

# Pytanie do eksperta



Bohdan Kontrymowicz  
Ventosystem

## Czy wentylacja naturalna sprawdzi się w obiektach przemysłowych? W jaki sposób obliczać wymagane powierzchnie nawiewne i wywiewne?

Wentylacja naturalna doskonale sprawdza się w obiektach przemysłowych typu halowego, w których w procesie technologicznym uwalniane są do otoczenia znaczne ilości ciepła. Przykładami takich obiektów są huty szkła i metali, bloki energetyczne, walcownie itp. Wykorzystanie uwalnianego ciepła, nawet jeśli czasem technicznie możliwe, nie jest obecnie ekonomicznie opłacalne, więc jedyną sensowną metodą ochrony obiektu przed przegrzaniem jest usunięcie tego ciepła na zewnątrz budynku. Wentylacja naturalna jest najtańszym rozwiązaniem tego zadania.

Do obliczania wentylacji naturalnej najczęściej dotychczas stosowaną jest metoda obliczeń strat ciśnienia. Zaletą tej metody jest możliwość wykonania obliczeń na kalkulatorze lub w arkuszu kalkulacyjnym. Wadą jest konieczność sprowadzenia wszystkich planowanych otworów nawiewnych (na różnych wysokościach) za pomocą średnich ważonych do jednego nawiewu równoważnego. Analogicznym czynnościom trzeba poddać otwory wywiewne.

Ciśnienie wyporu grawitacyjnego oblicza się z różnicy gęstości  $\Delta\rho$ , wynikającej z różnicy temperatur oraz z wysokości słupa powietrza  $h$ , na której ta różnica temperatur powstaje.

$$\Delta p = g \cdot h \cdot (\rho_1 - \rho_2) \text{ [kg/ms}^2\text{]}$$

gdzie:

$g$  – przyspieszenie ziemskie [9,81 m/s<sup>2</sup>],

$h$  – wysokość słupa powietrza, na której powstaje różnica temperatury [m],

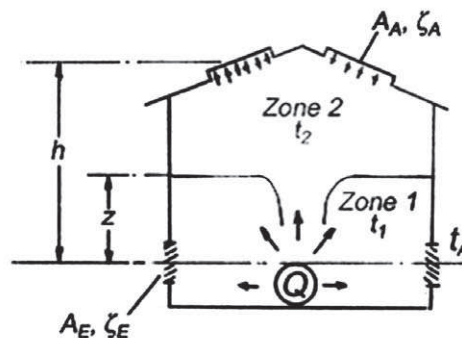
$\rho_1$  – gęstość powietrza nawiewanego [kg/m<sup>3</sup>],

$\rho_2$  – gęstość gorącego powietrza wywiewanego [kg/m<sup>3</sup>].

W omawianym tutaj typie obiektów źródła ciepła znajdują się na pewnej wysokości od posadzki, a ich wielkość i kształt powodują, że gradient temperatury i ciśnienia nigdy nie jest liniowy. Odpowiedni współczynnik wprowadza się na podstawie wiedzy o podobnych istniejących obiektach.

Ciśnienie, powstające na skutek różnicy temperatury, może być technicznie wykorzystane do tworzenia odpowiedniego obiegu powietrza bez mechanicznego wspomaganie wentylatorem. Różnica ciśnienia musi być wystarczająca do pokonywania oporów, które wynikają ze strat przepływu przez urządzenia nawiewne (żaluzje, kratki, itp.) oraz wywiewne (wywietrzaki, żaluzje, kratki, itp.). Oporo powstają też na przewężeniach

i krawędziach całkowicie otwartych otworów w ścianach lub dachu na skutek turbulencji przepływającego powietrza.



Rys. 1 Rozkład warstw temperaturowych w hali z wewnętrznym obciążeniem cieplnym. Opis: AA – powierzchnia wywiewna, AE – powierzchnia nawiewna,  $\zeta_A$  – współczynnik oporu powierzchni wywiewnej,  $\zeta_E$  – współczynnik oporu powierzchni nawiewnej,  $t_2$  – temperatura w strefie 2,  $t_1$  – temperatura w strefie 1,  $t_A$  – temperatura na zewnątrz,  $h$  – wysokość słupa powietrza,  $N_z$  – strefa wyrównania ciśnień,  $Q$  – źródło ciepła.

Powierzchnia geometryczna otworów wentylacji naturalnej wynika z zależności:

$$A_G = V/w$$

gdzie:

$V$  – strumień objętościowy powietrza [m<sup>3</sup>/s],

$w$  – prędkość przepływu przez otwór [m/s].

$$V = \frac{Q}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t}$$

gdzie:

$Q$  – dostarczona ilość ciepła, głównie wewnętrzne zyski ciepła [W],

$c_p$  – ciepło właściwe powietrza  $\sim 1$  [kJ/kgK],

$\rho$  – gęstość powietrza [kg/m<sup>3</sup>],

$\Delta t$  – różnica temperatur [K].

W tym miejscu trzeba wyraźnie podkreślić, że w obiektach, o jakich tu mówimy, w stanie ustalonym termicznie równe są tylko strumienie masowe powietrza nawiewanego i wywiewanego, natomiast strumień objętościowy wywiewny jest zawsze większy od nawiewnego, bo powietrze ze wzrostem temperatury rozszerza się i zmniejsza się jego gęstość. Niestety trafiają mi się do wglądu projekty, w których autorzy całkowicie ignorują te oczywiste prawa fizyki gazów.

