

WENTYLACJA

WPŁYW TURBULENCJI KURTYN POWIETRZNYCH NA ZUŻYCIE ENERGII

Dobrochna Liemburg-Czarnecka^{*)},

Otwarte drzwi są oznaką gościnności, w związku z czym coraz więcej sklepów zostawia otwarte podwoje, aby w ten sposób zachęcić przechodniów do wejścia. Niestety przez otwarte drzwi przechodzą nie tylko klienci, ale również powietrze, które najczęściej negatywnie wpływa na temperaturę wewnątrz pomieszczeń sklepowych. Powoduje to wzrost kosztów ogrzewania zimą i chłodzenia latem na skutek uciekającego z pomieszczenia na zewnątrz powietrza ogrzanego lub napływającego do wnętrza powietrza ciepłego. Ponadto, na skutek różnicy temperatur i ciśnień jak również parcia wiatru, występuje intensywny ruch powietrza powodując przeciągi, co jest nieprzyjemne i niezdrowe nie tylko dla kupujących, ale i dla personelu. Aby zapobiec takiemu stanowi, przy otwartych drzwiach, należy zainstalować nad drzwiami kurtynę powietrzną. Dzięki prawidłowo dobranej i zainstalowanej kurtynie, wpływ temperatury powietrza zewnętrznego na temperaturę w pomieszczeniu sklepowym może być zmniejszony do minimum.

W Holandii, gdzie kurtyny powietrzne stały się już nieodłącznym elementem wyposażenia technicznego każdego sklepu, nieprzerwanie bada się możliwości ulepszenia tych urządzeń. Badania takie są przeprowadzane nie tylko przez producentów, ale również przez uznane organizacje takie jak Holenderski Instytut Badań TNO i w laboratoriach wyższych szkół technicznych.

Kurtyny powietrzne

Kurtyna powietrzna nie jest kurtyną w dosłownym znaczeniu tego słowa, ponieważ nie jest w stanie całkowicie zatrzymać poprzecznego ruchu powietrza w płaszczyźnie otworu drzwi, gdyż struga powietrza z kurtyny stanowi opór zaledwie około 1 Pa. A zatem, kurtyna ma za zadanie przede wszystkim doprowadzenie dostającego się do wnętrza powietrza do takiej temperatury, aby wyeliminować przeciągi i zapewnić komfort w pomieszczeniu, zarówno dla wchodzących, jak i przebywających w nim osób.

Wentylatory zainstalowane wewnątrz kurtyny powodują zassanie powietrza z pomieszczenia, które przepływając przez nagrzewnicę ogrzewa się i jest wywiewane pionową strugą w dół. Ważne jest, aby temperatura powietrza nawiewanego była bliska temperaturze ciała człowieka, ponieważ jest to warunek, przy którym ruch powietrza jest najmniej odczuwalny.



Rys. 1 Kurtyna powietrzna z systemem rectifier

Bardzo ważny jest dobór kurtyny w zależności od jej zastosowania, a głównie wymiarów otworu drzwi. Nawiewana struga, z odpowiednią prędkością i ciśnieniem dynamicznym powinna dotrzeć do podłogi, nie wywołując przy tym nieprzyjemnych odczuć przechodzących ludzi, a jednocześnie jej długość powinna pokrywać całą szerokość otworu drzwiowego.

Ponadto prawidłowy dobór kurtyny pozwala uniknąć niepożądanych strat energii, a zatem, nie podwyższa kosztów eksploatacji.

Oferowane na rynkach kurtyny powietrzne są wyposażone w nagrzewnice elektryczne lub wodne. Kurtyny z nagrzewnicami wodnymi są podłączane do typowego układu centralnego ogrzewania. Ponieważ ciepłe powietrze wywiewane z kurtyny w znacznej części pozostaje w pomieszczeniu i uzupełnia niezbędną ilość ciepła w pomieszczeniu, najczęściej nie

występuje konieczność zwiększania mocy grzewczej kotła czy też węzła cieplnego.

Na świecie produkowane są różne typy i modele kurtyn powietrznych. Niezależnie od zróżnicowanych mocy i gabarytów, produkowane są kurtyny poziome (struga pionowa z góry na dół) i kurtyny pionowe (struga z boku). Produkowane są również w różnych obudowach i z różnymi konstrukcjami nośnymi zależnymi od sposobu ich zamontowania. Wyróżnić tu można kurtyny swobodnie zawieszane czy też przeznaczone do zabudowy w suficie podwieszonym. Jak z tego wynika wiele parametrów ma znaczący wpływ na efektywność działania kurtyny powietrznej, zużycie energii i komfort cieplny, odczuwany przez ludzi, w obszarze jej działania.

