

KLAUS KÖHLER

Katedra Termodynamiki Politechniki w Dreźnie

TEORETYCZNE PODSTAWY INSTALACJI ZASŁON
POWIETRZNYCH¹⁾

Streszczenie. Wymieniono znane rodzaje zasłon powietrznych stosowanych w ruchliwych przejściach zamiast drzwi mechanicznych. Podano podstawy obliczeń tych zasłon oraz wyznaczono zużycie energii w czasie eksploatacji, w celu przeprowadzenia analizy ekonomicznej instalacji. W miejsce stosowanych dotychczas metod empirycznych wprowadzono metody obliczeniowe oparte na prawach termodynamiki.

1. Rodzaje zasłon powietrznych

W ruchliwych wejściach do rozmaitych pomieszczeń przemysłowych lub publicznych coraz częściej stosuje się zamiast drzwi mechanicznych - zasłony powietrzne (rys.1). Problem ten rozważano już od dawna. Już w roku 1904 Teofil von Kennel uzyskał patent USA na zamknięcie budynku bez drzwi [2].

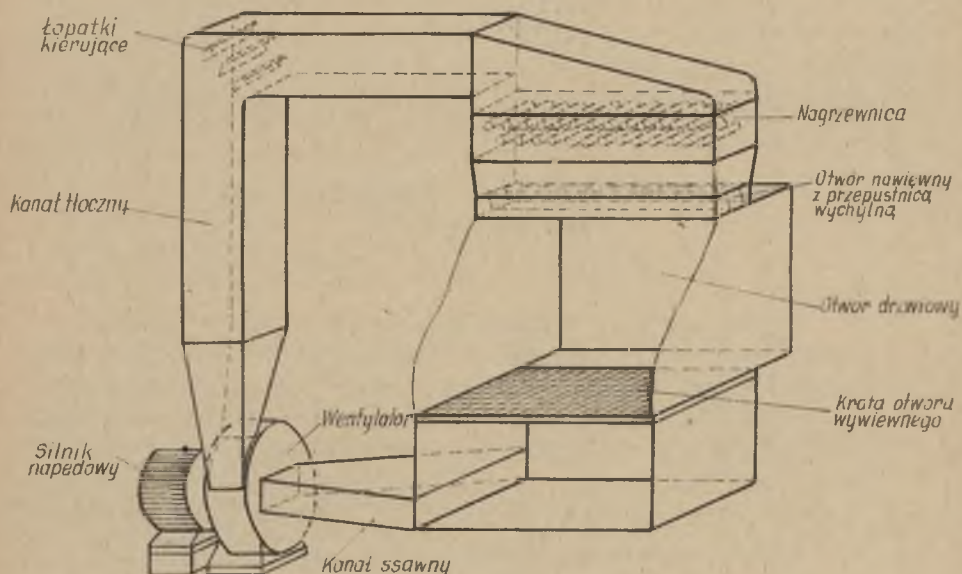
Z dotychczas stosowanych można wymienić następujące rodzaje instalacji [4], [6]:

a) Pionowe prowadzenie powietrza z dołu do góry

Dodatnią stroną takiego rozwiązania jest wykorzystanie siły wyporu działającej na strumień zasłony oraz usytuowanie wlotu powietrza w podłodze, przy której wstępuje naj-

¹⁾Praca referowana na Zjeździe Jednoimiennych Katedr Termodynamiki w Gliwicach w dniu 28.09.1961 r.

większa różnica ciśnień pomiędzy wnętrzem pomieszczenia a otoczeniem.



Rys.1. Schemat instalacji zasłony powietrznej

Ujemną stroną takiego rozwiązania jest to, że kierunek strumienia zasłony jest nieprzyjemny dla przechodzących osób, a szczególnie dla pań. Ponadto kratka otworu nawiewnego umieszczona w podłodze zachęcałaby wchodzących do wycierania o nie obuwia, co powodowałoby następnie porywanie kurzu do góry. Należałoby więc stosować bardzo małą prędkość strumienia powietrza zasłony.

Rozwiązanie to może znaleźć zastosowanie głównie w zakładach przemysłowych.

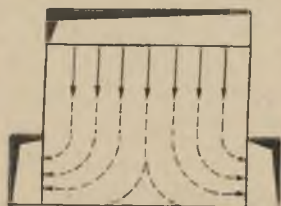
b) Pionowe prowadzenie powietrza z góry w dół

Rozwiązanie to jest spotykane bardzo często i nadaje się dla przejść w zakresie wysokości do 3,5 m i o dowolnej szerokości. Sposób ten wymaga starannego oczyszczenia powietrza w skruberach, co zwiększa koszty eksploatacji. Zanieczyszczoną wodę odpływającą ze skrubarów odprowadza się do kanałi-

zacji. Wprawdzie strumień powietrza zasłony skierowany jest odwrotnie do kierunku działania sił wyporu jednak ze względu na niewielkie różnice temperatur odgrywa to małą rolę.

c) Doprowadzenie powietrza od góry i odprowadzenie u dołu w bocznych ścianach otworu drzwiowego

Przy tego rodzaju instalacji (rys.2) ilość pyłu unoszonego przez strumień odsysanego powietrza jest mniejsza niż w układzie b. Istnieje tutaj jednak możliwość przepływu powietrza zewnętrznego przez zasłonę pośrodku wejścia tuż nad podłogą. Układ ten można więc stosować przy małych prędkościach podmuchów zewnętrznych lub przy niewielkiej szerokości drzwi.



