

Przewodzenie ciepła

1. Strop pokoju o powierzchni 20 m^2 , wykonany z betonu o grubości 15 cm (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_b = 0.5 \text{ W/(mK)}$) został zaizolowany warstwą styropianu o grubości 10 cm ($\lambda_s = 0.05 \text{ W/(mK)}$). O ile można zmniejszyć moc grzejnika elektrycznego ogrzewającego pokój po tej operacji, aby utrzymać w pokoju temperaturę równą 20°C , przy temperaturze na strychu równej 0°C . Współczynnik przejmowania ciepła po obu stronach stropu są równe $10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
2. Temperatura pracy czujnika podczerwieni teleskopu kosmicznego jest utrzymywana na odpowiednim poziomie za pomocą cienkowarstwowego grzejnika elektrycznego. Czujnik znajduje się na powierzchni czołowej walca, który jest zanurzony w ciekłym azocie o temperaturze 77 K . Walec o średnicy $d = 5 \text{ mm}$ wystaje z azotu na wysokość $l = 50 \text{ mm}$, oraz ma przewodność cieplną $\lambda = 10 \text{ W/(mK)}$. Emisyjność powierzchni czujnika wynosi $\varepsilon = 0.9$, a temperatur obudowy 300 K . Obliczyć moc grzejnika potrzebną do utrzymania temperatury czujnika na poziomie 195 K . Obliczyć temperaturę czujnika przy wyłączonym grzejniku.
3. Rurociąg stalowy o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_1 = 40.0 \text{ W/(mK)}$, średnicy wewnętrznej $d_1 = 98 \text{ mm}$ i zewnętrznej $d_2 = 108 \text{ mm}$ zaizolowano warstwą wełny mineralnej o $\lambda_2 = 0.062 \text{ W/(mK)}$ i grubości $\delta = 20 \text{ mm}$ oraz warstwą styropianu o $\lambda_3 = 0.042 \text{ W/(mK)}$ i tej samej grubości, co wełna. Wewnątrz rurociągu płynie woda pod ciśnieniem, o temperaturze $T_w = 120^\circ\text{C}$, a współczynnik przejmowania ciepła od strony wody wynosi $\alpha_w = 200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Na zewnątrz powietrze na temperaturę $T_z = 15^\circ\text{C}$, a współczynnik przejmowania ciepła wynosi $\alpha_z = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Określić straty ciepła z 1 m rurociągu i obliczyć temperatury na granicach ścianek i izolacji. Ile wynoszą straty ciepła, jeżeli warstwy izolacji umieści się w odwrotnej kolejności?
4. W płaskiej ścianie o grubości $\delta = 75 \text{ mm}$ wytwarzane jest równomiernie ciepło w ilości $q_v = 28.9 \text{ kW/m}^3$. Jedna strona ścianki jest izolowana cieplnie, a druga styka się z otoczeniem o temperaturze $T_{ot} = 20^\circ\text{C}$. Współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni ścianki od strony otoczenia wynosi $\alpha = 560 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Wyznaczyć maksymalną temperaturę w ścianie, jeśli jest ona wykonana z materiału o przewodności cieplnej $\lambda = 20 \text{ W/(mK)}$.
5. W stanie ustalonym rozkład temperatury w ścianie o grubości $L = 50 \text{ mm}$, przewodności cieplnej $\lambda = 5 \text{ W/(mK)}$, w której generowane jest ciepło jest w postaci: $T(x) = a + bx + cx^2$ gdzie: T – temperatura w $^\circ\text{C}$, x – odległość w m , a w $^\circ\text{C}$, b w $^\circ\text{C/m}$, c w $^\circ\text{C/m}^2$. Na lewej ścianie temperatura jest równa $T_{x=0} = 120^\circ\text{C}$ oraz występuje konwekcyjne chłodzenie w otoczeniu o $T_\infty = 20^\circ\text{C}$ ze współczynnikiem $\alpha = 500 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Ścianka prawa jest zaizolowana. Obliczyć: gęstość strumienia ciepła generowanego w ścianie, nieznanne współczynniki a , b , c w równaniu $T(x)$, rozkład temperatury w przypadku gdy na lewej ścianie współczynnik przejmowania ciepła jest równy $\alpha^* = \alpha/2$ a gęstość strumienia ciepła generowanego w ścianie nie ulega zmianie ($T_{x=0} \neq 120^\circ\text{C}$!).

