

Zespół autorów pod redakcją prof. Tadeusza R. Fodemskiego

WENTYLACJA KLIMATYZACJA OGRZEWANIE

Projektowanie
Montaż
Eksploatacja
Modernizacja



Publikacja na płycie CD

mgr inż. Jerzy Adamczewski, dr inż. Piotr Bartkiewicz, dr inż. Sławomir Bolek,
doc. inż. Tadeusz Bratek, mgr inż. Sylwia Brzezińska, inż. Jerzy Drażkiewicz,
prof. dr hab. inż. Tadeusz R. Fodemski, dr inż. Grzegorz Górecki,
dr inż. Artur Gutkowski, mgr inż. Piotr Kałach, doc. dr inż. Andrzej Kapitaniak,
dr inż. Tadeusz Kapusta, dr Michał Kuliński, mgr inż. Maria Maciejczyk,
dr inż. Maria Plocek, dr inż. Andrzej Rosiak, mgr inż. Janusz Strzyżewski,
mgr inż. Jarosław Świderek, inż. Benon Welk, mgr inż. Tomasz Wrzesiński

VERLAG
DASHÖFER

Wydawnictwo
Verlag Dashofer

Warszawa 2009

Copyright © 2009

Dashöfer Holding Ltd. & Wydawnictwo Verlag Dashofer Sp. z o. o. Warszawa

ISBN 978-83-88285-86-8

Wydawnictwo Verlag Dashofer Sp. z o. o.

ul. Senatorska 12

00-082 Warszawa

tel.: (022) 559 36 00(~05) – dział obsługi klienta, 559 36 54 – zawartość merytoryczna publikacji

fax: (022) 829-27-00, 829-27-27

www.dashofer.pl

Redaktor odpowiedzialny: Agnieszka Szewczyk
e-mail: szewczyk@dashofer.pl

Opracowanie redakcyjne: Bożena Hałuszczczyńska

Skład: Dariusz Ziach

Druk: SEMAFIC

Wszelkie prawa zastrzeżone, prawo do tytułu i licencji jest własnością Dashöfer Holding Ltd. Kopiowanie, przedrukowywanie i rozpowszechnianie całości lub fragmentów niniejszej publikacji, również na nośnikach magnetycznych i elektronicznych, bez zgody Wydawcy jest zabronione. Ze względu na stałe zmiany w polskim prawie oraz niejednolite interpretacje przepisów Wydawnictwo nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczone informacje.

7.11.3. WENTYLACJA HYBRYDOWA

Wentylacja hybrydowa stanowi połączenie prostoty i niskich kosztów użytkowania wentylacji grawitacyjnej z niezawodnością wentylacji mechanicznej.



Najtrudniejsza sytuacja dla skutecznej wentylacji grawitacyjnej ma miejsce w okresach przejściowych (wiosna, jesień), gdy różnica ciśnień spowodowana wyporem termicznym może okazać się niewystarczająca. Nadto częstą przyczyną problemów z właściwym ciągiem kominowym jest zbyt krótki przewód kominowy, lub zbyt małe jego powierzchnie przekroju poprzecznego, niepoprawne usytuowanie wylotów kanałów na dachu, niedocieplenie kanałów, szczelne pomieszczenia (szczelna stolarka zewnętrzna), brak dostatecznego nawiewu powietrza z zewnątrz. Czynniki te mogą wywołać tzw. ciąg wsteczny.

Pomocne może okazać się zastosowanie, na zakończenie przewodu kominowego w miejscu o znacznej ekspozycji na wiatr, nasady kominowej w charakterze wywietrznika. Powoduje to powstanie podciśnienia po zawietrznej stronie nasady, a to z kolei wywołuje ruch powietrza w przewodzie kominowym i wspomaga naturalny ciąg kominowy.

Działanie nasad kominowych może być bardzo skuteczną drogą wspomaganie wentylacji naturalnej, nie zawsze jednak zapewni stabilność i niezawodność wentylacji.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej może zapewnić stałą i pożądaną wydajność usuwanego powietrza. Jednakże zastosowanie tej metody, zwłaszcza nieprzewidzianej w projekcie, może spowodować niebezpieczeństwo „przedobrzenia”, gdy wydajność wentylatora będzie za wysoka. Zacznie on zasysać spaliny z urządzeń grzewczych (zwłaszcza starego typu grzejników łazienkowych), które powinny być wydalone odrębnymi kanałami. Niedozwolone jest w tym przypadku łączenie wentylacji mechanicznej z grawitacyjną.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej znacznie podnosi koszty eksploatacyjne instalacji, co ma istotne znaczenie zwłaszcza w niewielkich domach jednorodzinnych.

Wentylacja hybrydowa ma zalety wentylacji naturalnej i mechanicznej, eliminuje jednocześnie wady obydwu. Zasada jej działania opiera się na założeniu, że oba rodzaje wentylacji współpracują ze sobą. Działa jedna albo druga,

zalety

w zależności od tego, co jest w danej chwili bardziej korzystne. Jeśli warunki atmosferyczne pozwalają na działanie wentylacji naturalnej, będzie ona działała i zapewniała dopływ świeżego powietrza do pomieszczeń. Natomiast gdy wentylacja naturalna zacznie zawodzić, włączy się system mechaniczny i wymusi odpowiedni obieg powietrza.

Podstawowymi zaletami, jakie można zauważyć w tym systemie, to zdecydowanie mniejsze zużycie prądu, niż przy zastosowaniu samej wentylacji mechanicznej, oraz dużo większa skuteczność wymiany powietrza niż w przypadku zastosowania samej wentylacji naturalnej. Wentylacja hybrydowa cechuje się ponadto bardziej cichą pracą niż wentylacja mechaniczna, wykorzystując te same kanały, co przy wentylacji naturalnej.

rozwiązania konstrukcyjne

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest nasada kominowa, czyli specjalnie skonstruowany wentylator, który nakłada się na szczyty grawitacyjnych kanałów [72, 74, 75].

Nasada wywiewna „Fenko”

Dla potrzeb wentylacji w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych przewidziana jest nasada wentylacyjna, której zadaniem jest zapewnienie właściwych wartości ciągu grawitacyjnego w kanałach wentylacyjnych budynków. Nasada ta produkowana przez firmę UNIWERSAL montowana na zwieńczeniu komina wentylacyjnego może być dopasowana do wszystkich rodzajów kanałów wentylacyjnych zarówno tradycyjnych budowanych z cegły, jak i przeróżnych pustaków wentylacyjnych, kanałów z PCV, przewodów spiro lub blachy ocynkowanej czy stalowej nierdzewnej.

zasady pracy

Wentylator pracuje jako nasada grawitacyjna, gdy warunki atmosferyczne na to pozwalają. Konieczna do tego jest właściwa różnica temperatur oraz zewnętrzny ruch powietrza. W takich przypadkach podciśnienie wywołane w kanale wentylacyjnym, niejednokrotnie wystarcza na uzyskanie właściwego poziomu strumienia powietrza wentylacyjnego usuwanego z kuchni, łazienek czy pomieszczeń wc.

W przypadku, gdy warunki atmosferyczne na to nie pozwalają lub istnieje konieczność zwiększenia ciągu wentylacyjnego, użytkownik takich pomieszczeń może włączyć mechaniczną pracę wentylatora na pierwszym biegu (obroty 1000 l/min) lub w przypadku ekstremalnym – na drugim biegu (obroty 1400 l/min).

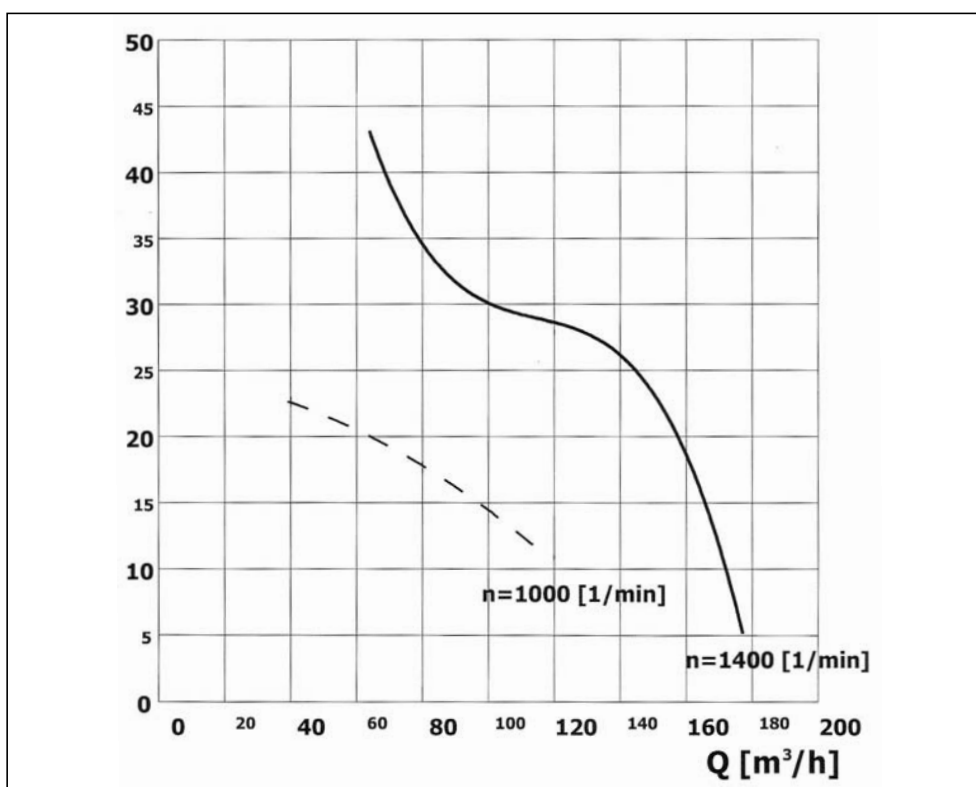
Maksymalna ilość powietrza, jaką wentylator jest w stanie usunąć z pomieszczenia, wynosi dla pracy mechanicznej odpowiednio 120 m³/h w przypadku pierwszego biegu, oraz 180 m³/h dla drugiego biegu obrotów roboczych silnika. Wydajności te są większe lub równe typowym wentylatorom łazienkowym montowanym w ścianie wewnątrz pomieszczenia. Zaletą ich jest jednak

to, że uciążliwość akustyczna ich pracy występuje poza pomieszczeniem użytkowanym. Poziom ciśnienia akustycznego jest niski i wynosi odpowiednio 33 dBA oraz 41 dBA i nie powoduje uciążliwości na zewnątrz pomieszczenia wentylowanego.

Innowacyjną rzeczą jest fakt zamontowania w wentylatorze silnika prądu stałego, którego praca polega na tym, że zasilany jest z gniazdka 230 V jednofazowego. Wewnątrz jednak silnika następuje zamiana prądu przemienionego na prąd stały. Pozwala to uzyskać bardzo niski poziom mocy zainstalowanej odpowiednio 9,5 W/6,2 W.

innowacje

Na rysunku 7.11.3/1 przedstawiono charakterystykę przepływową wentylatora nasady hybrydowej „Fenko”.



Rys. 7.11.3/1. Charakterystyka przepływowa wentylatora nasady hybrydowej „Fenko”

Dachówka „Brass” to popularny system wykończenia dachów, dlatego przygotowano sposób mocowania nasady wentylacyjnej z zakończeniem kominowym typu „Brass”, stosując redukcję TYP FB. Na rysunku 7.11.3/2 przedstawiono montaż zespołu wywiewnego.



Rys. 7.11.3/2. Widok ogólny nasady hybrydowej „Fenko” i montaż na pokryciu dachowym typu „Brass”

Na rysunku 7.11.3/3 przedstawiono wersje przeznaczone do montażu na pustakach kominowych typu „Shiedel”. Nasady hybrydowe „Fenko” (Shiedel) występują w trzech odmianach: TYP SV, TYP SP oraz TYP SH. Dzięki temu, zależnie od potrzeb, można łączyć nasady w szeregi w wielu konfiguracjach. Jest to możliwe dzięki specjalnie wyprofilowanym korpusom umożliwiającym montaż szeregowy pomimo ograniczonego miejsca wynikającego z konstrukcji pustaków „Shiedel”.



