

PRZENOSZENIE CIEPŁA

Zestaw 1

1. Płaską ścianę pieca przemysłowego zbudowano z 3 warstw: wewnętrznej z cegły szamotowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_1 = 1,3 \text{ W/(m K)}$, środkowej z cegły izolacyjnej / $\lambda_2 = 0,4 \text{ W/(m K)}$ / o grubości $\delta_2 = 0,24 \text{ m}$ i zewnętrznej z cegły budowlanej / $\lambda_3 = 0,75 \text{ W/(m K)}$ / o grubości $\delta_3 = 0,12 \text{ m}$. Temperatura wewnętrznej powierzchni ścianki wynosi $\vartheta_1 = 1474 \text{ K}$, zewnętrznej $\vartheta_4 = 323 \text{ K}$.
Obliczyć: a) jaka powinna być minimalna grubość $\delta_{1\min}$ warstwy szamotu, aby temperatura ϑ_2 cegły izolacyjnej nie przekraczała 1223 K , b) gęstość strat ciepła q_{str} przez ścianę pieca do otoczenia, c) grubość δ_1' warstwy szamotu w przypadku gdy pomiędzy warstwami wewnętrzną i środkową znajduje się szczelina powietrzna o grubości $\delta_p = 0,01 \text{ m}$ i współczynniku $\lambda_p = 0,15 \text{ W/(m K)}$, /pozostałe wielkości b.z/.
Odp: a) $\delta_{1\min} = 0,275 \text{ m}$, b) $q_{\text{str.}} = 1184 \text{ W/m}^2$, c) $\delta_1' = 0,188 \text{ m}$.
2. Ściana igloo zbudowana jest z desek o grubości $\delta_1 = 0,02 \text{ m}$, warstwy ziemi $\delta_2 = 0,15 \text{ m}$ i warstwy śniegu. Współczynniki przewodzenia ciepła wynoszą odpowiednio: $\lambda_1 = 0,2 \text{ W/(m K)}$, $\lambda_2 = 0,5 \text{ W/(m K)}$, $\lambda_3 = 0,4 \text{ W/(m K)}$. Obliczyć minimalną gęstość strat ciepła q_{\min} do otoczenia, oraz dopuszczalną grubość δ_3 warstwy śniegu, jeżeli temperatura powierzchni desek wewnątrz igloo wynosi $\vartheta_1 = 283 \text{ K}$ a temperatura zewnętrznej powierzchni śniegu $\vartheta_4 = 233 \text{ K}$.
Odp: $q_{\min} = 25 \text{ W/m}^2$, $\delta_3 = 0,64 \text{ m}$.
3. Rurociąg parowy o średnicach $d_w/d_z = 110/120 \text{ mm}$ pokryto izolacją o grubości $\delta_{iz} = 60 \text{ mm}$. Mając dane temperatury wewnętrznej powierzchni ścianki rury $\vartheta_1 = 823 \text{ K}$ i zewnętrznej powierzchni izolacji $\vartheta_3 = 339 \text{ K}$ oraz współczynniki przewodzenia ciepła dla stali $\lambda_1 = 45 \text{ W/(m K)}$ i dla izolacji $\lambda_{iz} = 0,06 \text{ W/(m K)}$ obliczyć gęstość liniową q_1 strat strumienia ciepła do otoczenia oraz temperaturę ϑ_2 na styku rurociągu i warstwy izolacji.
Odp: $q_1 = 263,2 \text{ W/m}$, $\vartheta_2 = 822,9 \text{ K}$.