W niniejszym artykule zostanie omówiony wpływ turbulencji wywiewanej strugi powietrza na zużycie energii. Wpływ prędkości strugi i jej temperatury u wylotu kurtyny na efektywność i komfort tego urządzenia, zostaną obszernie omówione w kolejnym numerze Ch&K.

System **RECTIFIER**

Jednym z najważniejszych parametrów decydujących o wielkości zużycia energii jest stopień turbulencji strugi powietrza wywiewanego z kurtyny powietrznej. W celu zminimalizowania zużycia energii należy zminimalizować turbulencje strumienia wydmuchiwanego powietrza. Turbulentny strumień kurtyny obniża jej skuteczność - wywołuje zjawisko indukcji cieplnej i powoduje, że część ciepłego powietrza z kurtyny mieszając się z powietrzem zewnętrznym wydostaje się poza budynek zanim jeszcze osiągnie poziom podłogi (rys.4)

Holenderska firma **Biddle** uporała się z tym problemem dzięki opracowanemu przez



Rys. 2 Graficzny obraz działania systemu rectifier

siebie i opatentowanemu w Europie systemowi wypływu powietrza nazwanego **rectifier**.

Powietrze zasysane przez wentylatory wpływa do komory rozprężnej, gdzie następuje stabilizacja i wyrównanie ciśnienia na całej długości urządzenia, co jest pierwszym etapem obniżenia turbulencji strugi. Drugi etap ma miejsce, gdy powietrze przechodzi przez unikalny układ kratki nawiewnych, gdzie następuje ostateczna stabilizacja i powstaje równomierny, skoncentrowany strumień powietrza (rys 2).

W ten sposób utworzony strumień powietrza ma znacznie większy zasięg nawet przy niewielkich prędkościach, zaś kurtyna pracuje przy niewielkim poziomie hałasu.

Powyższy efekt można było osiągnąć dzięki zastosowaniu kratki wywiewnych o odpowiednich proporcjach pomiędzy wysokością kratki i ich rozstawieniem.

Badania praktyczne

Aby stwierdzić, jaki dokładnie jest wpływ turbulencji na skuteczność i zużycie energii przez kurtynę, Biddle, we współpracy z Holenderskim Instytutem Badań TNO przeprowadził szereg badań. Poniżej zostały opisane najważniejsze wyniki.

Założenia – parametry wejściowe

Jako punkt wyjścia przyjęto pomieszczenie o kubaturze około 400 m³. Ponadto przyjęto, iż w związku z działaniem wentylacji mechanicznej i grawitacyjnej w badanym pomieszczeniu następuje dwukrotna wymiana powietrza w ciągu godziny ($w=2/h$). Oznacza to, że poprzez otwarte drzwi co godzinę do wnętrza dostaje się około 800 m³ zimnego powietrza zewnętrznego. Drzwi mają wysokość 2,0 m i szerokość 1,5 m. Temperatura powietrza zewnętrznego jest równa 5°C, natomiast wewnątrz pomieszczenia utrzymywana jest temperatura 20°C. Podczas badań wartości tych temperatur zostały utrzymane na stałym poziomie, aby można było zbadać wpływ innych parametrów, takich jak ilość ciepła doprowadzanego przez kurtynę i moc cieplna niezbędna do podgrzania powietrza dostającego się z zewnątrz, na ogólny bilans energii cieplnej.

Prędkość strugi powietrza z kurtyny wynosi 3 m/s na wysokości 2 metrów, a jego temperatura

35°C. We wszystkich wariantach straty ciepła przez wentylację i przenikanie przez przegrody zewnętrzne są stałe, gdyż działanie kurtyny nie ma na nie wpływu.

Na podstawie opisanego powyżej modelu przeanalizowano trzy różne warianty:

Wariant 1 - obiekt bez kurtyny powietrznej (rys. 3)

Wariant 2 - kurtyna powietrzna z dużymi turbulencjami (rys. 4)

Wariant 3 - kurtyna powietrzna z niewielkimi turbulencjami, zastosowano system *rectifier* (rys. 5)

Wyniki

W tabeli poniżej znajdują się wyniki badań dla trzech wariantów

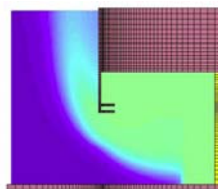
Wariant	Wentylacja Q_v [W]	Ogrzewanie Q_{ch} [W]	Strata Q_{ve} [W]	Oszczędność η (%)
1	-2126	6610	-4577	0
2	-2126	396	-1763	61
3	-2126	-540	-907	80

- Kolumna Q_v pokazuje straty mocy cieplnej przez wentylację. Wielkość ta jest stała dla wszystkich wariantów.
- Kolumna Q_{ch} pokazuje moc cieplną niezbędną do ogrzania powietrza napływającego przez otwór drzwiowy do temperatury 20°C.
- Kolumna Q_{ve} pokazuje straty mocy cieplnej przez otwór drzwi.
- Kolumna η określa o ile zmniejszają się straty energii cieplnej w wariantach 2 i 3 w odniesieniu do wariantu 1. Wartości η odnoszą się tylko do strat Q_{ve} .

