

WENTYLACJA I KLIMATYZACJA 1 - ĆWICZENIA
LISTA ZADAŃ, CZĘŚĆ I

Poniżej przedstawiono rozwiązania zadań z listy I. wraz z komentarzami. Zamieszczone komentarza nie wyczerpują poruszanych zagadnień i mają stanowić jedynie uzupełnienie Państwa wiedzy zdobytej w ramach wykładu z Wentylacji i Klimatyzacji. Proszę zatem uszczegółowić swoją wiedzę i zapoznać się z materiałami z wykładów oraz z literaturą.

Zadanie 1.

Oblicz strumień powietrza wentylującego oraz krotność wymiany powietrza dla pomieszczenie o wymiarach 8x15x4m w którym:

- A. Emitowany jest dwutlenek węgla w ilości $K = 11,8$ kg/h
Zgodnie z „Rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” $NDS = 9000$ mg/m³. Współczynnik wynikający z nierównomierności emisji wynosi $\varphi = 1,2$.
- B. Występuje emisja wilgoci w ilości $W = 13$ kg/h. Dopuszczalny przyrost zawartości wilgoci $\Delta x = 3$ g/kg s.p.
- C. Zyski ciepła jawnego w warunkach obliczeniowych okresu ciepłego ($t_{zoc} = +30^{\circ}\text{C}$, $t_{poc} = +25^{\circ}\text{C}$) wynoszą $Q_{zjoc} = 3,6$ kW. Dopuszczalny przyrost temperatury powietrza w pomieszczeniu wynosi $\Delta t = 7\text{K}$.

Rozwiązanie:

- A. Strumień powietrza wentylującego pozwalający na utrzymanie w pomieszczeniu stężenia nieprzekraczającego najwyższego dopuszczalnego:

$$V_{CO_2} = \varphi \cdot \frac{K_{CO_2}}{NDS} \quad \text{lub} \quad V_{CO_2} = \varphi \cdot \frac{K_{CO_2}}{s_{CO_2} - s_0}$$

Przy założeniu, że stężenie dwutlenku węgla w powietrzu zewnętrznym dostarczanym do pomieszczenia $s_0 = 0$:

$$V_{CO_2} = 1,2 \cdot \frac{11,8 \cdot 10^6}{9000 \cdot 3600} = 0,44 \frac{m^3}{s}$$

Przeciętne stężenie CO₂ w powietrzu atmosferycznym wynosi jednak 400ppm, a więc dokładniejsze obliczenie strumienia powietrza wentylującego wygląda następująco:

$$V_{CO_2} = 1,2 \cdot \frac{11,8 \cdot 10^6}{(9000 - 400) \cdot 3600} = 0,46 \frac{m^3}{s}$$

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
KATEDRA KLIMATYZACJI, OGRZEWNICTWA, GAZOWNICTWA
I OCHRONY POWIETRZA
Zespół Klimatyzacji i Wentylacji

B. Strumień powietrza wentylującego pozwalający na usunięcie zysków wilgoci:

$$V = \frac{W}{\rho \cdot \Delta x} = \frac{13 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 3 \cdot 3600} = 1,0 \frac{m^3}{s}$$

C. Strumień powietrza wentylującego pozwalający na usunięcie zysków ciepła jawnego:

$$V = \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t} = \frac{3,6}{1,2 \cdot 1,005 \cdot 7} = 0,43 \frac{m^3}{s}$$

Aby możliwe było spełnienie wszystkich warunków narzuconych dla pomieszczenia, tj. usunięcie substancji zanieczyszczającej (do poziomu najwyższego dopuszczalnego stężenia NDS wymaganego przepisami), usunięcie zysków wilgoci oraz zysków ciepła jawnego, musi ono być wentylowane **największym z obliczonych strumieni powietrza** tj. $V = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zatem krotność wymiany powietrza w pomieszczeniu będzie wynosić:

$$\psi = \frac{V}{K} = \frac{1,0 \cdot 3600}{8 \cdot 15 \cdot 4} = 7,5 h^{-1}$$

Zadanie 2.

Określ temperaturę powietrza nawiewanego w okresie letnim do pomieszczenia z Zadania 1.