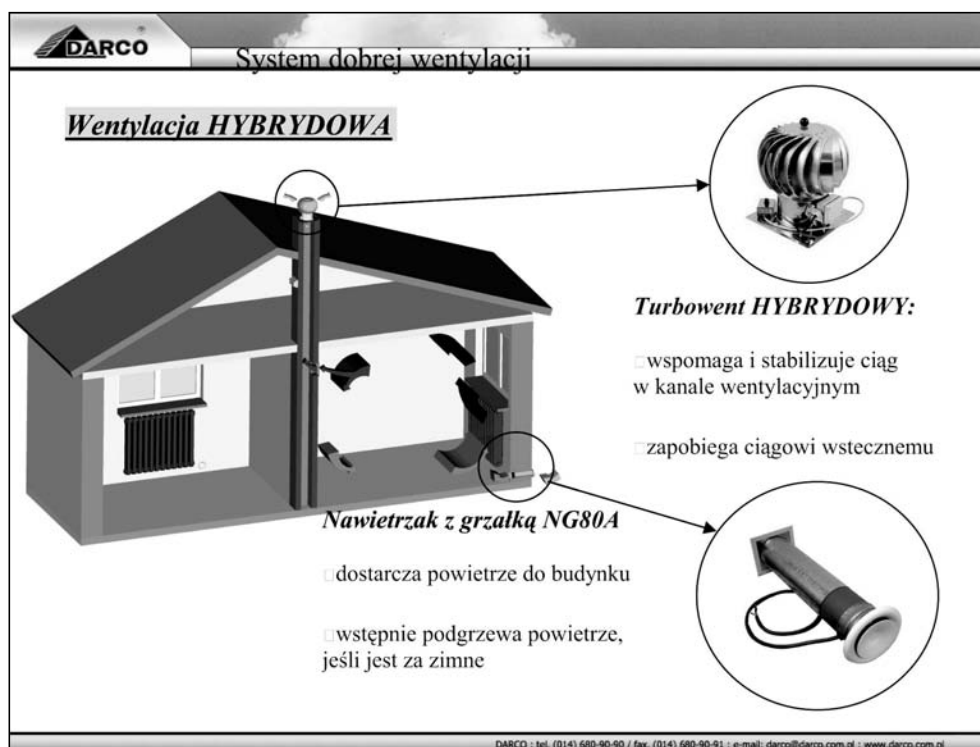
Rys. 7.11.3/3. Montaż nasady hybrydowej „Fenko” na kanałach typu „Shiedel”

Rozwiązania firmy DARCO

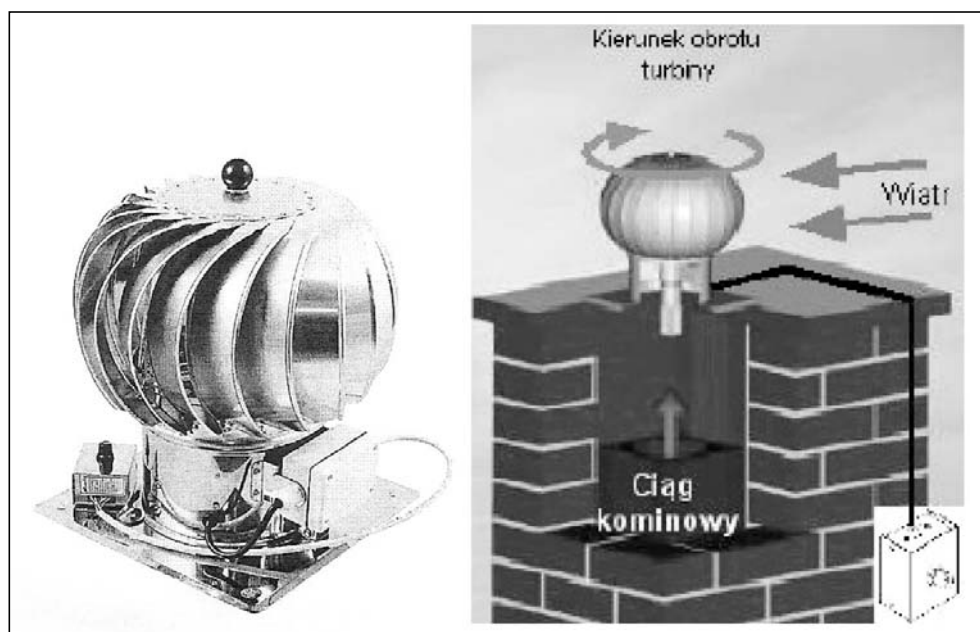
Firma DARCO [74] proponuje w dziedzinie wentylacji hybrydowej „system dobrej wentylacji”. Podstawą jest nasada Turbowent hybrydowy oraz nawiewnik z grzałką (rys. 7.11.3/4).

Turbina nasady jest napędzana wiatrem. Jest ona tak skonstruowana, że wiejący wiatr powoduje jej napędzanie. Obracając się, turbina wytwarza podciśnienie w kanale wentylacyjnym. W przypadku braku wiatru sterownik załącza silnik bez szczotkowy prądu stałego, który napędza turbinę, więc ciąg w kanale wentylacyjnym zostaje podtrzymany na właściwym poziomie. Przy zbyt silnym wietrze silnik hamuje turbinę, nie dopuszczając do zbyt intensywnej wymiany powietrza. Na rysunku 7.11.3/5 przedstawiono zasadę pracy nasady Turbowent hybrydowy.

**nasada Turbowent
hybrydowy oraz
nawiewnik
z grzałką**



Rys. 7.11.3/4. System dobrej wentylacji



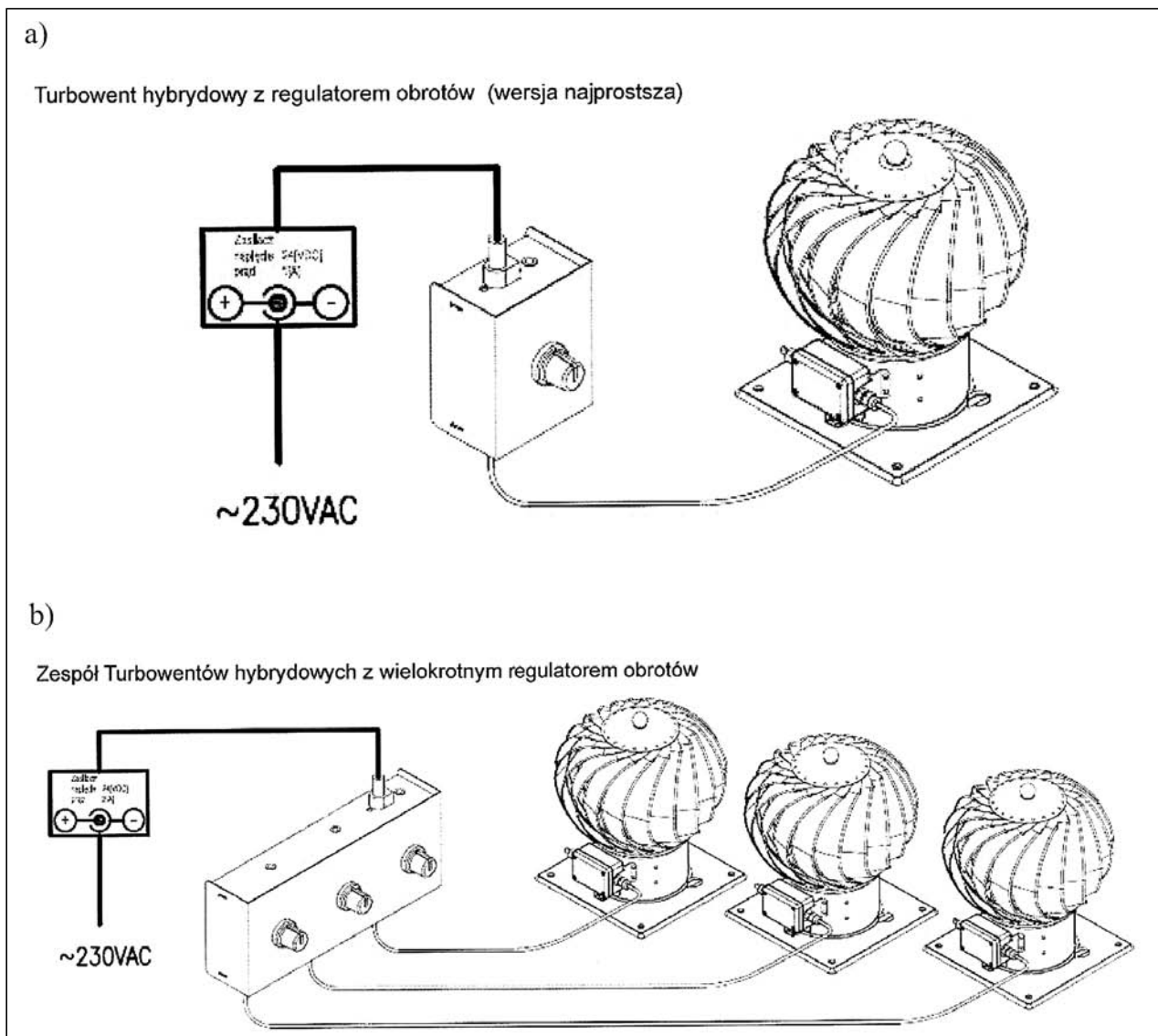
Rys. 7.11.3/5. Zasada działania nasady Turbowent hybrydowy

zasada działania Turbowentu hybrydowego

Przedstawiony na rysunku 7.11.3/5 sposób pracy nasady stabilizuje ciąg w kanale wentylacyjnym. Ponadto napęd nasady zarówno przez wiatr, jak i za pomocą silnika powoduje, że urządzenie zużywa bardzo mało energii elektrycznej, bo zaledwie 3–5 W (w przypadku całkowitego braku wiatru). Nasada jest wyposażona w silnik bezszczotkowy, co zdecydowanie wpływa na niezawodność całego napędu – brak elementów zużywających się podczas eksploatacji, takich jak np. szczotki, w silnikach prądu stałego, podnosi trwałość

urządzenia. Zasilanie nasady zostało tak dobrane, żeby pasowało do parametrów typowych instalacji niskonapięciowych montowanych w budynkach (taką instalacją jest na przykład instalacja przeciwpożarowa).

Sterowanie podstawową wersją Turbowentu hybrydowego odbywa się za pomocą regulatora, na którym za pomocą pokrętki jest ustawiana prędkość obrotowa (rys. 7.11.3/6a, b).



Rys. 7.11.3/6. Zespół Turbowentów do wentylacji hybrydowej

Dla bardziej zaawansowanych użytkowników nasada może być wyposażona w specjalny sterownik, oparty na module logicznym obsługującym do pięciu nasad, w którym można zaprogramować strefy czasowe, pozwalające na ustawienie intensywności wentylacji w różnych porach dnia. Możliwość doboru intensywności wentylacji jest bardzo istotna z punktu widzenia oszczędności energii w sezonie grzewczym. Zmniejszenie natężenia wentylacji w czasie, gdy np. domownicy są w pracy lub śpią w nocy powoduje zmniejszenie strat ciepła, czyli zmniejszenie kosztów ogrzewania domu.

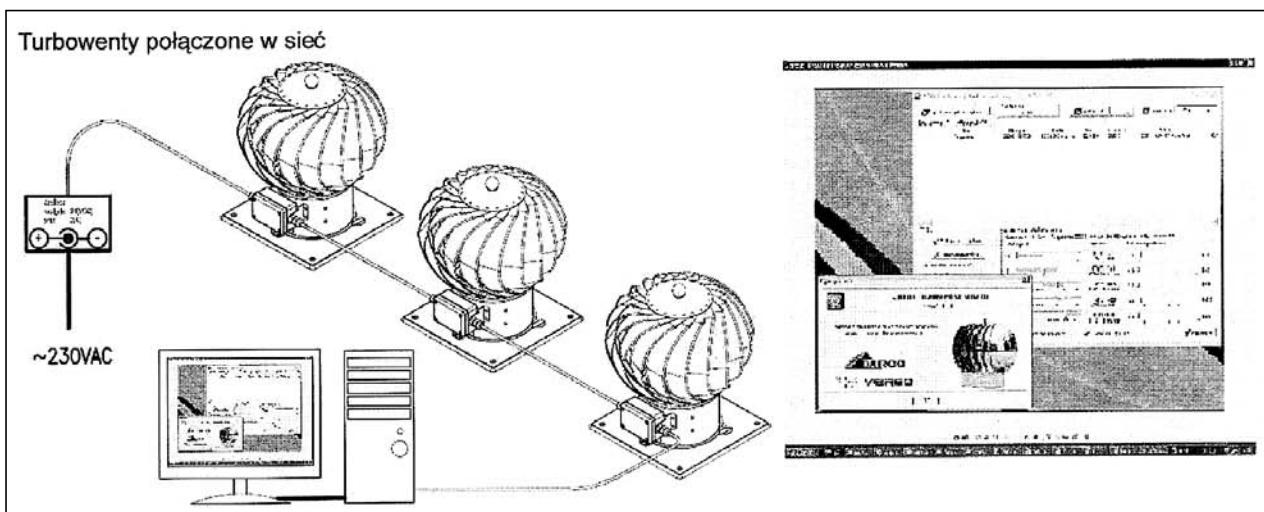
**dotatkowe
wyposażenie
nasady Turbowent**

7.11. Wentylacja budynków mieszkalnych i socjalnych

WENTYLACJA, KLIMATYZACJA, OGRZEWANIE

**system
zaawansowany
Turbowentu**

Najbardziej zaawansowanym systemem wentylacji hybrydowej są Turboventy hybrydowe przystosowane do pracy w sieci. Nasady takie rozmieszcza się na obiekcie i łączy jednym przewodem wielożyłowym, w którym dwie żyły stanowią zasilanie, a kolejne dwie to magistrała danych (rys. 7.11.3/7).



