

Rurą o średnicy wewnętrznej 50 mm płynie **woda** ze średnią prędkością 0,6 m/s. Temperatura wody na wlocie do rury wynosi 25,4°C, a na wylocie z rury 37,4°C. Temperatura wewnętrznej powierzchni ścianki rury wynosi 56°C. Wyznaczyć współczynnik wnikania ciepła dla wewnętrznej powierzchni rury oraz długość rury.

ROZWIĄZANIE

$$D := 0.05 \cdot m \quad w := 0.6 \cdot \frac{m}{s}$$

$$T' := 25.4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T'' := 37.4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_w := 56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Średnia temperatura czynnika

$$T_f := \frac{T' + T''}{2} = 31.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Interpolacja parametrów termofizycznych

$$x_1 := 30 \text{ } ^\circ\text{C} \quad x_2 := 40 \text{ } ^\circ\text{C} \quad x := T_f = 31.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$f(y_1, y_2) := y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1)$$

$$\rho_f := f(995.7, 992.2) \cdot \frac{kg}{m^3} = 995.21 \frac{kg}{m^3}$$

$$\lambda_f := f(0.615, 0.638) \cdot \frac{W}{m \cdot K} = 0.61822 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$Pr_f := f(5.4, 4.3) = 5.246$$

$$\nu_f := f(0.805, 0.658) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{m^2}{s} = (7.844 \cdot 10^{-7}) \frac{m^2}{s}$$

$$\eta_f := f(792.377, 658.026) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{N \cdot s}{m^2} = (7.736 \cdot 10^{-4}) \frac{N \cdot s}{m^2}$$

$$c_{pf} := f(4180, 4170) \cdot \frac{J}{kg \cdot K} = (4.179 \cdot 10^3) \frac{J}{kg \cdot K}$$

Poprzeczny przekrój rurki

$$A_p := \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.001963 \text{ m}^2$$

Strumień czynnika

$$m_w := A_p \cdot w \cdot \rho_f = 1.172454 \frac{kg}{s}$$

Strumień pochłanianego ciepła

$$Q := m_w \cdot c_{pf} \cdot (T'' - T') = 58790.6 \text{ W}$$

Liczba Reynoldsa

$$Re_f := \frac{w \cdot D}{\nu_f} = 38245 \quad \text{- przepływ burzliwy}$$

Korelacja Dittusa i Boltera

$$n := 0.4 \quad \text{- dla ogrzewania}$$

$$Nu_f := 0.023 \cdot Re_f^{0.8} \cdot Pr_f^n = 206.879$$

Warunki stosowalności korelacji

Czynnik: dowolny

Rodzaj kanału: rura

$$Re > 10^4$$

$$Re_f = 38245$$

$$100 > Pr > 0.7$$

$$Pr_f = 5.246$$

$$\frac{L}{D} > 60$$

$$\frac{L}{D} = ? \quad \text{sprawdzić po obliczeniu}$$

$$\alpha := \frac{\lambda_f \cdot Nu_f}{D} = 2557.94 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Powierzchnia wymiany ciepła

$$Q = A_w \cdot \alpha \cdot (T_w - T_f)$$

$$A_w := \frac{Q}{\alpha \cdot (T_w - T_f)} = 0.9343 \text{ m}^2$$

Długość rury

$$A_w = \pi \cdot D \cdot L$$

$$L := \frac{A_w}{\pi \cdot D} = 5.948 \text{ m}$$

Sprawdzenie stosunku L/D

$$\frac{L}{D} = 118.958 > 60$$

Rurą o średnicy wewnętrznej 60 mm płynie **olej wrzecionowy** ze średnią prędkością 0,13 m/s. Temperatura oleju na wlocie do rury wynosi 79,5°C, a na wylocie z rury 78°C. Temperatura wewnętrznej powierzchni ścianki rury wynosi 40°C. Wyznaczyć współczynnik wnikania ciepła dla wewnętrznej powierzchni rury oraz długość rury.

ROZWIĄZANIE

$$D := 0.06 \cdot \text{m} \quad w := 0.13 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T' := 79.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T'' := 78 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_w := 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Średnia temperatura czynnika

$$T_f := \frac{T' + T''}{2} = 78.75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Interpolacja parametrów termofizycznych

$$x_1 := 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$x_2 := 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$x := T_f = 78.75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$f(y_1, y_2) := y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1)$$

$$\rho_f := f(845, 832) \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 832.813 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_f := f(0.142, 0.141) \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} = 0.14106 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$Pr_f := f(59.4, 42.1) = 43.181$$

$$\nu_f := f(4.95, 3.39) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = (3.488 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\eta_f := \nu_f \cdot \rho_f = (2.904 \cdot 10^{-3}) \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$c_{pf} := f(4180, 4170) \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = (4.171 \cdot 10^3) \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\nu_w := 7.92 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\rho_w := 858 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\eta_w := \nu_w \cdot \rho_w = (6.795 \cdot 10^{-3}) \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

Poprzeczny przekrój rurki

$$A_p := \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.002827 \text{ m}^2$$

Strumień czynnika

$$m_o := A_p \cdot w \cdot \rho_f = 0.306114 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Strumień pochłanianego ciepła

$$Q := m_o \cdot c_{pf} \cdot (T' - T'') = 1915.03 \text{ W}$$

$$Re_f := \frac{w \cdot D}{\nu_f} = 2237 \quad \text{- przepływ laminarny}$$

Korelacja Siedera i Tate'a

$$L := 7.291 \text{ m}$$

$$Nu_f := 1.86 \cdot \left(\frac{D}{L} Re_f \cdot Pr_f \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\eta_f}{\eta_w} \right)^{0.14} = 15.296$$

Wstępnie zakładamy, że długość rury $L = 7.291 \cdot \text{m}$. Po obliczeniu L sprawdzamy, czy obliczona wartość L jest równa założonej. Jeżeli tak nie jest, to zmieniamy założoną wartość L tyle razy, aż uzyskamy równość tych wartości.

Warunki stosowalności korelacji

Czynnik: dowolny

Rodzaj kanału: rura

$$Re < 2300$$

$$Re_f = 2237$$

$$16700 > Pr > 0.48$$

$$Pr_f = 43.18$$

$$\frac{D}{L} \cdot Re_f \cdot Pr_f = 795$$

> 10 sprawdzić po
obliczeniu L

$$\alpha := \frac{\lambda_f \cdot Nu_f}{D} = 35.96 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Powierzchnia wymiany ciepła

$$Q = A_w \cdot \alpha \cdot (T_f - T_w)$$

$$A_w := \frac{Q}{\alpha \cdot (T_f - T_w)} = 1.3742 \text{ m}^2$$

Długość rury

$$A_w = \pi \cdot D \cdot L$$

$$L := \frac{A_w}{\pi \cdot D} = 7.291 \text{ m}$$

Po kilku próbach uzyskaliśmy równość L założone = L obliczone.

Sprawdzenie wartości wyrażenia $\frac{D}{L} \cdot Re_f \cdot Pr_f$

$$\frac{D}{L} \cdot Re_f \cdot Pr_f = 795 \quad \text{wartość ta ma być } > 10$$