

INŻYNIERIA CHEMICZNA I PROCESOWA

Nazwa przedmiotu: PROCESY PRZENOSZENIA CIEPŁA (ćwiczenia obliczeniowe)

Lista zadań:

Zad. 1. Stosując metodę parametrów zredukowanych, wyznaczyć współczynnik przewodzenia ciepła oraz ciepło właściwe mieszaniny gazów o składzie objętościowym: 20% CO₂, 30% N₂, 50% CH₄. Temperatura gazów 500⁰ C, ciśnienie 4,5 MPa.

Zad. 2. Wykorzystując zależność Sutherlanda, w oparciu o kilka wartości temperatury z zakresu (50-550)⁰C, sporządzić wykres przedstawiający zależność współczynnika przewodzenia ciepła od temperatury dla powietrza suchego. Oznaczyć na wykresie wybrane wartości tego współczynnika, wynikające z danych zawartych w *Tablicach do obliczeń procesowych* [1].

Zad. 3. Ściana z cegieł o grubości 25cm i przewodności cieplnej 0,69W/(mK) posiada temperaturę 20⁰C na jednej powierzchni i 10⁰C na drugiej. Określić przepływający strumień ciepła dla powierzchni 5m².

Zad. 4. Pokrycie izolacyjne z włókien szklanych o współczynniku przewodzenia ciepła 0,05 W/(mK) jest używane do ograniczenia strat ciepła do 100 W/m² dla różnicy temperatur 150⁰C na grubości pokrycia. Określić grubość maty izolacyjnej.

Zad. 5. Wewnętrzna powierzchnia warstwy izolacyjnej posiada temperaturę $t_1=10^0\text{C}$, natomiast powierzchnia zewnętrzna oddaje ciepło do otoczenia na drodze konwekcji. Temperatura powietrza wynosi -20⁰C. Grubość warstwy izolacyjnej wynosi 5cm a jej przewodność cieplna 0,05 W/(mK). Jaka jest wartość współczynnika przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni, jeśli temperatura t_2 tej powierzchni wynosi 0⁰C.

Zad. 6. Szyba, zamontowana w oknie, posiadająca grubość 0,5cm, $\lambda=0,78$ W/(mK), ma kontakt z ciepłym powietrzem o temperaturze 25⁰C, na swojej wewnętrznej powierzchni. Współczynnik przejmowania ciepła dla powietrza w pomieszczeniu wynosi 15W/(m²K). Powietrze na zewnątrz ma temperaturę -15⁰C, a współczynnik przejmowania ciepła, związany z zewnętrzną powierzchnią okna, wynosi 50 W/(m²K). Określić temperaturę wewnętrzną i zewnętrzną powierzchni szyby.

Zad. 7. Okno składa się z dwóch szyb o grubości 5mm, oddzielonych przestrzenią powietrzną grubości 10mm. Współczynnik przewodności cieplnej szkła wynosi 0,78 W/(mK), a powietrza 0,025 W/(mK). Współczynniki przejmowania ciepła dla powietrza wynoszą odpowiednio 10 W/(m²K) i 50 W/(m²K).

- określić straty ciepła (gęstość strumienia) dla tej szyby zespolonej przy różnicy temperatur 60K dla powietrza na zewnątrz i wewnątrz;
- porównać ten wynik z ciepłem traconym w przypadku okna z pojedynczą szybą o grubości 5 mm;
- porównać wynik ze stratami ciepła w przypadku braku przestrzeni powietrznej (tj. 2 szyby zetknięte ze sobą – łączna grubość 10 mm).

INŻYNIERIA CHEMICZNA I PROCESOWA

Nazwa przedmiotu: PROCESY PRZENOSZENIA CIEPŁA (ćwiczenia obliczeniowe)

Zad. 8. Obliczyć gęstość strumienia ciepła i współczynnik przenikania ciepła dla ścianki dwuwarstwowej, składającej się z cegieł, $\lambda_1=0,5\text{W}/(\text{mK})$ i materiału izolacyjnego, $\lambda_2=0,05\text{W}/(\text{mK})$. Grubości warstw wynoszą odpowiednio: $s_1=0,3\text{m}$, $s_2=0,2\text{m}$. Zmierzone temperatury na ściankach wynoszą: $t_1=10^\circ\text{C}$, $t_2=-5^\circ\text{C}$. Temperatury powietrza wewnątrz i na zewnątrz wynoszą: $t_w=20^\circ\text{C}$ i $t_z=-10^\circ\text{C}$.