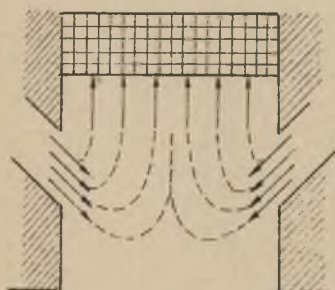
Rys.2. Doprowadzanie powietrza z góry i odprowadzanie w ścianach bocznych

d) Poziome prowadzenie strumienia powietrza

Ilość pyłu unoszona w tym przypadku przez strumień powietrza jest niezbyt duża. Poziome prowadzenie powietrza zaleca się przy zasłanianiu przejść wąskich i wysokich. Zasięg stosowności rozwiązania tego typu można rozszerzyć przez stosowanie obustronnego doprowadzenia powietrza i odprowadzania go w miejscu położonym bliżej wnętrza u góry lub u dołu otworu drzwiowego (rys.3).

Istnieją ponadto specjalne typy zasłon powietrznych, np. urządzenia o strumieniach skierowanych równolegle lub przeciwbieżnie z równymi, lub różnymi temperaturami i z równymi lub różnymi prędkościami.

Przy wyborze typu zasłony powietrznej odgrywają rolę czynniki techniczno-budowlane i higieniczne, decydujące znaczenie jednak ma stosunek wysokości otworu drzwiowego do jego szerokości. W przypadku gdy stosunek ten jest większy od jedności zaleca się poziome prowadzenie po-



Rys.3. Poziome doprowadzanie powietrza z wdmuchiwaniami dwustronnymi

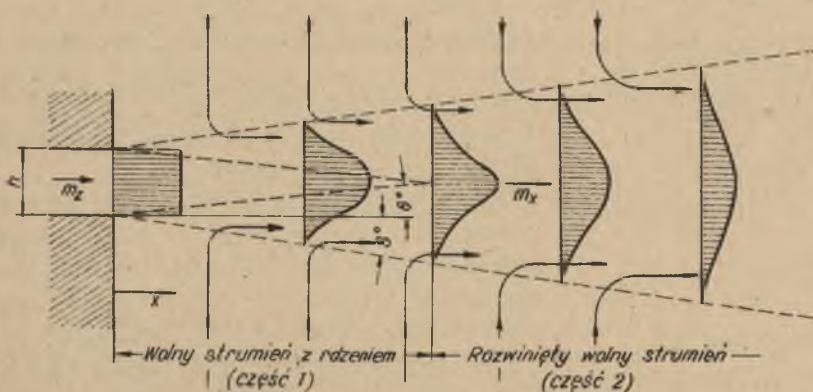
wietrza, natomiast jeżeli stosunek ten jest mniejszy od jedności stosuje się raczej prowadzenie pionowe. Przy poziomym prowadzeniu powietrza z obustronnym dopływem, graniczna wartość rozważanego stosunku wynosi $1/2$.

Najczęściej stosuje się zamknięty obieg powietrza. Powietrze wdmuchiwane przez kratę nawiewną jest odsysane po przeciwnej stronie drzwi przez zakratowany otwór w podłodze lub ścianie bocznej. Strumień powietrza zasłony porywa pewną ilość powietrza zewnętrznego co jest związane ze stratami ciepłymi. Porywanie powietrza zewnętrznego można zmniejszyć przez zmniejszenie kąta rozwarcia wdmuchiwanego powietrza oraz przez przeniesienie otworu wchłaniającego powietrze bliżej wnętrza pomieszczenia.

2. Zagadnienia przepływowe

Ujęcie teoretyczne zjawisk towarzyszących przepływowi wolnego strumienia następuje z wieloma trudnościami. Z tego powodu konieczne jest oparcie się na wynikach uzyskanych doświadczalnie. Autor nie przeprowadził własnych badań. Wykorzystał więc niżej wyniki uzyskane przez innych badaczy. Przeprowadzone dalej wywody stanowią przybliżone ujęcie zagadnienia.

Strumień powietrza wdmuchiwanego do otworu drzwiowego może być traktowany jako wolny strumień burzliwy wówczas, gdy nie ma przeszkód w jego rozszerzaniu się po opuszczeniu szczeliny, tzn. gdy m.in. nie występują odkształcenia stru-



Rys.4. Przepływ wolnego strumienia

mienia spowodowane przez powiew zewnętrzny. Wolny strumień rozszerza się prostoliniowo (rys.4). Mieszanie się z powietrzem otoczenia odbywa się w zakresie kąta obejmującego 6° w kierunku wewnętrznym oraz 8° w kierunku zewnętrznym strumienia [3].

