

Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie powietrza infiltrującego na skutek działania wiatru

Obowiązujące podstawy normatywne

Według normy PTH-58/B-03406 rozróżnia się w Polsce dwie strefy wietrzności:

- normalną z prędkością wiatru średnią w okresie ogrzewczym poniżej 5,0 m/s,
- podwyższoną z prędkością wiatru jw. powyżej 5,0 m/s, lecz nie przekraczającą 10,0 m/s.

Zależnie od położenia budynku jako osłoniętego lub nieosłoniętego dla uwzględnienia zapotrzebowania ciepła na ogrzanie powietrza infiltrującego pod wpływem działania wiatru stosuje się dodatki zwiększające do zasadniczych strat ciepła pomieszczenia. Wartości tych dodatków nie zależą od tego, na jakiej wysokości nad poziomem terenu znajduje się rozpatrywane pomieszczenie.

Jak już wykazano [5] ujęcie to jest błędne, gdyż:

a) nie uwzględnia faktu, że prędkość wiatru rośnie wraz z położeniem rozpatrywanego pomieszczenia nad terenem; wzrastającej prędkości wiatru odpowiada wzrastająca wielkość ciśnienia i wielkość infiltrującego powietrza pod wpływem działania tego ciśnienia;

b) uprzywilejowuje się w ten sposób pomieszczenia narażone oraz położone na najwyższej i najniższej kondygnacji, kosztem pomieszczeń środkowych, gdyż ilość infiltrującego powietrza, a zatem i ilość ciepła, potrzebnego na ogrzanie rozpatrywanego powietrza nie jest funkcją zasadniczych strat ciepła pomieszczenia, a wyłącznie jest funkcją sumy ciśnień działających na przegrody rozpatrywanego pomieszczenia oraz powierzchni szczelin, przez które powietrze może infiltrować.

Poniżej zostaną rozpatrzone niektóre zagadnienia związane z określeniem ilości powietrza infiltrującego wskutek działania wiatru oraz przedstawione wnioski, co do określenia zapotrzebowania ciepła na ogrzanie tej ilości powietrza.

Określenie prędkości wiatrów miarodajnych dla obliczenia infiltracji powietrza

Mapa podziału kraju na strefy wietrzności nosi charakter uproszczenia, wywołującego wątpliwości co do słuszności przeprowadzenia granicy, dzielącej kraj na strefy wietrzności.

Dane meteorologiczne dotyczące prędkości wiatrów w Polsce, zebrane dla 32 stacji za okres 10 lat [2], wykazują, że ukształtowanie izochiet w Polsce ma charakter bardzo nieregularny i że z wyjątkiem ścisłego pasa nadmorskiego, Podhala i Kotliny Jeleniogórskiej, w olbrzymiej większości niziny polskiej zróżnicowanie prędkości wiatrów w sezonie ogrzewczym jest bardzo niewielkie i praktycznie nie przekracza 1,0 m/s.

Jak wynika z rys. 1, stanowiącego reprodukcję z pracy dr Z. Wierzbickiego i prof. J. Kozierskiego [4], można w Polsce wyodrębnić trzy następujące strefy prędkości, dla których proponuje się przyjęcie miarodajnych prędkości wiatru jak:

- strefa normalnych prędkości wiatru, obejmująca całą nizinę Polski z prędkością średnią 4,0 m/s;
- strefa podwyższonych prędkości wiatru, obejmująca ścisły pas nadbrzeżny z prędkością średnią 6,0 m/s;

— strefa dużych prędkości wiatru, obejmująca Podhale i Kotlinę Jeleniogórską z prędkością średnią 8,0 m/s.

W mocy pozostałyby nadal postanowienia pozwalające zaliczyć budynki położone nad rzekami i jeziorami oraz na wyraźnych wzniesieniach terenu ponad otoczenie (np. w Górach Świętokrzyskich) do stref najbliższej większej wietrzności.

Jak będzie wykazane w dalszej części artykułu, pozorne zaniżenie prędkości wiatru nie spowoduje zmniejszenia zapotrzebowania ciepła na ogrzanie infiltrującego powietrza, a odwrotnie w efekcie zwiększy to zapotrzebowanie szczególnie dla pomieszczeń położonych wyżej nad poziomem terenu.