Zad. 9. Ściana budynku jest wykonana z cegieł o grubości 25cm, $\lambda_1=0,69\text{ W}/(\text{mK})$, 5cm izolacji – styropian, $\lambda_2=0,048\text{W}/(\text{mK})$ i 2cm okładziny drewnianej, $\lambda_4=0,16\text{ W}/(\text{mK})$. Określić grubość dodatkowej izolacji styropianem, $\lambda_3=0,038\text{ W}/(\text{mK})$, aby ograniczyć straty ciepła (gęstość strumienia ciepła) o 50%. Opory przejmowania ciepła pominąć.

Zad 10. Dana jest ścianka wielowarstwowa ($A=1\times 2\text{ m}$). Przewodzenie ciepła ustalone.

Wiedząc, że:

$$t_1=800^\circ\text{C}, s_1=0,2\text{ m}, \lambda_1=25\text{ W}/\text{mK}$$

$$t_2=799,4^\circ\text{C}, s_2=0,1\text{ m}, \lambda_2=1,0\text{ W}/\text{mK}$$

$$t_3=791,9^\circ\text{C}, s_3=0,2, \text{ m } \lambda_3=0,02\text{ W}/\text{mK}$$

$$t_4=40^\circ\text{C}$$

Obliczyć:

Natężenie przepływu ciepła, gęstość strumienia cieplnego, opór termiczny poszczególnych warstw w ściance jak również opór termiczny dla całej ścianki.

Zad. 11. Wymiary cylindrycznego płaszczu aparatu wynoszą: średnica wewnętrzna 1000 mm, grubość 6 mm, długość 2,5 m. W celu zabezpieczenia płaszczu przed działaniem gorących gazów spalinowych, jego powierzchnię wewnętrzną wyłożono warstwą szamotową o grubości 50 mm. Między tą warstwą a płaszczem stalowym umieszczono dodatkowo warstwę izolacji cieplnej o grubości 10 mm. W tych warunkach straty ciepła do otoczenia z powierzchni zewnętrznej płaszczu wynoszą 18,5 kW. Wyznaczyć: a) temperaturę wewnętrzną powierzchni płaszczu, jeżeli temperatura spalin wynosi 700°C ; b) straty ciepła z tak określonej płaskiej ścianki płaszczu aparatu. Porównać wyniki obliczeń (konwekcyjny ruch ciepła pominąć). Współczynnik przewodzenia ciepła: materiał szamotowy 1,35; izolacja 0,16; stal 45 W/(mK).

Zad. 12. Przewodem rurowym o średnicy wewnętrznej 32 mm przepływa woda z prędkością średnią 1,2 m/s. Obliczyć współczynnik wnikania ciepła od cieczy do ścianki rury przy założeniu, że średnia temperatura wody wynosi 30°C . W jakim stopniu zmieni się współczynnik wnikania ciepła, jeżeli prędkość przepływu cieczy zwiększy się dwukrotnie, a jej średnia temperatura wyniesie będzie 60°C .

Zad. 13. Olej o średniej temperaturze 80°C przepływa rurociągiem o średnicy wewnętrznej 35 mm i długości 15 m. Olej przepływa ze średnią prędkością 0,5 m/s. Wyznaczyć współczynnik wnikania ciepła od oleju do ścianki rury przy założeniu, że średnia temperatura ścianki rury wynosi 60°C . Znane są właściwości oleju w temperaturze 80°C : $\rho=840\text{ kg}/\text{m}^3$, $c_p=1,926\text{ kJ}/(\text{kgK})$, $\eta=0,233\text{ Pas}$, $\lambda=0,179\text{ W}/(\text{mK})$.