Prędkość rdzenia strumienia na początku jest niemal jednaka w całym przekroju. Prędkość średnia strumienia maleje w miarę oddalania się od szczeliny wypływowej. Równocześnie wzrasta objętość na skutek zasysania otaczającego powietrza.

Do rozważań wprowadza się stosunek ψ' natężenia przepływu m_x powietrza w wolnym strumieniu do natężenia przepływu m_z powietrza wdmuchiwanego: $\psi' = m_x/m_z$. Wielkość ψ' nazwano stosunkiem dosysania.

Podawane w literaturze empiryczne wzory na ψ' wykazują niewielkie odchylenia wyników. Według Baturina [1] dla pierwszej części strumienia, w której występuje stała prędkość rdzenia słuszny jest wzór:

$$\psi'_1 = 1 + 0,86 \frac{ax}{h} \quad (1)$$

natomiast dla drugiej części, a więc dla strumienia rozwiniętego zobowiązuje wzór:

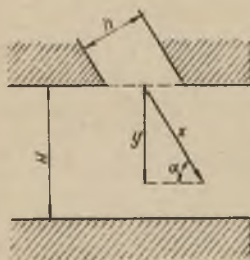
$$\psi'_2 = 1,2 \sqrt{2 \frac{ax}{h} + 0,41} \quad (2)$$

gdzie:

a - burzliwość strumienia,

h - szerokość otworu wylotowego,

x - odległość od otworu wylotowego.



Rys.5. Dolot powietrza zasłony

W dalszych rozważaniach zastosowano bezwymiarowy stosunek φ przekroju F otworu drzwiowego do przekroju F_z otworu wylotowego powietrza:

$$\varphi = F/F_z$$

Jeżeli otwór doprowadzający powietrze zajmuje całą szerokość (lub wysokość) otworu drzwiowego, wówczas (rys.5)

$$\varphi = \frac{H}{h} \quad (3)$$

gdzie:

H - szerokość otworu drzwiowego.

Z rysunku 7 wynika, że drogę x strumienia można wyrazić wzorem:

$$x = \frac{y}{\sin \alpha} \quad (4)$$

Korzystając z równania (3) i (4) otrzymuje się:

$$\frac{\dot{x}}{h} = \frac{\varphi}{\sin \alpha} \frac{y}{H} \quad (5)$$

Przyjmując średnią wartość burzliwości $a = 0,2$ otrzymuje się po wstawieniu (5) do (1):

$$\psi_1 = 1 + 0,172 \frac{\varphi}{\sin \alpha} \cdot \frac{y}{H} \quad (6)$$

oraz po wstawieniu (5) do (2)

$$\psi_2 = 0,76 \sqrt{\frac{\varphi}{\sin \alpha} \frac{y}{H} + 1} \quad (7)$$

W równaniach (6) i (7) przy jednostronnym dopływie powietrza $y/H = 1$ natomiast przy obustronnym dopływie powietrza $y/H = 1/2$.

W dalszych rozważaniach wykorzystano prawo zachowania pędu strumienia. Pęd strumienia I ma w każdym przekroju wartość stałą:

$$I = m_z w_z = m_x w_x = \text{idem} \quad (8)$$

gdzie:

w_z, w_x - prędkości strumienia powietrza.

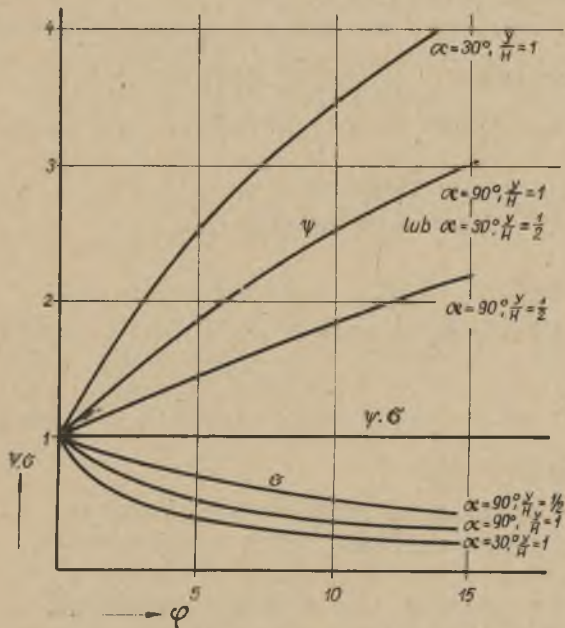
Po wprowadzeniu stosunku prędkości $\sigma = w_x/w_z$ oraz stosunku doświadczenia $\psi = m_x/m_z$ do równania (8) otrzymuje się wzór:

$$\psi \sigma = 1 \quad (9)$$

Na rysunku 6 przedstawiono wartości ψ i σ w zależności od φ i α . Z wykresu wynika, że przyrost natężenia przepływu odbywa się kosztem spadku prędkości strumienia. Zmniejszenie kąta α wdmuchiwanego powietrza powoduje wydłużenie

strumienia i prowadzi do zwiększonego przyrostu natężenia przepływu. Natomiast przez obustronne wdmuchiwanie powietrza strumień zostaje skrócony i zmniejsza się przez to stosunek dośsania.