Rys. 7.11.3/7. Zespół Turbowentów do wentylacji hybrydowej przystosowany do pracy w sieci

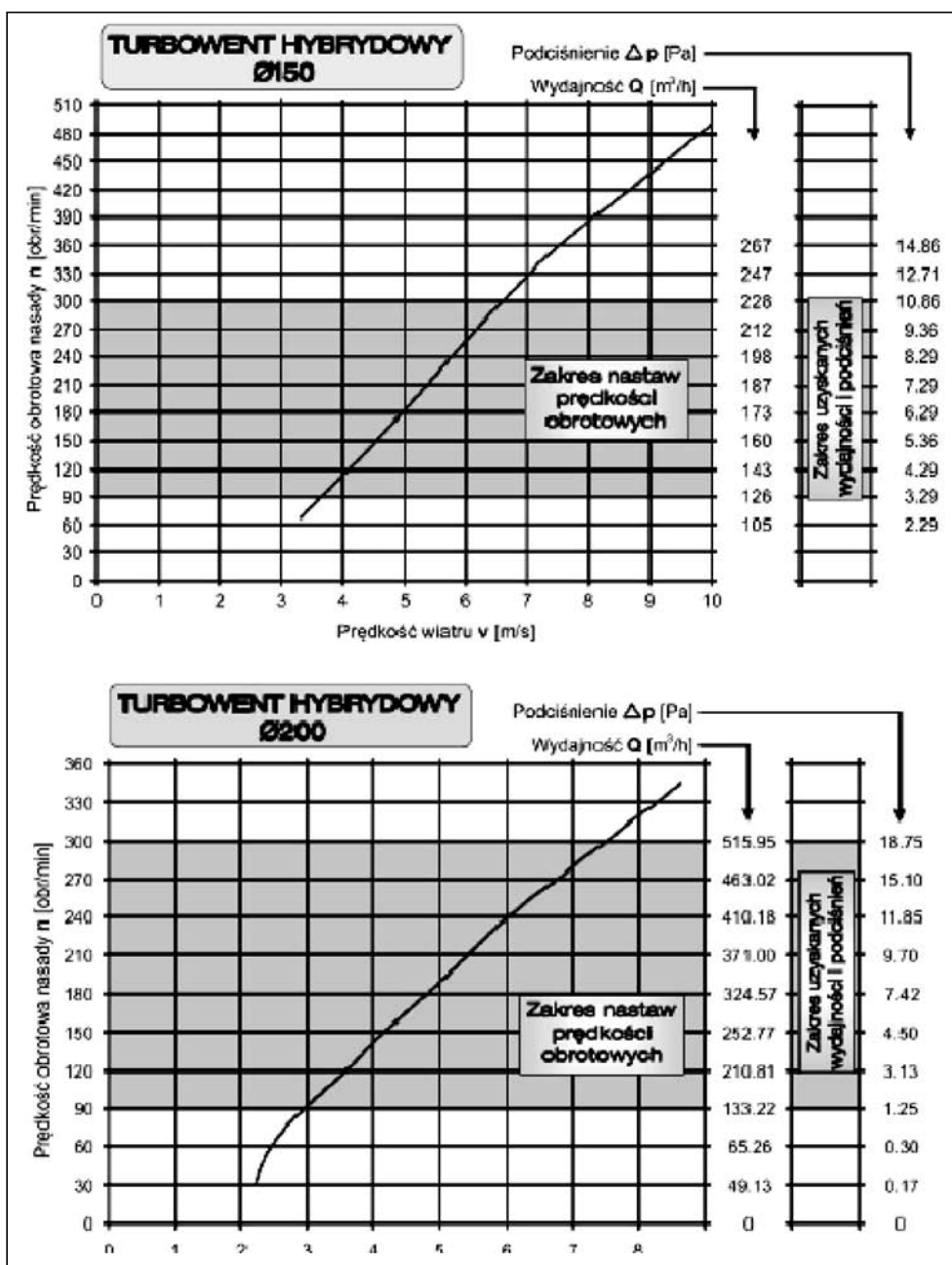


Aby ustawić parametry pracy poszczególnych nasad lub sprawdzić ich działanie, wystarczy do takiej sieci podpiąć standardowy komputer PC, który ma zainstalowany darmowy program (do pobrania ze strony www), służący do obsługi nasad. Siedząc w jednym miejscu przed ekranem komputera, można automatycznie dobrać prędkość obrotową, ustawić strefy czasowe dla każdego z Turbowentów hybrydowych oraz można skontrolować, czy wszystkie nasady pracują prawidłowo.

Same nasady hybrydowe można bardzo łatwo zaadaptować do wszystkich zintegrowanych systemów sterowania, ponieważ przy konstruowaniu starano się wykorzystać typowe napięcie zasilania oraz typowe sygnały sterujące, po to, by nasada pasowała do wielu systemów nadzorujących „inteligentne” budynki.

Praca silnika jest nadzorowana przez sterownik umieszczony w nasadzie. Zadawanie prędkości obrotowej odbywa się sygnałem napięciowym 0-5 V w przypadku Turbowentów hybrydowych o średnicach 150 i 200 mm oraz 0-10 V w przypadku nasad o średnicach 400 i 500 mm. Sygnał 0-10 V jest jednym z typowych sygnałów sterujących stosowanych w instalacjach przemysłowych. Sygnał 0-5 V jest bardzo zbliżoną formą przekazywania informacji do sygnału 0-10 V. Wytworzenie takich sygnałów sterujących jest łatwym zadaniem. Pozwala to na wkomponowanie nasad hybrydowych do dowolnego systemu automatyki nadzorującego budynek.

Na rysunku 7.11.3/8 przedstawiono charakterystykę aerodynamiczną Turboventu hybrydowego \varnothing 150, 200.



Rys. 7.11.3/8. Charakterystyka aerodynamiczna Turbowentu hybrydowego 150, 200. Przedział oznaczony kolorem szarym to zakres wartości możliwych do uzyskania i utrzymania

Dane techniczne:

Napięcie zasilania regulatora obrotów – 24 VDC.

Maksymalny pobór prądu (rozwuch) – 0,5 A.

Średni pobór prądu – ok. 0,2 A.

Zakres prędkości obrotowej – 90–300 obr./min.

Zalecany zasilacz – 24 VDC, 1000 mA.

Temperatura otoczenia – od – 30°C do +40°C.

Stopień ochrony sterownika silnika – IP66.

Stopień ochrony silnika – IP34.

Stopień ochrony regulatora – IP20.

Montaż



„Turbowent” należy montować na szczycie komina z zaleceniem, aby cała nasada znajdowała się ponad szczytem dachu (ekspozycja na wiatr z każdej strony). Przewód zasilający silnik należy prowadzić na zewnątrz przewodu kominowego i sprowadzić na poddasze. Regulator obrotów, panel sterowania i zasilacz chronić przed wilgocią.

Wszystkie nasady produkowane przez firmę DARCO i przeznaczone do montażu na kominie, zarówno stałe (CAGI, H, gwiazdziste, a nawet daszki kominowe), jak i obrotowe („Turbowent”) czy samonastawne („Rotowent”) zostały tak zaprojektowane, że umożliwiają czyszczenie przewodu kominowego bez demontażu nasady, a jedynie przez jej odchylenie.



Nasady „Turbowent” hybrydowy nie wolno stosować jako zakończenie przewodów odprowadzających spaliny i dymy z urządzeń grzewczych. Nie stosować do wentylowania kanalizacji sanitarnej.

8.6.4.4. Nawilżanie powietrza za pomocą pary

Nawilżanie powietrza parą, pomimo że jest droższe niż nawilżanie wodą, w pewnych okolicznościach jest niezbędne. Przy nawilżaniu wodą istnieje zawsze możliwość przeniesienia do pomieszczeń klimatyzowanych wytrąconych kryształków soli mineralnych oraz bakterii. Nie można więc tego typu nawilżania stosować w klimatyzacji takich pomieszczeń jak muzea, w pomieszczeniach montażu elektroniki, sterylnych laboratoriach, salach operacyjnych intensywnej terapii itp.

Nawilżanie parą, w stosunku do nawilżania wodą, wykazuje następujące zalety:

zalety

- 1) sterylność nawilżania powietrza;
- 2) proces nawilżania przebiega przy stałej temperaturze;
- 3) nawilżanie parą nie powoduje osadzania się kryształków soli mineralnych, nie przenosi zapachów ani zanieczyszczeń powietrza;
- 4) łatwość regulacji i możliwość osiągnięcia dowolnej wilgotności względnej powietrza.

Przy nawilżaniu powietrza parą wodną kierunek przemiany określa zależność:

$$\varepsilon = \Delta h_p / \Delta x = 2500 + 1,86 t \quad (8.6.4.4/1)$$

$$\Delta h_p = (r + c_p'' t) \Delta x = (2500 + 1,86 t) \Delta x$$

gdzie:

Δh_p – entalpia doprowadzona z parą wodną, [kJ/kg];

Δx – przyrost zawartości wilgoci w powietrzu, [kg/kg];

c_p'' – ciepło właściwe pary wodnej, [kJ/(kg K)].

Kierunek przemiany przy nawilżaniu powietrza parą wodną będzie więc zgodny z izotermą „t”. Stąd przy nawilżaniu powietrza parą wodną mówi się o przemianie izotermicznej.

Masę pary konieczną do nawilżenia powietrza oblicza się z zależności

$$M_p = L (x_1 - x_2) 3600 \text{ [kg/h]} \quad (8.6.4.4/2)$$

gdzie:

L – strumień nawilżanego powietrza, [kg/s].

Na rysunku 8.6.4.4/1 pokazano schemat nawilżacza wraz z urządzeniami współpracującymi przeznaczonego do zamontowania w centrali klimatyzacyjnej, [41].

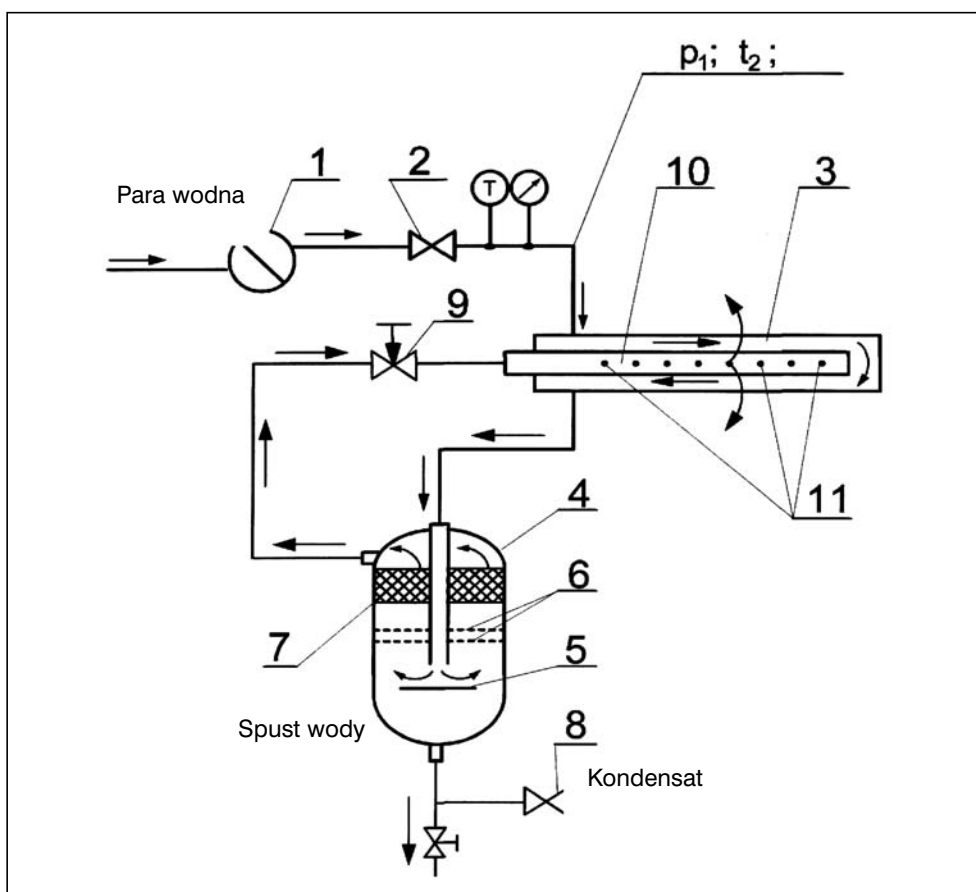
rodzaje i działanie nawilżaczy

Ze względu na charakter pracy nawilżacza wymagającego wysokiej czystości pary, na rurociągu doprowadzającym musi być zainstalowany filtr (1) i za nim umieszczony jest zawór odcinający (2).

Następnie oczyszczona para dolotowa skierowana jest do przestrzeni grzejnej lancy (3). Konstrukcja wewnętrzna lancy zmusza parę do przepływu wzdłuż całej jej długości. Z przestrzeni grzejnej lancy para mokra wraz z powstałym kondensatem skierowana zostaje do separatora (4). W separatorze na skutek zmiany kierunku przepływu pary o 180° kondensat zostaje oddzielony od pary i zbiera się w dolnej części separatora, skąd poprzez odwadniacz termodynamiczny (8) zostaje usunięty. Drobniejsze kropelki kondensatu, które jeszcze niesie ze sobą para, zostają oddzielone na filtrze siatkowym (7) i spływają po ściankach separatora w dolne jego partie.