Wielkość ciśnień wywołanych działaniem wiatru

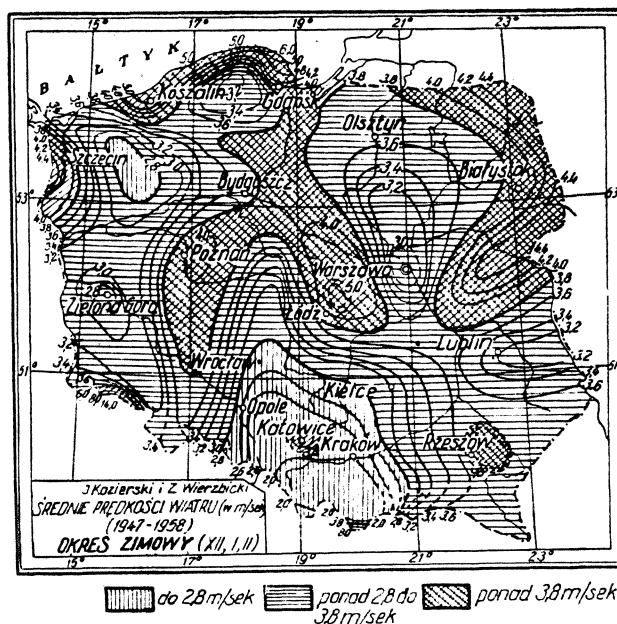
Wiatromierze znajdują się w większości stacji meteorologicznych na wysokości 10—12 m nad terenem i dla tego poziomu rejestrowane są prędkości wiatru. W dalszym ciągu zostanie przyjęta jednolita wysokość 10,0 m jako poziom odniesienia prędkości wiatrów, występujących na różnych wysokościach.

Prędkość wiatru występującego na dowolnym poziomie nad terenem można określić na podstawie zależności empirycznych Rettlera

$$W_x = W_0 \left(\frac{h_x}{h_0} \right)^{1/4} \quad \text{lub}$$

Hellmana

$$W_x^2 = W_0^2 \frac{l_n(h_x : h_z)}{l_n(h_0 : h_z)}$$



Rys. 1. Mapa krzywych średnich prędkości wiatru izochiet w sezonie zimowym (wg Z. Wierzbickiego)

gdzie: W_x — prędkość wiatru na dowolnym poziomie h_x ,
 W_o — prędkość wiatru na poziomie pomiaru h_o ,
 h_x — wysokość dowolnego rozpatrywanego poziomu nad terenem,
 h_o — wysokość poziomu odniesienia (pomiaru) nad terenem, w dalszym ciągu przyjęta = 10,0 m,
 h_z — współczynnik szorstkości terenu, równy dla pokrycia trawą — 0,3 m.

Zależność *Hellmana* daje niekorzystne wyniki, to znaczy, że obliczone wg tej zależności prędkości wiatru dla poziomów powyżej poziomu pomiaru są większe; w dalszym ciągu dla określenia wartości ciśnień, wywoływanych działaniem wiatru, przyjęto prędkości wiatru obliczone z zależności *Hellmana*.

Ciśnienie wywołane parciem wiatru przy założeniu, że wektor prędkości wiatru skierowany jest prostopadle do pionowej przegrody zewnętrznej, określa zależność

$$p_w = 0,04 w^2 \text{ kg/m}^2$$

Infiltracja powietrza zewnętrznego i jej wpływ na zapotrzebowanie ciepła ma szczególne znaczenie dla wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych i administracyjnych.

Przyjmując, że najczęściej spotykane wysokości wymienionych budynków uszeregowane są jako 5, 11, 16, 24 i 32 kondygnacje oraz, że wysokość typowej kondygnacji w tych budynkach wynosi 2,80 m, wielkości ciśnienia działającego na poziomie osi okna i wywołanego parciem wiatru, obliczone dla strefy wietrzności normalnej i podwyższonej zestawiono w tabeli.

Oddziaływanie wiatru na straty ciepła ogrzewanego pomieszczenia

Działający wiatr wywiera dwójaki wpływ na kształtowanie się strat ciepła ogrzewanego pomieszczenia:

a. Wiatr omywający zewnętrzną powierzchnię przegrody (ściany), oddzielającej ogrzewane pomieszczenia od zewnętrznej atmosfery, powoduje zwiększenie wartości współczynnika oddawania ciepła, a ściślej tej jego części, która odpowiada wymianie ciepła przez konwekcję.

W podstawowej zależności kryterialnej wpływ prędkości wiatru na współczynnik konwekcyjnej wymiany ciepła ujęty jest w wartości liczby Re ; każde zwiększenie prędkości przynosi zwiększenie wartości liczby *Reynoldsa* i zwiększenie współczynnika konwekcyjnej wymiany ciepła. Do wzorów na zależność $\alpha_k = f(W)$ nie należy jednak przyjmować pełnej wartości miarodajnej prędkości, a tylko pewną część, która odpowiada składowej równoległej do omywanej przegrody. Wartość tej składowej *Wasiliew* [2] przyjmuje na 0,3 w stosunku do wartości miarodajnej dla danej wysokości.

Tabela

Wielkości ciśnienia wywołanego parciem wiatru i działającego na poziomie osi okna

Kondygnacje	Wysokość osi okna nad terenem	Wartość ciśnienia parcia wiatru w strefie wietrzności	
		normalnej	podwyższonej
1	2,70	0,34	0,76
5	13,90	0,84	1,85
11	30,70	1,44	3,24
16	48,75	1,86	4,19
24	67,10	2,19	4,95
32	89,50	2,48	5,57

Z powyższego wynika, że wpływ prędkości wiatru na zmianę współczynnika konwekcyjnej wymiany ciepła odgrywa mniejszą rolę od innych wyników, jak np. charakter samej elewacji i grubość warstwy przyściennej.