Wyniki powyższych rozważań odnoszą się do wolnego strumienia. Występujące w rzeczywistości pewne odchylenia od tych wyników, zwłaszcza wówczas gdy przy małych kątach α rozszerzenie się strugi jest częściowo ograniczone, należałoby określić za pomocą doświadczeń.



Rys.6. Stosunki σ i ψ w zależności od φ przy różnych α i y/H

3. Podstawy termodynamiczne

Powietrze tworzące zasłonę powinno być wstępnie podgrzane tak, żeby po dośsaniu zimnego powietrza zewnętrznego nie wystąpiła temperatura niższa od temperatury wnętrza pomieszczenia. Konieczność podgrzewania powietrza zasłony wynika ponadto stąd, że przedzierające się przez zasłonę zimne powietrze zewnętrzne powinno również podgrzewać się za pomocą powietrza zasłony do temperatury panującej w pomieszczeniu.

Na przebieg zjawiska zachodzącego w otworze drzwiowym mają wpływ następujące czynniki:

temperatura powietrza zewnętrznego T_a ,
składowa prędkość wiatru skierowana do otworu drzwiowego

w_a

natężenie przepływu powietrza napływającego z zewnątrz m_z ,
 kąt wdmuchiwania powietrza zasłony α ,
 przekrój szczeliny przez którą wdmuchuje się powietrze F_z ,
 przekrój otworu drzwiowego F ,
 temperatura powietrza w pomieszczeniu T_R ,
 temperatura wdmuchiwanego powietrza T_z ,
 różnica ciśnień Δp pomiędzy otoczeniem a pomieszczeniem
 lub wynikająca stąd prędkość $w_{\Delta p} = \sqrt{2 \Delta p / \rho}$ a.

W oparciu o powyższe wielkości należy określić następują-
 ce dane instalacyjne:

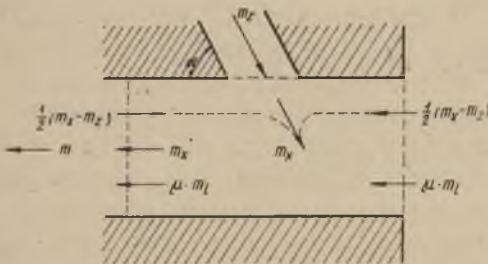
prędkość strumienia powietrza zasłony w_z ,
 natężenie przepływu powietrza zasłony m_z ,
 moc wentylatora N_V ,
 zapotrzebowanie ciepła Q_H .

Do obliczenia tych wielkości wykorzystuje się:

bilans substancjalny,
 bilans cieplny,
 bilans pędów oraz
 równanie ciągłości strumienia.

Można przyjąć, że z powietrza m_1 powiewu zewnętrznego
 tylko część przedrze się przez zasłonę. Poza tym strumień
 powietrza zasłony zasysa powietrze otoczenia w ilości $m = m_z$.
 Przyjęto dalej, że ilość ta składa się w 50% z powietrza
 zimnego, i w 50% z powietrza pomieszczenia. Bilans substan-
 cyjny (rys.7) można więc ująć wzorem:

$$m = \mu m_1 + \frac{m_x + m_z}{2} = \mu m_1 + \frac{\psi + 1}{2} m_z \quad (10)$$



Rys.7. Schemat do bilansu substancjalnego zasłony powietrznej

Bilans ten różni się od równania wyprowadzonego we wcześniejszej pracy [5] o czynnik $(\psi + 1)/2$. Różnica wynika stąd, że poprzednio nie uwzględniono dostania przez strumień zasłony powietrza z otoczenia.

Wielkość m oznacza ilość odprowadzanego po-

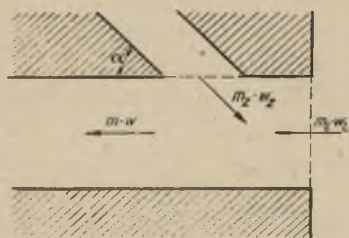
wietrza. Część m_z tego powietrza wraca do obiegu. Jeżeli nie ma strat powietrza, wówczas do pomieszczenia dostaje się powietrze zewnętrzne w ilości $\frac{\gamma-1}{2} m_z + \mu m_1$. Powietrze to w procesie mieszania podgrzewa się do temperatury panującej w pomieszczeniu. Ponieważ powietrze wnika do wnętrza pokrywa częściowo straty powietrza budynku, obliczone dalej straty ciepłe związane z działaniem zasłony należy więc tylko częściowo przypisać działaniu tej zasłony.

