

OKREŚLANIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO DO WENTYLACJI W PRZYPADKU STOSOWANIA ODZYSKU CIEPŁA Z POWIETRZA WYWIEWANEGO, BEZ NAGRZEWNIC POWIETRZA

Michał Strzeszewski

Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji
Politechnika Warszawska
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa
http://www.is.pw.edu.pl/~michal_strzeszewski

Streszczenie

W referacie omówiono wybrane zagadnienia, związane z określaniem temperatury powietrza nawiewanego i zapotrzebowania na ciepło do wentylacji, w przypadku stosowania odzysku ciepła z powietrza wywiewanego bez nagrzewnic powietrza (powietrze ogrzewane jest do wymaganej temperatury przez instalację centralnego ogrzewania).

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach na skutek znacznej poprawy izolacyjności cieplnej przegród budowlanych, w bilansie cieplnym pomieszczeń wzrósł udział zapotrzebowania na ciepło do wentylacji [12]. W związku z tym, aby uzyskać dalsze obniżenie zapotrzebowania na ciepło budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, często zmniejszono strumień powietrza wentylacyjnego (np. stosowano zbyt szczelne okna w połączeniu z wentylacją grawitacyjną). Jednak znaczne ograniczanie strumienia powietrza wentylacyjnego prowadzi zazwyczaj do drastycznego pogorszenia się jakości powietrza wewnętrznego. Na problem ten zwraca uwagę wielu autorów artykułów i referatów [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14]. W tej sytuacji obniżenie kosztów ogrzewania powietrza wentylacyjnego, przy zachowaniu odpowiednich strumieni powietrza, możliwe jest przy zastosowaniu odzysku ciepła z powietrza usuwanego z pomieszczeń. Odzysk ciepła z powietrza wywiewanego jest możliwy w przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej. Ciepło odzyskane z powietrza usuwanego może być wykorzystane do wstępnego podgrzania powietrza nawiewanego do pomieszczeń. Dzięki temu zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania powietrza wentylacyjnego jest niższe w porównaniu z sytuacją bez odzysku ciepła.

Mechaniczna wentylacja nawiewno-wywiewna umożliwia rozdzielenie zapotrzebowania na ciepło dla wentylacji od zapotrzebowania na ciepło dla ogrzewania. Tzn. powietrze nawiewane posiada już wymaganą temperaturę i system grzewczy nie musi przewidywać mocy na jego podgrzanie. Inna możliwość to przejęcie przez instalację wentylacyjną części lub całości zapotrzebowania na ciepło, wynikającego ze strat ciepła na drodze przenikania [2].

Alternatywnie, zwłaszcza w budynkach jednorodzinnych, mogą być stosowane proste systemy wentylacyjne, w których nawiewane powietrze podgrzewane jest wyłącznie przez ciepło odzyskane z powietrza wywiewanego. W tym przypadku temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia jest wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego, ale niższa od wymaganej temperatury powietrza wewnętrznego. Wówczas instalacja centralnego ogrzewania musi posiadać odpowiednią moc do podgrzania powietrza wentylacyjnego, ale moc ta jest niższa, niż ma to miejsce w przypadku, gdy nawiewane jest powietrze o temperaturze równej temperaturze zewnętrznej.

Osobnym zagadnieniem jest odpowiednio rozwiązany nawiew powietrza. Powietrze, które ma temperaturę niższą od wymaganej temperatury wewnętrznej, musi najpierw zostać ogrzane przez grzejniki i dopiero wtedy trafić do strefy przebywania ludzi.

2. Określenie temperatury powietrza nawiewanego za wymiennikiem ciepła

Aby określić zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza nawiewanego, które musi dostarczyć instalacja centralnego ogrzewania, trzeba znać temperaturę nawiewu. Temperaturę tę można oszacować na podstawie efektywności odzysku ciepła.

Efektywność odzysku ciepła zdefiniowana jest jako stosunek ilości ciepła przejmowanego przez powietrze nawiewane do maksymalnej ilości ciepła, jaka mogła by być uzyskana z powietrza wywiewanego:

$$\Phi = \frac{Q_{rz}}{Q_t} \quad (1)$$

gdzie:

Q_{rz} – rzeczywista moc cieplna odzyskiwana przez powietrze nawiewane, W,

Q_t – teoretyczna maksymalna moc cieplna możliwa do odzyskania z powietrza wywiewanego, przy założeniu, że powietrze to zostanie schłodzone do temperatury zewnętrznej, W.

