,}009}{\pi(0{,}075)^2/4} = 2{,}038\,m/s$$

$$Re = \frac{V.d}{\nu} = \frac{(2{,}038).(0{,}075)}{1{,}004x10^{-6}} = 01{,}52x10^5$$

Assumindo tubo liso, do diagrama de Moody, tem-se que f é: $f \simeq 0{,}018$

O desnível necessário p manter a vazão é de: $Z_1 - Z_2 = (0{,}018)\dfrac{280}{0{,}075}\dfrac{(2{,}038)^2}{2.(9{,}81)} = 14{,}24\,m$

Ex 7.7 – Tomada de pressão

Determinar: A pressão em B

Dados: $P_A = 690\,\text{kPa}\ ; T_{água} = 20^{o}\text{C}\ ;\ \text{Vol} = 0{,}01\,\text{m}^3/\text{s}\ ;\ d = 10\ \text{cm}$

Propriedades à 20ºC: $\nu = 1{,}004\text{x}10^{-6}\,\text{m}^2/\text{s}\ ;\ \rho = 998{,}3\ \text{kg}/\text{m}^3$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \Rightarrow \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + h_L \quad ;\text{onde}, h_L = h_f + \sum h_m$$

$$V_A = V_B = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0{,}01}{\pi(0{,}1)^2/4} 1{,}27\ \text{m}/\text{s}$$

Determinando a perda de carga distribuída: $h_f = f\dfrac{L}{d}\dfrac{V^2}{2g} \rightarrow \text{Re} = \dfrac{V.d}{\nu} = \dfrac{(1{,}27).(0{,}1)}{1{,}004\text{x}10^{-6}} = 1{,}265\text{x}10^5$

Assumir que aço comercial novo = aço comum: $\dfrac{h_r}{d_h} = \dfrac{0{,}000046}{0{,}1} = 0{,}00046$

Do diagrama de Moody, tem-se que f é: $f \cong 0{,}017$

Dessa forma, h_f é? $h_f = (0{,}017)\dfrac{(190)}{0{,}1}\dfrac{(1{,}27)^2}{2.(9{,}81)} h_f = 2{,}65\ \text{m}$

Ex 7.7 – Continuação...

Determinando a perda de carga localizada: 2 cotovelos de 45º com rosca, 1 contração e uma expansão.

$$h_m = K\frac{V^2}{2g}$$

• 2 Cotovelos de 45º com rosca: Da tabela 7-2, tem-se que K = 0,39

$$h_m = 2.(0{,}39)\frac{(1{,}27)^2}{2.(9{,}81)} \Rightarrow h_m = 6{,}41x10^{-2}\,m$$

• 1 Contração (entrada): Da fig. 7-6, tem-se que K = 0,45

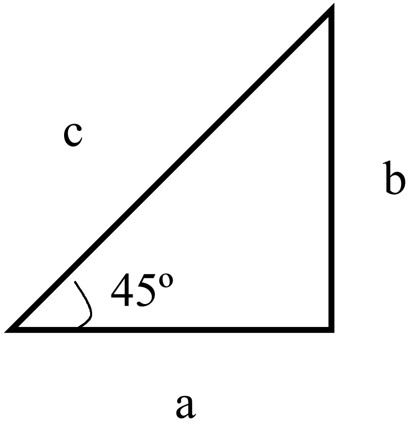
• 1 Expansão(saída): Da fig. 7-6, tem-se que K = 1

Dessa forma, h_m fica: $h_m = (2K_1 + K_2 + K_3)\frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_m = (2.(0{,}38) + 0{,}45 + 1)\frac{(1{,}27)^2}{2.(9{,}81)} = 0{,}18\,m$

A perda de carga total é: $h_L = 2{,}65 + 0{,}18 = 2{,}83m$

Ex 7.7 – Continuação...

