

NORMY ŚNIEGOWE

Bohdan Lewicki*)
Jerzy Antoni Żurański**)

Obciążenie śniegiem w nowych normach polskich

Pierwsze przepisy i normy

Pierwszym, znanym nam określeniem obciążenia dachów śniegiem w Polsce, jest stwierdzenie Maksymiliana Thullie, późniejszego profesora Politechniki Lwowskiej, który w napisanej w 1886 r. [1]: „*Warstwa śniegu, która się osadza na dachach w naszych stronach nie jest zwykle grubsza niż 0,60 m. Wysoko w górach warstwa ta jednak jest znacznie większa, dosięga nawet 2 m wysokości. Przyjąwszy wysokość warstwy 0,6 m i zważywszy, że śnieg jest około 8 razy lżejszy od wody, otrzymamy ciężar śniegu na m² rzutu*

$$s = 0,6 \frac{1000}{8},$$

okrągło: $s = 80 \text{ kg/m}^2$.”

W przywołanym tekście jest oczywiście błąd rachunkowy, zamiast 77,8 powinno być 75 kg/m². Pomijając tę pomyłkę, można sądzić, że taki był tok rozumowania w drugiej połowie XIX wieku, gdy ustalano wartości obciążenia śniegiem dachów w środkowej Europie. Do niedawna obowiązywała w Niemczech wartość 0,75 kN/m², od pewnego czasu zdefiniowana statystycznie. Przez wiele lat ta wartość obowiązywała także w innych krajach środkowej Europy: na nizinnych terenach Austrii,

Czech i Słowacji, Rumunii, a także w Danii i w południowych rejonach Szwecji.

W Polsce, do 1938 r., w województwach północno-wschodnich, wschodnich i południowo-wschodnich należało przyjmować 0,8 kN/m², w pozostałych 0,6 kN/m². W pierwszej polskiej normie obciążeń PN/B-189 z roku 1938 wprowadzono jedną wartość obciążenia śniegiem dachów dla całej Polski, równą 0,8 kN/m². W górach obowiązywała zależność obciążenia śniegiem od wysokości nad poziomem morza.

Po II wojnie światowej, w 1946 r. zmniejszono obciążenie śniegiem do 0,7 kN/m² na terenie całego kraju w nowych granicach. Pierwszą odrębną normę obciążenia śniegiem wprowadzono w 1952 r. Po raz pierwszy znalazły się w niej strefy obciążenia. W strefie pierwszej, obejmującej większość terytorium kraju, z wyjątkiem terenów podgórskich i górskich oraz obszaru północno-wschodniego, zmniejszono wartość obciążenia do 0,6 kN/m². W normie PN-64/B-02010, obowiązującej od 1.01.1966 r., wprowadzono dalsze zmiany. Podano 5 stref obciążenia śniegiem o wartościach takich jak w zaleceniach RWPG, identycznych z normą radziecką. W strefie I, obejmującej w przybliżeniu terytorium położone na zachód od Wisły i wzdłuż Sanu, w jego środkowym i dolnym biegu, obciążenie zmniejszono do 0,5 kN/m², w pozostałych strefach nieco zwiększono. W ten sposób, w ciągu 20 lat, zmniejszono obciążenie śniegiem dachów z 0,8 kN/m² do 0,5 kN/m².

Ten podział na strefy, z przypisanymi im wartościami obciążenia, pozostał bez zmian do roku 1980. Wszystkie wy-

mienione wyżej wartości dotyczyły bezpośrednio obciążenia śniegiem dachu, w cytowanych dokumentach nie było terminu „obciążenie śniegiem gruntu” jako podstawowej wielkości odniesienia.

Rozwój obserwacji i pomiarów meteorologicznych spowodował, że obciążenie śniegiem dachu zaczęto traktować jako funkcję obciążenia śniegiem gruntu, które mogło być ustalane na podstawie wyników wieloletnich pomiarów, prowadzonych według jednakowych metod i technik pomiarowych. Obciążenie śniegiem gruntu stało się podstawową wielkością odniesienia, stosowaną do wyznaczania obciążenia śniegiem dachów.

Polska Norma z 1980 roku

Obecna polska norma obciążenia śniegiem [2] obowiązuje od 1.01.1981 r. W stosunku do normy poprzedniej wprowadzono kilka istotnych zmian [3]:

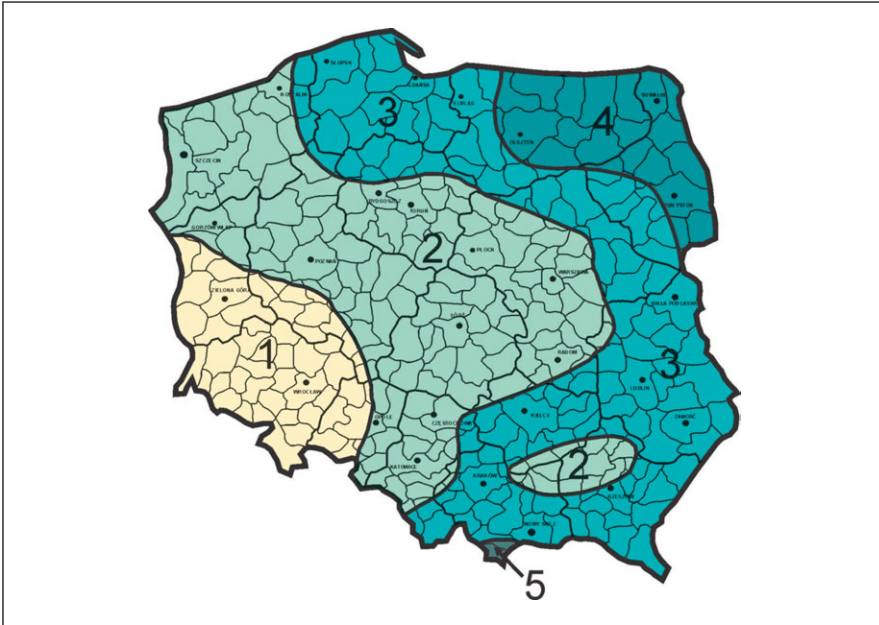
□ Wprowadzono obciążenie śniegiem gruntu, jako podstawową wielkość odniesienia, traktowaną jako zmienna losowa, której wartość charakterystyczną wyznacza się w kategoriach rachunku prawdopodobieństwa.

