

PRZENOSZENIE CIEPŁA

Zestaw 4b (konwekcja swobodna)

1b. W chłodni składowej, elementem odbierającym ciepło jest chłodnica z poziomych rurek mosiężnych ($\lambda = 150 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) o średnicach $d_1/d_2 = 20/18 \text{ mm}$, wewnątrz których odparowuje amoniak o temperaturze $t_2 = -30^\circ\text{C}$. Przyjmując, że $\alpha_2 = 8000 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (dla amoniaku) oraz że powietrze, o temperaturze $t_1 = -5^\circ\text{C}$, jest suche i spokojne; promieniowanie cieplne pominąć. Obliczyć konwekcyjny strumień ciepła dla rurki czystej i dla rurki pokrytej warstwą szronu ($\lambda_s = 1,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) o grubości $\delta_s = 15 \text{ mm}$.

Odp.: $q_L = 13,7 \text{ W/m}$, $q_{Ls} = 22,3 \text{ W/m}$, $\alpha_1 = 8,72 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $\alpha_{1s} = 6,63 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

2b. Poziomy zbiornik o średnicy 1,5 m i długości 5 m znajduje się w spokojnym powietrzu o temperaturze 25°C . Zbiornik jest początkowo wypełniony ciekłym propanem ($\rho = 581 \text{ kg/m}^3$). W pewnej chwili, w wyniku nieszczelności, ciśnienie w zbiorniku spada do wartości ciśnienia atmosferycznego 1 bar a temperatura obniża się do -42°C (temperatura wrzenia propanu dla $p = 1 \text{ bar}$). Ciepło parowania propanu dla ciśnienia 1 bar wynosi 425 kJ/kg . W wyniku dootywu ciepła z otoczenia propan zaczyna parować i wypływać ze zbiornika przez nieszczelność. Zakładając, że temperatura ścian zbiornika jest przez cały czas parowania równa -42°C oraz pomijając promieniowanie cieplne, obliczyć czas, po którym wyparuje cały propan.

Odp.: $\tau = 56,4 \text{ h}$.

3b. W zbiorniku o objętości $V = 40 \text{ l}$ znajduje się woda, która ogrzewana jest za pomocą grzałki w kształcie kuli. Woda podgrzewa się od temperatury 15 do 45°C . Temperatura grzałki utrzymywana jest na stałym poziomie 85°C . Średnica grzałki wynosi 6 cm . Obliczyć jak długo musi być włączona grzałka. **Odp.:** $\tau = 2,304 \text{ h}$.

Zestaw 4c (konwekcja wymuszona)

1c. Poziomy rurociąg o średnicy zewnętrznej $d_z = 40 \text{ mm}$ jest omywany przez powietrze o temperaturze $T_{ot} = 293 \text{ K}$. Obliczyć współczynnik przejmowania ciepła α , jeżeli temperatura ścianki rurociągu $T_w = 333 \text{ K}$ oraz: a) powietrze jest spokojne, b) pod kątem 50° do osi rurociągu wieje wiatr z prędkością $w = 5 \text{ m/s}$.

Odp.: a) $\alpha_1 = 7,83 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, b) $\alpha_2 = 37,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

2c. Obliczyć współczynnik wnikania ciepła α dla wody ogrzewanej w wymienniku ciepła składającym się z rur o średnicy wewnętrznej $d_w = 35 \text{ mm}$. Woda płynie wewnątrz rur z prędkością $w = 1 \text{ m/s}$ i ogrzewa się od $t_1 = 15^\circ\text{C}$ do $t_2 = 80^\circ\text{C}$. Średnia temperatura ściany $t_w = 82^\circ\text{C}$.

Odp.: $5150 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

3c. Obliczyć średnią wartość współczynnika wnikania ciepła dla ośmiorzędowego, szeregowego pęczka rur o średnicy zewnętrznej $d_z = 22 \text{ mm}$. Średnia temperatura wody $t_1 = 20^\circ\text{C}$, średnia temperatura zewnętrznej powierzchni rurki $t_w = 25^\circ\text{C}$, prędkość wody w największym przekroju strumienia $w = 0,5 \text{ m/s}$.

Odp.: $4830 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

4c. W fabryce, powietrze zanim wpłynie do pieca jest przegrzewane wodą geotermalną o temperaturze 120°C, która przepływa przez pęczek rur umieszczony w kanale. Powietrze o temperaturze 20°C i ciśnieniu $p = 0,1$ MPa wpływa do kanału ze średnią prędkością $w = 4,5$ m/s, i napływa na rurki pod kątem prostym. Średnica zewnętrzna rurek wynosi 1,5 cm, a rurki rozmieszczone są w układzie szeregowym w sześciu rzędach. W każdym rzędzie znajduje się 10 rurek. Podziałki wzdłużna i poprzeczna wynoszą odpowiednio $s_1 = s_2 = 5$ cm. Założyć, że temperatura ścianek rur jest równa temperaturze wody geotermalnej. Oblicz strumień ciepła przypadający na jednostkę długości rurki.
Odp.: 24,9 kW/m.

5c. Do prostej rury o średnicy 0,05 m i długości 3 m wpływa z prędkością 16 m/s powietrze o temperaturze 20 °C. Obliczyć temperaturę powietrza na wylocie z rury zakładając, że temperatura ścianki rury jest stała i równa 100 °C.
Odp.: $t_2 = 59,8$ °C.

Zestaw 4d (konwekcja podczas wrzenia i skraplania)

1d. Kondensator siłowni parowej pracuje przy ciśnieniu 7,38 kPa. Para kondensuje na rurkach o średnicy zewnętrznej 3 cm. Temperatura zewnętrznej powierzchni rurek jest stała i wynosi 30°C. Oblicz strumień ciepła przekazywany do wody chłodzącej oraz strumień masy kondensatu.
Odp: $q_L = 8773$ W/m, $m = 0,0036$ kg/s

2d. Obliczyć temperaturę powierzchni ogrzewalnej parowacza wodnego, jeżeli jego jednostkowe obciążenie cieplne jest równe $q = 232,6$ kW/m², a temperatura wrzenia $t = 210$ °C.
Odp: 220,5°C

3d. Para nasycona przy ciśnieniu 1 at. kondensuje na pionowej płycie o wysokości 3 m i szerokości 5 m, która jest utrzymywana w temperaturze 90°C. Oblicz strumień ciepła przenikający przez płytę i strumień masy kondensatu.
Odp: $Q = 942$ kW, $m = 0,412$ kg/s

4d. Kondensator siłowni parowej pracuje przy ciśnieniu 4,25 kPa. Kondensator składa się ze 100 poziomych rur w 10 rzędach (10 rur w rzędzie). Rury mają długość $L = 8$ m i średnicę zewnętrzną 3 cm. Jeśli rurki utrzymywane są w temperaturze 20°C, określ strumień ciepła od pary do wody chłodzącej i strumień masy kondensatu.
Odp: 3678 kW, $m = 1,496$ kg/s