

# OCENA ODDZIAŁYWAŃ ŚRODOWISKOWYCH NA BUDOWLE

## Wiatr, temperatura, oblodzenie

Część 2

**dr hab. inż. Jerzy Antoni Żurański, dr inż. Grzegorz Kimbar**  
Instytut Techniki Budowlanej

Oddziaływania środowiskowe należą do tych, które najczęściej wywołują awarie albo katastrofy budowli wliczane do zdarzeń losowych. W ciągu ostatnich kilku dekad zostały one dość dobrze rozpoznane i opisane w kategoriach rachunku prawdopodobieństwa. Najłatwiej rozpoznane jest atmosferyczne oblodzenie konstrukcji.

Tak jak w razie awarii albo katastrofy dachu pod ciężarem śniegu, tak również w przypadku uszkodzenia albo zniszczenia budynku przez wiatr rzeczoznawca, a często jednocześnie biegły sądowy, musi ocenić straty oraz podać ich przyczynę. Przyczyny bywają zwykle dwie: niedostateczna nośność konstrukcji albo jej elementu w stosunku do ciśnienia wywieranego przez wiatr albo nietypowe, rzadkie zjawisko, które mogło w czasie wiatru wystąpić. Niedostateczna nośność, którą się zwykle sprawdza, mogła być skutkiem wyjątkowo dużej prędkości wiatru albo błędu popełnionego w projektowaniu, wykonaniu lub utrzymaniu budowli.

Każdego roku notuje się szkody wywierane przez wiatr, a ich statystykę prowadzi Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, który corocznie podaje liczbę katastrof budowlanych. Średnio jest to około 200 zniszczonych lub uszkodzonych budynków rocznie, z wyjątkiem szkód wyrządzanych przez trąby powietrzne. Te ostatnie, zwłaszcza trąba powietrzna z roku 2008, która spowodowała zniszczenie 1000 budynków [5], czynią wyjątkowe spustoszenia, aczkolwiek na bardzo ograniczonym terenie. Szkody wyrządzane przez wiatr występują zwykle w dwóch porach roku i są skutkiem silnego wiatru podczas letnich burz frontowych albo jesienno-zimowych układów niżowych [6] [7].

Należy wyraźnie stwierdzić, że poza wystąpieniem trąby powietrznej (rzeczywistej, a nie tak nazwanej przez niewprawnego obserwatora), w której prędkość powietrza znacznie przekracza prędkości notowane w czasie burz i sztormów (np. [8]), we wszystkich innych przypadkach prędkość wiatru jest mniejsza od wartości obliczeniowej według nowej normy polskiej [6] [9]. W strefie 1. wartość bazowa prędkości wiatru, średnia 10-minutowa na wysokości 10 m w terenie otwartym (kategorii II), wynosi 22 m/s, wartość szczytowa w porywie jest równa  $22 \cdot \sqrt{2,32} = 33,5$  m/s. Jeżeli przyjąć, że współczynnik bezpieczeństwa (współczynnik częściowy) dotyczy tylko prędkości wiatru, to otrzymuje się wartość obliczeniową prędkości wiatru w porywie  $33,5 \cdot \sqrt{1,5} = 41,0$  m/s. Taka prędkość wia-

tru w porywie była przekraczana w Polsce tylko na Kasprowym Wierchu i na Śnieżce. W wyniku podobnych obliczeń z wykorzystaniem danych dotychczasowej Polskiej Normy [10] otrzymuje się w strefie 1. wartość obliczeniową prędkości wiatru 33,8 m/s. Najczęściej notowane maksymalne roczne prędkości wiatru w porywie wynoszą w Polsce około 25 m/s [7], zarówno w czasie jesienno-zimowych sztormów, jak i podczas letnich burz. Od 1961 do 1995 roku w 35 stacjach meteorologicznych strefy 1. zanotowano największe prędkości (raz w ciągu 35 lat) od 25 m/s do 40 m/s (wg [6] na podstawie [11]; skorygowano wartość w Warszawie z 38 m/s do 40 m/s w roku 1979), a wartość średnia wynosi 31,9 m/s. Należy tu zwrócić uwagę na to, że były to prędkości notowane na różnych wysokościach nad terenem i w różnych warunkach terenowych. Ze względu na osłonięcie przez zabudowę lub zadrzewienia anemometry były instalowane zwykle na wysokości od 10 m do 20 m. Z powyższych obliczeń wynika ważny wniosek: uszkodzenia albo zniszczenia budynków podczas silnego wiatru, z wyłączeniem rzeczywistej trąby powietrznej, są skutkiem zbyt małej nośności konstrukcji lub jej elementów. Bardzo często zniszczeniu ulegają konstrukcje stare.