1. Zgodnie z projektem później przyjętej normy ISO [4] wprowadzono pojęcie współczynnika kształtu dachu, jako współczynnika przejścia od obciążenia gruntu do obciążenia dachu i przyjęto jego wartość podstawową dla dachu poziomego równą 0,8.

□ Przygotowując w roku 1979 normę [2] przyjęto, że po wprowadzeniu obciążenia śniegiem gruntu jako wielkości odniesienia, wartość charakte-

*) Autor – prof. zw. dr inż., Przewodniczący Komitetu Technicznego KT102 PKN ds. Podstaw projektowania konstrukcji budowlanych

**) Autor – dr hab. inż., członek KT102 PKN, autor projektu załącznika krajowego do PN-EN 1991-1-3:2005 i Zmiany do PN-80/B-02010; obaj autorzy artykułu pracują w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie



Rys. 1. Nowy podział Polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu wg [6] i [10]

rystyczna obciążenia dachu w drugiej strefie powinna pozostać taka sama jak uprzednio, pozytywnie zweryfikowana i przez kilkanaście lat stosowana w obliczeniach projektów typowych, tzn. $0,7 \text{ kN/m}^2$. Przyjęto zatem, że obciążenie śniegiem gruntu w strefie II powinno wynosić $0,9 \text{ kN/m}^2$, bowiem pomnożone przez współczynnik kształtu dachu $0,8$, jak dla dachów o spadku poniżej 30° , daje wartość $0,72 \text{ kN/m}^2$ (w zaokrągleniu $0,7 \text{ kN/m}^2$). Zwiększenie obciążenia śniegiem w strefie II spowodowałoby konieczność anulowania wszystkich projektów typowych, rozpowszechnionych wówczas w Polsce i przeliczenia ich na nowe obciążenie śniegiem. W ówczesnych warunkach politycznych i gospodarczych było to niemożliwe. W związku z tym nie wydłużono okresu powrotu wartości charakterystycznej obciążenia śniegiem do powszechnie przyjmowanych 50 lat.

□ Analizie probabilistycznej poddano grubość pokrywy śnieżnej na gruncie, a obciążenie śniegiem gruntu wyznaczano mnożąc wartość charakterystyczną grubości pokrywy śnieżnej przez średnią wartość ciężaru objętościowego śniegu równą $2,45 \text{ kN/m}^2$, otrzymaną z pomiarów na stacjach mierzących równoważnik wodny śniegu [2].

□ Na podstawie tak wykonanych obliczeń dokonano identyfikacji probabilistycznej przyjętej wartości obciążenia śniegiem gruntu w drugiej strefie równej $0,9 \text{ kN/m}^2$. Okazało się, że wartość ta ma okres powrotu 5 lat. Wobec tego przyjęto, że we wszystkich stre-

fach wartości charakterystyczne winny mieć ten sam okres powrotu 5 lat. Jednakże ocena ta nie była dokładna. W niektórych regionach Polski, zwłaszcza południowo-zachodnich, rzeczywiste okresy powrotu wartości charakterystycznych podanych w normie [2] są dłuższe niż 5 lat i wynoszą nawet 50 lat na Dolnym Śląsku oraz około 12-16 lat w środkowej i zachodniej Polsce [5].

□ Wytyczono nowe strefy obciążenia śniegiem. W strefie 1 obciążenie wzrosło o 12%, w strefie 2 o niecałe 3%, zwiększono także obciążenie śniegiem w Małopolsce i na Pojezierzu

Kaszubskim. Na Suwalszczyźnie natomiast zmniejszono obciążenie.

Układy obciążenia i wartości współczynnika kształtu dachu przyjęto w normie z 1980 roku zgodnie z ówczesnym projektem normy ISO [4], w którym wykorzystano ustalenia normy kanadyjskiej i radzieckiej.

Polska wersja normy europejskiej

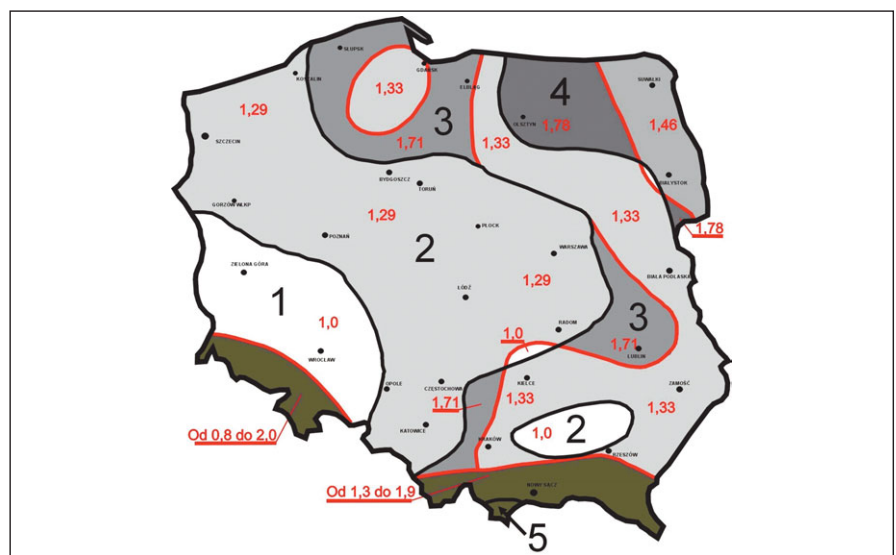
W październiku 2005 r. została zatwierdzona i opublikowana polska wersja normy europejskiej [6]. W załączniku krajowym do tej normy podano nowe wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu, wyznaczone w wyniku analizy danych pomiarowych ciężaru pokrywy śnieżnej, wartości maksymalnych rocznych (zimowych) ze 115 stacji i posterunków meteorologicznych w Polsce z lat 1950/51 – 1999/2000 [7]. Do obliczania wartości charakterystycznych zastosowano rozkład prawdopodobieństwa wartości ekstremalnych Gumbela.

