

Przenoszenie ciepła Lista nr 9

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

- 1) Efektywna temperatura atmosfery T_{sky}

W obliczeniach dogodnie jest traktować atmosferę jako ciało doskonale czarne mające fikcyjną temperaturę T_{sky} . Wtedy strumień energii radiacyjnej z atmosfery \dot{q}_{sky} można obliczyć jako

$$\dot{q}_{sky} = C_c \left(\frac{T_{sky}}{100} \right)^4 \quad (1)$$

- 2) Metoda nitkowa obliczania stosunku konfiguracji φ_{i-j}

$$\varphi_{i-j} = \frac{L_{sk} - L_n}{2L_i} \quad (2)$$

gdzie

φ_{i-j} ilość energii emitowanej z powierzchni i padająca na powierzchnię j ,

L_{sk} długość napiętych nici skrzyżowanych, m

L_n długość napiętych nici nieskrzyżowanych, m

L_i długość napiętej nici na powierzchni i , m

- 3) Zasada zamkniętości stosunków konfiguracji dla powierzchni i w układzie n powierzchni zamykających przestrzeń

$$1 = \varphi_{i-1} + \varphi_{i-2} + \dots + \varphi_{i-i} + \dots + \varphi_{i-j} + \dots + \varphi_{i-n} \quad (3)$$

- 4) Zasada wzajemności stosunków konfiguracji

$$A_i \varphi_{i-j} = A_j \varphi_{j-i} \quad (4)$$

gdzie

A_i pole powierzchni i , m²

- 5) Radiacyjny strumień ciepła z powierzchni i traktowanej jako ciało doskonale czarne

$$\dot{Q}_{r,i} = \sum_{j=1}^N Q_{i-j} = \sum_{j=1}^N A_i \varphi_{i-j} C_c \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \right] \quad (5)$$

- 6) Emisyjność zastępcza ε_1' powierzchni wklęsłej

$$\varepsilon_1' = \frac{\varepsilon_1}{1 - r_1 \varphi_{1-1}} \quad (6)$$

gdzie

ε_1 emisyjność powierzchni wklęsłej,

r_1 refleksyjność powierzchni wklęsłej,

ZADANIA

1. (0,5 punktu) W nocy odnotowano temperaturę powietrza 4 °C, ale mimo to woda w jeziorze zamarzała. Przyjmując współczynnik wnikania ciepła 18 W/(m² K) oraz emisyjność lodu 0,95 określić efektywną temperaturę atmosfery tej nocy. **Odp: T_s = 254,8 K.**

2. (1 punkt) Powierzchnia absorbera płaskiego kolektora słonecznego wykonana jest z aluminium z płaszczem z czarnego chromu (współczynnik absorpcyjności $a = 0,87$, emisyjność $\varepsilon = 0,09$). Promieniowanie słoneczne pada na kolektor w ilości 600 W/m². Temperatura powietrza wynosi 25 °C, efektywna temperatura atmosfery 15 °C. Współczynnik wnikania ciepła wynosi 10 W/(m² K). Dla temperatury powierzchni absorbera 70 °C obliczyć gęstość strumienia ciepła jaka jest przekazywana do wody krążącej za płytą absorbera. **Odp: 36,5 W/m².**