Rozwiązanie:

Wzór do określenia temperatury powietrza nawiewanego wynika z przekształcenia wzoru wg którego określony został strumień wentylujący: $V = \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t}$.

Δt stanowi założony przyrost temperatury powietrza w pomieszczeniu, a więc różnicę pomiędzy temperaturą powietrza wywiewanego t_w i nawiewanego t_n (usuwanego i dostarczanego do pomieszczenia). Dla pomieszczeń stosunkowo niskich oraz jeśli otwory wywiewne znajdują się w pobliżu strefy w której przebywają ludzie zakłada się, że temperatura wywiewu jest taka sama jak temperatura w pomieszczeniu (otoczeniu człowieka) tj. $t_w = t_p$.

Z punktu C w zadaniu 1 należy wysunąć wniosek, że pomieszczenie to będzie latem chłodzone, gdyż w przeciwnym razie nie byłoby możliwe utrzymanie w nim temperatury $t_{poc} = +25^\circ\text{C}$ kiedy na zewnątrz $t_{zoc} = +30^\circ\text{C}$. Przy obliczaniu strumienia powietrza wentylującego dla pomieszczeń chłodzonych przyjmuje się zazwyczaj $\Delta t = 6 - 8\text{K}$ (stąd wzięła się wartość 7K w zadaniu 1).

Z powyższego wynika, że:

$$V = \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot (t_{poc} - t_{noc})} \Rightarrow t_{noc} = t_{poc} - \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot V}$$

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
KATEDRA KLIMATYZACJI, OGRZEWNICTWA, GAZOWNICTWA
I OCHRONY POWIETRZA
Zespół Klimatyzacji i Wentylacji

Zatem:

$$t_{noc} = 25 - \frac{3,6}{1,2 \cdot 1,005 \cdot 1,0} = 22^{\circ}\text{C}$$

Uwaga dodatkowa: $\Delta t = 7\text{K}$ (podpunkt C zadania 1) byłaby aktualna tylko w przypadku kiedy strumień powietrza wentylującego wynosiłby $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$ bo taki wynik uzyskaliśmy w zadaniu 1 podpunkt C. To pomieszczenie musi być jednak wentylowane strumieniem $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, a więc założona Δt ulega zmianie:

$$V = \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{Q_{zjoc}}{\rho \cdot c_p \cdot V} = \frac{3,6}{1,2 \cdot 1,005 \cdot 1,0} = 3,0\text{K}$$

Skoro $\Delta t = t_{poc} - t_{noc}$ to $t_{noc} = 25 - 3 = 22^{\circ}\text{C}$, co stanowi potwierdzenie powyższych obliczeń.

Zadanie 3.

Określ temperaturę powietrza nawiewanego w okresie zimnym do pomieszczenia z Zadania 1. jeśli bilans ciepła jawnego w warunkach obliczeniowych okresu zimnego ($t_{zoz} = -20^{\circ}\text{C}$, $t_{poz} = +20^{\circ}\text{C}$) $Q_{zjoz} = 1,2 \text{ kW}$.

Rozwiązanie:

Wzór wykorzystany w zadaniu 2 do obliczeń temperatury nawiewu dla okresu letniego jest aktualny także dla okresu zimowego. Należy go zatem wykorzystać podstawiając jednak dane zimowe. W tradycyjnych, najprostszych systemach wentylacyjnych strumień powietrza jest taki sam w ciągu całego roku, zatem:

$$t_{noz} = t_{poz} - \frac{Q_{zjoz}}{\rho \cdot c_p \cdot V} = 20 - \frac{1,2}{1,2 \cdot 1,005 \cdot 1,0} = 19^{\circ}\text{C}$$

Zadanie 4.