Jeżeli uwzględnić, że udział wartości α_o w wartości współczynnika przenikania ciepła K jest bardzo nieznaczny i przy zwyczajowo przyjmowanej wartości $\alpha_o = 20 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ stanowi przeciętnie 5%, to nawet dwukrotne zwiększenie α_o powoduje pogorszenie współczynnika przenikania ciepła tylko o 2,5%.

b. Wiatr działający na powierzchnię przegrody zewnętrznej pomieszczenia wywołuje zwiększoną infiltrację powietrza zewnętrznego do pomieszczenia, zwiększając zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie tego powietrza.

Jak będzie dalej wykazane, ten skutek działania wiatru odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu się zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie. Wyrażany niekiedy pogląd, że przez uszczelnienie okien i drzwi balkonowych można wyeliminować zjawisko infiltracji, spowodowanej wiatrem, jest nieuzasadniony, gdyż uszczelnienie nie ma charakteru zabezpieczenia trwałego; uszczelnienie może ograniczyć wielkość infiltracji, nie może jednak pozwolić na pomijanie zjawiska infiltracji.

Układ ciśnień w rozpatrywanym pomieszczeniu

Infiltracja powietrza zewnętrznego do rozpatrywanego pomieszczenia odbywa się przez nieszczelności w przegrodach zewnętrznych i wewnętrznych pod wpływem:

a) podciśnienia wywołanego działaniem wentylacji naturalnej lub sztucznej, przy czym miarodajna jest wielkość podciśnienia panującego w otworze (kratce) wywiewnym;

b) nadciśnienia wywołanego parciem wiatru na przegrody zewnętrzne;

c) pod- względnie nadciśnienia wywołanego „kominowym działaniem” klatki schodowej lub ściślej układem ciśnień grawitacyjnych powietrza w klatce schodowej.

Przy zastosowaniu wentylacji naturalnej układ i wzajemne oddziaływanie tych trzech rodzajów ciśnień na wielkość infiltracji powietrza będą różne na każdej rozpatrywanej kondygnacji. Przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej i założonym jednakowym jej wydatku na każdej kondygnacji, wielkość infiltracji będzie również różna na poszczególnych kondygnacjach, gdyż pozostałe dwa czynniki ciśnień mają różne wartości na poszczególnych kondygnacjach.

Podkreślić należy, że niezależnie od zróżnicowania układu ciśnień i ich wpływu na wielkość infiltracji powietrza zewnętrznego na poszczególnych kondygnacjach, układ ten będzie jeszcze zmienny w zależności od warunków zewnętrznych, a więc temperatur zewnętrznych, kierunku i prędkości wiatru.

W pewnych warunkach wektory ciśnień mogą być jednakowe i wówczas infiltracja powietrza zewnętrznego będzie największa, w innych wektory ciśnień mogą być różnokierunkowe i wówczas infiltracja powietrza będzie mniejsza, a w sporadycznych przypadkach może wystąpić nawet eksfiltracja powietrza przez nieszczelności w oknach.

Z punktu widzenia właściwych zasad obliczania zapotrzebowania ciepła na ogrzanie infiltrującego powietrza zewnętrznego przyjmuje się układ najniekorzystniejszy, to jest powodujący dla określonej kondygnacji największą infiltrację powietrza.

Zależność między wielkością ciśnienia działającego na pomieszczenie i wielkością infiltracji powietrza

Spadek ciśnienia przy przenikaniu powietrza przez szczeliny w oknach lub drzwiach balkonowych. *Baturin* [1] określa zależnością

$$\Delta p_0 = A \frac{V \cdot \gamma_w}{\gamma_z} + B \frac{V^2 \gamma_w^2}{\gamma_z^2} \quad (1)$$

gdzie: A i B — współczynniki charakterystyki aerodynamicznej okien lub drzwi balkonowych, określone w zależności od współczynników infiltracji powietrza κ $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm} \cdot \text{sł.w.}$ na podstawie badań laboratoryjnych okien i drzwi balkonowych,

V — ilość powietrza infiltrującego przez szczeliny okien i drzwi balkonowych, m^3/h ,

F_o — powierzchnia okien lub drzwi balkonowych, m^2 ,

γ_z — ciężar właściwy powietrza zewnętrznego,

γ_w — ciężar właściwy powietrza wewnętrznego.

Zastępując $V \cdot \gamma_w$ przez G — ciężar powietrza infiltrującego w określonych temperaturach zewnętrznych (np. dla warunków obliczenia strat ciepła) — oraz odnosząc, z pewnym dopuszczalnym uproszczeniem, zadanie do otworu o powierzchni 1 m^2 otrzymuje się

$$\Delta p_o = A \frac{G}{\gamma_z} + B \frac{G^2}{\gamma_z^2} \quad (2)$$

Zakładając, że nie występuje działanie wiatru, a na pomieszczenie działają wyłącznie

— podciśnienie względnie nadciśnienie występujące w klatce schodowej oraz

gdzie: Δp_d — strata ciśnienia powstająca przy przenikaniu powietrza w ilości G_d przez nie szczelności drzwi wejściowych,

φ — współczynnik charakterystyki aerodynamicznej drzwi.