Jeśli w wymienniku nie zachodzi wymiana wilgoci (np. w wymienniku płytowym – rys. 1) oraz strumień powietrza nawiewanego równy jest strumieniowi powietrza wywiewanego ($m_n = m_w$) równanie (1) przyjmuje następującą postać [13]:

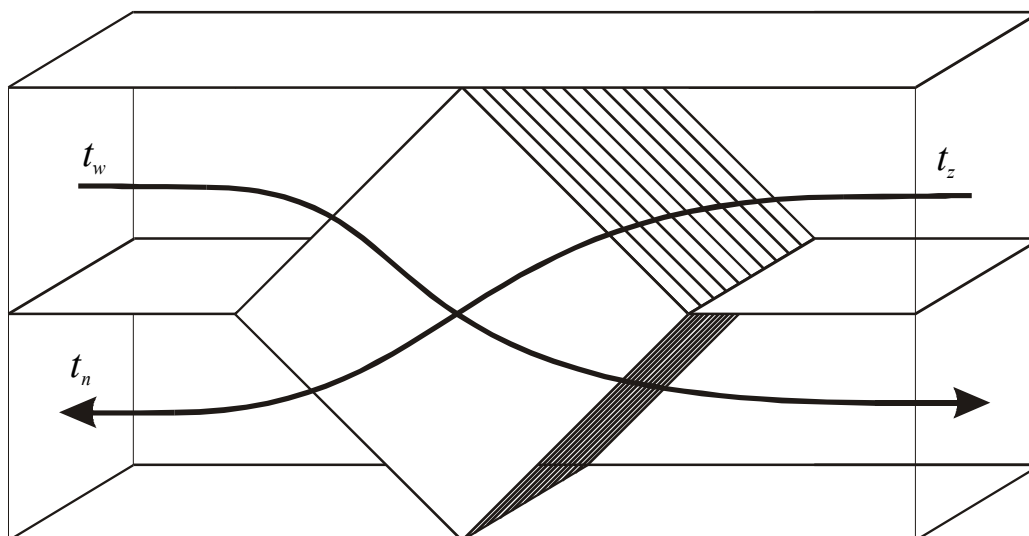
$$\Phi = \frac{t_n - t_z}{t_w - t_z} \quad (2)$$

gdzie:

t_n – temperatura powietrza nawiewanego za wymiennikiem, °C,

t_w – temperatura powietrza wywiewanego, °C,

t_z – temperatura powietrza zewnętrznego, °C.



Rys. 1. Schemat wymiennika płytowego

Stąd temperatura powietrza nawiewanego za wymiennikiem określona jest w następujący sposób:

$$t_n = t_z + \Phi(t_w - t_z) \quad (3)$$

oznaczenia j.w.

Orientacyjne wartości efektywności odzysku ciepła dla różnych systemów podano w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie systemów odzysku ciepła. Na podstawie [2]

System odzysku ciepła	Efektywność odzysku ciepła (bez odzysku wilgoci)	Powietrze nawiewane i wywiewane w jednej centrali	Części ruchome	Możliwość wymiany wilgoci
Wymiennik płytowy	50-60%	tak	nie	nie
Rekuperacja pośrednia	40-50%	nie	tak	nie
Rurka cieplna	50-60%	tak	nie	nie
Wymiennik obrotowy bez odzysku wilgoci	65-80%	tak	tak	w małym stopniu
Wymiennik obrotowy z odzyskiem wilgoci	65-80%	tak	tak	tak

Przykład

Określić temperaturę powietrza nawiewanego za wymiennikiem płytowym o efektywności odzysku ciepła 60%. Temperatura powietrza zewnętrznego wynosi -20°C , a wewnętrznego $+20^{\circ}\text{C}$.

$$t_n = t_z + \Phi(t_w - t_z) = -20 + 0,6[20 - (-20)] = 4^{\circ}\text{C}$$

3. Zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji zgodnie z normą PN-B-03406:1994

Aby określić zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji, należy znać strumień i temperaturę powietrza nawiewanego do pomieszczenia. Jednak w tym miejscu projektant napotyka na problem współistnienia dwóch norm:

- PN-B-03406:1994. *Ogrzewnictwo. Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³* [9],
- PN-83-B-03430. *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania* [10, 11].