Przyjęto następujące zasady postępowania:

□ Wartości charakterystyczne obciążenia wyznacza się dla okresu powrotu 50 lat, zgodnie z wymaganiami normy europejskiej.

□ Jeżeli będzie to możliwe, to przynajmniej na pewnych obszarach Polski należy pozostawić dotychczasowe wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu.

□ W granicach poszczególnych stref nizinnych wartości obciążenia



Rys. 2. Porównanie nowych i dotychczasowych stref obciążenia śniegiem w Polsce [11]. Duże cyfry oznaczają numery nowych stref, małe stosunek nowej wartości charakterystycznej na zaznaczonym obszarze do dotychczasowej

Tabela 1. Wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu w Polsce wg [6] i [10]

Strefa	s_{k^*} , kN/m ²
1	0,007A – 1,4; $s_k \geq 0,70$
2	0,9
3	0,006A – 0,6; $s_k \geq 1,2$
4	1,6
5	0,93exp(0,00134A); $s_k \geq 2,0$

UWAGA: A = Wysokość nad poziomem morza (m)

śniegiem nie powinny różnić się między sobą więcej niż w granicach $\pm 15\%$.

Dla terenów nizinnych, poniżej 300 m npm, przyjęto następujące wartości strefowe: 0,7; 0,9; 1,2 i 1,6 kN/m². Dwie pierwsze są takie jak w obecnie obowiązującej normie. Zasięg terytorialny nowej strefy 1 (Dolny Śląsk, Ziemia Lubuska) obejmuje część dotychczasowej strefy 1. Ta sama wartość charakterystyczna – to skutek niedokładnej oceny obciążenia śniegiem – dokonanej poprzednio z użyciem wysokości pokrywy śnieżnej, na co zwrócono uwagę wyżej. Zasięg terytorialny obecnej strefy 2 jest inny niż dotychczasowej. Nową mapę stref przedstawiono na rys. 1, w porównaniu z dotychczasową [2], a wartości charakterystyczne w tabeli 1. Z wyjątkiem strefy 1 i niewielkiego obszaru strefy 2 nowe wartości charakterystyczne są większe od poprzednich o ok. 30 do ok. 70%.

Ustalenia zawarte w Załączniku Krajowym rozpatrywane były na posiedzeniach Komitetu Technicznego KT102 PKN w latach 2003 i 2004, a w dniu 4 listopada 2004 r. podjęta została uchwała o skierowaniu projektu Załącznika wraz z tekstem polskim normy europejskiej do ankietyzacji. Podane w Załączniku wartości obciążenia nie były kwestionowane ani przez członków KT102 ani w ankiecie powszechnej. Prezes PKN zatwierdził normę i skierował do publikacji.

Zmiana do Polskiej Normy z 1980 roku

Podanie w Załączniku Krajowym do PN-EN 1991-1-3 [6] większych wartości obciążenia śniegiem niż aktualnie przyjmowane do obliczeń, dało asumpt do rewizji ustaleń PN-B/02010 [3].

Postanowiono nie czekać do marca 2010, kiedy – w myśl ustaleń Dyrekcji Generalnej ds. Przedsiębiorstw Komisji Europejskiej [8] – wycofane być mają PN sprzeczne z PN-EN projektowania

konstrukcji i wprowadzić odpowiednie zmiany do PN-80/B-02010, tak aby stała się „normą pomostową”, zgodną z PN-EN, i aby można było ją zamieścić w wykazie Polskich Norm, stanowiącym załącznik do Rozporządzenia Ministra [9]. W dniu 19 stycznia 2006 roku podpisany został wniosek do PKN o wprowadzenie zmian do PN-80/B-02010.

Nowe ustalenia wprowadzane przez Zmianę do PN-80/B-02010 [10] dotyczą przede wszystkim nowego podziału kraju na strefy obciążenia śniegiem i przyjęcia wartości charakterystycznych tego obciążenia, takich samych jak w Załączniku Krajowym [6], wartości częściowego współczynnika bezpieczeństwa $\gamma_f = 1,5$ oraz zapisu nawiązującego do wartości współczynnika ekspozycji $C_e = 1,2$ do stosowania przy wyznaczaniu obciążenia śniegiem dachu, otoczonym budynkami lub drzewami wyższymi od budynku rozpatrywanego. Wprowadzono też kilka zmian, wynikających z odstąpienia od traktowania jako zmiennej losowej grubości pokrywy śnieżnej na rzecz jej ciężaru. Nie zmieniono układów obciążenia i wartości współczynnika kształtu dachu, ponieważ są bardzo bliskie podanym w normie europejskiej. Porównanie nowych i dotychczasowych stref obciążenia śniegiem przedstawia rys. 2 [11].

Na posiedzeniu KT 102 w dniu 2 marca 2006 r., na którym rozpatrywano propozycje Zmiany do PN-80/B-02010 kilku członków zakwestionowało podane tam wartości. Wątpliwości wzbudzały przede wszystkim takie same jak poprzednio wartości obciążenia śniegiem w strefach 1 i 2 (w nowych granicach) oraz metoda szacowania parametrów rozkładu prawdopodobieństwa i podziału kraju na strefy obciążenia śniegiem. Nie ulega wątpliwości, że miała na to wpływ katastrofa hali MTK w Chorzowie w dniu 28 stycznia 2006 r. Załącznik Krajowy do normy europejskiej, o tych samych wartościach obciążenia śniegiem gruntu i tych samych strefach, został wcześniej przyjęty bez żadnych zastrzeżeń.

W okresie rozpatrywania Zmian, na zebraniach KT 102 jak również drogą korespondencyjną, zastrzeżenia wnosili prof. Janusz Murzewski, członek KT 102. Dotyczyły one przede wszystkim metody szacowania parametrów rozkładu Gumbela i metody strefowania obciążenia śniegiem. Prof. J. Murzewski zaproponował także inne, znacznie większe wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem.