Bilans cieplny można wyrazić następująco:

$$m_z (T_z - T_R) = (\mu m_1 + \frac{\gamma-1}{2} m_z) (T_R - T_a) \quad (11)$$

Hamujące działanie strumienia zasłony można określić za pomocą prawa zachowania ilości ruchu. Dla uproszczenia rozważań można przyjąć, że zderzenie się cząsteczek powietrza jest doskonale sprężyste oraz, że rozkład prędkości na całej powierzchni otworu drzwiowego jest nierównomierny. Prędkości

należy więc traktować jako średnie. Przy zderzeniu się obu strumieni powietrza pęd strumienia powietrza zasłony ulega zmniejszeniu. Jeżeli pęd ten jest mniejszy od pędu napływającego powietrza zewnętrznego, wówczas pewna ilość powietrza zewnętrznego wdziera się do wnętrza. Jeśli zaś obydwa pędy są sobie równe, nie występuje przenikanie powietrza zewnętrznego przez zasłonę. Zwiększenie pędu powietrza zasłony w takim stopniu by przewyższał on pęd strumienia powietrza



Rys.8. Schemat do bilansu pędów w zasłonie powietrznej

zewnętrznego nie jest celowe, gdyż w takim przypadku ciepłe powietrze odpływałoby na zewnątrz.

Bilans pędów (rys.8) można wyrazić następująco:

$$m_1 w_1 - m_z w_z \cos \alpha = m w \quad (12)$$

gdzie

$$w_1 = \sqrt{w_a^2 + w_{\Delta p}^2} \quad (13)$$

Mimo uwzględnienia w niniejszej pracy powietrza zassanego z otoczenia przez strumień zasłony, bilans pędów nie uległ zmianie w stosunku do bilansu podanego wcześniej w pracy [5].

Z przytoczonych powyżej równań można otrzymać wzór:

$$\frac{m_z}{m_1} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a}\right)^2 \cdot \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha}} \quad (14)$$

Za pomocą równania ciągłości strumienia można wyrazić prędkość strumienia zasłony wzorem:

$$\frac{w_z}{w_1} = \frac{m_z}{m_1} \varphi \frac{T_z}{T_a} \quad (15)$$

udział zaś wdzierającego się powietrza zewnętrznego wyraża równanie:

$$\mu = \frac{\frac{T_z - T_R}{T_R - T_a} - \frac{\varphi - 1}{2}}{\sqrt{\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a}\right)^2 \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha}} \quad (16)$$

Temperatura powietrza wdmuchiwanego występuje wprawdzie w tych równaniach jako zmienna niezależna, jednak przy omawianiu przypadków granicznych okazuje się, że nie może ona być mniejsza od określonej wartości minimalnej.

W przypadku gdy temperatura wewnątrz jest równa temperaturze zewnętrznej, tzn. $T_R = T_a$, otrzymuje się $\mu = 1$ oraz $m_z = 0$.

Jeżeli przyjmiemy się, że nie występuje wdzieranie się powietrza zewnętrznego tzn. gdy $\mu = 0$, wówczas:

$$\frac{T_z - T_R}{T_R - T_a} = \frac{\varphi - 1}{2} \quad (17)$$

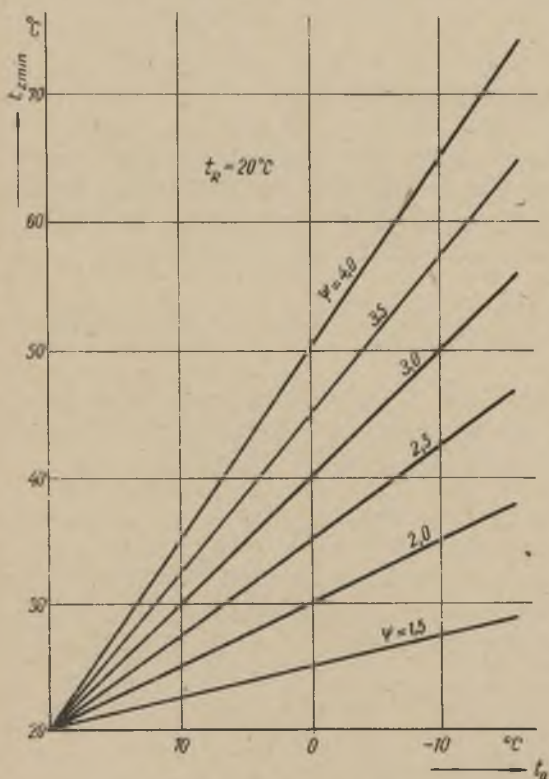
Z warunku tego wynika najniższa temperatura powietrza wdmuchiwanego:

$$T_Z = T_{Z,\min} = \frac{\psi - 1}{2} (T_R - T_a) + T_R \quad (18)$$

Taką co najmniej temperaturę powinien mieć strumień powietrza wdmuchiwanego, aby zassane przez ten strumień powietrze zimne po zmieszaniu się zostało ogrzanego do temperatury wnętrza. Niższa temperatura powietrza wdmuchiwanego, prowadzi do ujemnej wartości μ co jest sprzeczne z założeniami. Jak wynika z rys.9 najniższa temperatura powietrza wdmuchiwanego jest tym wyższa, im większa jest wartość ψ i im niższa jest temperatura zewnętrzna. Dla $\psi = 1$ oraz $T_a = T_R$,

spełniony jest warunek $T_Z = T_R$, co oznacza, że zbędne jest wstępne ogrzewanie powietrza roboczego. Podczas gdy $\psi = 1$ ma znaczenie wyłącznie teoretyczne, przypadek graniczny drugi $T_a = T_R$ może wystąpić, jeżeli zasłony powietrzne dla uniknięcia przeciągów i wdzierania się kurzu będą czynne także w lecie.

Wyższe temperatury powietrza wdmuchiwanego trzeba stosować wówczas, gdy dopuszcza się możliwość $\mu > 0$. O wyborze właściwej temperatury doprowadzanego powietrza decydować będzie dążenie do możliwie największego obniżenia kosztów energii.



Rys.9. Najniższa dopuszczalna temperatura $t_{z,\min}$ powietrza wdmuchiwanego w zależności od t_a oraz ψ

We wcześniejszej pracy [5] ujmującej to zagadnienie udowodniono, że suma kosztów energii jest najmniejsza wówczas, gdy powietrza wdmuchiwanego nie ogrzewa się. Wynik ten jest nadal aktualny dla przypadku granicznego $\psi' = 1$. Ponieważ jednak zawsze następuje mieszanie strugi doprowadzonego powietrza z zimnym powietrzem zewnętrznym, przeto nie można uniknąć podgrzewania powietrza wdmuchiwanego. Temperatura podgrzewania nie powinna być jednak wyższa od wyznaczonej powyżej temperatury $t_{z,\min}$, jeżeli koszty eksploatacyjne mają pozostać na możliwie niskim poziomie. Kalkuluje się bowiem taniej wstrzymanie wdzierania się zimnego powietrza przez zwiększenie mocy wentylatora, aniżeli ogrzewanie wdzierającego się powietrza zimnego. Najekonomiczniejsze warunki eksploatacji zasłony powietrznej osiąga się zatem wówczas, gdy przez tę zasłonę nie przenika zimne powietrze zewnętrzne ($\mu = 0, T_z = T_{z,\min}$).

4. Zapotrzebowanie energii

Zasłona powietrzna zużywa ciepło dla pokrycia strat cieplnych oraz energię elektryczną do napędu wentylatora. Zużycie ciepła do podgrzewania powietrza roboczego można wyrazić wzorem:

$$Q_H = m_z c_p (T_z - T_R) \quad (19)$$

Po wyeliminowaniu z tego równania ilości powietrza wdmuchiwanego m_z , otrzymuje się w odniesieniu do jednostki powierzchni otworu drzwiowego, następującą ilość ciepła:

$$\frac{Q_H}{F} = \frac{w_1 p \cdot}{\sqrt{\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a}\right)^2 \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha}} \frac{T_z - T_R}{T_a} \frac{\kappa}{\kappa - 1} \quad (20)$$

gdzie:

p - ciśnienie bezwzględne otoczenia,

κ - wykładnik adiabaty dla powietrza.

Moc napędową niechłodziwego wentylatora powietrza wdmuchiwanego wyraża wzór:

$$N_V = m_z \frac{w_z^2}{2} \frac{1}{\eta_{ad}} \quad (21)$$

gdzie:

η_{ad} - sprawność adiabatyczna.

Innych sprawności nie uwzględniono. Można przyjąć, że przyrost entalpii powietrza zasłony w procesie adiabatycznego sprężania jest równy w przybliżeniu stratom ciepła na rzecz otoczenia.

Eliminując ze wzoru (21) ilość powietrza wdmuchiwanego oraz jego prędkość otrzymuje się następujące zapotrzebowanie mocy w odniesieniu do 1 m² powierzchni otworu drzwiowego:

$$\frac{N_V}{F} = \frac{w_1^3 p \varphi^2 T_z^2}{2 R T_a^3 \left[\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a} \right)^2 \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha \right]^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{1}{\eta_{ad}} \quad (22)$$

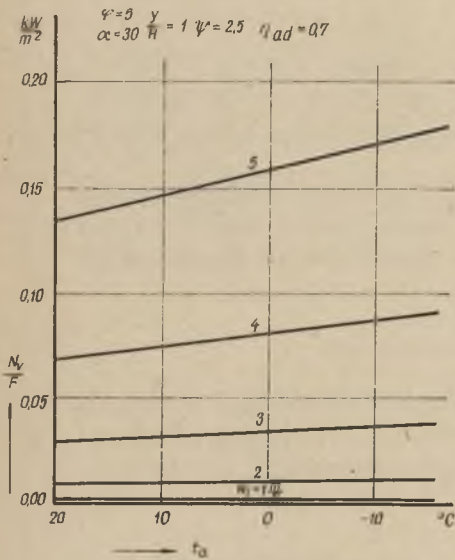
Ilość powietrza wdmuchiwanego przy tym zużyciu wynosi:

$$\frac{m_z}{F} = \frac{w_1 p}{R T_a \sqrt{\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a} \right)^2 \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha}} \quad (23)$$