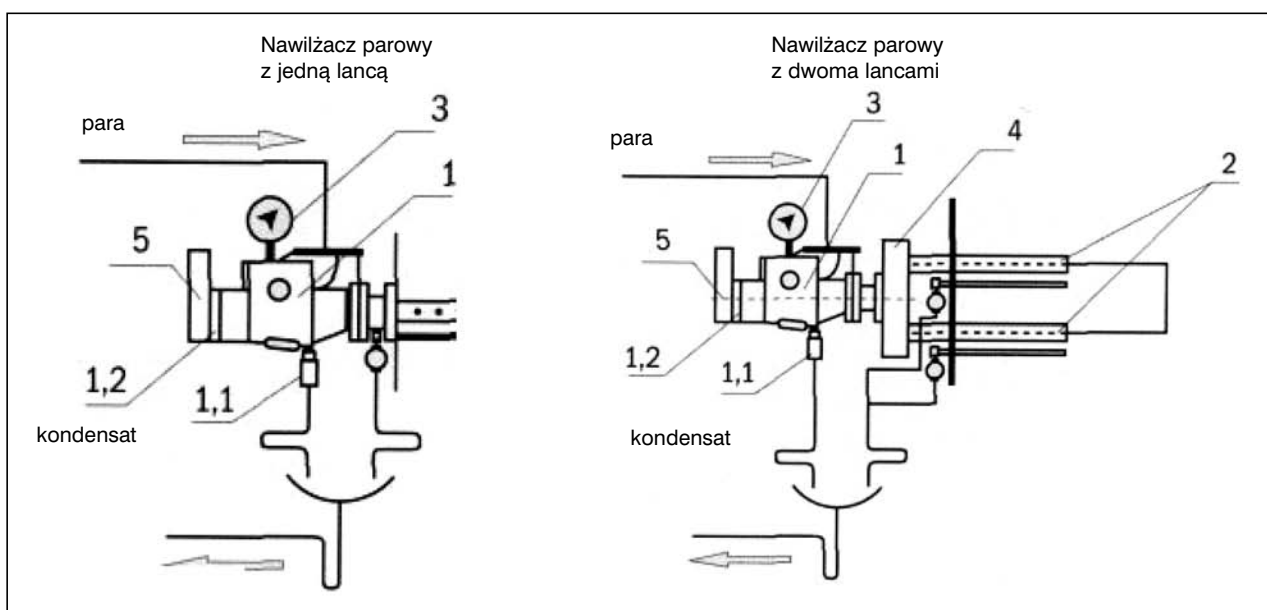
Dla uniknięcia zalewania filtra siatkowego kroplami kondensatu odbitymi od ścian i płyty (5), pomiędzy filtrem siatkowym a tą płytą ustawiono dwie przegrody perforowane (6) z przesuniętymi względem siebie otworami, przez które do filtra siatkowego może przepłynąć tylko para z małymi kropelkami kondensatu. Osuszona para z górnej części separatora skierowana jest poprzez zawór regulacyjny (9) do wewnętrznej rury lancy (10), skąd przez dysze (11) wtrysnięta zostaje do strumienia nawilżanego powietrza. Opory przepływu pary przez nawilżacz są tak dobrane, że prawie cały spadek ciśnienia odbywa się na zaworze regulacyjnym, gdzie płynie już prawie sucha para. Zdławienie jej w takim stanie powoduje samoprzegrzanie, co oznacza, że do nawilżanego powietrza jest wtryskiwana para lekko przegrzana bez zawartości kropeł kondensatu. Zapewnia to wysoką sprawność procesu nawilżania.

Wyływ pary z lancy następuje w kierunku przeciwnym do przepływu powietrza, co zapewnia lepsze jej rozproszenie na krótkiej drodze i szybsze wchłonięcie przez powietrze.



Rys. 8.6.4.4/1. Schemat nawilzacza wraz z urządzeniami współpracującymi

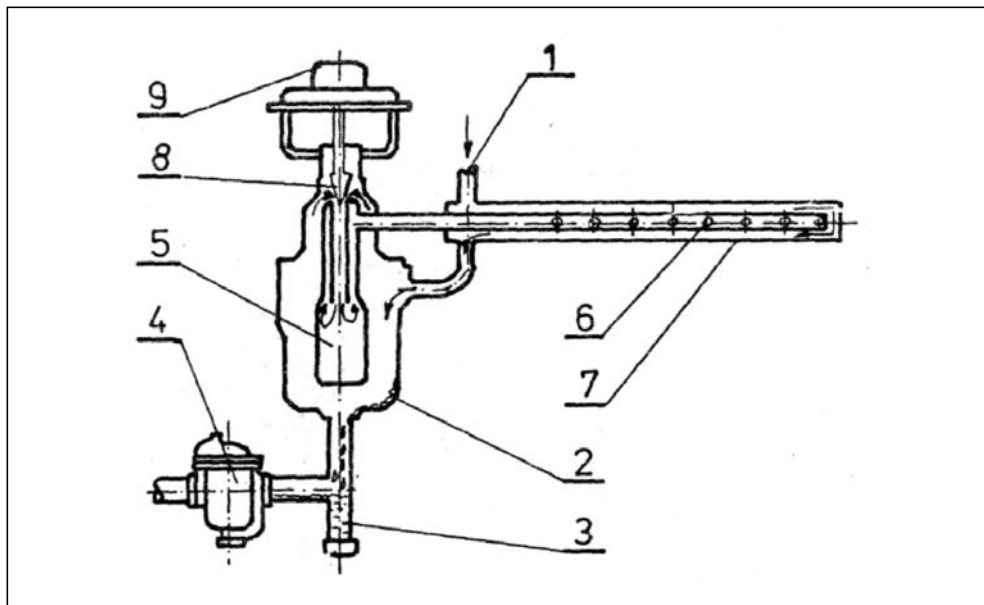
Na rysunku 8.6.4.4/2. pokazano nawilzacz stosowany w centralach SV.



Rys. 8.6.4.4/2. Nawilzacz parowy stosowany w centrali SV – VTS Clima [49]

1 – nawilzacz parowy; 1,1 – odwadniacz; 1,2 – element redukcyjny do silnika; 2 – lancą nawilżającą; 3 – manometr (wyposażenie dodatkowe); 4 – rozdzielacz – tylko w przypadku nawilzacza z dwoma lancami; 5 – siłownik AF24SR

Na rysunku 8.6.4.4/3 pokazano schemat nawilzacza parowego ARM, [3].



Rys. 8.6.4.4/3. Schemat nawilzacza parowego ARM

1 – doprowadzenie pary przegrzanej; 2 – komora wstępnego osuszenia pary; 3 – spływ skroplin; 4 – odwadniacz; 5 – komora (rozprężna) wtórnego osuszania pary; 6 – lanca; rozdzielacz pary; 7 – lanca; komora izolacyjna; 8 – zawór dozujący parę; 9 – siłownik

Stosując parowe nawilżanie powietrza, należy przewidzieć odpowiednio długą strefę mieszania się pary z powietrzem, w którym to obszarze zostanie zaabsorbowana mgła powstająca w strefie doprowadzania pary. W przeciwnym przypadku na ściankach i napotkanych przeszkodach może nastąpić osiadanie kropeł znajdujących się w przesyconym powietrzu. Z tego też względu nie zaleca się nawilżać powietrza powyżej $\varphi = 0.9$.

Długość komory mieszania można ustalić na podstawie wykresów pokazanych na rysunkach 8.6.4.4/4 i 8.6.4.4/5 oraz tabeli 8.6.4.4/1, [3].

Masowe natężenie wypływu pary z rozdzielacza można określić z wzoru:

$$M_p = 1/4(\pi d^2) w_p \rho \mu \quad (8.6.4.4/3)$$

gdzie:

– prędkość wypływu pary z otworu o średnicy d , m

$$w_p = [2 (p_p - p_{c \text{ pow}})/\rho_p]^{1/2}, \text{ [m/s];} \quad (8.6.4.4/4)$$

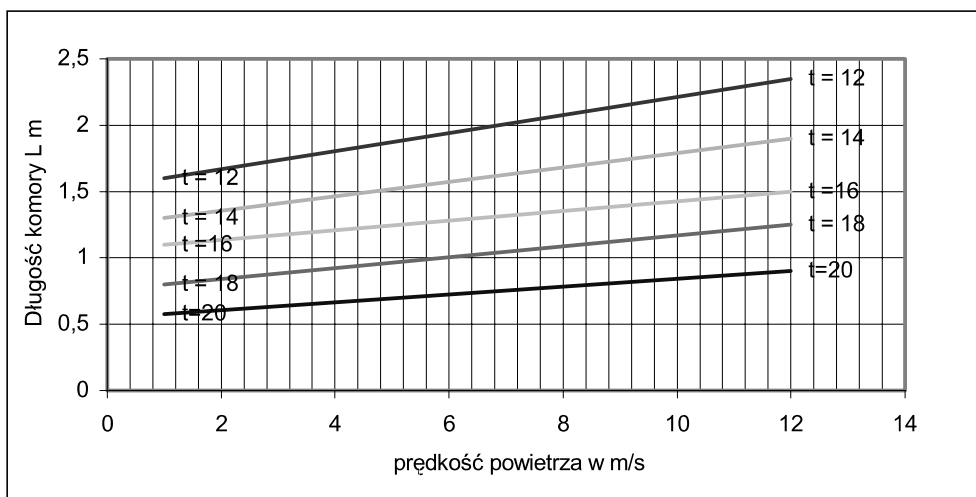
– ρ_p – gęstość pary wodnej, $[\text{kg/m}^3]$;

– μ – współczynnik wypływu; $\mu 0,5$;

– całkowite ciśnienie pary w rozdzielaczu $p_p = \Delta p_p + p_a - \Delta p_s$, $[\text{Pa}]$;

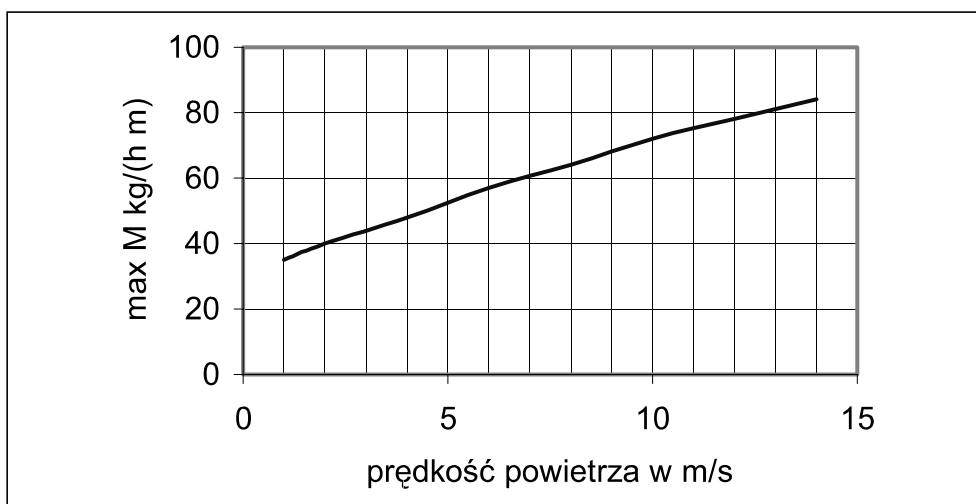
– całkowite ciśnienie powietrza w kanale $P_{c \text{ pow}} = p_{\text{stat}} + p_{\text{dyn}} = p_{\text{stat}} + 1/2(w^2/\rho)$, $[\text{Pa}]$;

- Δp_s – strata ciśnienia w przewodzie między źródłem pary a rozdzielaczem, [Pa].



Rys. 8.6.4.4/4. Długość komory mieszania

Wykres dla $x_1 = 4$ g/kg; $x_2 = 8$ g/kg oraz dla max M_p (wykres 8.6.4.4/5 i tab. 8.6.4.4/1) dla innych parametrów powietrza otrzymaną długość komory L należy pomnożyć przez współczynnik K z tabeli 8.6.4.4/1.