4. Stalowy rurociąg o średnicach $d_w/d_z = 100/110 \text{ mm}$ i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_1 = 40 \text{ W/(m K)}$ pokryto dwoma warstwami izolacji o grubości $\delta_2 = \delta_3 = 30 \text{ mm}$. Temperatura wewnętrznej powierzchni rurociągu $\vartheta_1 = 623 \text{ K}$ i zewnętrznej powierzchni izolacji $\vartheta_4 = 323 \text{ K}$. Określić gęstość liniową q_1 strumienia ciepła, oraz temperaturę ϑ_3 na styku izolacji, jeżeli warstwy przylegają do siebie. Ile będzie wynosić gęstość strumienia ciepła q_1' oraz temperatura ϑ_3' , jeżeli warstwy izolacji zostaną zamienione w kolejności. Współczynniki przewodzenia ciepła izolacji wynoszą $\lambda_2 = 0,046 \text{ W/(m K)}$, $\lambda_3 = 0,11 \text{ W/(m K)}$.
Odp: $q_1 = 154,3 \text{ W/m}$, $\vartheta_3 = 390,5 \text{ K}$, $q_1' = 179,0 \text{ W/m}$, $\vartheta_3' = 505,2 \text{ K}$.
5. Współczynnik przejmowania ciepła od nieizolowanego kulistego zbiornika o średnicy $0,5 \text{ m}$ do otoczenia o temperaturze $T_0 = 293 \text{ K}$ wynosi $\alpha = 10 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Zbiornik pokryto warstwą izolacji o grubości $\delta = 0,04 \text{ m}$ / $\lambda_{iz} = 0,056 \text{ W/(m K)}$ /. Przyjmując temperaturę powierzchni zbiornika $\vartheta_1 = 363 \text{ K}$ / w obu przypadkach /, oraz że współczynnik przejmowania ciepła nie ulega zmianie po nałożeniu izolacji, oblicz o ile procent zmniejszy się strumień strat ciepła do otoczenia.
Odp: o 85,5 %.

6. Obliczyć gęstość strumienia ciepła q przenikającego przez czystą powierzchnię ogrzewalną kotła parowego, oraz temperatury na powierzchniach ścianki, jeżeli dane są następujące wielkości: temperatura spalin $T_1 = 1273 \text{ K}$, temperatura wrzącej wody $T_2 = 473 \text{ K}$, współczynnik przejmowania ciepła od spalin do ścianki $\alpha_1 = 100 \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$ i od ścianki do wrzącej wody $\alpha_2 = 5000 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału ścianki $\lambda_2 = 50 \text{ W/(m K)}$ i grubość ścianki $\delta_2 = 0,012 \text{ m}$.
 Odp: $q = 76,5 \text{ kW/m}^2$, $\vartheta_1 = 508 \text{ K}$, $\vartheta_2 = 488 \text{ K}$.
7. Rozwiązać zadanie poprzednie przy założeniu, że w czasie eksploatacji powierzchnia ogrzewalną kotła parowego od strony spalin pokryła się warstwą sadzy o grubości $\delta_1 = 0,001 \text{ m}$ / $\lambda_1 = 0,08 \text{ W/(m K)}$ / a od strony wody warstwą kamienia kotłowego o grubości $\delta_3 = 0,002 \text{ m}$ / $\lambda_3 = 0,8 \text{ W/(m K)}$ /. Obliczyć gęstość strumienia ciepła przenikającego przez zanieczyszczoną powierzchnię ogrzewalną oraz temperatury powierzchni poszczególnych warstw $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, \vartheta_4$. Porównać wyniki rozwiązania z odpowiedzią poprzedniego zadania i określić zmniejszenie gęstości strumienia ciepła w %.
 Odp: $q = 31,5 \text{ kW/m}^2$, $\vartheta_1 = 958 \text{ K}$, $\vartheta_2 = 564 \text{ K}$, $\vartheta_3 = 556 \text{ K}$, $\vartheta_4 = 479 \text{ K}$, $\delta q = 58,9 \%$.