Determinando as cotas Z_A e Z_B:



$$b = 30.\text{sen}\,45^{o} \Rightarrow Z_B = 30\frac{\sqrt{2}}{2} = 15\sqrt{2}$$

$$Z_A = \text{origem} = 0$$

Assim, P_B fica:

$$P_B = P_A - \rho g Z_B - \rho g h_L$$

$$P_B = 690x10^{3} - (998{,}3).(9{,}81).(15\sqrt{2} - 2{,}83)$$

$$P_B = 510\ \text{kPa}$$

Ex 7.8 – Água escoando em tubo de aço galvanizado

Determinar: Coeficiente de atrito e a queda de pressão por unidade de comprimento do tubo

Dados: $T_{Água} = 10^oC$; $\dot{V} = 0{,}3\,m^3/s$; $D = 190\,mm$

Propriedades à 10ºC: $\rho = 999{,}8\ kg/m^3$; $\mu = 1{,}308x10^{-3}\ kg/m.s$

$\Rightarrow$ Calculando o coeficiente de atrito f: $f = f(Re, h_r/d_h)$

$$\dot{V} = V.A \Rightarrow V = \frac{4\dot{V}}{\pi D^2} = 10{,}6\ m/s \ \rightarrow Re_D = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{(999{,}8).(10{,}6).(0{,}19)}{1{,}308x10^{-3}} = 1{,}53x10^6$$

Do diagrama de Moody: $\frac{h_r}{d_h} = \frac{0{,}15}{190} 0{,}0008 \rightarrow f = 0{,}019$

Da 1ª Lei: $\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$, Onde: $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$

Considerando $Z_1 = Z_2$

$$P_1 - P_2 = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2} \Rightarrow \frac{\Delta P}{L} = \rho\frac{f}{D}\frac{V^2}{2} \Rightarrow \frac{\Delta P}{L} = (999{,}8).\frac{(0{,}019)}{(0{,}19)}\frac{(10{,}6)^2}{2} = 5{,}60\ kPa/m$$

Ex 7.26 – Tubo Circular com temperatura de superfície constante

Dados:

$T_P = 80^oC$; $T_M = 10^oC$

$\dot{m}_{água} = 2\ kg/s$

$D_i = 3\ cm$; $L = 5\ m$

$\bar{h} = 11.000\ W/m^{2\,o}C$

Supondo que a $T_{M,S} = 70^oC$

Propriedades: $\bar{T}_M = \dfrac{T_{M,e} + T_{M,s}}{2} = \dfrac{10 + 70}{2} = 40^oC$

$C_P = 4,179\ J/kg^oC$

$$\frac{T_P - T_{M,S}}{T_P - T_{M,E}} = Exp\left(-\frac{\bar{h}.A}{\dot{m}.C_P}\right)$$

$$T_P - T_{M,S} = Exp\left(-\frac{\bar{h}.A}{\dot{m}.C_P}\right).(T_P - T_{M,E})$$

$$T_{M,S} = -Exp\left(-\frac{\bar{h}.A}{\dot{m}.C_P}\right).(T_P - T_{M,E}) + T_P \Rightarrow T_M = 80 - Exp\left(-\frac{(11).(0,471225)}{(2).(4,1796)}\right).(70)$$

$$T_{M,S} = 42,3^oC$$

Comentário: Note que, para uma solução exata, devemos recalcular a temperatura média de referência com base na temperatura média de saída determinada acima e assim, determinar a nova temp. média de saída até que não haja diferença entre elas.