Ocena skuteczności

Wariant 1 - bez kurtyny powietrznej

Aby ogrzać powietrze napływające w wyniku działania wentylacji mechanicznej i grawitacyjnej niezbędna jest moc cieplna 2.126 W. Ponadto 4.577 W zostaje zużyte do podgrzania powietrza napływającego przez otwarte drzwi. Łącznie, uzyskana w wyniku badań moc cieplna wynosi 6.610 W.



Rys. 3 Rozkład strumieni powietrza - drzwi bez kurtyny

ciepłego wypływającego górną częścią drzwi. Wariant 2 i 3 z kurtynami powietrznymi o różnych turbulencjach

W tych wariantach uwzględniono działanie kurtyn nawiewających strugę powietrza o prędkości 3 m/s i temperaturze 35°C. Zainstalowane są w drzwiach o

szerokości 1,5 m na wysokości 2,0 m. Każda z kurtyn posiada nagrzewnicę o mocy 3.510 W.

W wariantach 2

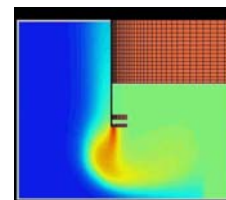
zastosowano typową

kurtynę, której strumień powietrza jest strugą turbulentną, wywołującą zjawisko indukcji, co wyraźnie widać na rys. 4. Jednak zastosowanie kurtyny pozwoliło na wyeliminowanie strat ciepła na drodze konwekcji i zaoszczędzenie 61% energii cieplnej w stosunku do wariantu 1, w którym badany obiekt nie posiadał kurtyny.

W wariantach 3 (rys. 5)

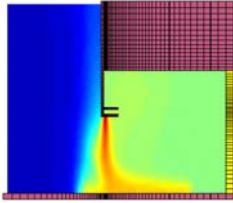
zasymulowano działanie kurtyny z systemem *rectifier* (rys. 2) kształtującym strugę o bardzo niskim stopniu turbulencji. Na rys. 5 wyraźnie widać bardzo korzystny kształt

strugi powietrza, niski poziom indukcji i niewielkie ubytki ciepła na zewnątrz. Na całej długości strugi następuje mieszanie się ciepłego powietrza z kurtyny z zimnym powietrzem napływającym z zewnątrz i ogrzanie go do temperatury wnętrza. Ponadto część strugi przy podłodze kieruje się do wnętrza i uzupełnia bilans cieplny układu ogrzewania.



Rys. 4 Rozkład strumieni powietrza - kurtyna bez systemu *rectifier*

Rysunek 3 przedstawia układ strug powietrza w ruchu naturalnej konwekcji oraz rozkład temperatur strug powietrza zimnego napływającego dołem i powietrza



Rys. 5 Rozkład strumieni powietrza - kurtyna z systemem rectifier

Zastosowanie systemu *rectifier* daje 80% oszczędności energii cieplnej w stosunku do obiektu bez kurtyny i 19% w porównaniu z zastosowaniem kurtyny typowej.

Przedstawione powyżej badania i ich

analiza wykazują jednoznacznie, iż zastosowanie systemu kształtowania strugi *rectifier*, skonstruowanego przez firmę **Biddle** daje wymierne korzyści w postaci oszczędności energii cieplnej, a zatem wpływa znacząco na zmniejszenie kosztów eksploatacji.

Przyjmując, iż sklep o podobnych parametrach do analizowanego, jest czynny przez 48 tygodni w roku, 6 dni w tygodniu i 8 godzin dziennie, zastosowanie kurtyny powietrznej z systemem *rectifier* może zmniejszyć roczne zużycie energii na kwotę około 3.500 zł w porównaniu z sytuacją bez kurtyny powietrznej. Ponieważ większość sklepów jest przeważnie otwartych w dłuższym czasie w ciągu roku, to oszczędności energii mogą być relatywnie wyższe.

Dobrochna Liemburg-Czarnecka
 Manager Business Development Poland
 Biddle bv

Dodatkowe informacje dostępne:
 PMP Technika Klimatyzacyjna Sp. z o.o.
 Ul. Czarnieckiego 19/1
 01-548 Warszawa
 tel. 022 839 26 71
 fax 022 839 25 59
 e-mail biddle@biddle.pl
 internet www.biddle.pl