Oporo przepływu w urządzeniach nawiewnych i wywiewnych:

$$\Delta p_1 = \zeta_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{w_1^2}{2}$$

$$\Delta p_2 = \zeta_2 \cdot \rho_2 \cdot \frac{w_2^2}{2}$$

przy czym  $w_1$  jest to prędkość powietrza nawiewanego, a  $w_2$  prędkość powietrza wywiewanego z obiektu.

$$w_1 = \sqrt{\Delta p_1 \cdot c_{v1}^2 \cdot 2 / \rho_1}$$

przy czym  $w_1$  to prędkość powietrza w otworze nawiewnym, a  $w_2$  odpowiednio w otworze wywiewnym.

Współczynniki oporów  $\zeta$  są typowe dla każdego urządzenia i są mierzone przez wytwórcę oraz podawane jako aerodynamiczny współczynnik przepływu  $c_v$ , przy czym zachodzi tożsamość:

$$c_v = \sqrt{\frac{1}{\zeta + 1}} \Leftrightarrow \zeta = \frac{1}{c_v^2} - 1$$

Zgodnie z normą PN-EN 12101-2 załącznik B, do obliczania powierzchni aerodynamicznie czynnej należy stosować wartość  $c_v$  wyznaczaną na podstawie pomiarów bez wpływu wiatru oznaczaną  $c_{v0}$ .

W ten sposób można z dobrym przybliżeniem określić wymagane powierzchnie nawiewne i wywiewne.

### Z przybliżeniem? Czy ta metoda nie jest wystarczająco dokładna?

Metoda jest oczywiście dokładna, ale założenia przyjęte na początku powodują, że wyniki mogą trochę odbiegać od rzeczywistości. W praktyce inżynierskiej, gdzie zawsze trzeba zakładać pewne współczynniki bezpieczeństwa, nie ma to istotnego znaczenia i ta metoda jest bardzo przydatna.

Nowszą alternatywą dla omówionej wyżej metody obliczania wentylacji naturalnej jest program Ventos. Podstawą obliczeń jest bilans energetyczny obiektu, który w stanie zrównoważonym musi być zerowy. Oznacza

to, że zyski ciepłe wewnątrz budynku są w pełni odprowadzane przez wentylację (naturalną i mechaniczną), przy czym musi być zachowany bilans strumieni masowych powietrza. Podstawową zaletą Ventosa dla projektanta jest możliwość symulowania strumieni powietrza na wszystkich urządzeniach wentylacji naturalnej i mechanicznej w budynku przy różnych temperaturach zewnętrznych. Z Ventosa korzysta już duża grupa projektantów zaangażowanych w projekty dla energetyki i hutnictwa.

### Czy w projektowaniu wentylacji naturalnej wszystko sprowadza się do obliczenia powierzchni nawiewnych i wywiewnych oraz do rozmieszczenia otworów?

W praktyce do wentylacji naturalnej używane są różnorakie urządzenia, które różnią się między sobą konstrukcją i aerodynamicznym współczynnikiem przepływu  $c_{v0}$ . Jeśli urządzenie wywiewne A ma np.  $c_{v0} = 0,26$  a urządzenie B ma  $c_{v0} = 0,735$  to dla uzyskania takiego samego strumienia wywiewnego potrzeba prawie trzy razy więcej urządzeń typu A niż typu B. Nie jest to bez znaczenia ani dla zajmowanego miejsca na dachu, ani dla ceny instalacji.

Jeśli urządzenie ma być używane do oddymiania pożarowego, wówczas musi być certyfikowane na zgodność z normą PN-EN 12101-2. Jeśli wymagana jest ochrona akustyczna otoczenia od hałasu panującego wewnątrz budynku, a wartość tłumienia akustycznego urządzenia  $R_w$  jest niewystarczająca, wówczas urządzenia nawiewne i/lub wywiewne muszą być wyposażone w dodatkowe tłumiki akustyczne, które jednak pogarszają (zmniejszają) współczynnik  $c_v$ .

**Bohdan Kontrymowicz**

REKLAMA



**BSH**  
Klima

BSH Klima Polska Sp. z o.o., ul. Kolejowa 13, Stara Iwiczna, 05-500 Piaseczno  
tel.: (0-22) 737 18 58, fax: (0-22) 737 18 59, biuro@bsh.pl, www.bsh.pl



euroclima  
We care for better air



**AL-KO**



SCHAKO  
KLIMA-LUFT



TTU  
Luftschleieranlagen



EICHELBERGER



Fans



**Centrale wentylacyjne, klimatyzacyjne**

- innowacyjność i ekologia
- wysoka jakość



**Aparaty grzewczo-wentylacyjne**

Ponad 100 wielkości w wersjach przemysłowych i komfortu.



**Osprzęt wentylacyjny**

- nawiewniki
- tłumiki
- regulatory przepływu
- fan coile
- belki i stropy chłodzące



**Kurtyny powietrzne**

Funkcjonalność i estetyka.  
Ponad 100 wielkości różnych typów kurtyn.



**Nadciśnieniowe systemy zapobiegania zadymieniu**

Zgodnie z normą PN-EN 12101-cz.6 (< 3 sek. max 50 Pa) utrzymujemy niezadymione drogi ucieczki



**Wentylatory**

Pełny program wentylatorów do wentylacji ogólnej, oddymiającej (certyfikowanych wg PN EN 12101-3) i przemysłowej