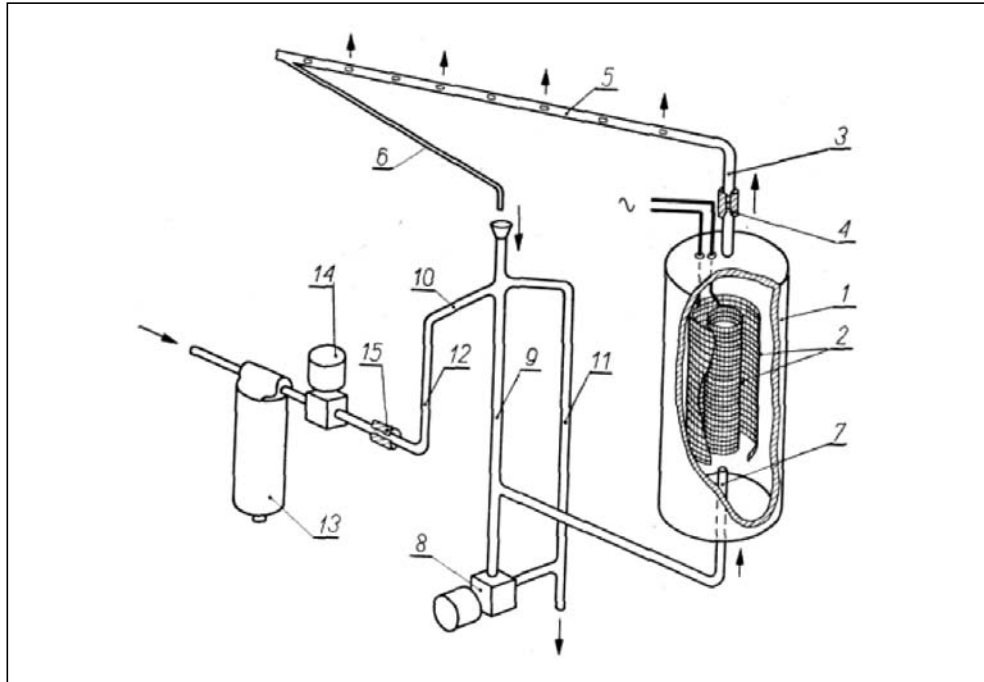


Rys. 8.6.4.4/5. Maksymalne masowe natężenie pary M kg/(h m) rozdzielacza

Tabela 8.6.4.4/1. Współczynnik K do wyznaczania długości komory mieszania L

K	–	0,75	1,0	1,25
X_1	kg/kg	–	0,004	0,002
X_2	kg/kg	0,008	0,008	0,008
Przy $\varphi \leq 0,95$				
M_p	Kg/(h m)	0,5 M_p max	M_p max	M_p max

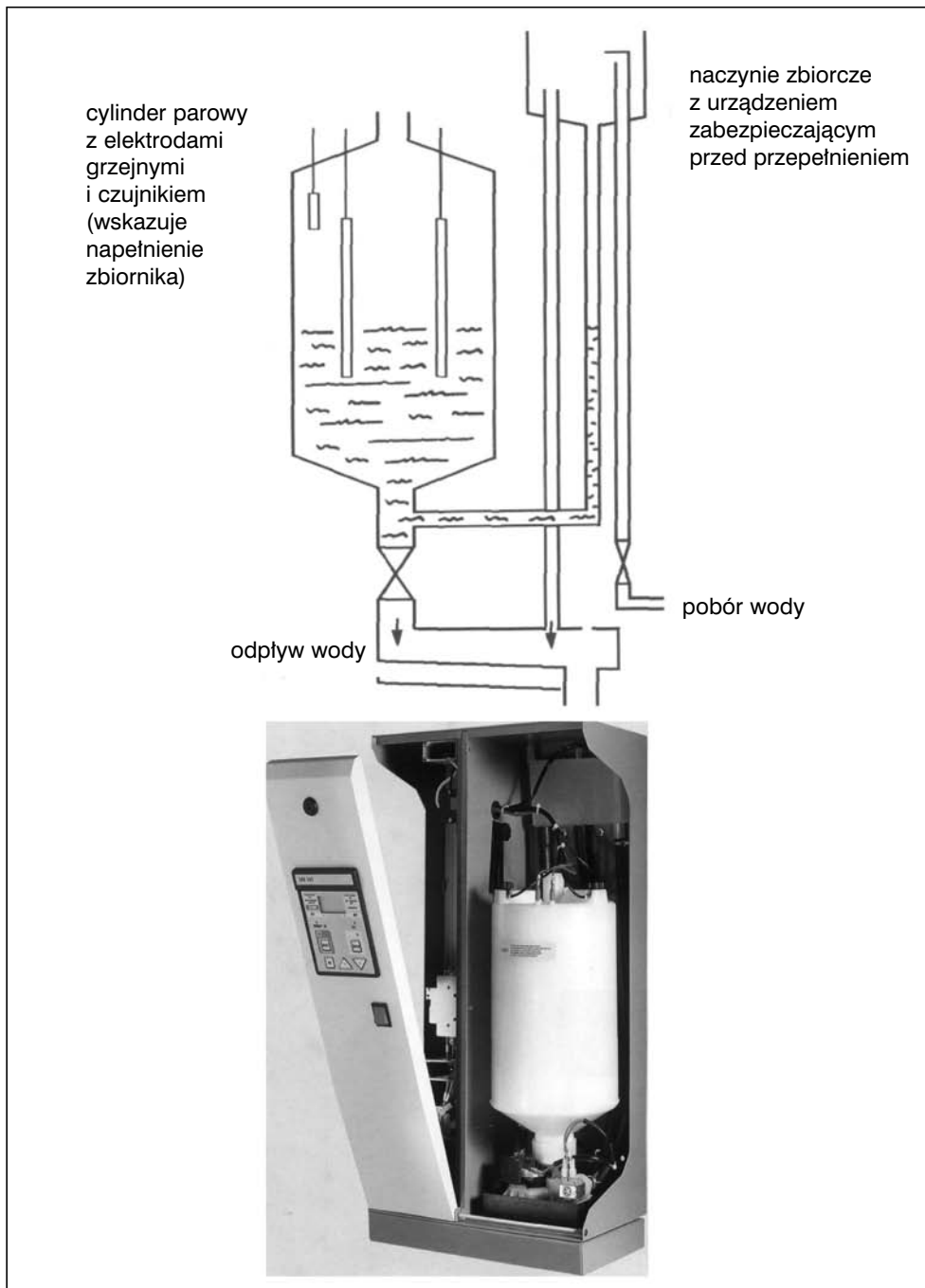
Na rysunkach 8.6.4.4/6 i 8.6.4.4/7 pokazano schematy działania nawilżaczy parowych z własnym źródłem pary, a na rysunku 8.6.4.4/8 widok ogólny tych urządzeń.



Rys. 8.6.4.4/6. Nawilżacz parowy typu Lumatic [52]

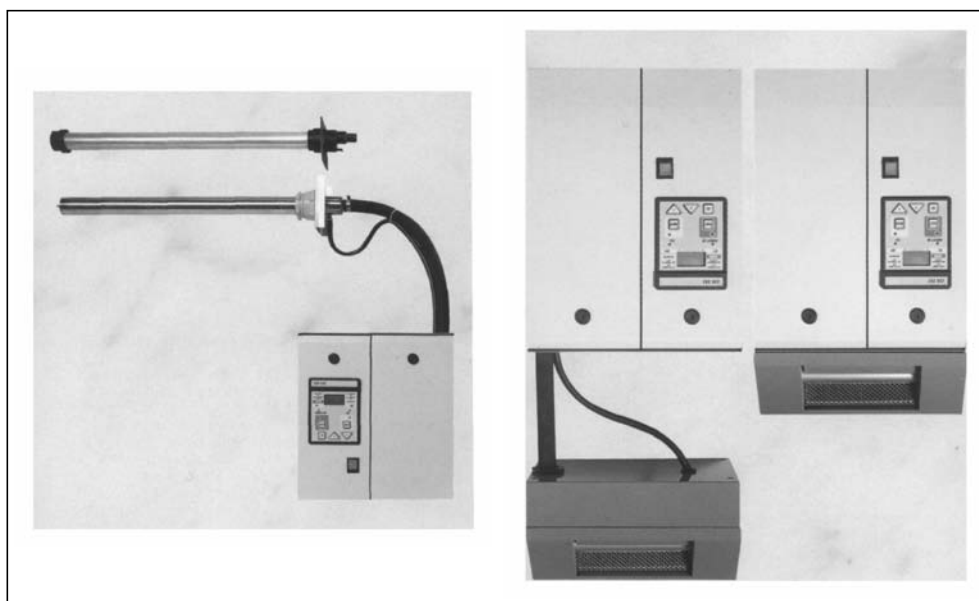
1 – cylinder parowy, 2 – elektrody siatkowe, 3 – przewód parowy, 4 – dysza, 5 – rurowy rozdzielacz pary, 6 – układ powrotny skroplin, 7 – dopływ wody, 8 – elektryczny zawór sterujący, 9 – przewód zasilający wodny, 10 – regulator poziomu, 11 – przewód przelewowy, 12 – główny przewód zasilający wodny, 13 – filtr ceramiczny, 14 – zawór elektryczny sterowania dopływu wody, 15 – dysza wodna

Głównym elementem tego nawilżacza jest cylinder (1), wewnątrz którego znajdują się elektrody (2). Wytworzona w tym cylindrze para wodna jest podawana przez dysze (4), do rozdzielacza pary (5), usytuowanego w przewodzie wentylacyjnym. Część skroplonej pary wodnej powraca rurociągiem (6) ponownie do układu zasilającego. Układ zasilający składa się z elektromagnetycznego zaworu sterującego (8), regulatora poziomu wody (10), przewodu przelewowego (11), filtru ceramicznego (13), elektromagnetycznego zaworu sterowania dopływu wody (14) i dyszy wodnej (15). W skład regulatora poziomu (10) wchodzi przewód ze statycznym odpowietrzeniem celem utrzymania ciśnienia pary na stałym poziomie. W tym urządzeniu doprowadzona woda winna zawierać jak najmniej soli mineralnych. Okresowo ze zbiornika wymieniana jest woda wzbogacona w czasie pracy solą wraz z wytrąconymi na dnie pozostałościami mineralnymi.



Rys. 8.6.4.4/7. Wytwornica pary dla celów nawilżania powietrza i schemat jej działania [53]

Nawilżacz serii AT wykorzystuje normalną wodę z kranu do produkcji pary wodnej, zależnie od wielkości od 0,8 do 90 kg/h. Przewodność właściwa wody winna się zawierać między 125 a 1250 mikro Simensów. W cylindrze parowym, pod wpływem przepływu prądu między elektrodami, powstaje para wodna. Produkcja pary zaczyna się po nagrzaniu wody w cylindrze parowym. Po zakończeniu fazy koncentracji, której czas zależy od przewodności właściwej wody, osiąga się nominalną wydajność produkcji pary. Przy niskiej przewodności właściwej wody można skrócić fazę przez dodanie soli.



Rys. 8.6.4.4/8. Aparat do produkcji pary wodnej do stosowania w kanale i w pomieszczeniu [54]

8.10. KLIMAKONWEKTORY

8.10.1. WYSOKOCIŚNIENIOWE KLIMAKONWEKTORY INDUKCYJNE

Zasada działania wysokociśnieniowych klimakonwektorów indukcyjnych polega na:

- 1) przygotowaniu powietrza zewnętrznego w centrali klimatyzacyjnej (powietrze pierwotne) w ilości koniecznej ze względów higieniczno-sanitarnych;
- 2) doprowadzeniu powietrza pierwotnego o określonej temperaturze i wilgotności, ze stosunkowo dużą prędkością (8 do 20 m/s), do wszystkich pomieszczeń wyposażonych w klimakonwektory; strata ciśnienia wynosi 1500 do 2500 Pa;
- 3) powietrze pierwotne, wewnątrz klimakonwektora, ulega rozprężeniu i z dużą prędkością wypływa przez układ dysz na zewnątrz urządzenia, podsysając równocześnie powietrze z pomieszczenia (powietrze wtórne);
- 4) klimakonwektor posiada wymiennik ciepła, przez który może przepływać powietrze wtórne i w zależności od potrzeby wymiennik ten może być nagrzewnicą bądź chłodnicą; w niektórych rozwiązaniach stosowane są dwa wymienniki, z których jeden stanowi chłodnicę, a drugi nagrzewnicę;
- 5) w zależności od konstrukcji klimakonwektora powietrze wtórne może omijać wymienniki ciepła;
- 6) stosunek strumienia objętości powietrza wtórnego (obiegowego) do strumienia objętości powietrza pierwotnego przepływającego przez klimakonwektor waha się najczęściej w granicach 3 do 4;
- 7) w urządzeniach wysokociśnieniowych indukcyjnych przyjmuje się zasadę, że strumień objętości powietrza pierwotnego doprowadzany do pomieszczenia jest stały i użytkownik nie ma możliwości dokonania zmiany w czasie eksploatacji;
- 8) strumień objętości powietrza wtórnego wyznacza się biorąc pod uwagę zalecenia: 5–8 m³/(h m²) podłogi pomieszczenia; 25–100 m³/(h osobę); 2–5 krotność wymiany powietrza w pomieszczeniu.

