

## PRZENOSZENIE CIEPŁA

### Zestaw 2

1. Pręt stalowy o średnicy  $d = 15$  mm zamocowany jest jednym końcem w ośrodku o temperaturze  $\vartheta_0 = 800$  K. Temperatura otoczenia wynosi  $T_0 = 300$  K. Określić w jakiej odległości  $x$  od miejsca zamocowania pręta jego temperatura będzie się różnić od temperatury otoczenia o  $0,1$  K. Pręt traktować jak nieskończenie długi. Współczynnik przewodzenia ciepła stali  $\lambda = 50$  W/(m K), współczynnik przejmowania ciepła od pręta do otoczenia  $\alpha = 10$  W/(m<sup>2</sup> K).  
**Odp:  $x = 1,166$  m.**
2. Pręt miedziany /  $\lambda = 300$  W/(m K) / o przekroju prostokątnym  $25 \times 36$  mm umieszczono w piecu, z którego wystaje odcinek o długości  $L = 1$  m. Obliczyć temperaturę końca pręta  $\vartheta_L$  i strumień ciepła  $Q$  oddawany przez pręt do otoczenia mając dane: temperatura pręta w piecu  $\vartheta_0 = 623$  K, temperatura otoczenia  $T_0 = 313$  K, współczynnik przejmowania ciepła  $\alpha = 12$  W/(m<sup>2</sup> K).  
**Odp:  $\vartheta_L = 373$  K,  $Q = 191,23$  W.**
3. Grot lutownicy wykonany jest z pręta miedzianego /  $\lambda = 360$  W/(m K) / o przekroju kwadratowym o boku  $a = 6$  mm. Grot ten osadzono w spirali grzejnej. Aby lutownica pracowała poprawnie, jej koniec powinien mieć temperaturę  $\vartheta_L = 593$  K a strumień ciepła odprowadzony z powierzchni czołowej  $Q_L = 30$  W. Długość wystającej części pręta wynosi  $L = 100$  mm, współczynnik przejmowania ciepła od powierzchni bocznej do otoczenia  $\alpha = 20$  W/(m<sup>2</sup> K), a temperatura otoczenia  $T_0 = 293$  K. Obliczyć: a) moc spirali grzejnej, jeżeli przez pręt przepływa 80 % ilości ciepła wytwarzanego przez spiralę, b) temperaturę  $\vartheta_0$  u nasady pręta.  
**Odp: a)  $N = 61,6$  W, b)  $\vartheta_0 = 897$  K.**
4. Temperaturę powietrza w zbiorniku zmierzono termometrem rtęciowym umieszczonym w tulejce stalowej /  $\lambda = 55$  W/(m K) / i wypełnionej olejem. Termometr pokazuje temperaturę końca tulejki  $\vartheta_L = 353$  K. Ile wynosi błąd pomiaru na skutek przewodzenia ciepła w tulejce, jeśli temperatura u podstawy tulei wynosi  $\vartheta_0 = 303$  K. Długość tulei  $L = 150$  mm, grubość ścianki  $\delta = 1$  mm, współczynnik wnikania ciepła od powietrza do tulei  $\alpha = 24$  W/(m<sup>2</sup> K).  
**Odp:  $\Theta_L = 4,8$  K.**
5. Pręt miedziany /  $\lambda = 320$  W/(m K) o średnicy  $d = 10$  mm tkwi jednym końcem w kąpieli o temperaturze  $\vartheta_1 = 553$  K a drugim w kąpieli o temperaturze  $\vartheta_2 = 703$  K. Pomiedzy kąpielami na długości  $L = 500$  mm pręt jest omywany przez powietrze o temperaturze  $T_0 = 303$  K. Współczynnik przejmowania ciepła wynosi  $\alpha = 20$  W/(m<sup>2</sup> K). Narysować rozkład temperatury w pręcie oraz obliczyć najniższą temperaturę  $\vartheta_{\min}$  w pręcie i strumień ciepła  $Q$  przekazany do otoczenia.  
**Odp:  $\vartheta_{\min} = 468,6$  K,  $Q = 69,28$  W.**
6. Ile ciepła przekaże do powietrza proste, stalowe żebro /  $\lambda = 46,5$  W/(m K) / o długości  $L = 2$  m, wysokości  $h = 60$  mm i grubości  $\delta = 4$  mm, jeżeli przez pomiar temperatury wykazano, że temperatura u nasady żebra wynosi  $\vartheta_0 = 473$  K a na jego końcu  $\vartheta_h = 369,5$  K. Temperatura otoczenia  $T_0 = 293$  K.  
**Odp:  $Q = 1511$  W.**

