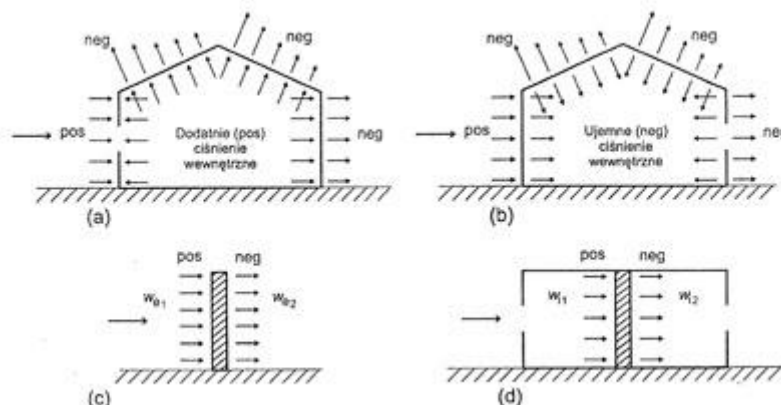


Obciążenie dachów wiatrem w świetle nowej normy, cz. 2*

*) Część 1 ukazała się w majowym wydaniu DACHÓW

Poza ciężarem własnym dach musi przenieść obciążenia od śniegu i wiatru. Konstrukcja dachu i jego pokrycie musi nie tylko przenieść te obciążenia, ale i pozostać na nie odporna przez cały czas eksploatacji.



Rys. 5.1. Ciśnienie wywierane na powierzchnie

Obciążenie wiatrem jest wynikiem ciśnienia wiatru na powierzchnie. Obciążenie wiatrem w kilogramach na metr kwadratowy (kg/m^2) i wyznacza się z ciśnienia wiatru na powierzchnie zewnętrzne i wewnętrzne.

Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie zewnętrzne konstrukcji we określa się z wzoru:

$$W_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

gdzie:

$q_p(z_e) = p \times v^2 : 2$ – jest to wartość szczytowa ciśnienia prędkości. Wg tabl. NBl normy dla I strefy i a 300 m wynosi ono $0,30 \text{ kN/m}^2$,

z_e – wysokość odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego

c_{pe} – współczynnik ciśnienia zewnętrznego.

Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie wewnętrzne konstrukcji wi określa wzór:

$$W_i = q_p(z_i) \times c_{pi}$$

gdzie:

$q_p(z_i)$ – wartość szczytowa ciśnienia prędkości

z_i – wysokość odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego,

c_{pi} – współczynnik ciśnienia wewnętrznego.

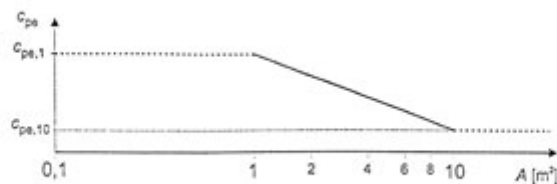
Współczynniki ciśnienia są bardzo urozmaiczone dla różnych typów dachu i jego

poszczególnych części. Rozróżnia się tutaj współczynniki zależnie od rozmiarów obciążonej powierzchni o polu A . W tablicach norma podaje współczynniki ciśnienia dla $A = 1 \text{ m}^2$ i 10 m^2 jako lokalne c_{pe1} i globalne c_{pe10} . Wartości c_{pe1} są przeznaczone do obliczeń małych elementów i łączników o powierzchni elementu 1 m^2 lub mniejszej.

Parcie skierowane ku powierzchni jest przyjmowane jako dodatnie (pos na rys. 5.1. normy), a ssanie skierowane od powierzchni, jako ujemne (neg). Jest to przedstawione na rys. 5.1 normy.

Ciśnienie sumaryczne (netto), działające na ścianę, dach lub element, jest różnicą algebraiczną między wartościami ciśnienia po obu stronach przegrody.

