

Przenoszenie ciepła

Lista nr 6

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

- 1) Średnia temperatura w warstwie przyściennej

$$t_f = \frac{t_w + t_p}{2} \quad (1)$$

gdzie:

t_w temperatura ciała stałego, °C

t_p temperatura płynu, °C

Dla konwekcji naturalnej właściwości termofizyczne płynu (c_p , λ , ν , η , ρ) określone są w tr.

- 2) Liczba Grashofa

$$Gr = \frac{g\beta L^3 \Delta T \rho^2}{\eta^2} = \frac{g\beta L^3 \Delta T}{\nu^2} \quad (2)$$

gdzie:

g przyspieszenie ziemskie, m/s²

β współczynnik rozszerzalności objętościowej, 1/K

L wymiar charakterystyczny, m

ΔT charakterystyczna różnica temperatury, K

ρ gęstość, kg/m³

η współczynnik lepkości dynamicznej, Pa s

ν współczynnik lepkości kinematycznej, m²/s

Dla gazów doskonałych $\beta = 1/T_f$ (gdzie T_f podstawiana jest w Kelwinach).

- 3) Liczba Prandtla

$$Pr = \frac{c_p \eta}{\lambda} \quad (3)$$

- 4) Liczba Nusselta

$$Nu = \frac{\alpha L}{\lambda} \quad (4)$$

- 5) Ogólny wzór na liczbę Nusselta dla konwekcji swobodnej

$$Nu = C (Gr Pr)^n = CRa^n \quad (5)$$

gdzie:

C, n stałe doświadczalne,

Ra liczba Rayleigha

ZADANIA

1. (1 punkt) Poziomy rurociąg o średnicy zewnętrznej $d_z = 40$ mm jest omywany przez powietrze o temperaturze $T_{ot} = 293$ K. Obliczyć współczynnik przejmowania ciepła α , jeżeli temperatura ścianki rurociągu $T_w = 333$ K oraz powietrze jest spokojne. **Odp.: $\alpha_1 = 7,83$ W/(m² K).**

2. (1 punkt) Temperatura ścian pieca kaflowego o podstawie kwadratowej $a = 0,8$ m i wysokości $h = 1,5$ m wynosi $= 343$ K. Obliczyć strumień ciepła Q oddawanego przez piec do otoczenia o temperaturze $T_{ot} = 293$ K (uwzględnić tylko konwekcję). Uwzględnić wszystkie pięć ścian pieca. Powierzchnię górną potraktować jako płytę poziomą. **Odp.: $Q = 1563,4$ W.**

3. (1 punkt) Zakładając uproszczoną geometrię ciała ludzkiego obliczyć ilość ciepła Q jaką traci człowiek do otaczającego powietrza o temperaturze $T_{ot} = 293$ K i do wody o tej samej temperaturze w ciągu 1 godziny. Przyjąć, że średnia powierzchnia ciała ludzkiego $A = 1,6$ m², średnia wysokość $h = 1,6$ m. Rozwinięcie powierzchni traktować jako płytę pionową. **Odp.: $Q_1 = 392,0$ kJ, $Q_2 = 60545,6$ kJ.**

4. (1,5 punktu) Określić konwekcyjny współczynnik przejmowania ciepła od powierzchni drutu do otoczenia oraz natężenie prądu I płynącego przez poziomy drut oporowy o średnicy $d = 0,5$ mm i oporności właściwej $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ω m. Temperatura powierzchni drutu $T_w = 773$ K a otoczenia $T_{ot} = 293$ K. **Odp.: $\alpha = 91,3$ W/(m² K), $I = 3,4$ A.**

5. (3 punkty) W chłodni składowej, elementem odbierającym ciepło jest chłodnica z poziomymi rurkami mosiężnymi ($\lambda = 150$ W/(m K)) o średnicach $d_1/d_2 = 20/18$ mm, wewnątrz których odparowuje amoniak o temperaturze $t_2 = -30^\circ\text{C}$. Przyjąć, że $\alpha_2 = 8000$ W/(m² K) (dla amoniaku) oraz że powietrze, o temperaturze $t_1 = -5^\circ\text{C}$, jest suche i spokojne; promieniowanie cieplne pominąć. Obliczyć konwekcyjny strumień ciepła dla rurki czystej i dla rurki pokrytej warstwą szronu ($\lambda_s = 1,5$ W/(m K)) o grubości $\delta_s = 15$ mm. **(Odp.: $q_L = 13,7$ W/m, $q_{Ls} = 22,3$ W/m, $\alpha_1 = 8,72$ W/(m² K), $\alpha_{1s} = 6,63$ W/(m² K).**

6. (2,5 punktu) Poziomy zbiornik o średnicy 1,5 m i długości 5 m znajduje się w spokojnym powietrzu o temperaturze 25°C . Zbiornik jest początkowo wypełniony ciekłym propanem ($\rho = 581$ kg/m³). W pewnej chwili, w wyniku nieszczelności, ciśnienie w zbiorniku spada do wartości ciśnienia atmosferycznego 1 bar a temperatura obniża się do -42°C (temperatura wrzenia propanu dla $p = 1$ bar). Ciepło parowania propanu dla ciśnienia 1 bar wynosi 425 kJ/kg. W wyniku dopływu ciepła z otoczenia propan zaczyna parować i wypływać ze zbiornika przez nieszczelność. Zakładając, że temperatura ścian zbiornika jest przez cały czas parowania równa -42°C oraz pomijając promieniowanie cieplne, obliczyć czas, po którym wyparuje cały propan. **Odp.: $\tau = 56,4$ h.**

7. (2 punkty) W zbiorniku o objętości $V = 40$ l znajduje się woda, która ogrzewana jest za pomocą grzałki w kształcie kuli. Woda podgrzewa się od temperatury 15 do 45°C . Temperatura grzałki utrzymywana jest na stałym poziomie 85°C . Średnica grzałki wynosi 6 cm. Obliczyć jak długo musi być włączona grzałka. **Odp.: $\tau = 2,304$ h.**