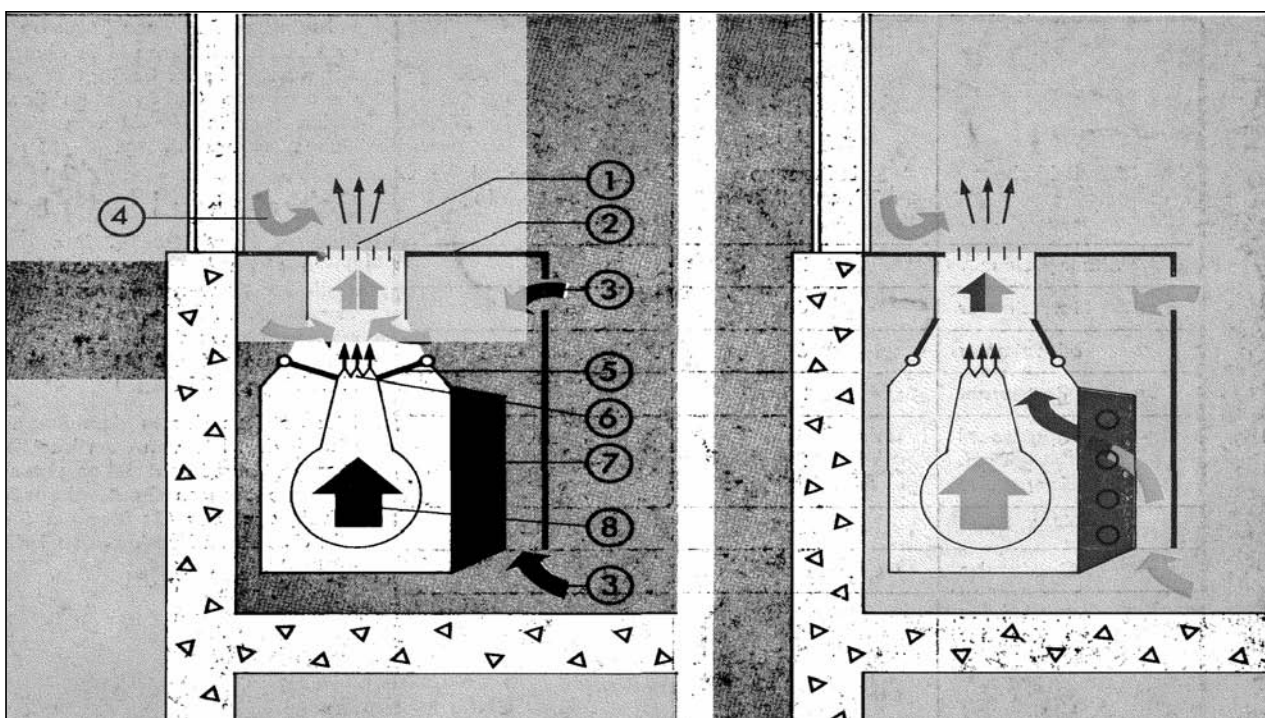


Powietrze pierwotne zapewnia w wentylowanych pomieszczeniach wilgotność względną i odpowiedni stopień świeżości powietrza, zaś powietrze wtórne przepływając przez wymiennik ciepła, w zależności od pory roku, niweluje zyski bądź pokrywa straty ciepła.

regulacja centralna Temperatura w pomieszczeniach klimatyzowanych jest utrzymywana przez regulację centralną i indywidualną. Regulacja centralna polega na:

- 1) regulacji temperatury powietrza pierwotnego;
- 2) regulacji temperatury wody dopływającej do wymiennika ciepła w klimakonwektorze.

Regulacja indywidualna polega na zmianie mocy cieplnej wymiennika w klimakonwektorze; polega to na zmianie przepływu strumienia wody przez wymiennik bądź skierowanie strumienia powietrza wtórnego przez obejście wymiennika (rys. 8.10.1/1).



Rys. 8.10.1/1. Regulacja mocy cieplnej klimakonwektora od strony powietrza

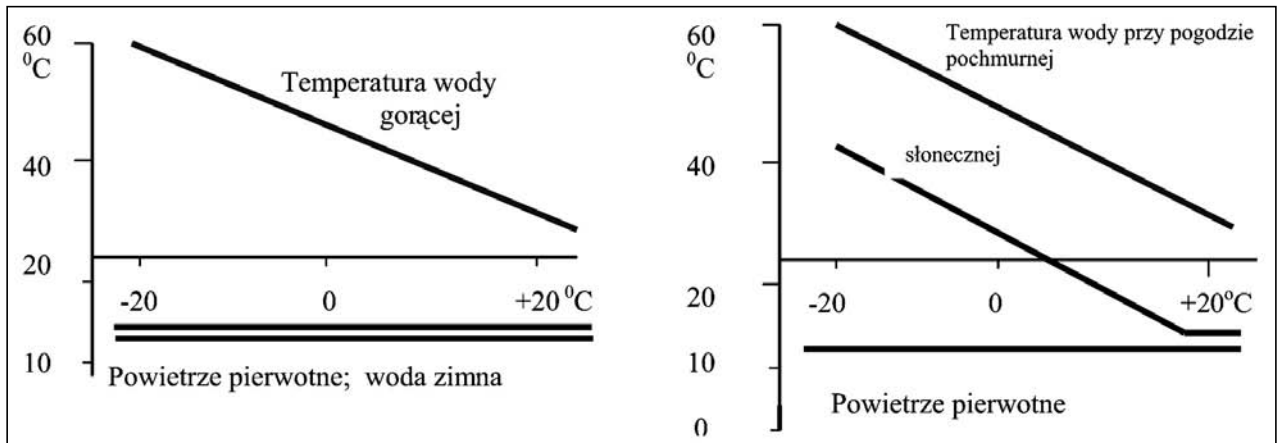
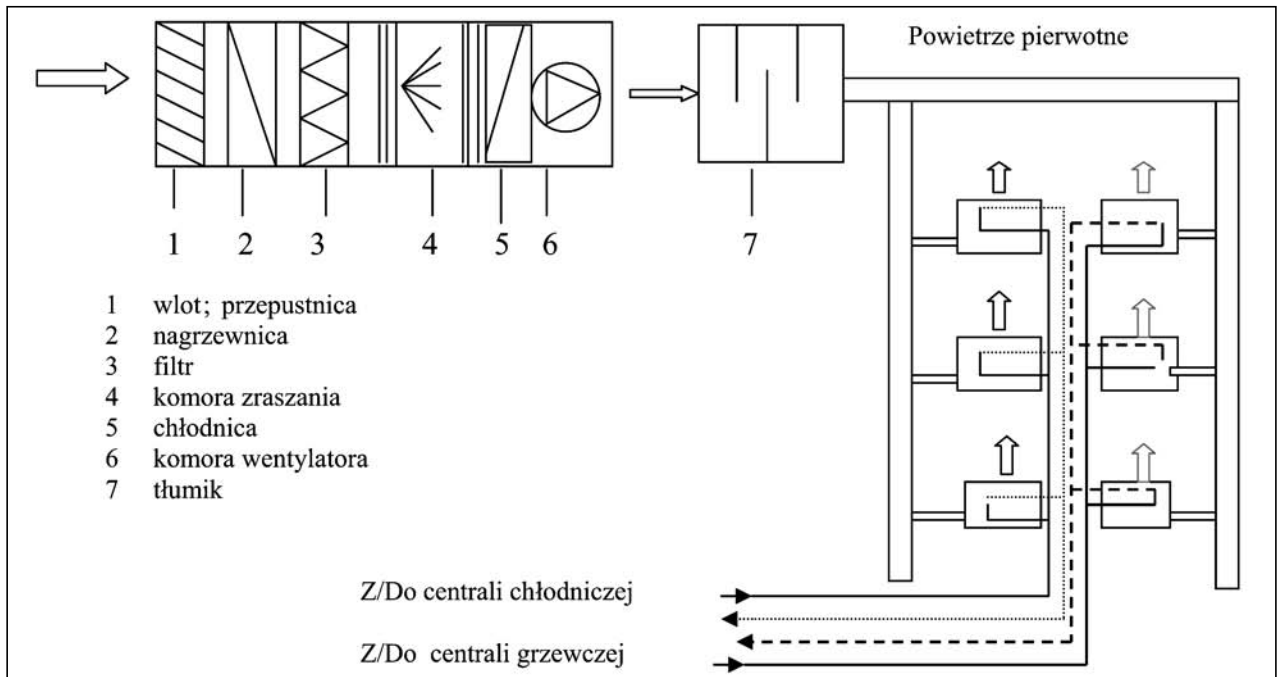
zalety i wady wysokociśnieniowych klimakonwektorów indukcyjnych

Poniżej wymieniono podstawowe zalety wysokociśnieniowych klimakonwektorów indukcyjnych:

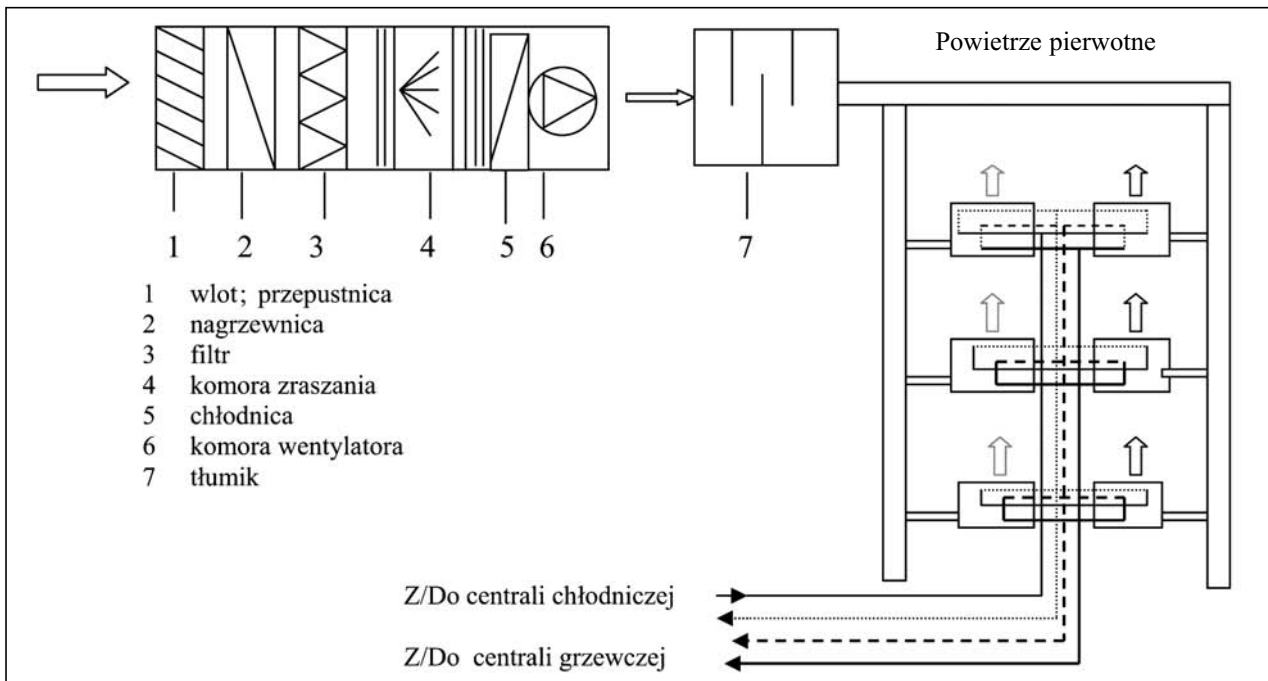
- 1) przygotowanie w centrali klimatyzacyjnej tylko powietrza zewnętrznego co wpływa na znaczne wielkość centrali w porównaniu z rozwiązaniem klasycznym;
- 2) z powodu zwiększonych prędkości przesyłu powietrza jest wymagana mniejsza przestrzeń na kanały powietrza; mało istotny wpływ na koszty inwestycji zwłaszcza w budynkach wysokich;
- 3) duża elastyczność pracy tych urządzeń;
- 4) możliwość indywidualnej regulacji temperatury w pomieszczeniach;
- 5) z reguły nie stosuje się indywidualnych wyciągów.

Wadę stanowią większe straty ciśnienia i zwiększona głośność, co wymaga szczególnie starannego wyciszania pracy instalacji.

Ze względu na sposób zasilania wymienników ciepła w klimakonwektorach wodą gorącą lub chłodną zwykle są to instalacje dwu- i czterorurowe (rys. 8.10.1/2 i 8.10.1/3).



Rys. 8.10.1/2. Zasilanie – system dwururowy ze zmienną temperaturą wody



Rys. 8.10.1/3. Zasilanie – system czterorurowy ze zmienną temperaturą wody

9.1.16. UWZGLĘDNIENIE CZYNNIKÓW EKONOMICZNYCH PRZY PROJEKTOWANIU OGRZEWANIA POWIETRZNEGO

W tej części została omówiona metoda obliczeniowa ogrzewania powietrznego uwzględniająca aspekty ekonomiczne. Stosowanie dużych szybkości, a szczególnie wysokiej temperatury, czyli dużej różnicy temperatur między powietrzem nawiewanym opuszczającym dysze a otaczającym (Δt_n), powoduje, że spada zużycie energii elektrycznej, a obliczone wymiary urządzeń wentylacyjnych, szczególnie kanałów, są znacznie mniejsze. Występuje tu pewna sprzeczność, bo im wyższe parametry nawiewu, tym trudniej zapewnić właściwy komfort w strefie przebywania ludzi.

Omawiając w niniejszym artykule możliwości zmniejszenia kosztów ogrzewania powietrznego, zakładamy, że stosowana jest regulacja cieplna, zapewniająca stały kształt nawiewanej strugi powietrza, niezależnie od wydajności cieplnej, czyli regulacja mieszana systemów CAV i VAV.

Stosowanie wysokich parametrów dotyczy szczególnie dużych pomieszczeń o poważnych stratach cieplnych, gdzie urządzenia nawiewne muszą dostarczyć znacznie większą ilość ciepła, niż wynika to ze strat ciepła w strefie przebywania ludzi. W takich warunkach w osi nawiewanej strugi w strefie przebywania ludzi uzyskanie właściwych parametrów jest bardzo trudne. Zagadnienie to występuje szczególnie przy szczytowych obciążeniach cieplnych, czyli przy minimalnych temperaturach zewnętrznych.

Gdy stosujemy wysokie parametry nawiewu, wykorzystywana metoda regulacyjna nie gwarantuje właściwych parametrów powietrza w strefie przebywania ludzi. W miarę wzrostu wydajności cieplnej rośnie szybkość powietrza i różnica temperatur między powietrzem nawiewanym a otaczającym w strefie roboczej, powodując przy dużych obciążeniach cieplnych (duże pomieszczenia) przekroczenie założonych parametrów.