Znak + oznacza eksfiltrację (odpływ) powietrza z pomieszczenia do klatki schodowej,

Znak — infiltrację (dopływ) powietrza z klatki schodowej do pomieszczenia.

Przy działaniu wiatru pomieszczenie będzie znajdowało się w układzie ciśnień

$$\pm p_{kl} + p_w \mp \Delta p_d - \Delta p_o = 0 \quad (5)$$

Równocześnie można napisać, że

$$G_d = G_o - G_w$$

skąd

$$\pm \Delta p_d = \varphi (G_o - G_w)^2 \quad (6)$$

w dalszym ciągu

$$\pm p_{kl} + p_w \mp \varphi (G_o - G_w)^2 - \left(A \frac{G_o}{\gamma_z} + B \frac{G_o^2}{\gamma_z^2} + A \frac{G_w}{\gamma_z} + B \frac{G_w^2}{\gamma_z^2} \right) = 0 \quad (7)$$

W równaniu powyższym niewiadoma G_o może być wyznaczona z wzorów

dla dowolnych kondygnacji

$$G_o = \frac{-\left(\frac{A}{\gamma_z} - 2\varphi G_w\right) + \sqrt{\left(\frac{A}{\gamma_z} - 2\varphi G_w\right)^2 + 4\left(\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)\left[p_{kl} + p_w + \frac{AG_w}{\gamma_z} + G_w^2\left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)\right]}}{2\left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)} \quad (8)$$

dla górnych kondygnacji

$$G_o = \frac{-\left(\frac{A}{\gamma_z} + 2\varphi G_w\right) + \sqrt{\left(\frac{A}{\gamma_z} + 2\varphi G_w\right)^2 + 4\left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)\left[-p_{kl} + p_w + \frac{AG_w}{\gamma_z} + G_w^2\left(\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)\right]}}{2\left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2}\right)} \quad (9)$$

— podciśnienie wywołane działaniem wentylacji mechanicznej, można przyjąć, że na kondygnacji, środkowej lub jej bliskiej, podciśnienie względnie nadciśnienie występujące w klatce schodowej jest bliskie zeru i że zatem przez okno lub drzwi balkonowe infiltruje do pomieszczenia tylko ta ilość powietrza zewnętrznego, która jest usuwana działaniem wentylacji; dla tego przypadku

$$\Delta p_o = \Delta p_w = A \frac{G_w}{\gamma_z} + B \frac{G_w^2}{\gamma_z^2} \quad (3)$$

Na każdej dowolnej kondygnacji infiltracja powietrza przez okno lub drzwi balkonowe może być określona z zależności

$$\Delta p_o = \Delta p_o + \Delta p_w = A \frac{G_o}{\gamma_z} + B \frac{G_o^2}{\gamma_z^2} + A \frac{G_w}{\gamma_z} + B \frac{G_w^2}{\gamma_z^2}$$

Przez nie szczelności w drzwiach wejściowych z klatki schodowej do pomieszczenia przenika pod wpływem podciśnienia względnie nadciśnienia, panującego w klatce schodowej, ilość powietrza

$$G_d = \pm \sqrt{\frac{\Delta p_d}{\varphi}} \quad (4)$$

W podanych zależnościach wielkość podciśnienia spowodowanego działaniem wentylacji

$$\Delta p_w = A \frac{G_w}{\gamma_z} + G_w^2 \left(\mp \varphi + \frac{B}{\gamma_z^2} \right)$$

jest wielkością stałą niezależną od warunków zewnętrznych.

