

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto/i

Esercizio

In un tubo avente un diametro interno $D = 30$ mm entra, alla velocità $U = 0.4$ m/s, dell'acqua alla temperatura $t_{m,i} = 10$ °C.

Per una temperatura di parete del tubo costante e pari a $t_s = 90$ °C, determinare la lunghezza minima L del tubo necessaria a garantire una temperatura di uscita dell'acqua pari a $t_{m,o} = 70$ °C.

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo dell'acqua all'interno del tubo, si utilizzi, giustificando, la correlazione di Dittus-Boelter:

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad \text{valida per : } 0.7 \leq Pr \leq 160; \quad L/D \geq 10; \quad Re_D \geq 10^4$$

dove L e D rappresentano, rispettivamente, la lunghezza ed il diametro della tubazione, le proprietà termodinamiche vanno valutate alla temperatura media t_m , e l'esponente n assume i valori:

$$n = 0.4 \quad \text{nel caso di riscaldamento} \quad (t_s > t_m)$$

$$n = 0.3 \quad \text{nel caso di raffreddamento} \quad (t_s < t_m)$$

- Per le proprietà termodinamiche dell'acqua si faccia uso della tabella allegata.

Soluzione

La temperatura media alla quale valutare le proprietà termofisiche è:

$$\bar{t}_m = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}}{2} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dalla tabella allegata:

$$c_p = 4.179 \text{ kJ/(kg K)}; \quad k = 0.632 \text{ W/(m K)}; \quad \nu = 6.6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}; \quad \rho = 992 \text{ kg/m}^3; \quad Pr = 4.33$$

$$Re_D = \frac{U D}{\nu} = 18182 > 10^4$$

$$Nu_D = \frac{h D}{k} = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{0.4} = 105.7$$

$$h = \frac{k Nu_D}{D} = 2227 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Dalla:

$$\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i} = \frac{t_s - t_{m,o}}{t_s - t_{m,i}} = \exp\left(-\frac{P L}{\dot{m} c} h\right)$$

otteniamo:

$$L = -\frac{\dot{m} c}{h P} \ln\left(\frac{t_s - t_{m,o}}{t_s - t_{m,i}}\right) = 7.8 \text{ m}$$