Ponieważ istnieje możliwość zaprojektowania krzywej nawiewu o konkretnym kształcie, warto skierować rzeczywistą krzywą nawiewu powyżej krzywej założeniowej. Takie rozwiązanie przy właściwej odległości osi krzywych zapewni w strefie przebywania założone parametry powietrza, pozwalając jednocześnie na wysokie parametry nawiewu.



Poglądowy opis algorytmu programu komputerowego pozwalającego obliczyć przebieg rzeczywistej krzywej nawiewu



Wysokie parametry nawiewu są ograniczone hałasem i odpornością instalacji oraz urządzeń nawiewnych na wysoką temperaturę, ale warunki bezpieczeństwa są również ważnym czynnikiem ograniczającym.

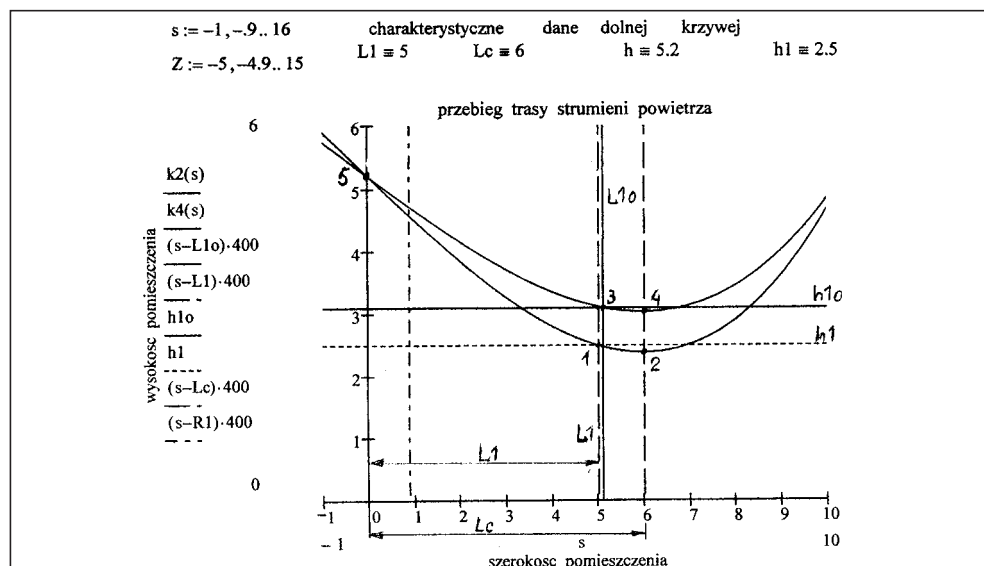
Ponieważ wartość Δt_n ma największy wpływ na koszty instalacji, opracowany program przewiduje jako założenie maksymalną wartość $\Delta t_n = 35^\circ\text{C}$. Po obliczeniu właściwej szybkości powietrza dla założonego kształtu krzywej nawiewu program sprawdza, czy został przekroczony założony poziom hałasu, jeżeli nie, to podstawą obliczeń pozostaje założona wartość Δt_n , natomiast jeżeli został przekroczony – podstawą obliczeń jest szybkość odpowiadająca założonemu poziomowi hałasu, a wartość Δt_n staje się wartością wynikową.



Program zapewnia stały kształt krzywej w założonym czasie, ale szybkość i temperatura powietrza w założonym punkcie (pkt. 3 rys. 9.1.16/1) rośnie, gdy zwiększa się intensywność ogrzewania.

Program jest jednak tak skonstruowany, że zapewnia w pkt. 1 dla okresu ogrzewania stałe parametry powietrza. Konsekwencją takiego założenia jest podwyższenie krzywej a, co niweluje wpływ zwiększenia się szybkości w punkcie 3, tzn., że w miarę spadku temperatury zewnętrznej parametry w punkcie jeden będą ciągle wartością założeniową.

W krańcowym przypadku, gdy proces jest odwrotny, czyli temperatura zewnętrzna rośnie, krzywa a zostaje obniżona aż do pokrycia się z krzywą b. Od tego momentu przy dalszym wzroście temperatury zewnętrznej szybkości i temperatura w punkcie 1 maleje. Jest to już strefa przejściowa przy temperaturze zewnętrznej dodatniej powyżej ok. 10°C , kiedy ogrzewanie powietrzne zbliża się swoim charakterem do wentylacji. Na rysunku 1 pokazano przebieg krzywych z naniesionymi punktami charakterystycznymi.



Rys. 9.1.16/1. Krzywe nawiewu w okresie ogrzewania

Krzywa b jest krzywą założeniową i wyznaczają ją punkty 1, 2 i 5. Krzywa a jest krzywą nawiewu powietrza o niezmiennym kształcie, ale zmiennym pochyleniu.

Program oblicza szybkości powietrza w punktach: 1, 2, 3, 4. Dla projektanta najważniejsze są szybkości w punktach 1 i 2. W punkcie 1 otrzymujemy zawsze szybkość założoną, w punkcie 2 szybkość może być większa lub mniejsza od szybkości założeniowej. Zależy to głównie od wielkości $L1$ i kąta pochylenia dyszy.

Nie zaleca się przy większych kątach nachylenia od $0,5 R$ stosowania wartości $L1$ mniejszej od $0,7 Lc$.

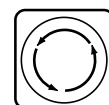


Projektant instalacji powinien zdecydować, czy odchyłka parametrów w punkcie 2 może być przyjęta. W przeciwnym przypadku jako jedno z rozwiązań można obniżyć parametry założeniowe w punkcie 1, co spowoduje również obniżenie parametrów w punkcie 2. Różnica temperatur między powietrzem nawiewanym a otaczającym w omawianych punktach jest wartością wynikową.

Jeżeli założymy, że $Lc = L1$, to otrzymamy sytuację prostszą. Punkt 1 pokrywa się wtedy z punktem 2. Wtedy w punkcie 2 otrzymujemy szybkość powietrza równą założeniowej, natomiast różnica temperatur między powietrzem nawiewanym a otaczającym jest wartością wynikową. Gdy nastąpi przekroczenie założonej różnicy temperatur, można ją skorygować przez zmniejszenie założonej szybkości, podobnie jak w poprzednim przypadku.



Obliczenie proponowanych rozwiązań najprościej dokonać za pomocą programu komputerowego, który obliczy parametry w określonych punktach i wyświetli obie krzywe. Wtedy ewentualna zmiana założeń i ponowne obliczenie nie stanowi problemu. Tak przygotowany program może posłużyć do sterowania ustawienia dyszy pod właściwym kątem, w zależności od temperatury zewnętrznej.



Proponowane rozwiązanie można polecać w dużych pomieszczeniach tj. w salach gimnastycznych, widowiskowych, halach produkcyjnych itp. Czasami celowe jest zastosowanie dodatkowych wentylatorów pionowych Wp , które mają za zadanie zapobiegać gromadzeniu się ciepłego powietrza pod stropem (rozwiązanie z takim wentylatorem pokazano na rys. 9.1.16/2).



Obniżenie parametrów nawiewu za pomocą iniektorów

Oznaczenia do rys. 1, 2, 3, 4

Kn – kanał nawiewny, Kw – kanał wyciągowy, Wd – wentylator dachowy, Ww – wentylator wyciągowy, Wp – wentylator pionowy, P – przepustnica,

D – dysza, N – nawiewnik, In – iniektor, Aw – aparat grzewczo-wentylacyjny, wt – wyciąg technologiczny, ok – okap, ut – urządzenie technologiczne, Tł – tłocznia, ot – otwór operacyjny



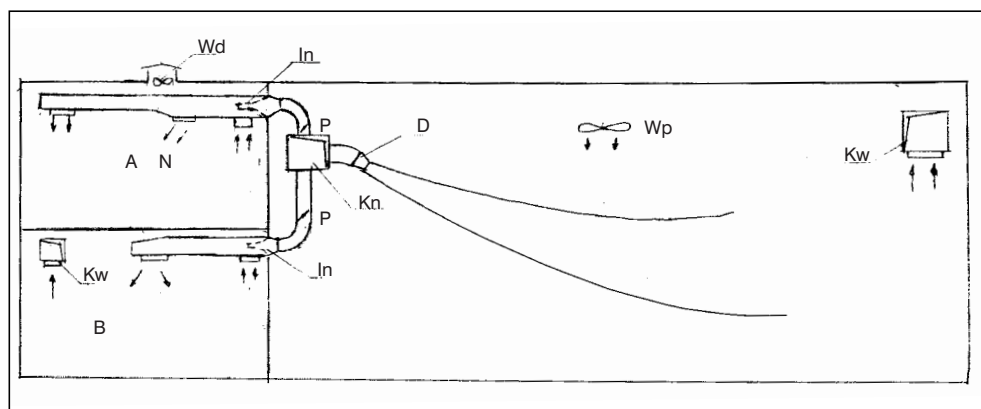
Obniżenie parametrów powietrza przed wylotem z nawiewnika pozwala w całej instalacji stosować wysokie parametry, co obniża koszty inwestycyjne. Rozwiązanie jest szczególnie celowe, gdy z jednej instalacji muszą być ogrzewane duże i małe pomieszczenia. Iniektor powinien być obliczony przy założonej ilości powietrza z 15% nadmiarem, gdyż regulacja wydajności jest przewidziana tylko przez dławienie.

Element regulacji dławiącej spełnia przepustnica P włączona w układ proporcjonalno-całkujący sterowany czujnikiem temperatury wewnętrznej. Zależność matematyczna między ilością powietrza nawiewanego a zasysanego w iniektorach jest wprost proporcjonalna, co gwarantuje poprawną pracę urządzenia w ciągu całego sezonu.

Ważne jest zastosowanie nawiewników o małym oporze hydraulicznym i dużym rozproszeniu nawiewanego powietrza, co przyczynia się do sprawniejszej pracy iniektora i zwiększenia komfortu cieplnego w pomieszczeniu.



Na rysunku 9.1.16/2 zademonstrowano zastosowanie iniektorów do ogrzewania i wentylowania dwóch małych pomieszczeń. Całość instalacji będzie pracować na wysokie parametry (temperatura nawiewu np. 55°C), natomiast do pomieszczenia A i B powietrze będzie nawiewane o temperaturze 30°C. Korekta regulacji temperatury w pomieszczeniach nastąpi za pomocą przepustnic P sterowanych czujnikami temperatury w danym pomieszczeniu.

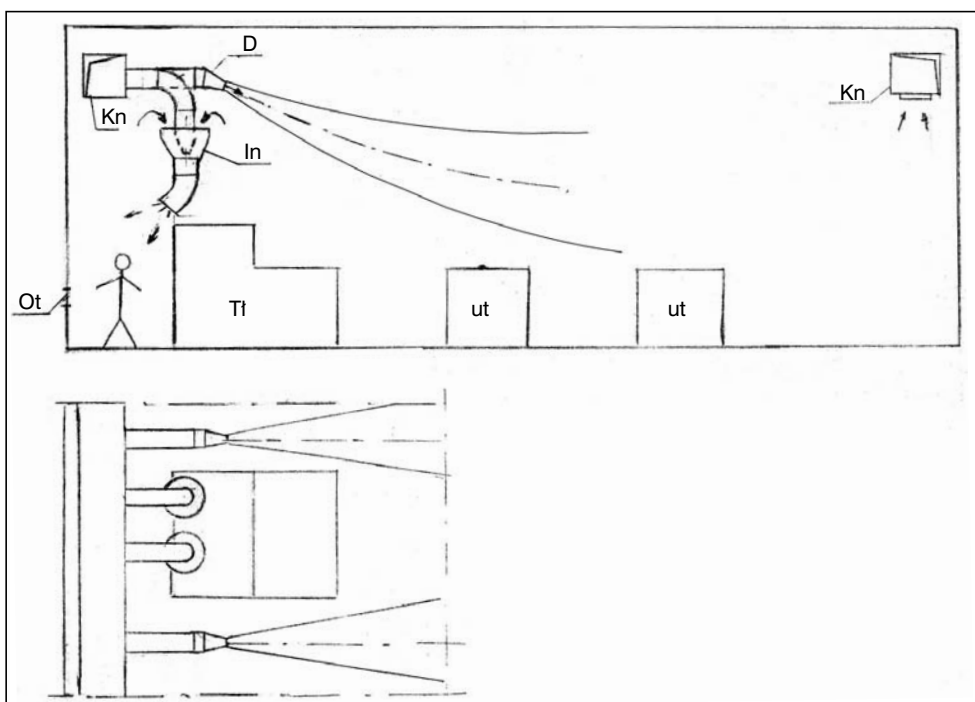


Rys. 9.1.1.6/2. Opis w tekście powyżej

Układ instalacyjny z użyciem iniektorów można stosować pod warunkiem, że nie ma wysokich wymagań w zakresie czystości nawiewanego powietrza i są to pomieszczenia, w których procesy technologiczne nie powodują zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi substancjami, co powodowałoby konieczność filtracji całkowitej ilości nawiewanego powietrza. Rozwiązanie musi również zapewnić ilość świeżego powietrza wymaganego przez przepisy sanitarne.



Oryginalne zastosowanie iniektorów przewidziano w hali tłoczni na zimno, co zaprezentowano na rysunku 9.1.16/3.