Ex 7.27 – Tubo circular com fluxo de calor uniforme

Determinar: O comprimento do tubo necessário para garantir essas condições

Dados:	Propriedades:
$T_{Ar} = 20^o C \; ; \; \dot{m} = 0{,}15 \; kg/s$ $D = 0{,}05 m \; ; \; \bar{h} = 13 \; W/m^2 \, ^o C$ $T_S = 35^o C \; ; \; T_P = 95^o C$	$T_M = \dfrac{T_e + T_s}{2} = 27{,}5^o C$ $C_P = 1007 \; J/kg^o C$

$$T_M - T_e = \frac{\dot{q}''(\pi DL)}{\dot{m} C_P} \Rightarrow (T_M - T_e)\dot{m} C_P = \dot{q}'' \pi DL$$

$$L = \frac{(T_M - T_e)\dot{m} C_P}{\dot{q}'' \pi D} = \frac{(15).(0{,}15).(1007)}{(780).\pi.(0{,}05)}$$

$$L = 18{,}5 \; m$$

Ex 7.48 – Trocador de C.C. de fluidos não misturados

Determinar: As temperaturas de saída: $T_{q,s}$ e $T_{f,s}$

Dados:

$T_{q,e} = 100^oC$	$T_{f,e} = 30^oC$	$U = 25\ W/m^{2\,o}C$
$\dot{m}_q = 3\ kg/min$	$\dot{V}_f = 5{,}66\ m^3/min$	$A = 10\ m^2$

Atenção: Como não se conhece as temperaturas de saída do Ar, damos um chute. Propriedades à T = 60ºC

$\rho = 1{,}06 kg/m^3$; $C_P = 1008\ J/kg^oC$

Da 1ª Lei: $Q = C_f(T_{f,s} - T_{f,e}) = -C_q(T_{q,s} - T_{q,e})$

$\Rightarrow$ Cálculo das capacidades térmicas: $C_q = \dot{m}_q C_P \Rightarrow C_q = \dfrac{(3).(1008)}{60} \Rightarrow C_q = 50{,}4\,W/^oC$

$$C_f = \rho \dot{V}_f C_f \Rightarrow C_f = \frac{(5{,}66).(1008)}{60} \Rightarrow C_f = 100{,}8\,W/^oC$$

$\Rightarrow$ Cálculo do calor trocado: $Q = \varepsilon.C_{MIN}(T_{q,e} - T_{f,e})$

$$NUT = \frac{U.A}{C_{MIN}} = \frac{(25).(10)}{50{,}4} = 4{,}96$$

$$\varepsilon = 1 - \exp\left[-\frac{(1-\exp(-C_R.NUT))}{C_R}\right], \text{onde } C_R = \frac{C_{MIN}}{C_{MAX}} = 0{,}53 \Rightarrow \varepsilon = 0{,}826$$

$$Q = \varepsilon.C_{MIN}(T_{q,e} - T_{f,e}) \Rightarrow Q = (0{,}826).(50{,}4).(100-30) = 2914{,}3\ W$$

Ex 7.48 – Continuação...

$$Q = C_f (T_{f,s} - T_{f,e}) \Rightarrow T_{f,s} = \frac{Q}{C_f} + T_{f,e} = 58{,}9^o C$$

$$Q = -C_q (T_{q,s} - T_{q,e}) \Rightarrow T_{q,s} = -\frac{Q}{C_q} + T_{q,e} = 42{,}2^o C$$

Comentário: Como no início da resolução demos um chute no valor da Temperatura média de 60ºC para obter as propriedades, faz-se necessário verificar se o chute está correto. Isso é feito da seguinte forma:

Para o fluido quente: $\overline{T}_q = \frac{T_{q,e} + T_{q,s}}{2} = \frac{100 + 42{,}2}{2} \cong 71^o C$

Para o fluido frio: $\overline{T}_f = \frac{T_{f,e} + T_{f,s}}{2} = \frac{30 + 58{,}9}{2} \cong 44{,}5^o C$

Note que, para uma solução exata, devemos recalcular as temperaturas de saída com base nas temperaturas média determinadas acima. Isso implica que o Cp do fluido quente será diferente do Cp fluido frio, mas o resultado final não será fortemente afetado devido a pequena variação do Cp por Temp. para o fluido aqui utilizado e nessas condições. Esse processo deverá ser repetido até que não haja mais diferença entre a Temp. média utilizada para recalcular e Temp. média obtida no final de cada resultado.