W ocenie skutków silnego wiatru zadanie rzeczoznawcy sprowadza się najczęściej do oszacowania strat. Tylko tak można ocenić skutki trąby powietrznej. W przypadku wiatru będącego wynikiem typowych sytuacji niżowych lub burzowych oceny jego prędkości należy dokonywać we współpracy z meteorologiem [12].

Dotychczas brak jest Eurokodu dotyczącego obciążenia oblodzeniem. Prowadzone są prace, których celem jest opracowanie normy europejskiej na podstawie normy ISO 12464:2001 *Atmospheric icing on structures*.

Zjawiska, które mogą powodować awarie, to przede wszystkim drgania kominów stalowych wywołane wzbudzeniem wirowym, cyklicznym odrywaniem się wirów powietrza od konstrukcji podczas wiatru. Stosunkowo mniej znane przed kilkoma dekadami, obecnie są już dość dobrze rozpoznane, np. [13] [14] [15] [16].

### **Obciążenie wiatrem konstrukcji zaprojektowanych według starych norm**

Zniszczenia spowodowane przez dwie trąby powietrzne, w latach 2007 i 2008, wywołały apele o szybkie wprowadzenie europejskiej normy oddziaływania wiatru i zwiększenie obliczeniowych wartości tego oddziaływania [5]. Podane w załączniku krajowym nowe wartości charakterystycznych prędkości wiatru są wyższe o 10% w strefach 1. i 3. do wysokości 300 m n.p.m. (22 m/s zamiast 20 m/s) i o 8,3% w strefie 2., nadmorskiej (26 m/s zamiast 24 m/s) [9]. Ponieważ zwiększono także wartość współczynnika bezpieczeństwa, to na wysokości 10 m w terenie otwartym iloczyn ciśnienia prędkości i współczynnika bezpieczeństwa wzrósł w strefie 1. o 39,6%. W strefie 2. wzrost ten wyniósł 35,4%. Jednakże w Eurokodzie [9] mniejsze są niektóre wartości współczynnika ciśnienia dla dachów [2], zatem to zwiększenie wartości obliczeniowej obciążenia wiatrem jest mniejsze, niż wyliczone powyżej. Dopiero w przyszłości okaże się, czy to zwiększenie wartości obliczeniowej spowoduje zmniejszenie szkód wyrządzanych przez silny wiatr. Wydaje się, że skuteczniejsze będzie staranne wykonanie konstrukcji, zwłaszcza pokrycia dachowego, i szersze zastosowanie znanych sposobów ograniczania szkód powodowanych przez wiatr [17].

Oddziaływanie wiatru to podstawowe obciążenie zmienne wież i masztów, interesująca jest zatem opinia osób o bogatym doświadczeniu w projektowaniu tego rodzaju konstrukcji, dotycząca zmiany norm obciążenia wiatrem [18]. Autorzy stwierdzają, że zmiany norm związane z wyznaczeniem obciążenia wiatrem i obliczaniem wież oraz masztów telekomunikacyjnych, a w szczególności wprowadzenie Eurokodów, nie spowodowały ogólnego zaniżenia obliczeniowej nośności rozpatrywanych konstrukcji. Należy tu jednak zauważyć, że opinia ta dotyczy kilku norm związanych z projektowaniem wież i masztów.