W głosowaniu korespondencyjnym nad skierowaniem projektu Zmiany do ankiety (na zebraniu w dniu 28.04.2006 r. nie było quorum) na 16 głosujących członków KT, przeciw skierowaniu wypowiedziało się tylko 3, w tym prof. J. Murzewski. W myśl „Organizacji pracy KT PKN” [12] konsensus uważa się za osiągnięty w głosowaniu, jeżeli liczba głosów przeciwnych jest nie większa niż 1/4 liczby głosujących. Projekt Zmiany skierowany więc został do ankiety powszechnej, zakończonej 15 sierpnia br. Wypowiedzi w ankiecie nie było żadnych, w konsekwencji czego 2 października br. Prezes PKN zatwierdził Zmianę [10] i skierował do publikacji.

Sprawa jest więc – formalnie rzecz biorąc – zamknięta. Z uwagi na osobę Oponenta, Jego wybitny dorobek naukowy i dydaktyczny w zakresie probabilistycznych metod oceny bezpieczeństwa konstrukcji i powszechne poważanie środowiskowe – a także wobec skierowanego do Prezesa PKN protestu Profesora J. Murzewskiego – nie można jednak postawić sprawy bez komentarza.

Prezes PKN podtrzymał swoją decyzję i Zmiana do PN-80 została opublikowana. Nie mniej trzeba przedstawić całość sprawy także do wiadomości szerszemu gronu kolegów praktyków.

Uwagi końcowe

Pogląd swój na ustalenia PN-EN 1991-1-3:2005, które wprowadza do praktyki Zmiana, a także własną koncepcję postępowania w celu zapewnienia bezpieczeństwa budynków przy dużym obciążeniu śniegiem, przedstawił prof. J. Murzewski w [13].

W CEN (*Comité Européen de Normalisation*) planuje się wznowienie prac grupy roboczej, która opracowała normę europejską, m.in. w celu przeanalizowania wniosków z katastrof dachów pod ciężarem śniegu, które zdarzyły się w Europie w czasie zimy 2005/2006, a także w celu rozszerzenia wspólnej mapy stref obciążenia śniegiem na terytoria nowych członków CEN, w tym Polski. Przedstawione zostaną również propozycje prof. J. Murzewskiego. W dyskusji nad przyszłymi ustaleniami europejskimi nie zabraknie polskiego głosu.

Nasi koledzy – praktycy zainteresowani są natomiast przede wszystkim polskimi ustaleniami normowymi i tych ustaleń dotyczą podane niżej uwagi. Istota dyskutowanego problemu sprowadza się do poziomu bezpieczeństwa, z jakim projektować należy konstrukcje, czyli – jak zwykło się mówić potocznie – do „zapasu bezpieczeństwa”.

W obliczeniach konstrukcji operujemy wirtualnymi modelami rozpatrywanych zjawisk. Jak długo chodzi o zachowanie się konstrukcji poddanej określonym oddziaływaniom, zasadność modelu przyjętego do obliczeń i ocenę jego niepewności można sprawdzić empirycznie, poddając badaniu fizyczny element czy nawet całą konstrukcję. Nasza wiedza inżynierska jest bardzo szeroka i pozwala na szczegółowe analizy zachowania się konstrukcji. Natomiast w przypadku ustalania racjonalnego zapasu bezpieczeństwa nie ma możliwości empirycznej weryfikacji przyjętych założeń, a uwzględnić trzeba i aspekty ekonomiczne, i społeczne, postęp techniczny, umiejętność wykonawców i dyscyplinę realizacji. Problem staje się ogromnie złożony i nie sposób sobie z nim poradzić inaczej niż poprzez „zdroworozsądkowy” konsensus inżynierski w stosunku do poczynań naszych poprzedników i podjętych przez nich ustaleń.

Aktualnie wprowadzana do naszej praktyki EN 1991-1-3 jako [6] przyjmuje dłuższe okresy powrotu niż PN-80 [3], co prowadzi do odpowiednio większych wartości charakterystycznych obciążenia śniegiem. Zwiększone zostały też – jak już wspomniano wyżej – wartości γ_f częściowych współczynników bezpieczeństwa.

W Załączniku Krajowym [6] i w Zmianie [9] mamy dobrą zgodność wartości obciążenia śniegiem w regionach przygranicznych z Niemcami [14]. Zapewne trudniej będzie zharmonizować wartości obciążenia śniegiem na terenach przy granicy wschodniej, tam bowiem pozostają mniejsze wartości jako konsekwencje niższego poziomu bezpieczeństwa przyjętego w normach radzieckich.

Dalsze zwiększenie zapasu bezpieczeństwa, postulowane przez prof. J. Murzewskiego, uznano za niecelowe. Nie ma żadnego argumentu „z praktyki” w tym względzie, jako że awarie konstrukcji zimy 1979/80 dotyczyły konstrukcji nie w pełni prawidłowo wykonanych. Tolerancja usterek musi mieć swoje granice. I taki też był przedmiot konsensusu inżynierskiego KT102 PKN w sprawie obliczeniowych wartości obciążenia konstrukcji budynków śniegiem.

W przypadku lekkich dachów (o ciężarze własnym małym w stosunku do wartości obciążenia śniegiem) jest jednak jeszcze i drugi aspekt sprawy.

Podawane w normach projektowania konstrukcji wartości liczbowe, związane z zapewnieniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji, dotyczą konstrukcji „zwykłych”, to jest pow-

szechnie stosowanych w praktyce. Dawniej, kiedy postęp techniczny nie był tak szybki, może nie trzeba było tego szczególnie podkreślać. Współcześnie jednak jest to już niezbędne. EN 1990 Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji [15] czyni to bardzo wyraźnie, stwierdzając na wstępie, „że odmienne od zwykłych rodzaje konstrukcji lub zadane w projekcie warunki nie zostały tu (to jest w Eurokodach) uwzględnione. W takich przypadkach wymaga się dodatkowych opinii eksperta”. Stwierdzenie to powtarza się we wszystkich częściach 1-1 Eurokodów „materiałowych”.