Zanim przejdziemy do sił wywieranych przez wiatr, zapoznajmy się szczegółowo ze współczynnikami ciśnienia zewnętrznego i wewnętrznego. Są tu istotne nowości w stosunku do starej normy obciążenia wiatrem. W tablicach podane są współczynniki ciśnienia zewnętrznego lokalny c_{pe1} dla $A = 1 \text{ m}^2$ i globalny c_{pe10} dla $A = 10 \text{ m}^2$. Dla powierzchni większych od 1 m^2 i mniejszych od 10 m^2 wielkość współczynnika c_{pe} uzyskuje się drogą interpolacji. Jest to przedstawione na rys. 7.2. normy.



Rys. 7.2. Zalecany sposób wyznaczania wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego c_{pe} w przypadku budynków o polu obciążonej powierzchni między 1 m^2 a 10 m^2

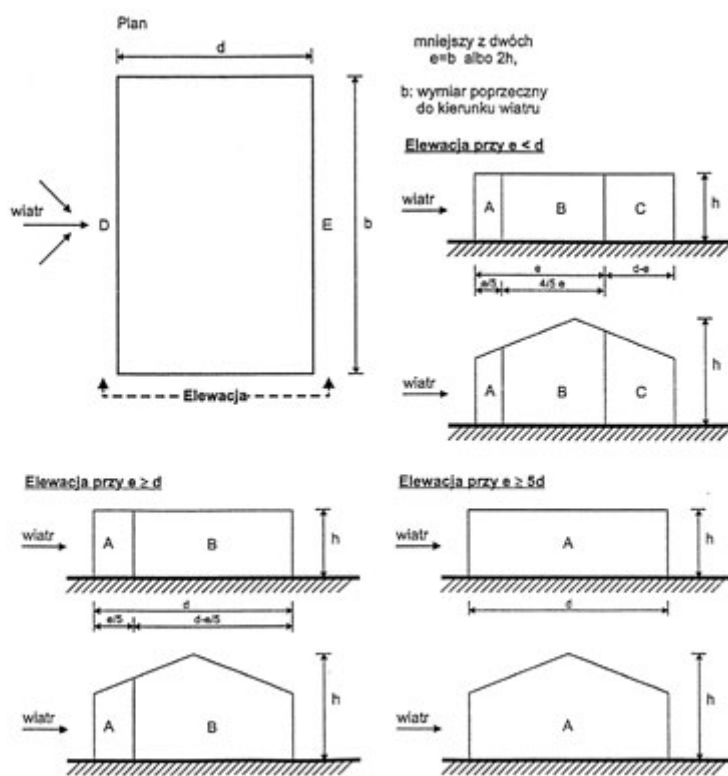
Ciekawy jest też rozkład ciśnienia na okapie dachu. Wiadomo, że dach i ściany budynku są ściśle ze sobą związane i na te elementy wiatr też odpowiednio oddziałuje. W przypadku wystających części dachu, ciśnienie pod okapem, w jego narożnikach, jest równe ciśnieniu na ścianie w bezpośrednim sąsiedztwie wystającego dachu. Ciśnienie na górnej stronie okapu jest równe ciśnieniu na dachu w tej strefie. A zatem rozpatrując obciążenie okapu dachu wiatrem, trzeba mieć na uwadze także obciążenie wiatrem ścian przyległych do wystającego okapu (rys. 7.3. normy).



Rys. 7.3. Ilustracja rozkładu ciśnienia na okapie

Z powyższego widać, że omawianie obciążenia wiatrem dachów, nie można pominąć obciążenia wiatrem ścian przyległych do okapu dachu. Stara norma PN-77/B-02011 nie uwzględniała obciążenia okapów dachu wystającego poza obrys budynku. Widać to z załączników Z1-3, Z1-5, Z1-6 i Z1-7. Logika wskazuje, że dawniej stosowano obciążenie wiatrem części okapowej wystającej poza obrys ścian takie samo jak na całym dachu. Nowa norma ma też pewne niedomówienia. Otóż wysięg dachu poza obrys murów budynku dotyczy nie tylko części okapowej dachu, ale także ścian szczytowych. Sam mam taki budynek, który przy szczycie ma wysięg dachu około 1,50 m. I tutaj trzeba umieć odpowiednio interpretować nową normę.