Rys. 9.1.1.6/3. Zastosowanie iniektorów w hali tłoczni na zimno

W pobliżu tłoczni istnieją otwory w ścianie zewnętrznej w celu wprowadzenia z zewnątrz materiałów, np. blach stalowych. Operacja wprowadzenia materiałów powoduje wychłodzenie strefy w pobliżu otworów. Jest to dla pracowników obsługujących tłocznię bardzo uciążliwe. Nawiew powietrza za pomocą iniektorów obniżających temperaturę do 26°C w omawianą strefę powoduje, że w pobliżu otworu operacyjnego powstaje nadciśnienie, które ogranicza wtargnięcie do pomieszczenia powietrza zewnętrznego, powodując tym samym podwyższenie temperatury w omawianej strefie.



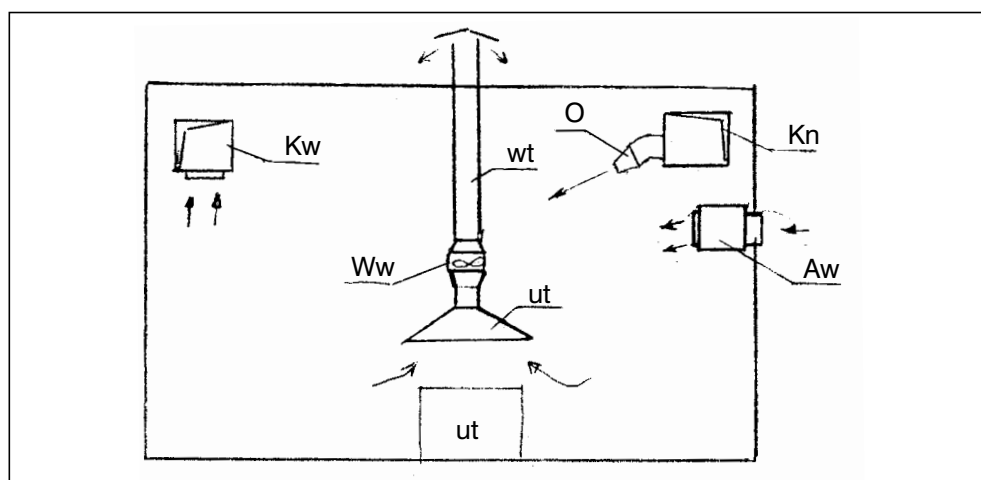
Do ogrzewania hali zastosowano dysze zasilane bezpośrednio z kanału centralnego powietrzem o temperaturze 60°C. Przy stosowaniu dysz, szczególnie dalekosiężnych, ważne jest rozmieszczenie dysz nawiewnych. Krzywe nawiewu z poszczególnych dysz nie powinny trafiać na urządzenia, które mogą zakłócić założony kierunek nawiewu.

Ogrzewanie powietrzne w pomieszczeniach, gdzie wydzielają się szkodliwie substancje zanieczyszczające powietrze



Często w halach produkcyjnych niezbędna ilość powietrza świeżego jest znacznie większa niż wymagają tego przepisy sanitarne. Wskazane jest stosowanie specjalnego wyciągu bezpośrednio z urządzeń technologicznych, jak również niezależnego nawiewu za pomocą aparatów grzewczo-wentylacyjnych. Temperatura nawiewu powinna być wyższa o 1-2°C od założonej temperatury wewnętrznej, co nie zakłóca istotnie bilansu cieplnego.

Takie rozwiązanie pozwala na włączenie wentylacji technologicznej tylko na okres, jakiego wymaga reżim technologiczny. Przykład takiego rozwiązania zaprezentowano na rysunku 9.1.16/4.



Rys. 9.1.1.6/4. Opis w tekście powyżej

Właściwe urządzenia nawiewne pozwalają na zachowanie komfortu cieplnego przy stosowaniu względnie wysokich parametrów nawiewanego powietrza. Nawiewnik powinien mieć możliwość szybkiego wymieszania nawiewanego powietrza z otaczającym, czyli wysoki współczynnik burzliwości, niski opór hydrauliczny, możliwość sterowania kierunkiem nawiewu oraz regulację wydajności. Niektóre firmy produkują nawiewniki, które jednocześnie podsysają powietrze otaczające, spełniając w pewnym zakresie rolę iniektorów.

9.3.2. WYMAGANIA OCHRONY CIEPLNEJ BUDYNKÓW

Obowiązujące obecnie maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła U dla ścian, stropów, stropodachów, okien i drzwi balkonowych podano w Dz. U. nr 75 jako załączniki do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła dla przegród budowlanych

Maksymalne wartości współczynnika U znajdują się w tabelach 9.3.2/1 – 9.3.2/7.

Tabela 9.3.2/1. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, [116]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	U_{\max} [W/(m ² · K)]
Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym): a) przy $t_i^* > 16^\circ\text{C}$ – o budowie warstwowej** z izolacją z materiału o współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,05$ W/(m · K) – pozostałe b) przy $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0,30 0,50 0,80
Ściany piwnic nieogrzewanych	bez wymagań
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$	0,30 0,50
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0,60
Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań
Ściany wewnętrzne oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,0
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu według Polskiej Normy ** tynk zewnętrzny i wewnętrzny nie są uznane jako warstwa	

9.3. Obliczanie nominalnego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń

WENTYLACJA, KLIMATYZACJA, OGRZEWANIE

Tabela 9.3.2/2. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego, [116]

Rodzaj przegrody	U_{\max} [W/(m ² · K)]
Ściany wewnętrzne pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami	3,00*
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamknięte i wypełnione izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3,00 0,70
* Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przedsionka, to wartość współczynnika U_k ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1,0 W/(m ² · K)	

Tabela 9.3.2/3. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach użyteczności publicznej, [116]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	U_{\max} [W/(m ² · K)]
Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym): a) przy $t_i^* > 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi – ze wspornikami balkonu przenikającymi ścianę b) przy $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0,45 0,55 0,65 0,70
Ściany wewnętrzne między pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami	3,00**
Ściany przylegające do szczelin dylatacyjnych o szerokości: c) do 5 cm, trwale zamknięte i wypełnione izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm d) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3,00 0,70
Ściany piwnic nieogrzewanych	brak wymagań
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$	0,30 0,50
Stropy nad piwnicami nie ogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0,60
Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu według Polskiej Normy ** Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przedsionka, to wartość współczynnika U ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1,0 W/(m ² · K).	

Tabela 9.3.2/4. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach przemysłowych, [116]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	U_{\max} [W/(m ² · K)]
Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym): a) przy $t_i^* > 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,45 0,55 0,75 0,90 1,20
Ściany wewnętrzne i stropy międzykondygnacyjne: a) dla $\Delta t_i^{**} > 16\text{ K}$ b) dla $8\text{ K} < \Delta t_i \leq 16\text{ K}$ c) dla $\Delta t_i \leq 8\text{ K}$	1,00 1,40 bez wymagań
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,30 0,50 0,70
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu według Polskiej Normy lub określona indywidualnie w projekcie technologicznym ** Δt_i – różnica temperatur obliczeniowych w pomieszczeniach	

Tabela 9.3.2/5. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego, [116]

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	U_{\max} [W/(m ² · K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$: – w I, II i III strefie klimatycznej – w IV i V strefie klimatycznej	2,6 2,0
Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i^* \geq 16^\circ\text{C}$	2,0
Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	4,0
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe	2,6
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z Polską Normą	

9.3. Obliczanie nominalnego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń

WENTYLACJA, KLIMATYZACJA, OGRZEWANIE

Tabela 9.3.2/6. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach użyteczności publicznej, [116]

Okna, drzwi balkonowe, świetliki i drzwi zewnętrzne	U_{max} [W/(m ² · K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i^* > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	2,3 2,6 bez wymagań
Okna połaciowe i świetliki	2,0
Okna i drzwi balkonowe w pomieszczeniach o szczególnych wymaganiach higienicznych (pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi w szpitalach, żłobkach i przedszkolach)	2,3
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz świetliki nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe do budynków	2,6
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z Polską Normą	

Tabela 9.3.2/7. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach przemysłowych, [116]

Okna, świetliki, drzwi i wrota	U_{max} [W/(m ² · K)]
Okna i świetliki w przegrodach zewnętrznych: a) przy $t_i^* > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	2,6 4,0 bez wymagań
Drzwi i wrota w przegrodach zewnętrznych: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	1,4 3,0 bez wymagań
* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z Polską Normą lub określana indywidualnie w projekcie technologicznym	

minimalne wartości sumy oporów cieplnych dla podłóg układanych na gruncie

W przypadku podłóg układanych na gruncie należy sprawdzić opory cieplne obejmujące warstwy podłogowe, izolację cieplną i grunt. Suma tych oporów nie powinna być mniejsza od wartości określonych w tabeli 9.3.2/8.

Dla podłóg stykających się z gruntem w pomieszczeniach o $t_i \leq 8^\circ\text{C}$ oraz dla podłóg usytuowanych poniżej 0,6 m od poziomu terenu nie ma wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

Tabela 9.3.2/8. Minimalne wartości oporów cieplnych dla podłóg układanych na gruncie, [116]

Składniki oporu ciepła	R _{min} [(m ² · K)/W]	
	8°C < t _i ≤ 16°C	t _i > 16°C
Warstwy podłogowe, izolacja cieplna (pozioma lub pionowa) oraz ściana zewnętrzna lub fundamentowa	1,00	1,50
Warstwy podłogowe i grunt przyległy do podłogi (w jej strefie środkowej)	bez wymagań	1,50

W budynku mieszkalnym jednorodzinny, budynku użyteczności publicznej oraz w budynku przemysłowym wartości oporów cieplnych ścian stykających się z gruntem na odcinku ściany równym 1,0 m, licząc od poziomu terenu, nie mogą być mniejsze niż [116]:

- a) przy t_i > 16°C 1,0 m² · K/W
b) przy 4°C < t_i ≤ 16°C 0,8 m² · K/W

Dla ścian na odcinku poniżej 1 m, licząc od poziomu terenu, nie ma wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

Dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych istnieje ograniczenie co do maksymalnej powierzchni okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła U ≥ 2,0 W/(m² · K), obliczonych według ich wymiarów modułarnych [116].

**wymagania
dotyczące
maksymalnej
powierzchni okien**

Maksymalna powierzchnia takich przegród nie może być większa niż wartość obliczona ze wzoru:

$$A_{0\max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w, [m^2] \quad (9.3.2/1)$$

gdzie:

- A_z – suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych;
A_w – suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z.

W budynkach użyteczności publicznej pola powierzchni A₀ [m²] okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła U_k nie mniejszym niż 2,0 W/(m² · K), obliczone według ich wymiarów modułarnych, nie mogą być większe niż wartość A_{0max}, jeśli nie jest to sprzeczne z zapewnieniem niezbędnego oświetlenia światłem dziennym. W pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnicy, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie światłem dzien-

9.3. Obliczanie nominalnego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń

WENTYLACJA, KLIMATYZACJA, OGRZEWANIE

nym jest wymagane ze względu na jego przeznaczenie, co najmniej 1:12. Pomieszczenia przeznaczone do zbiorowego przebywania dzieci w żłobku, przedszkolu i szkole, z wyjątkiem pracowni chemicznej, fizycznej i plastycznej, powinny mieć zapewniony czas nasłonecznienia co najmniej 3 godziny w dniach równonocy w godzinach 8⁰⁰-16⁰⁰, natomiast pokoje mieszkalne w godzinach 7⁰⁰-17⁰⁰, [116].

W budynku przemysłowym łączne pole powierzchni przeszklonych w stosunku do całej elewacji nie może być większe niż 15% dla budynku jednokondygnacyjnego (halowego) i 30% dla budynku wielokondygnacyjnego, [116].

wymagania dotyczące szczelności na przenikanie powietrza, [115]

Przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród oraz połączenia okien z ościeżnicami w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej i budynkach przemysłowych powinny być całkowicie szczelne na przenikanie powietrza.

Współczynnik infiltracji jest to strumień objętości powietrza przepływającego przez 1 m długości szczeliny przy różnicy ciśnień po obu jej stronach równej 1 dPa.

Współczynnik infiltracji powietrza (współczynnik przepuszczalności) a_L dla otwieranych okien i drzwi balkonowych powinien być zawarty w przedziale:

$$0,5 \leq a_L \leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{dPa}^{\frac{2}{3}})$$

dla okien z nawiewnikami okiennymi powinien być mniejszy niż $0,3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{dPa}^{\frac{2}{3}})$.

Strumień objętości powietrza infiltrującego przez nieszczelności w przegrodzie oblicza się ze wzoru:

$$V_1 = \sum a_L \cdot L \cdot \Delta p^{\frac{2}{3}}, \quad (9.3.2/2)$$

gdzie:

a_L – współczynnik infiltracji powietrza,

L – długość szczeliny o współczynniku infiltracji a_L , m,

Δp – różnica ciśnień po obu stronach przegrody, dPa, powstająca na skutek działania wiatru oraz w wyniku różnicy gęstości powietrza wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia.

W starszym budownictwie nieszczelności w stolarce okiennej pełnią funkcję wentylacji grawitacyjnej, dlatego w przypadku ich modernizacji należy zapewnić nawiew powietrza do pomieszczenia. W tym celu stosuje się specjalne nawiewniki powietrza o regulowanym stopniu otwarcia, które są umieszczone w górnej części okien lub w ścianie zewnętrznej. Przepływ nominalny przez nawiewniki powinien się mieścić w granicach 20÷50 m³/h.