Porównaj moc nagrzewnicy powietrza dla systemu wentylacyjnego z Zadania 1. dla dwóch wariantów rozwiązania:

- A. System wentylacyjny wyposażony jest w odzysk ciepła o sprawności temperaturowej $\eta = 0,7$
- B. System wentylacyjny wyposażony jest w recyrkulację powietrza, przy czym w pomieszczeniu przebywa 20 osób, a minimalny higieniczny strumień powietrza przypadający na każdą osobę powinien wynosić $V_{\min} = 36 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{os.})$

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
KATEDRA KLIMATYZACJI, OGRZEWNICTWA, GAZOWNICTWA
I OCHRONY POWIETRZA
Zespół Klimatyzacji i Wentylacji

Rozwiązanie:

Zgodnie ze schematami przedstawionymi w materiałach dodatkowych („*Odzysk ciepła i recyrkulacja*”) w systemach z recyrkulacją oraz z odzyskiem ciepła, powietrze dopływające do nagrzewnicy nie ma parametrów powietrza zewnętrznego. Obydwa te rozwiązania są procesem oszczędzania energii. Pozyskanie energii z powietrza usuwanego z pomieszczeń podnosi temperaturę powietrza dopływającego zimą do nagrzewnicy, obniżając tym sposobem jej moc konieczną do utrzymania w pomieszczeniach założonych parametrów.

Moc nagrzewnicy obliczana jest z następującej zależności:

$$Q_N = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$$

gdzie:

t_1 – temperatura powietrza napływającego na nagrzewnicę, °C

t_2 – temperatura powietrza za nagrzewnicą, po uzdatnieniu, °C

Zgodnie ze schematami przedstawionymi w pliku „*Odzysk ciepła i recyrkulacja*” t_1 stanowić będzie temperatura powietrza za wymiennikiem ciepła t_{zw} lub mieszaniny t_m . Temperatura t_2 będzie to natomiast temperatura która musi być dostarczona do pomieszczeń aby utrzymać w nim komfort termiczny, a więc temperatura nawiewu t_n (obliczona w zadaniu 3).

- A. Sprawność temperaturowa odzysku ciepła w okresie zimowym określana jest wg następującej zależności:

$$\eta_t = \frac{t_{zwoz} - t_{zoz}}{t_{woz} - t_{zoz}}$$

Zgodnie z informacjami przedstawionymi w zadaniu 2, w tym przypadku $t_w = t_p$, zatem po przekształceniu równania t_{zw} oblicza się z zależności:

$$t_{zwoz} = \eta_t \cdot (t_{poz} - t_{zoz}) + t_{zoz} = 0,7 \cdot (20 - (-20)) + (-20) = 8^\circ\text{C}$$

A więc moc nagrzewnicy dla tego przypadku:

$$Q_N = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{noz} - t_{zwoz}) = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (19 - 8) = 13,3\text{kW}$$

- B. W przypadku zastosowania recyrkulacji, czyli zawracania części powietrza usuwanego z powrotem do pomieszczenia, do nagrzewnicy dopływa powietrze nazywane *mieszaniną*, o parametrach t_m . Temperatura mieszaniny zależy od udziałów jakie w całym strumieniu wentylującym ma powietrze zewnętrzne i powietrze zawracane (schemat w pliku „*Odzysk ciepła i recyrkulacja*”). Zgodnie z przepisami udział powietrza zewnętrznego nie może być mniejszy niż 10%, ale nie znaczy to, że wynosi on dokładnie tyle. Należy go obliczyć z ilości powietrza wymaganego ze względów higienicznych, czyli z ilości ludzi n :

$$V_{hig} = n \cdot V_{min} = 20 \cdot 36 = 720 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
KATEDRA KLIMATYZACJI, OGRZEWNICTWA, GAZOWNICTWA
I OCHRONY POWIETRZA
Zespół Klimatyzacji i Wentylacji

Skoro strumień wentylujący wynosi $V = 1,0\text{m}^3/\text{s} = 3600\text{m}^3/\text{h}$ to udział powietrza zewnętrznego a_z^w będzie wynosić:

$$a_z^w = \frac{V_{hig}}{V} = \frac{720}{3600} = 0,2$$

Udział powietrza zewnętrznego wynosi 20%, spełnia więc wymagania narzucone przepisami. Temperatura mieszaniny wynosi zatem:

$$t_{moz} = a_z^w \cdot t_{zoz} + (1 - a_z^w) \cdot t_{poz} = 0,2 \cdot (-20) + (1 - 0,2) \cdot 20 = 12^\circ\text{C}$$

A więc moc nagrzewnicy dla tego przypadku:

$$Q_N = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{noz} - t_{moz}) = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (19 - 12) = 8,4\text{kW}$$