Patrząc na rys. 7.5. normy, musimy ustalić, przy których ścianach jest wspornikowy wysięg dachu. Bywa i tak, że wysięg dachu jest przy szczycie południowym nad balkonem, a nie ma go przy okapie.



Rysunek 7.5 — Oznaczenia ścian pionowych

Rys. 7.5. Oznaczenia ścian pionowych

Wartość współczynnika ciśnienia zewnętrznej dla ścian pionowych budynków podaje tabela 7.1. Jak widać z tabeli, w kolumnie D parcie na ścianę pionową odciąża obciążenie dachu od góry.

Pole	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

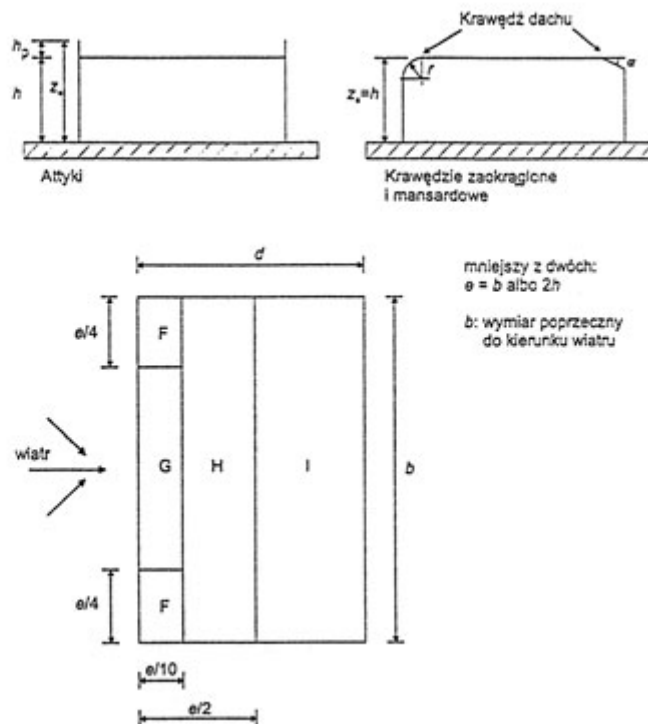
Tablica 7.1 Zalecane wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego dla ścian pionowych budynków na rzucie prostokąta

Zapoznajmy się teraz ze współczynnikami ciśnienia zewnętrznego dla dachów płaskich.

Dachy płaskie

Dachy płaskie to dachy o nachyleniu w zakresie od -5° do 5° . Rozróżniamy dachy z attyką i bez attyki.

Dachy płaskie należy podzielić na pola jak na rys. 7.6 normy.



Rys. 7.6. Oznaczenia dachów płaskich

Podział na pola ma istotne znaczenie ze względu na wielkość współczynnika ciśnienia zewnętrznego.

Pola przykrawędziowe oznaczone literą F mają współczynnik -2,5.

Wysokość odniesienia do dachów płaskich o krawędziach zaokrąglonych albo dachów mansardowych należy przyjmować jako równą h . Wysokość odniesienia dla dachów płaskich z attykami należy przyjmować jako równą $h + h_p$ (rys. 7.6).

Wartości współczynników ciśnienia dla każdego pola podane są na tablicy 7.2 (tablica 7.3a na str. 43 ma niewłaściwe oznaczenie – powinna mieć oznaczenie: Tablica 7.2a.).

Typ dachu		Pole							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Ostre krawędzie brzożu		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2 -0,2	
Z atyką	$\lambda_y/\lambda = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2 -0,2	
	$\lambda_y/\lambda = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2 -0,2	
	$\lambda_y/\lambda = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2 -0,2	
Krawędzie zaokrąglone	$r/\lambda = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2 -0,2	
	$r/\lambda = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2 -0,2	
	$r/\lambda = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2 -0,2	
Krawędzie mansardowe	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2 -0,2	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2 -0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2 -0,2	

UWAGA 1 W przypadku dachów z atyką lub zaokrąglonymi krawędziami można stosować interpolację liniową dla wartości pośrednich λ_y/λ i r/λ .