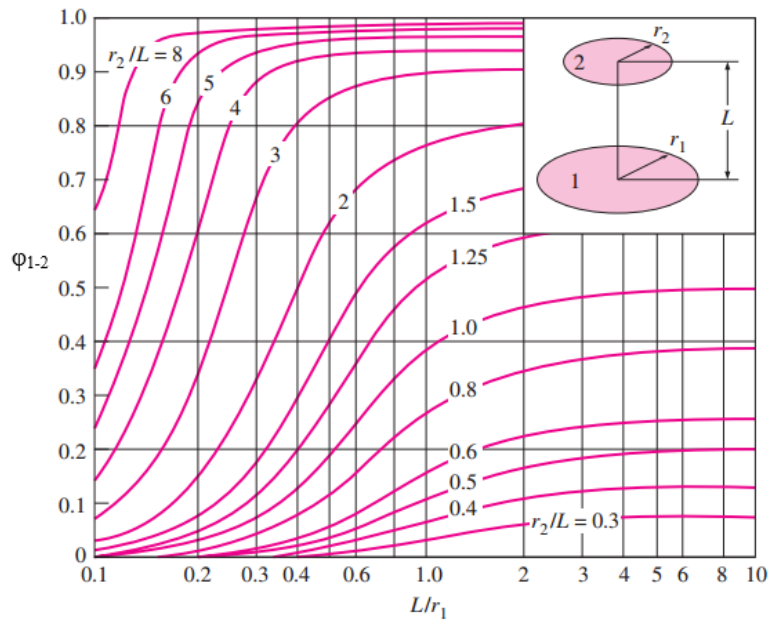
3. (2 punkty) Dwa nieskończenie długie, równoległe cylindry (1) i (2) o średnicach d są w odległości s od siebie (od swoich osi). Określ współczynnik konfiguracji φ_{1-2} . **Odp: $\varphi_{1-2} =$**

$$\frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{d}{s} + \sqrt{\left(\frac{s}{d}\right)^2 - 1} - \frac{s}{d} \right).$$

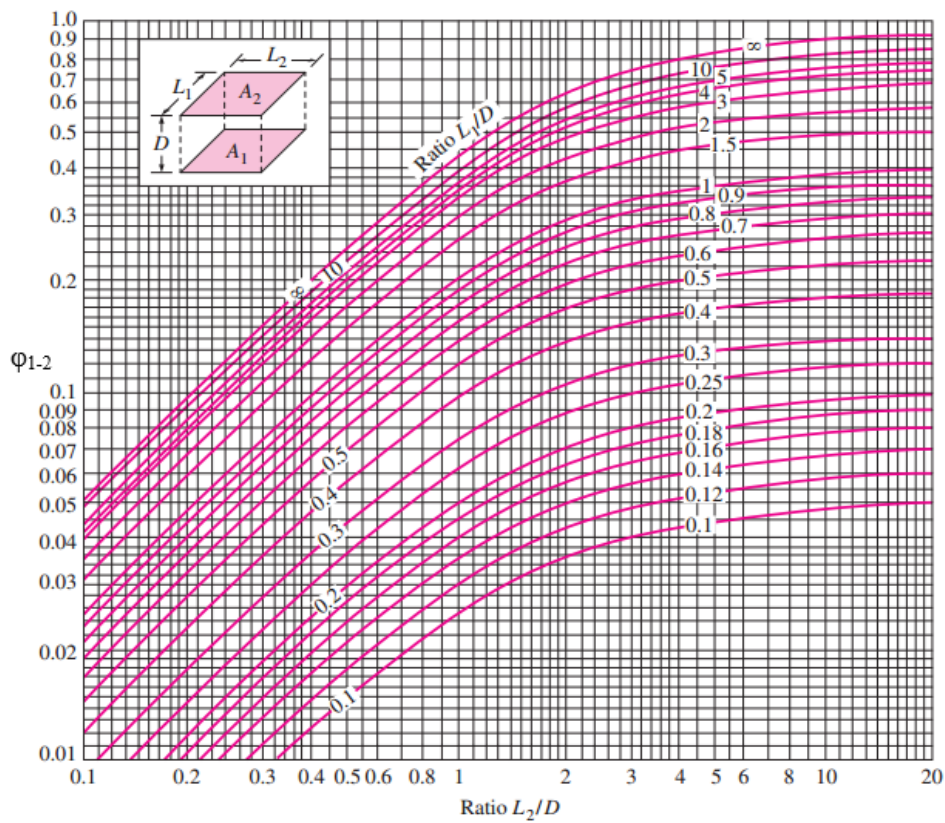
4. (1,5 punktu) Piec ma kształt walca o wysokości 2 m, a jego podstawy mają średnicę 4 m. Emisyjność wszystkich ścian jest $\varepsilon = 1$. Temperatury podstawy górnej, dolnej i poboczniczy wynoszą odpowiednio 700, 1200 i 500 K. Określić radiacyjny strumień ciepła padający na górną podstawę. **Odp: -432 kW.**