Obie normy podają odmienny sposób ustalania wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego. Według normy PN-B-03406:1994 strumień powietrza wentylacyjnego zależy od kubatury pomieszczenia, natomiast zgodnie z normą PN-83-B-03430 strumień ten jest sumą strumieni powietrza, usuwanych z pomieszczeń.

Zgodnie z normą PN-B-03406:1994 [9] instalacja grzewcza musi posiadać moc na pokrycie strat ciepła przez przenikanie oraz zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji.

W normie podano dwa równania do określania zapotrzebowania na ciepło do wentylacji:

- Dla pomieszczeń, użytkowanych co najmniej 12 godzin w ciągu doby (np. pomieszczeń w budynkach mieszkalnych, szpitalach itp.), stosuje się wzór:

$$Q_w = [0,34(t_i - t_e) - 9]V \quad (4)$$

- Natomiast dla pomieszczeń, użytkowanych mniej niż 12 h w ciągu doby (np. w budynkach użyteczności publicznej), stosuje się wzór:

$$Q_w = [0,34(t_i - t_e) - 7]V \quad (5)$$

gdzie:

Q_w – zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji, W,

t_i – obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu, °C,

t_e – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego (lub bardziej ogólnie powietrza wentylacyjnego), °C,

V – kubatura pomieszczenia, m³.

Wzory (4) i (5) zostały skonstruowane przy założeniu jednej wymiany powietrza na godzinę. W przypadkach większej intensywności wymiany powietrza norma zaleca ograniczenie tej intensywności w czasie występowania niskich temperatur zewnętrznych.

Norma PN-B-03406:1994 [9] przyjmuje wewnętrzne zyski ciepła na poziomie 9 W/m³ i 7 W/m³, w zależności od sposobu użytkowania pomieszczeń. Wartości te jednak wydają się być zawyżone – w literaturze podawane są niższe wartości. I tak np. dla pomieszczeń mieszkalnych wewnętrzne zyski ciepła szacowane są na poziomie: 4,5 W/m³ [12] lub 4,0 W/m³ [15]. W cytowanej normie zawyżenie zysków ciepła jest kompensowane przez przyjęcie wysokiej krotności wymian powietrza na poziomie jednej wymiany na godzinę.

Sposób obliczeń podany w normie jest uproszczony, ale jednocześnie norma dopuszcza stosowanie metod bardziej dokładnych, teoretycznie uzasadnionych z uwzględnieniem założeń przyjętych w danej metodzie.

W przypadku potrzeby określenia zapotrzebowania na ciepło do wentylacji dla dowolnych wartości strumienia powietrza i wewnętrznych zysków ciepła, można skorzystać z równania uogólnionego [17]:

$$Q_w = 0,34(t_i - t_e)\dot{V}_w - q_{zc} \cdot V \quad (6)$$

gdzie:

q_{zc} – jednostkowe wewnętrzne zyski ciepła, W/m³,

\dot{V}_w – strumień objętości powietrza wentylacyjnego, m³/h,

pozostałe oznaczenia jak wyżej.

4. Strumień powietrza wentylacyjnego zgodnie z normą PN-83/B-03430

Natomiast zgodnie z normą PN-83/B-03430 [10, 11] strumień powietrza wentylacyjnego w budynkach mieszkalnych określony jest przez sumę strumieni powietrza, usuwanych z pomieszczeń. Norma ustala następujące strumienie:

- dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię gazową lub węglową – 70 m³/h,
- dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię elektryczną
 - w mieszkaniu do 3 osób – 30 m³/h,
 - w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób – 50 m³/h,
- dla kuchni bez okna zewnętrznego lub dla wnęki kuchennej, wyposażonej w kuchnię elektryczną – 50 m³/h,
- dla łazienki (z ustępem lub bez) – 50 m³/h,
- dla oddzielnego ustępu – 30 m³/h,
- dla pomocniczego pomieszczenia bezokiennego – 15 m³/h,
- dla pokoju mieszkalnego – 30 m³/h.