INŻYNIERIA CHEMICZNA I PROCESOWA

Nazwa przedmiotu: PROCESY PRZENOSZENIA CIEPŁA (ćwiczenia obliczeniowe)

Zad. 14. Rozpatruje się płaszczowo-rurkowy wymiennik ciepła o średnicy wewnętrznej płaszczka 800 mm, w którym umieszczono 211 rurek o wymiarach $d_{z \times g} = 38 \times 2,5$ mm. W przestrzeni międzyrurowej wymiennika przepływa powietrze z prędkością średnią 18 m/s, a średnia temperatura powietrza w tej przestrzeni wynosi 140°C . Wyznaczyć współczynnik wnikania ciepła do zewnętrznej powierzchni rurek.

Zad. 15. Przez przestrzeń rurkową pionowego wymiennika ciepła przepływa $13 \text{ m}^3/\text{h}$ wody. Wkład rurkowy wymiennika składa się z 61 rurek o średnicy $d_{z \times g} = 32 \times 2,5$ mm i wysokości 1,25 m. Średnia temperatura wody wynosi 50°C , a temperatura wewnętrznej ścianki rurek 25°C . Obliczyć współczynnik wnikania ciepła od wody do rurek w przypadku, gdy:

- woda wypełnia całkowicie ich przekrój poprzeczny;
- woda spływa cienką warstwą po wewnętrznej powierzchni rurek.

Zad. 16. Obliczyć temperaturę wewnętrznej powierzchni płaszczka wymiennika ciepła oraz temperaturę zewnętrznej powierzchni izolacji cieplnej pokrywającej płaszcz wiedząc, że średnia temperatura płynu we wnętrzu wymiennika wynosi 80°C , a temperatura otaczającego wymiennik powietrza atmosferycznego 10°C . Grubość stalowej ścianki płaszczka wynosi 5 mm, grubość warstwy izolacji 50 mm. Współczynnik wnikania ciepła w kierunku ścianki płaszczka aparatu wynosi $330 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, a z powierzchni zewnętrznej izolacji do otoczenia $10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji $0,12 \text{ W}/(\text{mK})$, stali $45 \text{ W}/(\text{mK})$.

Zad. 17. Oblicz krytyczną grubość izolacji o współczynniku przewodzenia ciepła $0,080 \text{ W}/\text{mK}$ dla przewodu o średnicy zewnętrznej 17,2 mm. Współczynnik przejmowania ciepła od strony powietrza wynosi $8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Zad. 18. Określ pozorny współczynnik przejmowania ciepła dla żebra o wysięgu $h = 50$ mm, grubość $\delta = 5$ mm. Współczynnik przejmowania ciepła $\alpha_2 = 50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Materiał żebra:

- korek ($\lambda = 0,045 \text{ W}/\text{mK}$);
- stal ($\lambda = 50,3 \text{ W}/\text{mK}$);
- aluminium ($\lambda = 206 \text{ W}/\text{mK}$);
- miedź ($\lambda = 386 \text{ W}/\text{mK}$).

Zad. 19. Obliczyć strumień ciepła dla żebra o wysięgu $h = 50$ mm i grubości 5 mm. Współczynnik przewodzenia ciepła materiału żebra $\lambda = 58,15 \text{ W}/\text{mK}$. Temperatura podstawy żebra $t_z = 70^{\circ}\text{C}$, a temperatura płynu $t_p = -10^{\circ}\text{C}$. Długość w trzecim wymiarze $l = 1$ m.

Zad. 20. Określ średnią temperaturę t_s żebra prostego o przekroju kołowym (pręta). Wysięg żebra $h = 150$ mm, średnica $d = 5$ mm. Współczynnik przejmowania ciepła $\alpha_2 = 50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, a współczynnik przewodzenia ciepła materiału żebra $\lambda = 58,15 \text{ W}/\text{mK}$. Temperatura u podstawy żebra $t_z = 80^{\circ}\text{C}$. Temperatura omywającego płynu $t_p = 25^{\circ}\text{C}$.