5. (1,5 punktu) Piec ma kształt sześcianu o boku 5 m, którego ściany mają emisyjności ciała doskonale czarnego. Podstawa dolna, górna i ściany boczne utrzymywane są w stałych temperaturach, odpowiednio 800 K, 1500 K i 500 K. Obliczyć strumień ciepła pomiędzy: 1) podstawą dolną i ścianami bocznymi, 2) podstawą dolną i górną, 3) strumień ciepła padający (lub oddawany) z dolnej podstawy. **Odp: 1) Q₁₋₃ = 394 kW, 2) Q₁₋₂ = -1319 kW, 3) Q₁ = -925 kW.**

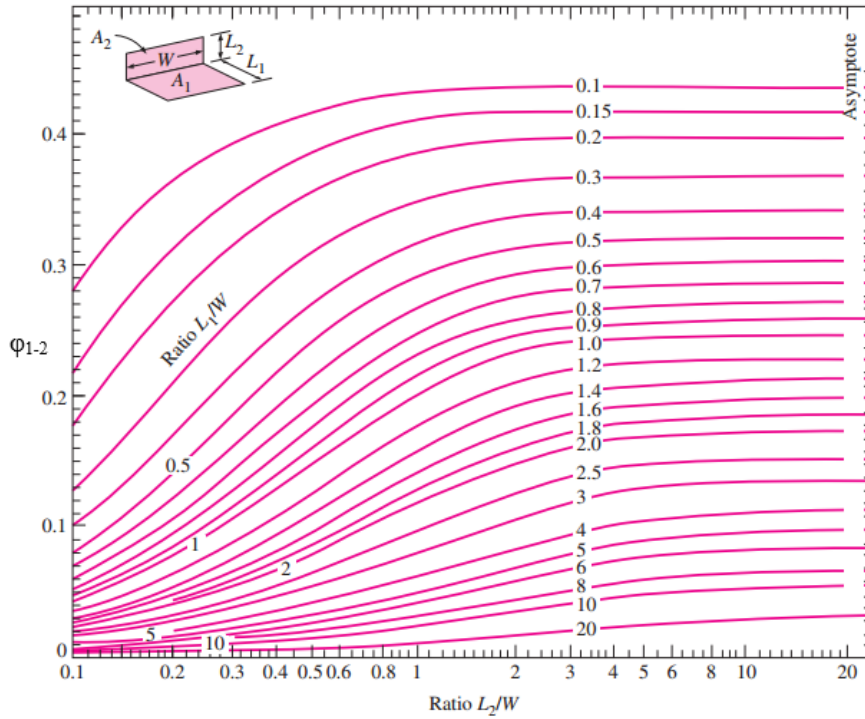
6. (2,5 punktu) Dwie bardzo duże równoległe płaszczyzny wymieniające ciepło przez promieniowanie mają emisyjności $\varepsilon_1 = 0,45$, $\varepsilon_2 = 0,8$ i temperatury $T_1 = 600$ K, $T_2 = 300$ K. W celu zwiększenie strumienia przepływającego ciepła, powierzchnię 1 nacięto trójkątnymi rowkami o kącie $\gamma = 40^\circ$. Obliczyć: emisyjność zastępczą ε'_1 powierzchni pokarbowanej, emisyjności wzajemne tego układu powierzchni w obu przypadkach, gęstość radiacyjnego strumienia ciepła w obu przypadkach. **Odp: $\varepsilon'_1 = 0,705$, $\varepsilon_{1-2} = 0,4045$, $\varepsilon'_{1-2} = 0,6$, $q_{r1-2} = 2787$ W/m², $q'_{r1-2} = 4133$ W/m².**



Rys. 1. Współczynnik konfiguracji pomiędzy dwoma współosiowymi, równoległymi dyskami [1]



Rys. 2. Współczynnik konfiguracji pomiędzy dwoma równoległymi płytami o tej samej wielkości [1]



Rys. 3. Współczynnik konfiguracji pomiędzy dwoma prostopadłymi płytami mającymi wspólną krawędź [1]

Literatura

[1] Y. A. Cengel, Heat transfer, druga edycja, McGraw-Hill, 2002.