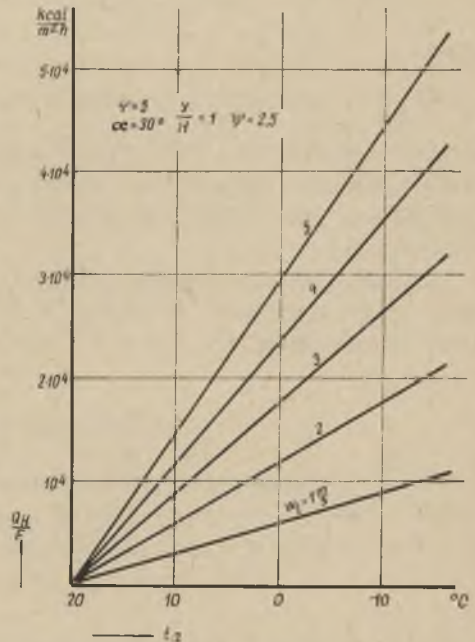
prędkość zaś strumienia powietrza wdmuchiwanego oblicza się ze wzoru:

$$w_z = \frac{w_1 \varphi \frac{T_z}{T_a}}{\sqrt{\left(\frac{T_z - T_a}{T_R - T_a} \right)^2 \frac{T_R}{T_a} + \frac{T_z}{T_a} \varphi \cos \alpha}} \quad (24)$$

Na rysunkach od 10 do 13 podano wielkości eksploatacyjne zasłony powietrznej a mianowicie moc wentylatora, zapotrzebowanie ciepła, ilość powietrza wdmuchiwanego oraz prędkość



Rys.10. Moc wentylatora dla zasłony powietrznej w zależności od t_a



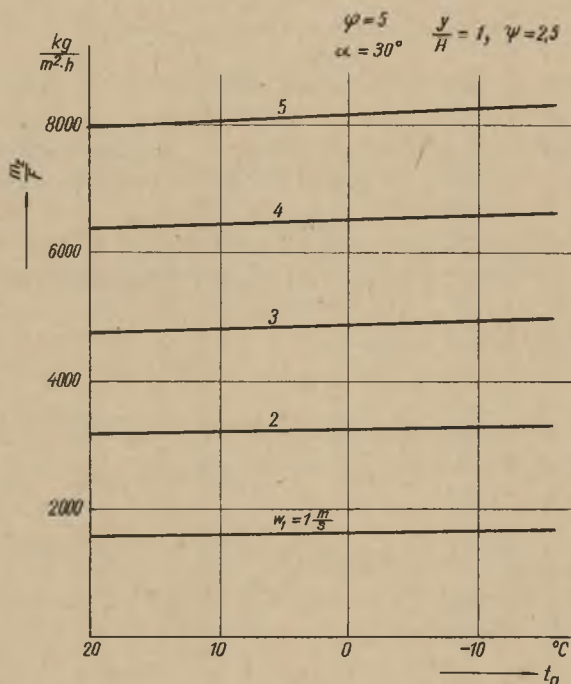
Rys.11. Zapotrzebowanie ciepła Q_H w instalacji zasłony powietrznej

strumienia tego powietrza w zależności od prędkości w_1 powietrza zewnętrznego i temperatury zewnętrznej T_a .

Wartości te podano przyjmując $t_z = t_{z,\min}$; $\psi = 5$; $\alpha = 30^\circ$; $\frac{y}{H} = 1$ oraz $\psi' = 2,5$.

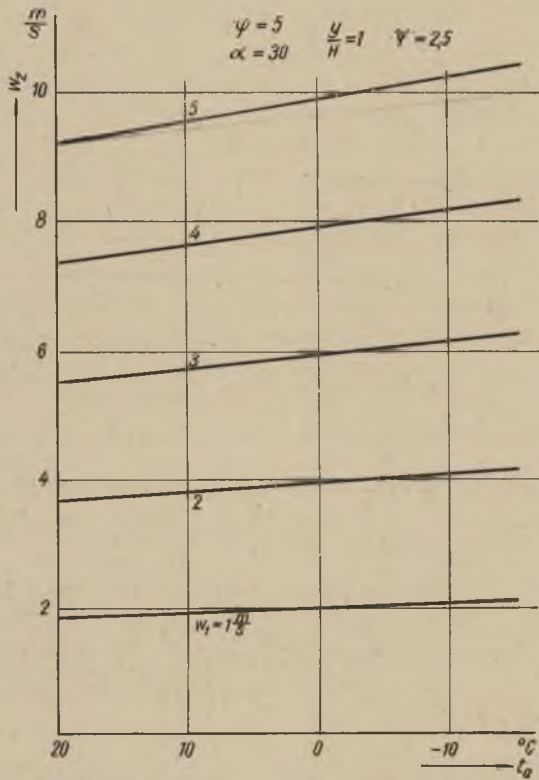
Z wykresów tych wynika, że moc wentylatora w zasadzie uzależniona jest tylko od prędkości powietrza zewnętrznego podczas gdy zapotrzebowanie ciepła zależy ponadto wyraźnie od temperatury zewnętrznej. Można to uzasadnić w następujący sposób: moc wentylatora na skutek wymiany pędów jest określona głównie przez energię kinetyczną napływającego powietrza zewnętrznego. Dlatego zapotrzebowanie mocy jest proporcjonalne do trzeciej potęgi prędkości powietrza zewnętrznego.