UWAGA 2 W przypadku dachów mansardowych można stosować interpolację liniową między $\alpha = 30^\circ$, 45° i 60° . Jeżeli $\alpha > 60^\circ$ to można stosować interpolację liniową między wartościami podanymi dla $\alpha = 60^\circ$ i wartościami podanymi dla płaskich dachów o ostrych krawędziach.

UWAGA 3 W polu I, gdzie podano wartości dodatnie i ujemne, należy rozważyć obydwie wartości.

UWAGA 4 Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla samych mansard są podane w Tabelcy 7.4a "Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych przy kierunku wiatru 0° ", pola F i G w zależności od kąta nachylenia krawędzi mansardowej.

UWAGA 5 Dla samych krawędzi zaokrąglonych współczynniki ciśnienia zewnętrznego oblicza się z interpolacji liniowej wzdłuż zaokrąglenia, między wartościami na ścianie i na dachu."

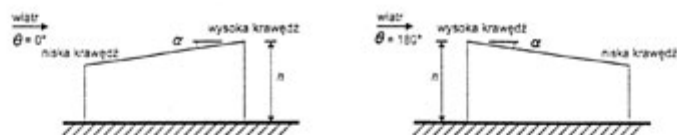
Tablica 7.2. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów płaskich

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\beta = 0^\circ$						Pole dla kierunku wiatru $\beta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,5	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		-0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		-0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		-0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,8	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		-0,8							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

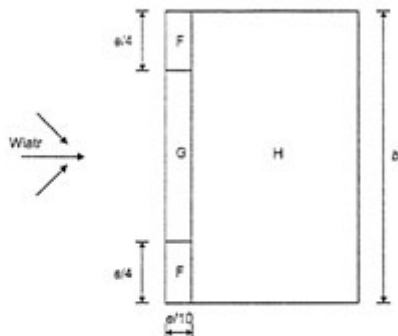
Tablica 7.3a Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów płaskich

Dachy jednospadowe

Dachy jednospadowe dzieli się na pola jak na rys. 7.7. Wysokość odniesienia przyjmuje się jako ze równą h.



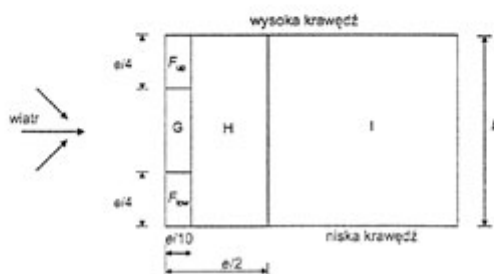
(a) widok z boku



(b) kierunek wiatru $\theta = 0^\circ$ i 180°

mniejszy z dwóch
 $e = b$ albo $2h$

b: wymiar poprzeczny
do kierunku wiatru



(c) kierunek wiatru $\theta = 90^\circ$

Rys. 7.7. Oznaczenia dachów jednospadowych

Współczynniki ciśnienia dla każdego pola podane są w tabelicy 7.3., mylnie oznaczonej jako 7.3b na stronie 43 normy.