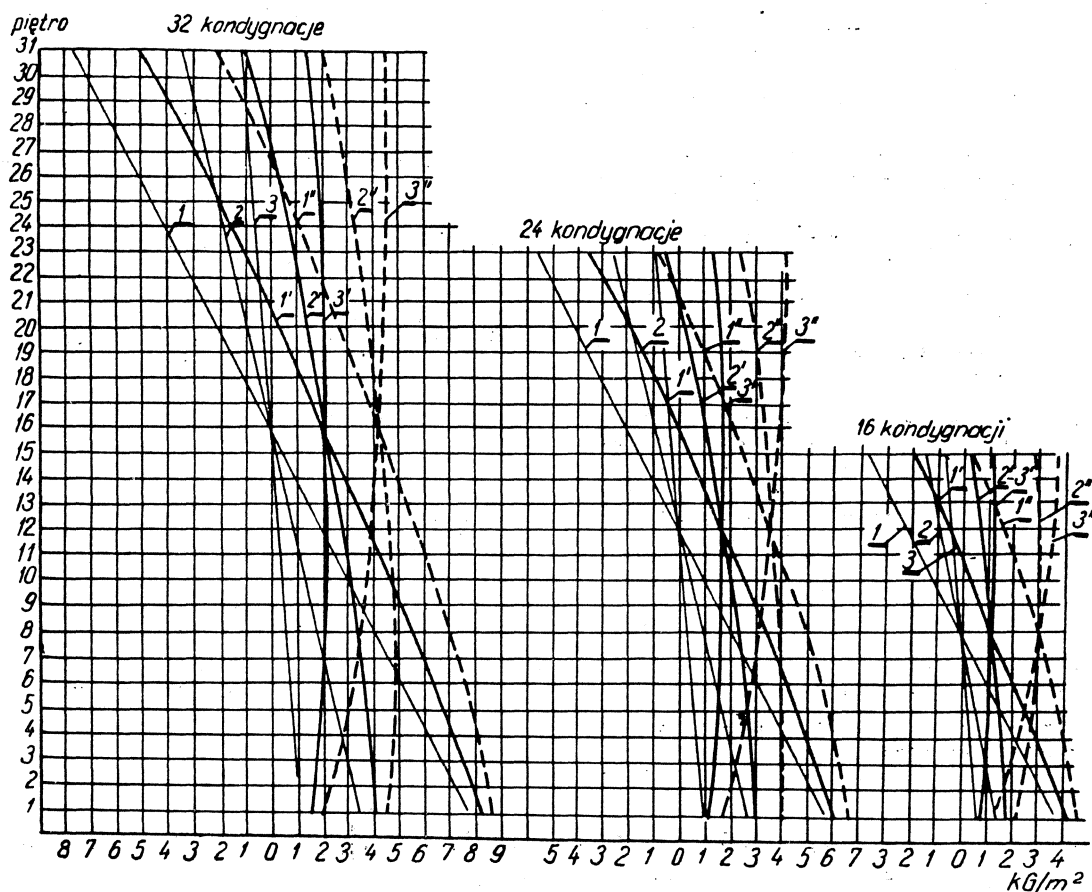
Ciśnienie spowodowane działaniem wiatru przyjmuje się dla danej wysokości nad terenem jako stałe i odpowiadające ciśnieniu wywołanemu średnią prędkością wiatru w sezonie ogrzewczym.

Podciśnienie (względnie nadciśnienie) występujące w klatce schodowej zależy od zmiennej gęstości powietrza zewnętrznego, które jest funkcją temperatury tegoż powietrza.

Wraz ze zmianą wysokości nad terenem rozpatrywanej kondygnacji suma

$$\pm p_{kl} + p_w$$

zmienia swoją wartość zarówno w pionie, jak i w czasie sezonu ogrzewczego, co pokazuje rys. 2. Dla górnych kondygnacji suma działających ciśnień jest większa przy wyższych temperaturach, skąd wynika, że ilość infiltrującego powietrza miarodajną dla tych kondygnacji i dla obliczeń zapotrzebowania ciepła



1 pod/nad/ciśnienie w klatce schodowej $t_z = -20^\circ\text{C}$
 2 " " " " $t_z = -5^\circ\text{C}$
 3 " " " " $t_z = +10^\circ\text{C}$

indeks - suma ciśnień w klatce schodowej i wiatru w strefie.
 ' - normalnej " - podwyższonej

Rys. 2. Zależność sumy ciśnień powodujących infiltrację powietrza od temperatury zewnętrznej, prędkości wiatru i poziomu kondygnacji. Pod (nad) ciśnienie występujące w klatce schodowej: 1 — przy $t_z = -20^\circ\text{C}$; 2 — przy $t_z = -5^\circ\text{C}$; 3 — przy $t_z = +10^\circ\text{C}$
 bez indeksu — suma ciśnień: występującego w klatce schodowej i wywołanego działaniem wiatru w strefie normalnej wietrzności
 z indeksem' — jak wyżej, lecz w strefie wietrzności podwyższonej

należy przyjmować nie dla zewnętrznych temperatur obliczeniowych a dla wyższych.

Odwrotnie dla najniższych kondygnacji najniekorzystniejsze warunki występują przy najniższych temperaturach.

W dalszym ciągu z porównania budynków różnych wysokości wynika, że im wyższy budynek, tym większy jest wpływ wiatru dla najwyższych kondygnacji przy wyższych temperaturach zewnętrznych.

Przyjmując w pewnym uproszczeniu, że ilość infiltrującego powietrza zmienia się proporcjonalnie do pierwiastka zmian ciśnienia powodującego infiltrację, można zauważyć, że im na wyższym poziomie znajduje się rozpatrywana kondygnacja, tym bardziej rośnie infiltracja pod wpływem wiatru. Tak np. dla budynku 24-kondygnacyjnego łatwo porównać, że np. na kondygnacji 3 w warunkach obliczeniowych suma ciśnień w warunkach normalnej wietrzności jest 1,25 raza większa od tejże sumy podczas ciszy bezwietrznej; odpowiada to zwiększeniu infiltracji o 11%. Dla kondygnacji 10 stosunek sumy ciśnień wynosi 2,6, co odpowiada zwiększeniu infiltracji o 61%.