Jakie konstrukcje należy uważać za „zwykłe”, EN 1990 nie definiuje. Z dalszego kontekstu normy (2.1 (5)P) wynika jednak, że są to przede wszystkim konstrukcje, w przypadku których występuje – czy występować może – zagrożenie inne niż ma to miejsce powszechnie i jako takie uwzględniane jest w obliczeniach konstrukcji.

Konstrukcje „zwykłe” to ogromna większość realizowanych obiektów budowlanych i ich dotyczą podawane w normach wartości liczbowe, związane z zapewnieniem bezpieczeństwa konstrukcji, a także i wymagania konstrukcyjne.

Wraz z postępowaniem technicznym i rozwojem cywilizacyjnym pojawiają się nowe „nie zwykłe”, bo nie powszechnie stosowane, koncepcje konstrukcyjne, a wraz z nimi i nowe problemy, które uwzględniać trzeba przy zapewnieniu bezpieczeństwa konstrukcji.

W miarę przybywania doświadczeń, konstrukcje „nie zwykłe” stają się „zwykłymi”. Przykład – konstrukcje z prefabrykatów wielkowymiarowych.

Lekkie płaskie dachy nad ogrzewanymi pomieszczeniami to niewątpliwie nowy rodzaj konstrukcji.

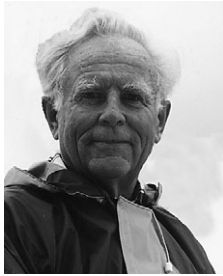
W latach 70., kiedy opracowywano PN-80 [2], takich dachów o znacznej rozpiętości jeszcze nie budowano. PN-EN 1991-1-3 [6] wspomina „dachy o wysokim współczynniku przewodności ciepła”, w przypadku których redukować można obciążenie śniegiem. W przypadku lekkich dachów nad ogrzewanymi pomieszczeniami, dobrze izolowanych cieplnie, mamy sytuację odwrotną: większe obciążenie dachu niż referencyjne obciążenie gruntu. Wynika to stąd, że śnieg świeżo spadły na nie zamrażający grunt może się topić i nie jest mierzony jego ciężar, umyka statystyce. Ani autorzy norm ani projektanci dotychczas nie zwracali uwagi na to zjawisko. Ujawniło się ono dopiero w wyniku pomiarów po tragicznej katastrofie hali MTK w Chorzowie [16].

I jeszcze sprawa wykonawstwa: kontrola jakości wykonania konstrukcji dachowych dużych rozpiętości musi być prowadzona na poziomie kontroli wykonania konstrukcji mostowych. Zbyt drogo kosztowało nas złe wykonawstwo w przypadku hali MTK.

Te nowe problemy znajdują swój pełny wyraz w normach projektowania dopiero po zebraniu dostatecznej liczby wyników badań i obserwacji z praktyki.

Piśmiennictwo

- 1) Thullie M.: Podręcznik statyki budowli dla inżynierów, architektów i słuchaczy szkół politechnicznych. Lwów 1886 (bez wydawcy)
- 2) PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
- 3) Kuś, S., Sobolewski, A., Żurański, J.A.: Obciążenie śniegiem w Polsce wg dawnych przepisów i w ujęciu PN-80/B-02010. Inżynieria i Budownictwo nr 7, 1980
- 4) ISO 4355:1981 Basis for design of structures – Determination of snow loads
- 5) Żurański, J.A.: O obciążeniu śniegiem w aktualnych normach polskich. Inżynieria i Budownictwo nr 9, 2006
- 6) PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1 Oddziaływanie na konstrukcje. Część 1-3 Oddziaływanie ogólne – Obciążenie śniegiem
- 7) Żurański, J.A., Sobolewski, A.: Nowa mapa obciążenia śniegiem w Polsce. Inżynieria i Budownictwo nr 11, 2002
- 8) Stosowanie i sposób wykorzystania Eurokodów – Instytut Techniki Budowlanej, Seria: Dokumenty Unii Europejskiej nr 17, Warszawa 2004
- 9) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 109 z dnia 12 maja 2004 r., poz. 1156
- 10) Zmiana do Polskiej Normy PN-80/B-02010/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
- 11) Żurański, J.A.: Obciążenie śniegiem w ujęciu nowej normy PN-EN 1991-1-3:2003. Inżynieria i Budownictwo nr 2, 2006
- 12) Procedura PKN 2-2-P-1. Organizacja i tryb pracy Komitetów Technicznych – strona internetowa PKN
- 13) Murzewski J.: O zapewnieniu bezpieczeństwa budynków przy dużych obciążeniach śniegiem. Inżynieria i Budownictwo, nr 9, 2006
- 14) DIN 1055-5 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. DIN Juli 2005
- 15) PN-EN 1990:2004 Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji
- 16) Żurański J.A.: Wpływ niektórych czynników klimatycznych i technicznych na obciążenie dachów śniegiem. 52 Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 2006. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej nr 602, Budownictwo Lądowe LIX, 2006



Stanisław Kuś^{*)}

Przyszło nam pracować w interesującym okresie, kiedy zmieniają się poglądy na odpowiednie bezpieczeństwo konstrukcji różnego zastosowania. Zmieniają się materiały, które przez lata były podstawą budownictwa, a różnią się istotnie właściwościami, w tym i ciężarem własnym, zmieniły się również narzędzia pracy konstruktora, przez co raz bardziej uniwersalne i automatyzujące decyzje projektowe – programy komputerowe.

Ogólnie za miarę bezpieczeństwa konstrukcji uważa się zgodność z normami, gdyż one zawierają kryteria prawdziwości. Więcej – są one obiektywnie niezbędne w sytuacjach konfliktów prawnych, w których sędzia musi mieć jednoznaczne uzasadnienie „za lub przeciw”.

W zakresie norm konstrukcyjnych obiektów, nastąpiły w ciągu ostatnich kilkunastu lat dwie bardzo istotne zmiany.

Pierwsza, to podział problematyki bezpieczeństwa w różnych normach w Eurokodach, od EN 1990 do EN 1999, w których podstawowe zmiany „Oddziaływanie na konstrukcje” zawierają główne współczynniki częściowe $\gamma_G = 1,36$ i $\gamma_Q = 1,5$ odnoszące się do stałych i zmiennych obciążeń konstrukcji wszelkich zastosowań.

