

Chłodnictwo i Kriogenika - Ćwiczenia

Lista 1

dr hab inż. Bartosz Zajączkowski
bartosz.zajaczkowski@pwr.edu.pl

Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Katedra Termodynamiki, Teorii Maszyn i Urządzeń Ciepłych

1 października 2018

1 Zadania

Zad.1 Oblicz ilość ciepła, która w ciągu doby musi zostać odprowadzona z komory chłodniczej o wymiarach: $a = 5$ m, $b = 3.5$ m, $h = 3$ m, aby zneutralizować ładunek ciepła przenikający przez ściany, podłogę oraz sufit. Współczynnik przenikania ciepła izolacji ścian i sufitu wynosi $k_s = 0.018$ W/m²K, natomiast podłogi $k_p = 0.022$ W/m²K. Normalna temperatura pracy komory chłodniczej wynosi $T_R = 0$ °C, natomiast temperatura otoczenia $T_{ot} = 25$ °C, a podłoża $T_g = 15$ °C.

Odp: 3162.24 kJ = 878.4 Wh

Zad.2 Chłodnia o wymiarach $a = 10$ m, $b = 6$ m, $c = 3.5$ m została zaprojektowana do przechowywania mrożonej żywności. Temperatura składowania produktów wynosi $T_R = -5$ °C, temperatura otoczenia to $T_{ot} = 20$ °C, natomiast temperatura fundamentu na którym ustawiono chłodnię to $T_g = 10$ °C. Współczynniki przenikania izolacji ścian, podłogi oraz sufitu wynoszą odpowiednio: $k_{sc} = 0.015$ W/m²K, $k_p = 0.020$ W/m²K, $k_s = 0.025$ W/m²K.

W ciągu dnia w komorze pracują dwie osoby przez $t = 4$ h, dlatego w obliczeniach należy uwzględnić ciepło oddane przez pracowników przyjmując, że każdy wykonujący intensywną pracę fizyczną człowiek wydziela $Q_{cz} = 150$ W.

W obliczeniach należy uwzględnić również ciepło, które przedostało się do wnętrza chłodni wskutek wielokrotnego otwierania i zamykania drzwi przez pracowników. W tym celu należy założyć, że w ciągu doby wymienia się w ten sposób 1/3 objętości powietrza wypełniającego komorę. Parametry termodynamiczne powietrza do obliczeń to odpowiednio $\rho_p = 1.2$ kg/m³ oraz $c_{pp} = 1.005$ kJ/kgK.

Odp: 10586.11 kJ = 2940.6 Wh

Zad.3 W firmie zajmującej się produkcją mrożonek postanowiono przeprowadzić modernizację komory chłodniczej. Obecnie komora ma izolację styropianową o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0.040$ W/mK i grubości $\sigma = 5$ cm. Wymiana ciepła z oto-

czeniu odbywa się w warunkach konwekcji naturalnej, a współczynnik wnikania ciepła wewnątrz komory oszacowano na $\alpha_i = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rozważane są dwie opcje modernizacji:

- a) pozostawienie tej samej izolacji oraz jednoczesna regulacja warunków przepływu powietrza wewnątrz komory, co zmniejszy wartość współczynnika wnikania ciepła od wewnętrznej strony komory do ($\alpha_i = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- b) modernizacja izolacji na styropian lepszego typu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0.015 \text{ W/mK}$.

Porównując powyższe propozycje należy założyć, że zewnętrzny współczynnik wnikania ciepła $\alpha_o = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$. W którym z rozpatrywanych przypadków wynikowa wartość współczynnika przenikania będzie najkorzystniejsza?

