

Przenoszenie ciepła Lista nr 8

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

- 1) Radiacyjny strumień ciepła od powierzchni i do powierzchni j

$$\dot{Q}_{ri-j} = A_i \varepsilon_{i-j} C_c \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \right] \quad (1)$$

gdzie

C_c techniczna stała promieniowania ciała czarnego, $C_c = 5,67 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$

ε_{i-j} emisyjność zastępcza

A_i pole powierzchni i – tego ciała, m^2

- 2) Gęstość liniowa radiacyjnego strumienia ciepła (dla rur) od powierzchni i do powierzchni j

$$\dot{q}_{rLi-j} = \pi d_i \varepsilon_{i-j} C_c \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \right] \quad (2)$$

- 3) Emisyjność zastępcza dwóch płaszczyzn

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (3)$$

- 4) Emisyjność zastępcza dla układu dwóch powierzchni zamykających przestrzeń (powierzchnia „2” jest wklęsła)

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (4)$$

- 5) Radiacyjny współczynnik wnikania ciepła α_r

$$\alpha_r = \frac{\dot{q}_{r1-2}}{t_w - t_g} \quad (5)$$

gdzie

t_w temperatura ściany, $^{\circ}\text{C}$

t_g temperatura gazu, $^{\circ}\text{C}$

ZADANIA

1. (0,5 punktu) Poziomo zawieszony drut, o średnicy $d = 2 \text{ mm}$ tworzy grzejnik elektryczny o mocy $N = 600 \text{ W}$. Temperatura powierzchni drutu $T_w = 1000 \text{ K}$, jego emisyjność $\varepsilon_1 = 0,8$. Temperatura otoczenia wynosi $T_{ot} = 300 \text{ K}$, $\varepsilon_2 = 1$. Obliczyć długość drutu L i radiacyjny współczynnik wnikania ciepła α_r . **Odp: $L = 1,7 \text{ m}$, $\alpha_r = 80,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$.**

2. (1 punkt) Dwie płaskie płyty położone blisko siebie mają temperatury $T_1 = 900 \text{ K}$, $T_2 = 300 \text{ K}$ i emisyjność $\varepsilon_1 = 0,6$, $\varepsilon_2 = 0,2$. Obliczyć: a) gęstość strumienia ciepła przekazanego przez promieniowanie q_{1-2} , b) gęstość strumienia ciepła \dot{q}_{1-2} , jeśli między płyty wstawiono ekran o emisyjności $\varepsilon_e = 0,02$ (z dwóch stron). Wyznaczyć także temperaturę ekranu T_e . **Odp: $\dot{q}_{1-2} = 6,56 \text{ kW/m}^2$, $\dot{q}_{1-2} = 351 \text{ W/m}^2$, $T_e = 756 \text{ K}$.**

3. (1,5 punktu) Rura stalowa o emisyjności $\varepsilon_1 = 0,8$, średnicy zewnętrznej $d_z = 500 \text{ mm}$ i temperaturze $T_1 = 523 \text{ K}$ znajduje się w pomieszczeniu o temperaturze $T_2 = 300 \text{ K}$. Obliczyć gęstość liniową strumienia strat ciepła q_{L1-2} przez promieniowanie. Obliczenia powtórzyć dla rury osłoniętej współśrodkowym ekranem o średnicy $d_e = 750 \text{ mm}$ wykonanym z cienkiej polerowanej blachy ($\varepsilon_e = 0,05$). Wyznaczyć również temperaturę ekranu T_e . **Odp: $\dot{q}_{1-2} = 4754 \text{ W/m}$, $\dot{q}_{1-2} = 218 \text{ W/m}$, $T_e = 450 \text{ K}$.**

4. (1,5 punktu) Do pieca w kształcie prostopadłościanu o bokach $a = 4 \text{ m}$, $b = 3 \text{ m}$, $c = 2 \text{ m}$ wstawiono pionowo walec metalowy o średnicy $d = 0,5 \text{ m}$ i wysokości $h = 1,5 \text{ m}$. Temperatury i emisyjność wynoszą: $T_1 = 1173 \text{ K}$, $\varepsilon_1 = 0,8$ dla ścian pieca, $T_2 = 290 \text{ K}$, $\varepsilon_2 = 0,9$ dla powierzchni walca. Obliczyć strumień ciepła \dot{Q}_r docierający przez promieniowanie do powierzchni walca i radiacyjny współczynnik wnikania ciepła α_r tuż po wstawieniu do pieca. **Odp: $\dot{Q}_r = 233,841 \text{ kW}$, $\alpha_r = 96,4 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$.**

5. (1,5 punktu) Rurociąg parowy, o średnicy zewnętrznej $d_z = 300 \text{ mm}$, jest umieszczony w dużej hali fabrycznej. Temperatury powierzchni rurociągu i powietrza w hali wynoszą odpowiednio $T_1 = 573 \text{ K}$, $T_2 = 293 \text{ K}$. Obliczyć gęstość liniową strumienia ciepła przekazanego przez konwekcję \dot{q}_k i promieniowanie \dot{q}_r . Emisyjność powierzchni rurociągu $\varepsilon = 0,8$. Temperaturę ścian hali przyjąć równą temperaturze powietrza $T_w = T_2 = 293 \text{ K}$. **Odp: $\dot{q}_r = 4290 \text{ W/m}$, $\dot{q}_k = 1715 \text{ W/m}$.**

6. (1,5 punktu) Temperaturę powietrza w pomieszczeniu mierzy się termometrem rtęciowym, który pokazuje $T_1 = 300 \text{ K}$. Temperatura ścian wynosi $T_2 = 298 \text{ K}$, ich emisyjność $\varepsilon_2 = 1$, zaś emisyjność szkła termometru $\varepsilon_1 = 0,94$. Oblicz rzeczywistą temperaturę powietrza, jeżeli konwekcyjny współczynnik przejmowania ciepła wynosi $\alpha_k = 5 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. **Odp: $T_{rz} = 303 \text{ K}$.**