Uzupełniające współczynniki częściowe są umieszczone we wszystkich pozostałych normach konstrukcji, z różnych materiałów jak γ_M i zmieniają się od $\gamma_M = 2,23$ w betonie żelbetu (w stosunku wartości charakterystycznych do obliczeniowych) i stali gdzie $\gamma_S = 1,15$ aż do różnych konstrukcji metalowych, gdzie $\gamma_M = 1,0 \div 1,2$. Ogólnie są one znacznie wyższe niż dawniej stosowano gdyż $\gamma_G = 1,1$, a $\gamma_A = 1,2 \div 1,4$.

Drugą zmianą zwaną w okresie tzw. „norm pomostowych” wprowadzono w Polsce do 2010 r. zalecaną jako wartości pośrednie. Konsekwencje tych przemian są dwójakiego rodzaju:

– Wszystkie konstrukcje istniejące niezależnie od funkcji i materiału jeżeli były „oszczędnie” zaprojektowane **nie spełniają obecnych, a tym bardziej przyszłych** – od 2010 r. wymagań. Wprowadzone do standardowego obliczeniowego programu dane, wykażą braki. Rozebrać, wzmocnić czy ryzykować użytkowanie – to decyzja, której nie obejmuje żadna norma a musi podjąć ją inżynier – rzeczoznawca, na swoją osobistą odpowiedzialność, czy to potrafi? Czy będzie miał tyle odwagi cywilnej?

Dyspensę w stosunku do istniejących konstrukcji dają norma PN-ISO 2394 „Ogólne Zasady niezawodności konstrukcji budowlanych” z kwietnia 2000 r. stwierdzając w rozdziale W.3. „W niektórych przypadkach oceny niezawodności, mogą być wymagane przez władze, towarzystwa ubezpieczeniowe, lub przez właścicieli, albo wynikać z programu prac związanych z utrzymaniem konstrukcji.

Nie ma potrzeby przeprowadzania oceny tych części istniejących konstrukcji, które nie będą podlegały zmianom konstrukcji, które nie są w oczywisty sposób uszkodzone, ani co do których nie zachodzi podejrzenie, że mogą mieć niewystarczającą niezawodność.

Oczywiście nie zmienia to problematyki odpowiedzialności za decyzję, choć argumentacji nie musi przeprowadzić rzeczoznawca.

Jeśli chodzi o wyższe w przyszłości europejskie częściowe, współczynniki obciążenia i współczynniki materiałowe, to uważam, że okres pośredni pomostowy nie ma sensu. Wyższe bezpieczeństwo to kwestia bogatszego społeczeństwa i trwałości zbudowanych obiektów, decyzja o honorowaniu tradycyjnej biedy jest niefortunna, a odpowiedzialni konstruktorzy zwłaszcza wtedy, gdy normy nie są obligatoryjne, powinni tak projektować aby bezpieczeństwem nie różnić się od reszty Europy.

Wyższość konstrukcji leży w lepszej, ciekawszej koncepcji, a nie w oszczędnościach materiałowych. Kryterium naj-

niższych kosztów w przetargach z tytułu zapotrzebowania materiałów, to absurd, wymagający refleksji i krytyki. Wszak kryteriami racjonalnymi konstrukcji jest jej efektywność intelektualna (zgodność i racjonalność teorii użytej jako podstawa), ekonomia (koszty) i efekt estetyczny społecznie akceptowany.

Kolejną cezurą jest problematyka obciążeń meteorologicznych, lub nazywanych czasem klimatycznymi, a głównie śniegu i wiatru. Śniegu – dlatego że dla ogromnej większości budowli jest jedynym zmiennym obciążeniem grawitacyjnym dla dachów (budownictwo mieszkaniowe, sportowe, przemysłowe itp.). Wiatru – dlatego że jest najczęściej jedynym obciążeniem poziomym.

Oba te obciążenia są detektorami wszelkich niedoróbek, błędów lub nieporadności konstrukcji, ale absolutnie w niejednakowym stopniu. Śnieg jest pewnym umownym obciążeniem – umownym w tym sensie, że umowa społeczna leży albo w arbitralnym przyjęciu okresu powrotu wartości oczekiwanej 5-10-50 lat i probabilistycznej metodzie jego przewidywania, co za każdym razem daje różne, rosnące wartości, albo w samym wyniku, zależnym od przyjętego matematycznego kryterium. Ono właśnie jest przedmiotem sporu specjalistów od rachunku stochastycznego.

Jest on dla konstruktora absolutnie nieistotny, drugorzędny i z tak małym prawdopodobieństwem oceniany, jak pogoda w meteorologii. Zwłaszcza, gdy klimat podlega zmianom, a występujące co około 10 letnie extrema związane z emisją promieniowania słonecznego wyskakują ponad średnią.

Normy meteorologiczne są normami informacyjnymi o zupełnie innym charakterze niż normy konstrukcyjne, które pokazują określone powtarzalne przebiegi sił wewnętrznych w konstrukcjach, jako stałe zjawiska fizyczne.

Tym niemniej, choć dla śniegu jest nieistotne czy spadnie on na konstrukcję żelbetową, stalową, czy z drewna,

^{*)} Autor – prof. dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska

jego wartość jest od tego niezależna, to jego wpływ na bezpieczeństwo tych konstrukcji jest dramatycznie różny.

Różnice te są też inne dla budownictwa mieszkaniowego, przemysłowego i użyteczności publicznej, dlatego że ich konstrukcje na ogół opierają się na różnych materiałach.