Odp: $0.557 \text{ W/m}^2\text{K}$, $0.555 \text{ W/m}^2\text{K}$, $0.295 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zad.4 W komorze chłodniczej przechowuje się $m_k = 320 \text{ ton/dzien}$ kalafiorów. Długość dostarcza się do niej $m_d = 25 \text{ ton}$ świeżego produktu o temperaturze $T_0 = 18^\circ\text{C}$. Temperatura przechowywania kalafiorów wynosi $T_R = 0^\circ\text{C}$. Wiedząc, że ciepło właściwe kalafiorów wynosi $c_{pk} = 3.68 \text{ kJ/kgK}$ oraz ciepło oddychania kalafiorów wynosi $q_{od} = 6.7 \text{ kJ/kg} \cdot \text{dzien}$, oblicz jaką ilość ciepła należy odprowadzić w procesie ochładzania dziennego wkładu kalafiorów oraz jak duże jest dzienne ciepło oddychania całego zmagazynowanego produktu.

Odp: $1656000 \text{ kJ/dzien} = 460000 \text{ Wh/dzien}$, 595555 Wh/dzien

Zad.5 Ze względu na wydłużony czas przeładunku i związaną z tym konieczność tymczasowego składowania towarów, lokalny dystrybutor owoców postanowił zamówić komorę chłodniczą do przechowywania bananów w temperaturze $T_R = 5^\circ\text{C}$. Na terenie składu są dwa miejsca, w których można zainstalować chłodnię:

- a) plac o wymiarach $a = 10 \text{ m}$ na $b = 10 \text{ m}$ (ograniczony z góry wiatą, dlatego wysokość komory nie może przekroczyć $h = 3 \text{ m}$);
- b) plac o wymiarach $a = 7.5 \text{ m}$ na $b = 10 \text{ m}$ (bez ograniczenia z góry, dlatego komora może mieć wysokość $h = 4 \text{ m}$).

Należy przyjąć założenie, że w danej chwili w środku znajduje się $m = 1 \text{ t}$ bananów, których dobowe ciepło oddychania wynosi $q_{od} = 4.2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{dzien}$. Przyjmij współczynniki przenikania ścian i sufitu $k_{sc} = k_s = 0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz podłogi $k_p = 0.02 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Temperatura gruntu to $T_g = 15^\circ\text{C}$. Średnia temperatura otoczenia wynosi $T_{ot} = 22^\circ\text{C}$. Analizując rozwiązanie z wiatą, ze względu na nagrzewanie się zadaszania, należy przyjąć średnią temperaturę nad sufitem komory $T_w = 26^\circ\text{C}$.

Która z dyskutowanych lokalizacji będzie lepsza? Obliczenia należy przeprowadzić dla obu przypadków i zinterpretować rezultat.

Zad.6 W hali ustawiono duży zbiornik wody lodowej przeznaczony do tymczasowego przechowywania mniejszych pojemników przeznaczonych do transportu leków. Jego wymiary to $a = 4$ m, $b = 6$ m, natomiast wysokość $c = 1$ m. Temperatura w hali wynosi $T_{ot} = 18$ °C, natomiast temperatura podłoża $T_g = 10$ °C. Ściany pokryte są izolacją styropianową o grubości $\delta_s = 5$ cm oraz współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_s = 0.020$ W/mK. Dodatkowo zbiornik przykryty jest pokrywą z tworzywa sztucznego o grubości $\delta_p = 1$ cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_p = 0.030$ W/mK.

Należy przyjąć, że współczynnik wnikania ciepła po stronie wody wynosi zawsze $\alpha_w = 25$ W/m²K, a po stronie powietrza $\alpha_w = 10$ W/m²K.

Oblicz obciążenie cieplne zbiornika.

Zad.7 Do chłodni wstawiono 1200 półlitrowych butelek piwa o temperaturze $T_1 = 20$ °C. Temperatura końcowa składowania wynosi $T_2 = 4$ °C. Pusta szklana butelka waży $m_b = 0.3$ kg, a ciepło właściwe szkła $c_{pb} = 0.85$ kJ/kgK. Ciepło właściwe oraz gęstość piwa można przyjąć takie same jak dla wody, tj. $c_{pp} = 4.20$ kJ/kgK i $\rho_p = 1000$ kg/m³. Po jakim czasie wkład osiągnie temperaturę końcową, jeśli chłodnia wyposażona jest w system chłodniczy o mocy $Q_{ch} = 20$ kW.

Odp: 33.6 minut