### **Oddziaływanie wiatru w ocenie rzeczoznawców zagranicznych**

Wkrótce po wybudowaniu kominu stalowego o wysokości 100 m nastąpiła awaria spowodowana drganiami wywołanymi wzbudzeniem wirowym podczas wiatru [13] [14]. Do oceny przyczyn tej awarii, a także do podania sposobu usunięcia zagrożenia kominu w przyszłości, firma zagraniczna zamawiająca komin, działająca w Polsce, oprócz ekspertów polskich powołała rzeczoznawcę niemieckiego. Po przybyciu oświadczył on, że może wykonać obliczenia tylko według niemieckiej normy obciążenia wiatrem. Ponieważ najbliższa Polsce jest strefa wiatrowa w Brandenburgii, o wartości charakterystycznej, średniej 10-minutowej prędkości wiatru równej 25 m/s, to ta wartość została przyjęta została do obliczeń. Komin znajdował się w polskiej strefie 1. o prędkości charakterystycznej 20 m/s. Przy założeniu takich samych wartości pozostałych współczynników samo zwiększenie prędkości wiatru powoduje zwiększenie obciążenia o 56%. Nic dziwnego, że według eksperta cały komin należało wzmocnić albo wymienić. Zrezygnowano z tej opinii i powołano nowego rzeczoznawcę, tym razem szwedzkiego. Ten uznał, że należy przyjąć do obliczeń taką prędkość wiatru, jaką podano w normie szwedzkiej dla południowej Szwecji, a więc 24 m/s. Na pytanie, dlaczego chce przyjąć tę wartość, odpowiedział, że jesteśmy sąsiadami. Nie przyjmował do wiadomości, że dzieli nas Bałtyk. Ostatecznie zgodził się na 20 m/s, ale pod warunkiem, że będzie odpowiednio niższy współczynnik wykorzystania nośności, co ostatecznie przyjęto.

Ponieważ komin uległ awarii w wyniku drgań wywołanych wzbudzeniem wirowym, w międzyczasie zaprojektowano, zbudowano i zamontowano masowy, strojony tłumik drgań [14]. Był on bardzo skuteczny, co stwierdzono w wyniku pomiarów i codziennych obserwacji. Dla eksperta szwedzkiego było to jednak niewystarczające. Uznał, że tłumik może zo-

stać unieruchomiony przez śnieg, który może się osadzić na pomoście, nad którym został zainstalowany tłumik drgań. Nie przyjął do wiadomości argumentu, że w Polsce bezproblemowo działa 14 takich tłumików zainstalowanych na masztach radiowych i telewizyjnych. Ostatecznie wokół kominu wzniesiono wieżę kratową, aby go przytrzymać na wysokości 90 m. Pozostawiono także tłumik drgań [14].

Pozostaje pytanie, co kierowało takim stanowiskiem obu ekspertów: dbałość o własną reputację na wypadek kolejnej awarii czy zaufanie tylko do norm swojego kraju?

### **Oddziaływanie temperatury powietrza**

W roku 1986 została ustanowiona pierwsza oddzielna norma polska obciążenia temperaturą [19]. Dotyczyła ona tylko oddziaływań termicznych temperatury powietrza i promieniowania słonecznego.

Rozpatrzono trzy przypadki obciążenia temperaturą jako różnice między:

- średnią temperaturą konstrukcji lub jej części w porze letniej i zimowej a jej temperaturą scalenia;
  - temperaturą powierzchni zewnętrznej a temperaturą powierzchni wewnętrznej przegrody;
  - średnimi wartościami temperatury poszczególnych części konstrukcji.
- W normie podano wzory na wartości średnie temperatury przegrody oraz na różnice między temperaturą powierzchni zewnętrznej a temperaturą powierzchni wewnętrznej.