Przy czym dla pokoju mieszkalnego strumień powietrza usuwanego jest wymagany, jeśli pokój ten jest oddzielony od kuchni, łazienki, oddzielnego ustępu lub pomieszczenia bezokiennego (składzik, garderoba) więcej niż dwójgim drzwi oraz jeśli pokój znajduje się na wyższym poziomie w wielopoziomowym budynku jednorodzinym lub w wielopoziomowym mieszkaniu w budynku wielorodzinnym [11].

Cytowane normy przedstawiają odmienne sposoby określania wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego, a różnice w wynikach dla typowych mieszkań mogą dochodzić nawet do 100% [17]. W związku z tym, rodzi się pytanie, która norma powinna być stosowana podczas projektowania współpracujących ze sobą urządzeń wentylacyjnych i ogrzewczych.

Szerzej problematykę związaną z określaniem zapotrzebowania na ciepło do wentylacji w aspekcie współistnienia obu cytowanych powyżej norm przedstawił mgr inż. Piotr Wereszczyński w artykule „Niejednoznaczne ciepło. Jak obliczać zapotrzebowanie na moc cieplną potrzebną do ogrzania powietrza wentylacyjnego w budynkach mieszkalnych” [17].

5. Praktyczne obliczanie zapotrzebowania na ciepło do wentylacji z wykorzystaniem programu Audytor OZC

W przypadku stosowania wentylacji nawiewnej z odzyskiem ciepła obliczenie zapotrzebowania na ciepło do wentylacji można przeprowadzić za pomocą programu Audytor OZC (rys. 2). W programie można wprowadzić zarówno krotność wymian, jak i strumień powietrza nawiewanego w m³/h. Strumień powietrza wprowadza się w tabeli „Powietrze wentylacyjne” w kolumnie „Vw”. Przy czym można wprowadzić zarówno krotność wymian zgodnie z normą PN-B-03406:1994 [9], jak również strumień powietrza wentylacyjnego według normy PN-83/B-03430 [10, 11]. Wartości do 2,5 interpretowane są jako krotność wymian, a powyżej 2,5 jako strumień powietrza w m³/h.

Jeśli zostanie wprowadzony rzeczywisty strumień powietrza wentylacyjnego, to istotne jest, żeby równocześnie urealnić wartość wewnętrznych zysków ciepła. Można to zrealizować np. wybierając wartość „Qzc 4 W/m³” z rozwijanej listy „Użytkowanie (zyski bytowe) (zyski bytowe)”.

Dane - Pomieszczenie

Symbol: 5, Opis pomieszczenia: Pokój

Powietrze wentylacyjne: Vw: 40 m³/h, Tw: 4.0

Użytkowanie (zyski bytowe): Qzc 4 W/m³

Urealniona wartość wewnętrznych zysków ciepła.

Temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia: 40

Obliczone zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji

Symbol	Opis	Temperatura	Wzrost	Wzrost	Wzrost	dT
		°C	m	m ²	m	K
SZ-51	N	-20	3.6	HK		40
OD3	N	-20	1.2	1.2	1	40
SW-41		12	3.6	HK		8
PGI-P		-20	3.6	1		40
PGII-P		8	3.6	1.95		12
STD-W	H	-20	3.6	3.2		40

Wyniki obliczeń

Suma Qp: 541 W, Twentyl: 4.0 °C, Vwentyl: 40 m³/h

Dodatek d1: 0.150, Straty na wentylację Qw: 118 W

Dodatek d2: -0.026, Obliczeniowe straty ciepła Qo: 726 W

Rys. 2. Program Audytor OZC. Okno dialogowe „Dane – Pomieszczenie”.

Szczegółowe informacje nt. programu Audytor OZC zamieszczono na stronie internetowej www.sankom.pl oraz w podręczniku użytkownika [16].

6. Podsumowanie

Proste systemy wentylacji bez nagrzewnic, z odzyskiem ciepła z powietrza usuwanego, mogą być stosowane zwłaszcza w budynkach jednorodzinnych. Redukują one

zapotrzebowanie na ciepło potrzebne do ogrzania powietrza zewnętrznego o ok. 50–60% (dla płytowego wymiennika ciepła) przy relatywnie niskim koszcie inwestycyjnym (wynikającym z braku nagrzewnic).