Weźmy prosty przykład: stropy (i stropodachy płaskie) w budynkach mieszkalnych są żelbetowe i ważą około $5,00 \text{ kN/m}^2$ wraz ze śniegiem $1,20 \text{ kN/m}^2$ to $6,2 \text{ kN/m}^2$. Średni globalny współczynnik bezpieczeństwa to $s = 1,6$. obciążenie niszczące pod którym strop „ma prawo” się zawalić – to:

$$(5,00 + 1,20) \cdot 1,6 = 9,92 \text{ kN}$$

Dodatkowe obciążenie ponad ciężar własny do powstania możliwości katastrofy to:

$$\Delta q = 9,92 - 5,00 = 4,92 \text{ kN/m}^2$$

Jeżeli natomiast mamy do czynienia z konstrukcją metalową w budownictwie przemysłowym lub sportowym, albo użyteczności publicznej to średni ciężar własny, wraz ze śniegiem to:

$$(0,5 + 1,20) \cdot 1,6 = 2,72 \text{ kN/m}^2$$

Dodatkowe obciążenie do powstania katastrofy, to:

$$\Delta q = 2,72 - 0,50 = 1,26 \text{ kN/m}^2$$

Tak więc w przypadku tego samego zastosowania użytkowego, ale konstrukcji żelbetowej i metalowej, ta pierwsza wymaga aż 3,9 – prawie czterokrotnie większego obciążenia do zniszczenia. Można oczywiście podważać słuszność arbitralnego globalnego współczynnika bezpieczeństwa gdy wszystkie składowe przykłady mają charakter probabilistycz-

ny ale bezspornym jest fakt, że o ile dla powszechnego budownictwa miejskiego, a i dla dawnego przemysłowego wartość obciążenie śniegiem była nieistotna, to dla budownictwa stalowego jest ono podstawowe – gdyż jest ono około 4 razy bardziej wrażliwe na przyrost obciążenia ponad ciężar własny.

Tak jak wyżej napisałem, różnice pomiędzy wartościami charakterystycznymi śniegu są nieistotne dla konstrukcji, zwiększenie ogólne obciążeń śniegiem, to nonsens, natomiast wprowadzenie dodatkowego współczynnika obciążenia dla konstrukcji lżejszych niż obciążenie śniegiem wydaje się uzasadnione. Na przykład rzędu $\gamma_0 = 1,2$. Ale wtedy należy oczekiwać protestu ze strony producentów konstrukcji metalowych, gdyż zaczną oni przegrywać w przetargach. ■

Witold Pieśla*)

Praktyka projektowa

Przez dziesiątki lat konstrukcje dachów budynków nie były zbyt wrażliwe na obciążenie śniegiem. Z dachów o dużym pochyleniu połaci śnieg się zsuwał, a dachy płaskie były z reguły wykonywane z ciężkich materiałów konstrukcyjnych i izolacyjnych, przez co udział ciężaru śniegu w całkowitym obciążeniu był mały.

Dla powszechnie i przez wiele lat stosowanych żelbetowych dachów lub stropodachów udział ten wynosił ok. 30-40% i to nawet w rejonach większych opadów śniegu. Nawet stosunkowo lekkie konstrukcje stalowe dachów przekrywano wówczas żelbetowymi płytami panwiowymi i ciężką izolacją. Ten stan uwzględniała norma [1], która przewidywała, że dla typowych (choć nie wiadomo, co to dziś znaczy) przekryć żelbetowych o ciężarze własnym powyżej $1,50 \text{ kN/m}^2$, współczynnik „c” kształtu dachu jest stały i nie zależy od pochylenia połaci.

Praktyka projektowania zmieniła się w ostatnim czasie, zwłaszcza poprzez

powszechne stosowanie bardzo lekkich materiałów pokrywanych i izolacyjnych. Dotyczy to zwłaszcza dużych powierzchniowo budynków, takich jak pawilony handlowe, magazyny lub hale przemysłowe. Wzrost kosztów stali i ogrzewania spowodował, że inwestorzy wymagają od projektantów jak najlżejszych konstrukcji i jak najmniejszych spadków połaci dachowych, utrudniających przy okazji spływanie wody z topniejącego śniegu.

W tak zaprojektowanych dachach udział obliczeniowego obciążenia śniegiem dochodzi do 60 %, a w przypadku dachów nieocieplanych – do 70% obciążenia całkowitego. W takich przypadkach śnieg jest obciążeniem decydującym o wymiarowaniu konstrukcji oraz jej bezpieczeństwie i jako takie powin-

no być traktowane z największą powagą, biorąc zwłaszcza pod uwagę jego żywiołowy charakter.

W rzeczywistości bywa ono w projektowaniu traktowane nieraz bezdusznie. Analizie obciążeń poświęca się niestety stosunkowo mało uwagi, często nie uwzględnia się ich możliwych kombinacji. Zdarza się, że w ustrojach wieloprzęstowych nie analizuje się na przykład takiego układu, który może powodować obciążenie śniegiem tylko niektórych przęseł i to w najbardziej niekorzystny sposób dla poszczególnych wielkości statycznych. W naturze taka sytuacja występuje rzadko, ale przy przewidywanym wprowadzeniu ustawowego obowiązku usuwania śniegu z dachów większych budynków i nieprawidłowym jego wykonywaniu, może się zdarzyć.

Stosowanie w projektowaniu nawet najbardziej wyrafinowanych i dokładnych metod obliczeń statyczno-wytrzymałościowych traci sens przy braku dogłębnej analizy obciążeń. Niestety, wspomniana praktyka wynika między innymi z marginalnego traktowania tego zagadnienia jeszcze w czasie studiów politechnicznych, na ogół nie jako odrębnego, ważnego przedmiotu, a jedy-

*) Autor – dr inż., PPT „Promor” sp. z o.o. Gdańsk

nie jako dodatku do innych, branżowych. W dodatku – powszechnie dostępna literatura techniczna, dotycząca zwłaszcza obciążeń konstrukcji wpływami atmosferycznymi, jest nieliczna. Podręczniki tego rodzaju, jak na przykład [2], były wydane wiele lat temu, lub jako skrypty w małych nakładach.

W dodatku do zagrożeń, wynikających z opisanej sytuacji, dochodzą jeszcze poważniejsze, a mianowicie wynikające z różnic pomiędzy rzeczywistością, a normową wielkością obciążenia śniegiem. Mogą one mieć bardzo poważny wpływ na projektowanie konstrukcji, ich bezpieczeństwo, a przede wszystkim użytkownikom. Wspomniane budynki o dużych powierzchniach są przeznaczone zazwyczaj do użytkowania przez znaczną liczbę ludzi. Ewentualne awarie, czy katastrofy mogą pociągać za sobą wiele ofiar. Wieloletnie doświadczenia wykazały, że nawet prawidłowo zaprojektowane i wykonane konstrukcje ulegały katastrofom w wyniku większego, niż określały to normy, obciążenia śniegiem.