W oparciu o podstawowe zależności (8) lub (9) oraz o wykresy ciśnień (rys. 2) obliczono wielkość infiltracji powietrza, przypadające na $1,0 \text{ m}^2$ powierzchni okna, dla trzech różnych temperatur zewnętrznych

dla budynku 23-kondygnacyjnego, wyniki obliczeń przedstawia rys. 3.

W tym przykładzie ilość infiltrującego powietrza należy przyjąć:

— dla strefy wietrzności normalnej dla kondygnacji od 1 do 12 wg krzywej 1, sporządzonej dla $t_z = -20^\circ\text{C}$, a od kondygnacji 13 do najwyższej wg krzywej 3, sporządzonej dla $t_z = +5^\circ\text{C}$;

— dla strefy wietrzności podwyższonej dla kondygnacji od 1 do 6 wg krzywej 1', dla kondygnacji od 7 do 11 wg krzywej 2' oraz dla kondygnacji od 12 do najwyższej wg krzywej 3'.

Konsekwencją takiego przyjęcia będzie pewne przegrzanie najwyższych kondygnacji w warunkach niższych temperatur, przy uzyskaniu jednak zabezpieczenia warunków wewnętrznych w okresie przejściowym.

Wpływ zapotrzebowania ciepła na ogrzanie infiltrującego powietrza na system centralnej regulacji jakościowej

Przy centralnej regulacji jakościowej wykres regulacyjny dostosowany jest do zasadniczej zależności określonej straty ciepła przez przenikanie, zatem ilość

ciepła dostarczonego i oddawanego przez dowolny grzejnik określić można jako funkcję

$$Q_x = f(t_w - t_{zx}) = C(t_w - t_{zx}) \quad (10)$$

a stosunek ilości ciepła dostarczonego w dowolnej temperaturze do ilości ciepła dostarczonego w warunkach obliczeniowych wyniesie

$$\varphi_{prz} = \frac{t_w - t_{zx}}{t_w - t_{zo}} \quad (11)$$

Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie powietrza infiltrującego jest natomiast funkcją ilości infiltrującego powietrza i również różnicy temperatur wewnętrznej i zewnętrznej, co wyraża się funkcją

$$Q_{x.in.} = f \cdot (G, t_{zx}) \quad (12)$$

Dla pomieszczenia znajdującego się na dowolnej kondygnacji stosunek ilości ciepła, koniecznego dla ogrzania infiltrującego powietrza przy temperaturze zewnętrznej t_{zx} , do tej ilości, która jest potrzebna do tego samego celu w warunkach zewnętrznej temperatury obliczeniowej t_{zo} , można określić jako

$$\varphi_{inf.} = \frac{G_x(t_w - t_{zx})}{G_o(t_w - t_{zo})} \quad (13)$$

Pomijając wpływ czynników, charakteryzujących szczelność okna, na podstawie zależności (8) można napisać

$$\varphi_{inf.} = \frac{\sqrt{p_{kl.x} + p_w + A \frac{G_w}{\gamma_z} + G_w^2 \left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2} \right) \cdot (t_w - t_{zx})}}{\sqrt{p_{kl.o} + p_w + A \frac{G_w}{\gamma_z} + G_w^2 \left(-\varphi + \frac{B}{\gamma_z^2} \right) \cdot (t_w - t_{zo})}}$$

Gęstość powietrza w warunkach ciśnienia atmosferycznego wyznacza wzór

$$\gamma_x = \frac{10\,000}{29,27 T_{zx}} \text{ kg/m}^3$$

Wielkość pod- (nad-) ciśnienia w klatce schodowej na dowolnej kondygnacji wyniesie

dla warunków obliczeniowych

$$p_{kl.o} = \frac{h \cdot 10\,000}{29,27} \left(\frac{1}{T_{zo}} - \frac{1}{T_w} \right) = \frac{h \cdot 10\,000}{29,27 \cdot T_w \cdot T_{zo}} (T_w - T_{zo})$$

a dla dowolnej temperatury zewnętrznej

$$p_{kl.x} = \frac{h \cdot 10\,000}{29,27 \cdot T_w \cdot T_{zx}} (T_w - T_{zx})$$

W końcowych warunkach sezonu ogrzewczego (np. dla IV strefy klimatycznej od -20 do $+12^\circ\text{C}$) można przyjąć, że