nego. Prowadzi to do widocznego na rys.10 wyraźnego zgęszczenia linii parametrycznych $w_1 = \text{idem}$ przy małych wartościach w_1 .



Rys.12. Ilość powietrza wdmuchiwanego m_Z/F w instalacji zasłony powietrznej w zależności od t_a

Temperatura zewnętrzna natomiast wywiera wpływ jedynie na gęstość powietrza tak, że występuje prawie liniowy wzrost zapotrzebowania mocy proporcjonalnie do malejącej temperatury zewnętrznej. Zapotrzebowanie ciepła jest proporcjonalne do prędkości powietrza zewnętrznego, ponieważ między ilością powietrza wdmuchiwanego a prędkością powietrza zewnętrznego istnieje zależność liniowa. Temperatura zewnętrzna wpływa na zapotrzebowanie ciepła również prawie liniowo, ponieważ jednak wywiera ona także wpływ na gęstość przeto powstaje słabo paraboliczny przebieg krzywych parametrycznych. Natężenie przepływu powietrza wdmuchiwanego i jego prędkość zmieniają się proporcjonalnie do prędkości powietrza zewnętrznego, i w małym stopniu zależą od temperatury zewnętrznej, której wpływ także i w tym przypadku wynika ze zmian gęstości powietrza.



Rys.13. Prędkość wylotowa w powietrza wdmuchiwanego w zależności od t_a

Praca wpłynęła do redakcji 15.XII.1961 r.

LITERATURA

- [1] W.W. B a t u r i n - Lüftungsanlagen für Industriebauten, VEB Verlag Technik, Berlin, 1959.
- [2] B. D e i c h - Lufttüren für Kaufhäuser und Werkseingänge, Sanitäre Technik, 22 (1957) str.137.
- [3] B. E c k - Technische Strömungslehre, 5 wydanie, Springer, Berlin, 1958.
- [4] I. K l ä u s l e r - Luftschleusen für Geschäfts- und Warenhäuser, Gesundheits-Ingenieur, 79 (1958), str.296.
- [5] K. K ö h l e r , G. G r u h n - Beitrag zur Theorie der Luftschleieranlagen, Wissenschaftl. Zeitschr. d. Hochschule f. Verkehrswesen, Dresden, 8 (1960/61), nr 2, str.303.
- [6] Recknagel/Sprenger/Taschenbuch für Heizung und Lüftung, 1960, str.785.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТАНОВКИ ВОЗДУШНЫХ ЗАВЕС

Резюме

В часто употребляемых входах разных промышленных и общественных помещениях все более применяются вместо механических дверей — воздушные завесы. Эксплуатационные показатели этих установок определяли до настоящего времени согласно эмпирическим данным. Автор пытался решить этот вопрос на базе правил термодинамики. В работе выведены формулы, позволяющие рассчитать количество и скорость струи воздуха вдуваемого в дверное отверстие, мощность вентилятора, а также потребность теплоты для подогрева струи вдуваемого воздуха.

DIE THEORETISCHEN GRUNDLAGEN FÜR DIE AUSLEGUNG VON LUFTSCHLEIERANLAGEN

Zusammenfassung

In den vorstehenden Ausführungen wurde ein modernes Gebiet der Heizungs- und Lüftungstechnik behandelt, dem in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden muß. In verkehrsreichen Werks- und Geschäftseingängen werden sich die Luftschleieranlagen immer mehr durchsetzen, da eine wirksam Kaltluftabschirmung auf anderem Wege nicht erreicht werden kann. Es kommt deshalb darauf an, derartige Anlagen so auszulegen, daß ein wirtschaftlicher und funktionssicherer Betrieb gewährleistet ist. Eine Voraussetzung dafür liegt in der Schaffung physikalisch begründeter Berechnungsgrundlagen, die vor allem Aufschluß über die wichtigsten Auslegungsdaten, wie Zuluftmenge, Zuluftgeschwindigkeit, Ventilatorleistung und Wärmebedarf geben sollen. Es konnte gezeigt werden, daß sich diese Forderung unter Berücksichtigung der strömungstechnischen und physikalischen Vorgänge erfüllen lässt.