Elementy cienkościennie i żebra

6. Pomiar temperatury $T_\infty = 600^\circ\text{C}$ strumienia gazu dokonywany jest termoelementem o następującej konstrukcji: cienkie druty termoelementu o średnicy d osadzone są w masywnych podstawach i połączone w środku odcinka o długości $2L = 16 \text{ mm}$. Temperatura podstawy równa jest $T_w = 40^\circ\text{C}$ utrzymywana jest na stałym poziomie

poprzez wewnętrzne chłodzenie. Obliczyć, jaka powinna być średnica drutu, aby błąd pomiaru nie przekraczał $\delta T = 1^\circ\text{C}$. Przewodność cieplna materiału drutu wynosi $\lambda = 60 \text{ W}/(\text{mK})$, a współczynnik przejmowania ciepła oszacowano na $\alpha = 1000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

7. W celu określenia przewodności cieplnej wykonano próbkę w postaci długiego pręta o średnicy $d = 0.04 \text{ m}$, której jeden koniec umieszczono w piecu o stałej temperaturze a drugi w otoczeniu o temperaturze $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Po osiągnięciu stanu ustalonego zmierzono temperaturę w dwóch punktach pręta odległych od siebie o $s = 0.1 \text{ m}$. Wartości zmierzonych temperatur wynosiły $t_1 = 100^\circ\text{C}$ oraz $t_2 = 60^\circ\text{C}$. Określić wartość przewodności cieplnej materiału pręta λ jeśli współczynniki przejmowania ciepła na powierzchniach kontaktujących się z powietrzem wynosiły $\alpha = 8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
8. Radiator z aluminium uźebrowany żebrami płaskimi o przekroju prostokątnym $2 \times 50 \text{ mm}$. Współczynnik przejmowania ciepła $\alpha = 10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Temperatura u podstawy żebra wynosi 70°C . Jaka powinna być wysokość żebra aby temperatura na jego końcu nie przekraczała 40°C . Pominąć wymianę ciepła na powierzchni czołowej żeber. Temperatura otoczenia wynosi $t_0 = 20^\circ\text{C}$.
9. Cylinder silnika motoru jest wykonany ze stopu aluminium o przewodności cieplnej $\lambda = 186 \text{ W}/(\text{mK})$ i ma wysokość $H = 0.15 \text{ m}$, średnicę zewnętrzną $D = 50 \text{ mm}$. W typowych warunkach pracy powierzchnia zewnętrzna na temperaturę $T_z = 500 \text{ K}$, a otaczające powietrze $T_\infty = 300 \text{ K}$. Współczynnik przejmowania ciepła na powierzchniach zewnętrznych jest równy $\alpha = 50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. W celu zwiększenia ilości ciepła odprowadzanego do otoczenia, na cylindrze zamontowano 5 żeber okrągłych o przekroju prostokątnym, grubości $t = 6 \text{ mm}$ i wysokości $L = 20 \text{ mm}$. Jak się zmieni strumień oddawany przez cylinder do otoczenia po zamontowaniu żeber.
10. Poziomą rurą stalową o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 40 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, średnicy wewnętrznej $d_1 = 62 \text{ mm}$ i zewnętrznej $d_2 = 70 \text{ mm}$ przepływa para wodna o temperaturze $T_w = 140^\circ\text{C}$. Ile razy zwiększy się ilość ciepła oddawanego do otoczenia po umieszczeniu na rurze okrągłych żeber o przekroju prostokątnym i grubości $t = 3 \text{ mm}$, średnicy zewnętrznej $d_3 = 175 \text{ mm}$, podziałce $s = 10 \text{ mm}$, wykonanych z tej samej stali co rura? Współczynniki przejmowania ciepła: od strony pary $\alpha_1 = 9000 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, od strony powietrza $\alpha_2 = 7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Temperatura otoczenia $T_z = 18^\circ\text{C}$. Pominąć wymianę ciepła na czołowych powierzchniach żeber.
11. Określić strumień ciepła oddawany do otoczenia przez płytę o wymiarach $a \times a = 1 \times 1 \text{ m}$, jeżeli wiadomo, że płyta jest aluminiowa o powierzchni pokrytej żebrami trójkątnymi o przewodności cieplnej $\lambda = 164.5 \text{ W}/(\text{mK})$. Grubość żebra u podstawy wynosi $\delta = 0.006 \text{ m}$, odległość między żebrami $s = 0.01 \text{ m}$, wysokość żebra $L = 0.021 \text{ m}$. Temperatura powierzchni uźebrowanej (u podstawy żebra) jest równa $T_w = 500 \text{ K}$, a temperatura otoczenia $T_f = 300 \text{ K}$. Współczynnik przejmowania ciepła należy przyjąć równy $\alpha = 8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
12. Stalowa rura (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 42 \text{ W}/(\text{mK})$) o średnicach: wewnętrznej $d_w = 60 \text{ mm}$ i zewnętrznej $d_z = 66 \text{ mm}$, którą płynie gorąca woda o temperaturze $t_w = 75^\circ\text{C}$, przymocowana jest do stropu za pomocą stalowych płaskowników ($\lambda = 42 \text{ W}/(\text{mK})$) o wymiarach w przekroju poprzecznym $h \times \delta = 30 \times 5 \text{ mm}$ i długości $a = 300 \text{ mm}$. Płaskowniki przyspawane są do powierzchni rury i przykręcone do stropu w taki sposób, że można pominąć wymianę ciepła między stropem a płaskownikami. Mocowania są rozmieszczone co $s = 20 \text{ cm}$. Obliczyć strumień strat