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

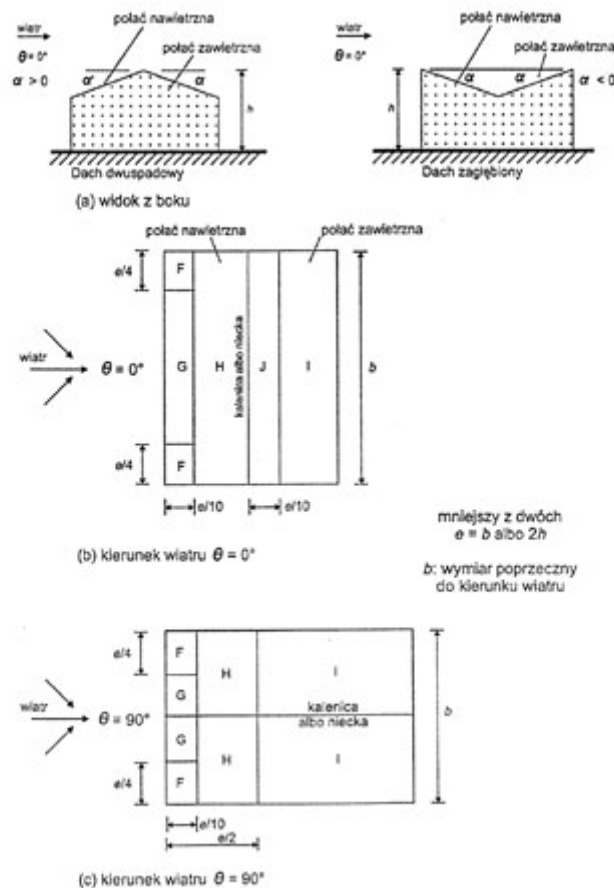
UWAGA 1 Przy $\theta = 0^\circ$ (patrz Tablica a)), w zakresie kątów spadku między $\alpha = -5^\circ$ a $\alpha = +45^\circ$, ciśnienie zmienia się gwałtownie między wartościami dodatnimi i ujemnymi, dlatego podano wartości dodatnie i ujemne. Należy rozważyć dwa przypadki: w jednym należy przyjąć wszystkie wartości dodatnie, a w drugim wszystkie ujemne. Nie dopuszcza się jednoczesnego przyjmowania wartości dodatnich i ujemnych na tej samej polaci.

UWAGA 2 Dla pośrednich kątów spadku można stosować interpolację liniową między wartościami tego samego znaku. Wartości równe 0,0 są podane dla celów interpolacji.

Tablica 7.3b. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów jednospadowych

Dachy dwuspadowe

Dachy dwuspadowe mogą mieć spadek na zewnątrz lub do wnętrza (dach zagłębiony). Dach należy podzielić uwzględniając okapy na pola przedstawione na rys. 7.8. normy. Podobnie jak przy dachach jednospadowych, należy zwrócić uwagę na określenie wielkości „e” przy obliczaniu pola „F”. Wielkość „e” przyjmuje się jako wartość mniejszą z dwóch: $e = b$, gdzie b jest wymiarem poprzecznym do kierunku wiatru i $e = 2 \times h$, gdzie h jest wysokością od terenu do kalenicy lub wysokością ściany przy dachu zagłębionym. Wysokość odniesienia przyjmuje się $z_e = h$.



Rys. 7.8. Oznaczenia dachów dwuspadowych

Współczynniki ciśnienia dla każdego pola podane są w tablicach 7.4a i 7.4b.

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4			-0,5
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	+0,0
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

UWAGA 1 Przy $\theta = 0^\circ$, w zakresie kątów spadku między $\alpha = -5^\circ$ a $\alpha = +45^\circ$, ciśnienie na połaci nawietrznej zmienia się gwałtownie między wartościami dodatnimi i ujemnymi, dlatego podano wartości dodatnie i ujemne. Należy rozważyć cztery przypadki, w których największe albo najmniejsze wartości we wszystkich polach F, G i H są w kombinacji z największymi albo najmniejszymi wartościami w polach I i J. Nie dopuszcza się jednoczesnego przyjmowania wartości dodatnich i ujemnych na tej samej połaci.

UWAGA 2 Dla pośrednich kątów spadku można stosować interpolację liniową między wartościami tego samego znaku. (Nie należy interpolować między $\alpha = +5^\circ$ a $\alpha = -5^\circ$, lecz zastosować dane dla płaskiego dachu podane w 7.2.3). Wartości równe 0,0 są podane dla celów interpolacji.

Tablica 7.4a. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2		-0,6
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2		-0,5
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2		-0,5
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2		-0,5
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0		-0,5
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0		-0,5

Tablica 7.4b. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Z tablicy 7.4a i 7.4b widać, że pola „F” i „G” mają największe współczynniki ciśnienia zewnętrznego ze znakiem ujemnym, co oznacza siły ssania. Są to miejsca, z których wiatr najczęściej zrywa pokrycie dachowe.

inż. Edmund Ratajczak

„Źródło: Dachy, nr 1 (133) 2011