Te kosztowne w skutkach katastrofy były przyczynkiem do zmian normy „śniegowej”. Ostatnie zmiany, wprowadzone do normy [1] przez komitet Techniczny 102 PKN idą z pewnością we właściwym kierunku, poprzez zwiększenie obciążeń śniegiem i zmianę stref śniegowych, co jest wynikiem dłuższych w czasie i dokładniejszych obserwacji meteorologicznych oraz ich analiz [3].

Te zmiany mają istotne znaczenie dla wielu rejonów kraju, na przykład Wybrzeża Gdańskiego. Zmieniona norma [1] zwiększa tu obciążenie śniegiem o 71% [4], a zmieniając granicę stref uwzględnia pewną, znaną mieszkańcom z codziennych obserwacji, szczególnie cechą klimatu. Polega ona na tym, że obszar administracyjny Trójmiasta obejmuje zarówno nisko położone tereny blisko morza, gdzie śniegu jest mniej, a temperatura o ok. 3-4 st. C wyższa, niż na nieodległych terenach położonych na skraju Wysoczyzny Kaszubskiej, blisko 200 m ponad poziomem morza. Potwierdzają to obserwacje meteorologiczne, wskazujące, że w rejonie

gdańskiego lotniska Rębiechowo obciążenie śniegiem jest o 54% większe niż na obszarze tak zwanego „dolnego tarasu” miasta [4]. Według dotychczasowej normy rejon ten był zaliczany do I strefy śniegowej, co powodowało przyjmowanie niższych, niż rzeczywście występujące, obciążeń śniegiem i tym samym mogło powodować przeciążenie konstrukcji nośnej dachów [5].

Można mieć nadzieję, że autorzy ostatecznej wersji zmian normy śniegowej nie ulegali już takim naciskom ekonomicznym, a pewnie i politycznym, jakie miały miejsce na przykład w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to radykalnie zmniejszono normowe obciążenie śniegiem, uzyskując tylko pozorne i doraźne oszczędności. Wprowadzenie w życie nowej normy z pewnością poprawi bezpieczeństwo konstrukcji i ich użytkowników. Doceniają to już rozsądni i odpowiedzialni inwestorzy. Na przykład w kierowanym przeze mnie biurze projektów już od ponad roku skutecznie przekonujemy inwestorów do wykonywania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych z uwzględnieniem postanowień zmienionej normy. Spotykamy się z ich zrozumieniem i zgodą, na co z pewnością wpływ mają ostatnie, spektakularne katastrofy spowodowane nadmierną ilością śniegu.

Praktyka projektowa wymaga, żeby normy techniczne były proste, jednoznaczne i nie powodowały ich dowolnej lub błędnej interpretacji, czego nie można powiedzieć na przykład o normie [6]. Na szczęście zarówno dotychczasowa, jak i nowa norma śniegowa są pod tym względem zwarte i przejrzyste. Oczywiście trudno jest przyjąć założenie, że normy będą zwiększać wielkości obciążeń po to, żeby stworzyć w ten sposób zapas nośności konstrukcji na pokrycie skutków ewentualnych błędów projektowych i wykonawczych, które się niestety zdarzają. Byłoby bardzo dobrze, gdyby system kontroli skutecznie eliminował błędy, zwłaszcza wykonawstwa. Na to trzeba jednak wykwalifikowanej kadry, procedur i urzędzeń kontrolnych oraz pieniędzy, czego na ogół brak, a przede wszystkim długiego czasu, w którym do-

tychczasowy poziom kontroli pewnie niewiele się zmieni. Między innymi z tego powodu, jak również z powodu wspomnianych i niestety zdarzających się uproszczeń projektowych, (pomijając nawet przekonujące, teoretyczne przesłanki), wydaje się uzasadniona propozycja prof. J. Murzewskiego – przyjęcia jeszcze wyższych, niż to przewiduje zmieniona norma, wielkości obciążenia śniegiem [7].

W każdym razie obecnie, po nadaniu zmianom normy ostatecznej postaci, niezbędne jest szybkie informowanie projektantów o tym fakcie. Jest to o tyle ważne, że funkcjonuje teraz wiele, nieraz jednoosobowych pracowni projektowych, które rzadko korzystają z fachowej literatury technicznej i których często nie stać na zakup nowych norm, odkąd ich wydawnictwo stało się komercyjne i nie służy szerzeniu najnowszej wiedzy technicznej wśród inżynierów, zwłaszcza w czasach zmian ogromnej liczby norm i pojawianiu się nowych.

Zmiany wprowadzone w normie [1] są uzasadnione i idą we właściwym kierunku. Z pewnością stanowią one kompromis między wynikami obserwacji i analiz zjawisk meteorologicznych, a racjami ekonomicznymi. Najbliższe lata praktyki pokażą, czy te zmiany są wystarczające.

Literatura

- 1) PN-80/B-02010 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem”
- 2) Żurański J.: Obciążenia wiatrem budowli i konstrukcji. Arkady 1978.
- 3) Żurański J.: O obciążeniu śniegiem w aktualnych normach polskich. Inżynieria i Budownictwo, nr 9/2006.
- 4) Żurański J.: Obciążenie śniegiem w ujęciu nowej normy PN-EN 1991-1-3:2003. Inżynieria i Budownictwo, nr 2/2006.
- 5) Pieśla W.: Konsekwencje obciążenia dachu „workiem śnieżnym”. Wiadomości Projektanta Budownictwa, nr 8/2006.
- 6) PN-EN 1990: Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- 7) Murzewski J.: O zapewnieniu bezpieczeństwa budynków pod dużym obciążeniem śniegiem. Inżynieria i Budownictwo, nr 9/2006

NORMY ŚNIEGOWE