Zad. 21. Oblicz strumień ciepła oddawanego przez żebro proste o przekroju prostokątnym. Wysięg żebra $h = 45$ mm, grubość $\delta = 2$ mm. Współczynnik przejmowania ciepła $\alpha_2 = 50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, a współczynnik przewodzenia ciepła materiału żebra $\lambda = 206 \text{ W}/\text{mK}$. Temperatura u podstawy żebra $t_z = 110^{\circ}\text{C}$. Temperatura płynu omywającego żebro $t_p = 20^{\circ}\text{C}$. Długość w trzecim wymiarze $l = 650$ mm.

INŻYNIERIA CHEMICZNA I PROCESOWA

Nazwa przedmiotu: PROCESY PRZENOSZENIA CIEPŁA (ćwiczenia obliczeniowe)

Zad. 22. Dana jest płaska ścianka ożebrowana. Wysięg żebra $h = 45$ mm. Grubość żebra $\delta = 1$ mm. Grubość ścianki $e = 4$ mm. Długość w trzecim wymiarze $l = 750$ mm. Moduł żebra $M = 4,2$ mm. Ilość żeber $n = 120$ szt. Współczynnik przewodzenia ciepła materiału, z którego wykonane są ścianka i żebra $\lambda = 50,3$ W/mK. Współczynnik przejmowania ciepła od strony gładkiej $\alpha_1 = 600$ W/m²K, współczynnik przejmowania ciepła od strony ożebrowanej $\alpha_2 = 65$ W/m²K. Temperatura płynu po stronie gładkiej $t_1 = 130^{\circ}\text{C}$, a po stronie ożebrowanej $t_2 = 30^{\circ}\text{C}$. Oblicz:

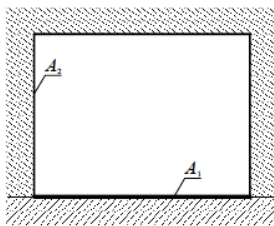
- strumień przenikającego ciepła,
- temperatury powierzchni ścianki.

Zad. 23. Obliczyć stratę ciepła przez promieniowanie rury stalowej o średnicy $d = 70$ mm oraz długości $L = 3$ m, jeśli jej temperatura $t_1 = 227^{\circ}\text{C}$. Rura znajduje się wewnątrz kanału ceglanego o wymiarach $0,3 \times 0,3$ m, a temperatura ścianki kanału wynosi 27°C . Emisyjności własne: dla stali utlenionej $\varepsilon_1 = 0,79$, dla cegły $\varepsilon_2 = 0,93$.

Zad. 24. Oblicz gęstość strumienia ciepła, wymienianego na drodze promieniowania przez dwie równoległe ceglane ściany. Ściany są ustawione blisko siebie. Emisyjność obu ścian jest równa i wynosi $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,93$. Temperatury ścian wynoszą odpowiednio $T_1 = 500$ K, a $T_2 = 300$ K.

Zad. 25. Pomiędzy ściany z zadania 24 wstawiono ekran z blachy ocynkowanej, o emisyjności z obu stron $\varepsilon_e = 0,228$. Oblicz gęstość strumienia ciepła, wymienianego na drodze promieniowania, oraz temperaturę ekranu. Opór przewodzenia ciepła ekranu jest pomijalnie mały.

Zad. 26. Oblicz strumień ciepła, wymieniany przez powierzchnie A_1 i A_2 , usytuowane tak jak na rysunku. Powierzchnia $A_1 = 9$ m², a $A_2 = 27$ m². Temperatury powierzchni wynoszą odpowiednio $t_1 = 29^{\circ}\text{C}$ i $t_2 = 16^{\circ}\text{C}$. Emisyjności obu powierzchni są sobie równe i wynoszą $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,92$.



Literatura:

- [1] Troniewski L. i in.: *Tablice do obliczeń procesowych*, Skrypt Politechniki Opolskiej nr 242, Opole 2001.
- [2] Kuroпка J.: *Oczyszczanie gazów odlotowych z zanieczyszczeń gazowych*, *Obliczenia, tabele, materiałpomocnicze*, Politechnika Wroclawska, 1996.
- [3] Hobler T.: *Ruch ciepła i wymienniki*, WNT Warszawa, 1986.
- [4] Troniewski L, Czernek K.: *Przenoszenie pędu, ciepła i masy. Cz. 2. Notatki autoryzowane*, Politechnika Opolska, 2006.