Zagadnienia ogrzewania i wentylacji pomieszczeń powinny być traktowane łącznie, ponieważ instalacja wentylacyjna i ogrzewcza wzajemnie na siebie oddziałują. Natomiast normy w zakresie wentylacji i ogrzewnictwa nie powinny się nawzajem wykluczać. Poza tym, jak postuluje Piotr Wereszczyński [17], dobrą praktyką byłoby konsultowanie procedur obliczeniowych z twórcami oprogramowania komputerowego w aspekcie możliwości ich ujęcia w algorytmy (algorytmy programów komputerowych nie dopuszczają informacji niejednoznacznych lub wzajemnie się wykluczających).

Bibliografia:

1. Filipowicz M., Markiewicz J., Surówka M.: *Termomodernizacja budynków szkolnych i przedszkoli a wentylacja i zapewnienie komfortu cieplnego*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
2. Girdwoyń A.: *Techniczne uwarunkowania zużycia energii cieplnej i chłodniczej w instalacjach wentylacji i klimatyzacji*, w: Materiały konferencyjne XII Zjazdu Ogrzewników Polskich „Oszczędność energii a zysk”, Warszawa 17 października 2002.
3. Gładyszewska K.: *Wentylacja grawitacyjna w budynkach mieszkalnych*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
4. Janińska B.: *Termomodernizacja a zagrożenie mikologiczne budynków mieszkalnych*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce’99” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
5. Jędrzejewska-Ścibak T.: *Wentylacja a jakość powietrza wewnętrznego – doświadczenia i perspektywy*, w: Materiały zjazdowe XI Zjazdu Ogrzewników Polskich „Problemy ciepłownictwa, ogrzewnictwa, wentylacji i klimatyzacji”, PZiTS, Warszawa, 18-19 kwietnia 1996.
6. Kasperkiewicz K.: *Doprowadzenie powietrza wentylacyjnego do pomieszczeń w budynkach mieszkalnych*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce’99” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
7. Nantka M. B.: *Wybrane problemy wentylacji budynków mieszkalnych z uwagi na jakość powietrza wewnętrznego*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce’99” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
8. Norwisz J., Mikołajewski J., Rajca J.: *Oszczędność energii a SBS. Przykład budynku mieszkalnego w Krakowie*, Rynek Instalacyjny nr 3/2003.

9. Polska Norma PN-B-03406:1994. *Ogrzewnictwo. Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.*
10. Polska Norma PN-83/B-03430. *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.*
11. Polska Norma PN-83/B-03430/Az3. *Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania (Zmiana Az3).* Luty 2000.
12. Rabjasz R.: *Zagadnienia termorenowacji budynków*, Materiały konferencyjne XII Zjazdu Ogrzewników Polskich „Oszczędność energii a zysk”, Warszawa 17 października 2002.
13. Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W., Schramek E.: *Poradnik. Ogrzewanie i klimatyzacja*, EWFE, Gdańsk, 1994.
14. Sowa J.: *Audyt energetyczny budynku a system wentylacji*, w: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce’99” pod redakcją Teresy Jędrzejewskiej-Ścibak i Jerzego Sowy, Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
15. Wasilewski W.: *Wpływ ilości powietrza wentylacyjnego na współczynnik obciążenia cieplnego*, w: Materiały konferencyjne XIII Konferencji Ciepłowników Solina 2001, Wydawnictwo PZITS nr 793/2001.
16. Wereszczyński P.: *Audyt OZC. Program wspomagający obliczanie zapotrzebowania na moc cieplną i sezonowego zapotrzebowania na ciepło. Wersja 3.0. Podręcznik użytkownika*, Narodowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2003. (Podręcznik można pobrać ze strony www.sankom.pl/download.htm.)
17. Wereszczyński P.: *Niejednoznaczne ciepło. Jak obliczać zapotrzebowanie na moc cieplną potrzebną do ogrzania powietrza wentylacyjnego w budynkach mieszkalnych*, Polski Instalator nr 2/2003.