8. Obliczyć gęstość liniową q_l strumienia strat ciepła do otoczenia i temperatury ϑ_1, ϑ_2 ścian rurociągu / $d_w/d_z = 250/280 \text{ mm}$ / przesyłającego gorącą wodę o temperaturze $T_1 = 373 \text{ K}$. Temperatura otoczenia wynosi $T_2 = 283 \text{ K}$, współczynniki przewodzenia ciepła materiału rury $\lambda_1 = 40 \text{ W/(m K)}$, wnikania ciepła od wody do rury $\alpha_1 = 1000 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ oraz przejmowania ciepła od rury do powietrza $\alpha_2 = 10 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Określić również gęstość liniową strumienia ciepła q_l' i wszystkie temperatury powierzchni ścian rurociągu zaizolowanego izolacją o grubości $\delta_{iz} = 120 \text{ mm}$ o współczynniku $\lambda_{iz} = 0,12 \text{ W/(m K)}$ / α_2 nie ulega zmianie /.
 Odp: $q_l = 780 \text{ W/m}$, $\vartheta_1 = 372 \text{ K}$, $\vartheta_2 = 371,7 \text{ K}$, $q_l' = 101,8 \text{ W/m}$, $\vartheta_1' = \vartheta_2' = 372,9 \text{ K}$, $\vartheta_3' = 289,2 \text{ K}$.
9. Naczynie szklane w kształcie kuli o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_1 = 0,6 \text{ W/(m K)}$ jest zaizolowane warstwą izolacji o współczynniku $\lambda_2 = 0,1 \text{ W/(m K)}$. Kula ma promień wewnętrzny $r_1 = 250 \text{ mm}$, grubość ścianki naczynia $\delta_1 = 3 \text{ mm}$, grubość izolacji $\delta_2 = 37 \text{ mm}$. Wewnątrz naczynia znajduje się ciecz o temperaturze $\vartheta_1 = 453 \text{ K}$. Temperatura otoczenia wynosi $T_2 = 298 \text{ K}$, współczynniki przejmowania ciepła wynoszą odpowiednio $\alpha_1 = 150 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$, $\alpha_2 = 8 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Obliczyć: a) moc grzejnika, jaki należy umieścić wewnątrz naczynia, b) temperaturę ϑ_2 na granicy szkła i izolacji, c) gęstość strumienia ciepła q_3 na zewnętrznej powierzchni izolacji.
 Odp: a) $N = 290 \text{ W}$, b) $\vartheta_2 = 448,7 \text{ K}$, c) $q_3 = 274,4 \text{ W/m}^2$
10. Przewodem o średnicy $d = 2 \text{ mm}$, znajdującym się w otoczeniu o temperaturze $T_0 = 286 \text{ K}$ przepływa prąd elektryczny. Temperatura powierzchni przewodu wynosi $\vartheta_1 = 358 \text{ K}$ a współczynnik przejmowania ciepła $\alpha = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Wyznaczyć grubość izolacji δ_{iz} z kauczuku / $\lambda_{iz} = 0,145 \text{ W/(m K)}$ / umożliwiającej obciążenie przewodu maksymalnym prądem / I_{max} /, przy niezmienniej temperaturze przewodu ϑ_1 . Ile razy prąd maksymalny jest większy od prądu przepływającego przez przewód nieizolowany? Przyjąć, że współczynnik przejmowania ciepła po nałożeniu izolacji wynosi $\alpha' = 10 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$.
 Odp: $\delta_{iz} = 13,5 \text{ mm}$, $I_{max}/I = 1,4$.

11. Rurociągiem o średnicach $d_w/d_z = 90/100$ mm płynie ciepły olej. Rurociąg ten pokryto warstwą izolacji o grubości $\delta_{iz} = 100$ mm. Współczynniki przewodzenia ciepła materiału rury i izolacji wynoszą odpowiednio $\lambda_1 = 40$ W/(m K), $\lambda_{iz} = 1,16$ W/(m K). Średnia temperatura oleju $T_1 = 438$ K, temperatura otoczenia $T_2 = 285$ K. Współczynnik wnikania ciepła od oleju do rury $\alpha_1 = 120$ W/(m² K) i przejmowania ciepła od izolacji do powietrza $\alpha_2 = 10$ W/(m² K). Określić gęstość liniową strumienia ciepła q_l dla rurociągu gołego i pokrytego izolacją q_l' . Ile powinien wynosić współczynnik przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego, by pokryty nim rurociąg cechował się stratami ciepła nie większymi niż goły?