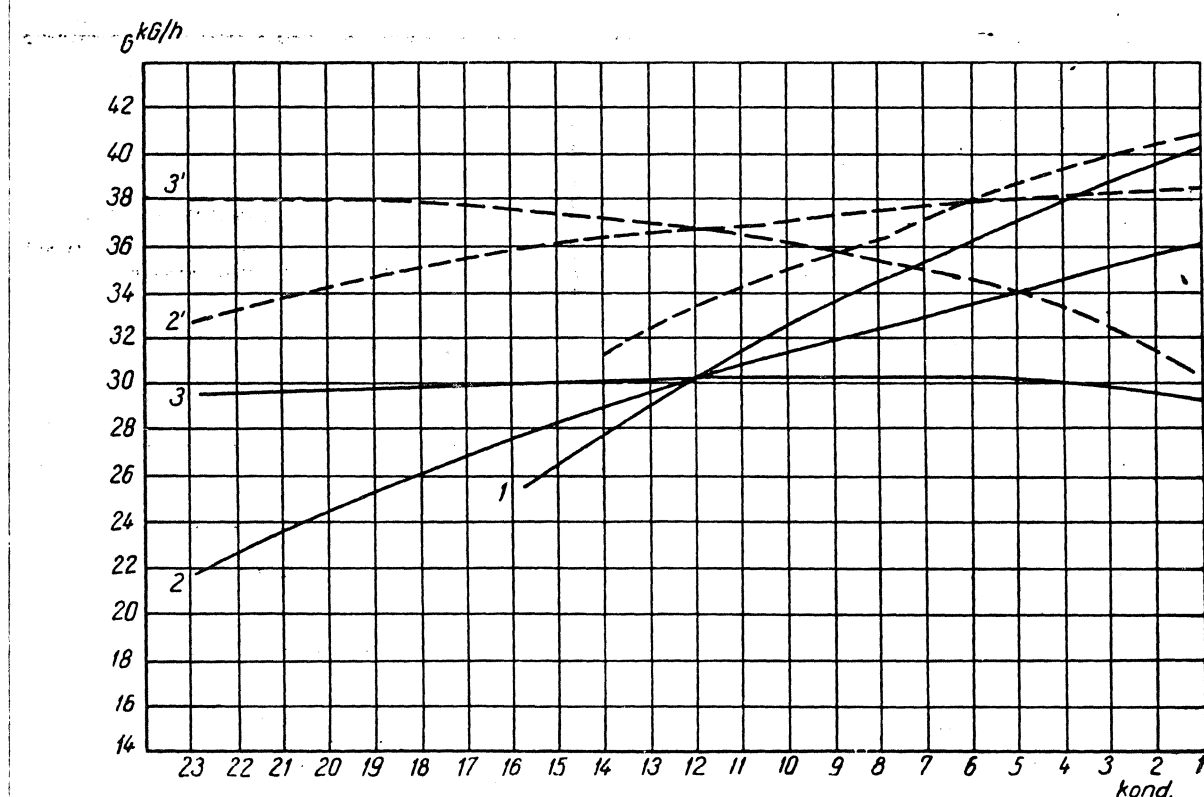
$$\frac{h \cdot 10\,000 \cdot 273}{29,27 \cdot T_w \cdot T_{zx}} = \frac{h \cdot 10\,000 \cdot 273}{29,27 \cdot T_w \cdot T_{zo}} = K$$

Pełniony z tego tytułu błąd dla średniej temperatury sezonu ogrzewczego nie przekracza 6%.

Można zatem napisać, że

$$p_{kl.o} = K(t_w - t_{zo}) \quad (15)$$

$$p_{kl.x} = K(t_w - t_{zx}) \quad (16)$$



Rys. 3. Przebieg infiltracji powietrza w budynku 24-kondygnacyjnym: — strefa wietrzności normalnej, — strefa wietrzności podwyższonej, 1, 1' — przebieg infiltracji przy $t_z = -20^\circ\text{C}$, 2, 2' — przebieg infiltracji przy $t_z = -5^\circ\text{C}$, 3, 3' — przebieg infiltracji przy $t_z = +10^\circ\text{C}$

Po wprowadzeniu do zależności (14)

$$\varphi_{inf} = \frac{K(t_w - t_{zx}) + M}{K(t_w - t_{zo}) + M} \cdot \frac{t_w - t_{zx}}{t_w - t_{zo}} \quad (17)$$

Zależność ma charakter funkcji wykładnikowej ogólnej postaci

$$\varphi_{inf} = f \left(\frac{(t_w - t_{zx})}{t_w - t_{zo}} \right)^{1+n}$$

Jeżeli uwzględnić, że wartości p_{kl} w warunkach tej samej temperatury zewnętrznej jest różna dla różnych kondygnacji oraz że wartość ciśnienia wywołanego działaniem wiatru jest również różna dla różnych kondygnacji (rys. 2) jest oczywiste, że wykres centralnej regulacji jakościowej oparty o zależność (11) nie zabezpiecza potrzeb, wynikających z konieczności ogrzania infiltrującego powietrza.

W dalszym ciągu wynika, że opracowanie takiego wykresu nawet dla pojedynczego budynku nie jest możliwe.

Wnioski

● Przyjęte w normie PN-56/B-03406 ujęcie wpływu wiatru — jako czynnika powodującego zwiększenie infiltracji powietrza w jednakowym stopniu, niezależnie od poziomu, na którym znajduje się rozpatrywane pomieszczenie — jest niezgodne z istotnym przebiegiem tego zjawiska.