ciepła q_{str} z 1 mb rury w okresie zimowym, gdy średnia temperatura powietrza w pomieszczeniu, w którym biegnie rura jest równa $t_{ot} = 5^{\circ}\text{C}$. Przyjąć współczynniki przejmowania ciepła na powierzchniach: wewnętrznej równy $\alpha_w = 120 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, zewnętrznej rury i powierzchniach mocowania $\alpha_z = 8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Długi czas użytkowania instalacji spowodował powstanie na wewnętrznej powierzchni rury warstwy kamienia o grubości $\delta_k = 1 \text{ mm}$ i przewodności cieplnej $\lambda_k = 0.02 \text{ W}/(\text{mK})$, którą należy uwzględnić w obliczeniach.

Stany niestabilne

13. W celu pomiarów własności termofizycznych pewnego materiału oraz współczynnika przejmowania na powierzchni w trakcie pomiaru przeprowadzono następujące doświadczenie. Wykonano próbkę w kształcie walca o średnicy $d = 31 \text{ mm}$ i długości $L \gg d$. Następnie umieszczono dwa termoelementy: jeden osiowo w połowie długości próbki a drugi na powierzchni również w połowie długości próbki. Po wyrównaniu się temperatury w próbce włożono ją do termostatu o stałej temperaturze równej $t_t = 85^{\circ}\text{C}$. Należy obliczyć przewodność cieplną i dyfuzyjność cieplną materiału oraz współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni jeżeli temperatura początkowa próbki, ciepło właściwe oraz gęstość były odpowiednio równe: $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$, $c = 0.879 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $\rho = 1800 \text{ kg}/\text{m}^3$. Na podstawie pomiarów wiadoma, że po 10 minutach termoelement w osi wskazał $t_1 = 65^{\circ}\text{C}$, natomiast termoelement na powierzchni $t_2 = 70^{\circ}\text{C}$.
14. Płyta stalowa o grubości 20 cm, szerokości 40 cm i trzecim wymiarze dużo większym od pozostałych ma wyrównaną temperaturę -20°C i leży na warstwie styropianu. Obliczyć temperaturę po dwóch godzinach na środku powierzchni górnej i dolnej, jeżeli płyta jest omywana powietrzem o temperaturze 20°C . Współczynnik przejmowania ciepła wynosi $\alpha = 170 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, a współczynnik przewodzenia ciepła dla stali $\lambda = 13 \text{ W}/(\text{mK})$, dyfuzyjność cieplna $a = 3.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Zaniedbać wymianę ciepła pomiędzy płytą a styropianem.
15. Kulka stalowa o średnicy $d = 5 \text{ cm}$ i jednorodnej temperaturze $T_0 = 450^{\circ}\text{C}$ została umieszczona w otoczeniu o stałej temperaturze $T = 100^{\circ}\text{C}$. Współczynnik przejmowania ciepła wynosi $\alpha = 10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Określić czas po którym temperatura kulki osiągnie 150°C . Ciepło właściwe kulki wynosi $c_s = 0.46 \text{ kJ}/\text{kg}$, przewodność cieplna $\lambda = 35 \text{ W}/(\text{mK})$, gęstość $\rho = 7800 \text{ kg}/\text{m}^3$.
16. Element grzejny w postaci spiralnie zwiniętego pręta o średnicy $d = 4 \text{ mm}$ i długości $L = 1 \text{ m}$ może być zasilany maksymalnym prądem o natężeniu $I = 1 \text{ A}$ przy napięciu $U = 220 \text{ V}$. Wykonany jest on z materiału o przewodności cieplnej $\lambda = 19.8 \text{ W}/\text{mK}$, gęstości $\rho = 3200 \text{ kg}/\text{m}^3$ i ciepłe właściwym $c = 0.67 \text{ kJ}/\text{kgK}$. Określić końcową temperaturę elementu oraz czas osiągnięcia temperatury o 0.1°C niższej od temperatury maksymalnej po wyłączeniu zasilania. Współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni elementu oceniono na $\alpha = 50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Temperatura powietrza otaczającego wynosi $T_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$.