Odp: $q_l = 439,38$ W/m, $q_l' = 533,6$ W/m, $\lambda_{iz} \leq 0,5$ W/(m K).
12. Podczas remontu komory spalania kotła pomiędzy cegłą szamotową a cegłą czerwoną wstawiono warstwę izolacji o grubości δ_x . Jaka powinna być jej grubość aby strumień ciepła przewodzony przez ścianę wynosił $q = 952$ W/m², a temperatury powierzchni zewnętrznych wynosiły odpowiednio $\vartheta_1 = 1473$ K, $\vartheta_4 = 313$ K. Współczynniki przewodzenia ciepła poszczególnych warstw wynoszą odpowiednio $\lambda_1 = (0,3+0,00021 \vartheta)$ W/(m K), $\lambda_{iz} = (0,12+0,00021 \vartheta)$ W/(m K), $\lambda_2 = 0,65$ W/(m K). Obliczyć również temperatury ϑ_2 , ϑ_3 na styku poszczególnych warstw. Grubosc warstwy
Odp: $\delta_x = 0,125$ m, $\vartheta_2 = 1200$ K, $\vartheta_3 = 752$ K.
13. Płaska ściana pieca grzejnego wykonana jest z trzech warstw: cegły szamotowej o grubości $\delta_1 = 0,25$ m, cegły izolacyjnej $\delta_2 = 0,2$ m oraz cegły czerwonej $\delta_3 = 0,2$ m. Współczynniki przewodzenia ciepła wynoszą odpowiednio: $\lambda_1 = 0,84(1+0,0007 \vartheta)$ W/(m K), $\lambda_2 = 0,15$ W/(m K), $\lambda_3 = 0,7$ W/(m K). Temperatury powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej pieca mają wartości $\vartheta_1 = 1373$ K, $\vartheta_4 = 323$ K. Obliczyć gęstość strumienia ciepła q oraz temperatury na granicach warstw ϑ_2 , ϑ_3 .
Odp: $q = 586,28$ W/m², $\vartheta_2 = 1272,2$ K, $\vartheta_3 = 490,5$ K.
14. Obmurze pieca wykonane jest z warstwy cegły szamotowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,84(1+0,000695 \vartheta)$ W/(m K). Grubość obmurza wynosi $\delta = 0,25$ m. Określić gęstość strumienia ciepła q przenikającego przez ściankę pieca i temperatury na powierzchniach ściany, jeżeli temperatura gazów w piecu wynosi $T_1 = 1473$ K a temperatura powietrza w pomieszczeniu $T_2 = 303$ K. Współczynnik wnikania ciepła od gazów do ściany wynosi $\alpha_1 = 30$ W/(m² K) a współczynnik przejmowania ciepła od ściany do powietrza $\alpha_2 = 10$ W/(m² K).
Odp: $q = 3530$ W/ m².
15. Straty ciepła z powierzchni pieca do otoczenia wynoszą $Q_{str} = 18000$ W. Grubość ścianki pieca $\delta = 0,4$ m, powierzchnia ścian pieca $A = 8$ m². Obliczyć temperaturę zewnętrznej powierzchni pieca ϑ_2 jeśli temperatura powierzchni wewnętrznej wynosi $\vartheta_1 = 1273$ K a współczynnik przewodzenia ciepła materiału, z którego wykonano piec wynosi $\lambda = 4,66+0,00596 \vartheta$.
Odp: $\vartheta_2 = 1186$ K.