7. W celu intensyfikacji chłodzenia płaskiej ściany stalowej /  $\lambda = 50 \text{ W/(m K)}$  /, pokryto ją żebrami prostokątnymi o grubości  $\delta = 10 \text{ mm}$ , wysokości  $h = 150 \text{ mm}$  i podziałce  $s = 30 \text{ mm}$ . Przyjąć: współczynnik przejmowania ciepła  $\alpha = 120 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , temperatura ścianki  $\vartheta_2 = 773 \text{ K}$  a otoczenia  $T_0 = 298 \text{ K}$ . Obliczyć gęstość strumienia ciepła  $q$  przekazanego przez ściankę.  
**Odp:  $q = 213,22 \text{ kW/m}^2$ .**
8. W celu zmniejszenia oporu przenikania ciepła przez płaską ściankę, po stronie mniejszego współczynnika  $\alpha$  zastosowano płaskie żebra o grubości  $\delta = 5 \text{ mm}$ , wysokości  $h = 40 \text{ mm}$  i podziałce  $s = 15 \text{ mm}$ . Zakładając, że współczynniki  $\alpha_1 = 120 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ ,  $\alpha_2 = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ ,  $\lambda = 320 \text{ W/(m K)}$  oraz grubość ścianki  $\delta_s = 20 \text{ mm}$  obliczyć: a) ile razy zmniejszy się opór cieplny ścianki po nałożeniu żeber, b) temperaturę  $\vartheta_2$  ścianki w obu przypadkach, c) gęstość strumienia ciepła  $q$ , gdy temperatury płynów po obu stronach ścianki wynoszą  $T_1 = 523 \text{ K}$ ,  $T_2 = 298 \text{ K}$ .  
**Odp: a)  $R_1/R_2 = 3,6$ , b)  $\vartheta_2 = 490\text{K}$ ,  $\vartheta_2' = 408\text{K}$ , c)  $q_{gl} = 3,8 \text{ kW/m}^2$ ,  $q_{oz} = 13,7 \text{ kW/m}^2$ .**
9. Grzejnik powietrza wykonano w postaci pionowej rury żeliwnej /  $\lambda = 55 \text{ W/(m K)}$  / o średnicy zewnętrznej  $d_z = 60 \text{ mm}$  i wysokości  $h = 1,2 \text{ m}$ , posiadającej na obwodzie okrągłe żebra płaskie. Średnica zewnętrzna żebra  $D = 160 \text{ mm}$ , jego grubość  $\delta = 3 \text{ mm}$  podziałka  $s = 9,4 \text{ mm}$ . Temperatura otoczenia wynosi  $T_0 = 293\text{K}$  a powierzchni rury / podstawy żebra /  $\vartheta_2 = 353 \text{ K}$ . Współczynniki przejmowania ciepła dla rury gładkiej i ożebrowanej wynoszą odpowiednio  $\alpha_1 = 10\text{W/(m}^2 \text{ K)}$ ,  $\alpha_2 = 7 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ . Obliczyć strumień ciepła  $Q_{gl}$  przekazany przez rurę gładką i ożebrowaną  $Q_{oz}$  oraz rzeczywiste i efektywne zwiększenie powierzchni na skutek ożebrowania.  
**Odp:  $Q_{gl} = 135,7 \text{ W}$ ,  $Q_{oz} = 1830 \text{ W}$ ,  $A_{oz}/A_1 = 21$ ,  $Q_{oz}/Q_1 = 13,5$ .**
10. Podgrzewacz wody w kotle wykonany jest z rur żeliwnych /  $\lambda = 52,4 \text{ W/(m K)}$  / o średnicach  $d_w/d_z = 64/76 \text{ mm}$  i długości  $L = 3 \text{ m}$ . Rury ożebrowane są żebrami okrągłymi o średnicy zewnętrznej  $D = 200 \text{ mm}$  i grubości  $\delta = 5 \text{ mm}$ . Obliczyć strumień ciepła  $Q$  przejmowany przez zewnętrzną powierzchnię rury od spalin o temperaturze  $T_2 = 673 \text{ K}$ , jeżeli temperatura tej powierzchni wynosi  $\vartheta_2 = 453 \text{ K}$  a współczynnik przejmowania ciepła  $\alpha = 46,2 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ . Przyjąć, że na długości  $L$  znajduje się  $n = 150$  żeber.  
**Odp:  $Q = 56,2 \text{ kW}$ .**