● Nie jest słuszne uproszczenie w uwzględnieniu wpływu wiatru tylko przez odpowiednie zwiększenie współczynnika odpływu ciepła α_0 , gdyż wpływ wiatru na zwiększenie infiltracji, szczególnie na wyższych kondygnacjach budynków wysokich, powoduje znacznie większe zapotrzebowanie ciepła niżby to wynikało nawet z dwukrotnego zwiększenia współczynnika odpływu ciepła.

● Ponieważ, jak wykazano, natężenie zjawiska infiltracji i uzależnione od tego zapotrzebowanie ciepła

na ogrzanie tego powietrza jest bardzo zróżnicowane zarówno w zależności od wysokości, na której znajdują się rozpatrywane kondygnacje, jak i w zależności od zewnętrznych warunków atmosferycznych — przyjęcie stanowiska, że przez uszczelnienie elementów, przez które następuje infiltracja, można dla potrzeb obliczania strat ciepła pominąć wpływ tego zjawiska byłoby sprzeczne z fizycznym jego przebiegiem.

● Ze względu na inny przebieg zapotrzebowania ciepła na ogrzanie infiltrującego powietrza od zapotrzebowania ciepła na pokrycie strat ciepła przenikania oraz na znaczne zróżnicowanie infiltracji na poszczególnych kondygnacjach — nie można stosować jednolitego centralnego systemu regulacji pracy źródła ciepła. Najwłaściwsze wydaje się dopuszczenie do pewnego przegrzewania niektórych kondygnacji, zależnie od zewnętrznych warunków atmosferycznych (np. kondygnacji najwyższych przy niskich temperaturach sezonu ogrzewczego i pogodzie bezwietrznej lub przy słabych wiatrach).

PIŚMIENNICTWO

- [1] Baturin W. W., Elterman W. M.: *Aeracja promyszlennych zdani*.
- [2] Szkłower A. W., Wasiliew B. F., Uszkow F. W.: *Osnovy stroitelnoj teplotiehniki žilych i obščestwennych zdani*.
- [3] Konstantinowa W. E.: *Rasčiot wozduchobmiena w žilych i obščestwennych zdaniach*.
- [4] Kozierski J., Wierzbicki Z.: *Prędkość wiatrów w miastach Polski oraz znaczenie wietrzności dla izolacyjności i przewietrzenia budynków*. PWN 1964.
- [5] Maszczyński E.: *O właściwe ujęcie wpływu wiatru w obliczeniach strat ciepła*. O i W 5/1970.
- [6] Zwoliński W.: *Badania przenikania powietrza przez typową stolarkę okienną*. ITB FC-12.
- [7] Schüle W.: *Über Luftdurchlässigkeit von Fenstern und Türen*. G.I. 8/1961.
- [8] PN-56/B-03406. *Centralne ogrzewanie. Obliczenie strat ciepła budynków ogrzewanych*.

Ocena pracy analizatora gazów typu Infralyt III

Mgr inż. WIKTOR HIBNER

Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji
Politechniki Warszawskiej

Współczesna technika ochrony środowiska człowieka wymaga często ciągłego pomiaru udziałów ilościowych różnych składników mieszanin gazowych w procesach technologicznych w celu regulacji ich stężeń lub ewentualnie stwierdzenia, czy nie nastąpiło przekroczenie dopuszczalnych stężeń poszczególnych składników.

Obecnie brak jest na rynku uniwersalnych mierników produkcji krajowej i dlatego w artykule omówiono własności przyrządu Infralyt III produkcji NRD (VEB Junkalor-Dessau), który w ostatnim okresie zakupiły różne ośrodki naukowo-badawcze w Polsce.

Podstawy teoretyczne pracy analizatora

Przyrząd Infralyt III działa na zasadzie absorpcji promieni podczerwonych przechodzących przez warstwę analizowanego gazu. Wielkość absorpcji zależy od długości fali i jest to wartość charakterystyczna dla każdej substancji. Zaobserwowana energia fali promieniowania podczerwonego przekształca się najczęściej w energię cieplną.

Nieskończenie małe osłabienie monochromatycznego strumienia świetlnego $d\Phi$ na nieskończenie małym odcinku drogi ds jest proporcjonalne do wielkości strumienia Φ i długości drogi ds .

Zjawisko to można wyrazić zależnością

$$d\Phi = -m_n \Phi ds$$

gdzie: m_n — współczynnik proporcjonalności zwany naturalnym współczynnikiem absorpcji.

Całkując wzór dla warstwy s od strumienia wchodzącego Φ_0 , co odpowiada drodze $s = 0$, do strumienia wychodzącego Φ_s , odpowiadającego drodze s otrzymamy zależność sformułowaną w postaci prawa Lambert'a

$$\int_{\Phi_0}^{\Phi_s} \frac{d\Phi}{\Phi} = -m_n \int_0^s ds$$