Wartości charakterystyczne średniej dobowej temperatury powietrza zewnętrznego oszacowano, wykorzystując wyniki pomiarów z 30 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej z lat 1950–1983 [20]. Do aproksymacji rozkładów empirycznych zastosowano trójparametryczny rozkład Weibulla. Jednym z jego parametrów jest nieprzekraczalna wartość graniczna zmiennej losowej. Uznano, że zastosowanie tego rozkładu jest uzasadnione naturą rozpatrywanych zjawisk: maksymalna temperatura powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego są wielkościami ograniczonymi od góry, a wynika to ze stałej słonecznej promieniowania. Ze względu na małe zróżnicowanie w skali kraju wartości prognozowanych średniej dobowej temperatury powietrza o okresie powrotu 50 lat przyjęto wartości średnie z terenu całej Polski: ujemną  $-24^{\circ}\text{C}$  i dodatnią  $27^{\circ}\text{C}$ . Wartości amplitudy dobowej określono, korzystając z danych pomiarowych z upalnych lat 1959, 1963, 1971 i 1979 oraz mroźnych zim 1955/56, 1962/63, 1970/71 i 1978/79 ze stacji meteorologicznej Warszawa Okęcie. Przyjęto dla całego kraju jedną wartość amplitudy temperatury powietrza zewnętrznego  $-8^{\circ}\text{C}$ . W związku z tym zgodnie z normą [19] najniższa temperatura wynosi  $-32^{\circ}\text{C}$ , a najwyższa  $35^{\circ}\text{C}$ . Jako wartość temperatury scalenia przyjęto  $t_0 = 8^{\circ}\text{C}$ , bliską średniej rocznej temperatury powietrza w Polsce, wynoszącej około  $7,5^{\circ}\text{C}$ .

Zasoby danych pomiarowych natężenia promieniowania słonecznego były w 1984 roku bardzo skromne. W roku 1961 rozpoczęto publikowanie danych z 8 stacji aktynometrycznych IMGW, w roku 1984 działało ich 21 [20]. Wykorzystano wartości sum godzinowych promieniowania całkowitego, bezpośredniego i rozproszonego, publikowane od 1971 do 1977 roku z 10 stacji. W normie podano natężenie promieniowania słonecznego dla 8 głównych orientacji (ekspozycji na strony świata) powierzchni pionowych, a ponadto na powierzchnię poziomą i na powierzchnię ustawioną prostopadle do kierunku promieni słonecznych w południe.

Właściwości cieplne przegród podano, wykorzystując przede wszystkim dane nieistniejącej już normy [21], natomiast wykresy współczynników redukcji amplitudy dobowej temperatury przegrody i inne dane (oprócz klimatycznych) wzięto z raportu Technicznego ISO [22], opracowanego przez pracowników Centralnego Instytutu Naukowo-Badawczego Konstrukcji Budowlanych (CNIISK) w Moskwie. Ze względu na małą zmienność temperatury powietrza i promieniowania słonecznego w normie podano wartość częściowego współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma_f = 1,1$ . Szczegółowe omówienie normy znajduje się w referacie [1].

W październiku 2005 roku opublikowano polską wersję normy europejskiej oddziaływań termicznych na konstrukcje [23]. Różni się ona znacznie od dotychczasowej normy polskiej.

Zgodnie z tytułem dotyczy oddziaływań termicznych – są to nie tylko oddziaływania termiczne pochodzenia klimatycznego, lecz także technologicznego, w kominach przemysłowych, rurociągach, silosach, zbiornikach i chłodniach kominowych. Znaczną część normy poświęcono oddziaływaniom termicznym na mosty. Można nawet stwierdzić, że norma ta dotyczy przede wszystkim oddziaływań termicznych na mosty.

W załączniku krajowym podano mapy izoterm temperatury maksymalnej i minimalnej o okresie powrotu 50 lat, odniesione do poziomu morza oraz wartości parametrów rozkładu Gumbela pozwalające na przeliczanie wartości charakterystycznych na okresy powrotu inne niż 50 lat. Mapy zostały sporządzone w wyniku aproksymacji rozkładem Gumbela wartości maksymalnych i minimalnych rocznych temperatury powietrza, zmierzonych przez 54 polskie stacje meteorologiczne w latach 1971–2000 [24]. Izoterma 40°C otacza większość terenu Wielkopolski po Słubice, a izoterma 36°C przebiega w okolicy Przemyśla. Tylko tam temperatura powietrza jest praktycznie taka, jak w dotychczasowej normie polskiej [19]. Różnice między wartościami charakterystycznymi obu norm wynikają prawdopodobnie z innej metodyki ich wyznaczania oraz z zastosowania innych rozkładów prawdopodobieństwa (rozkład Gumbela jest nieograniczony).

Wartości temperatury ujemnej są wyższe niż -32°C w dotychczasowej normie [19]. Na przeważającym obszarze kraju zawierają się one w granicach między -28°C a -30°C. Temperatury niższe, w zakresie od -32°C do -34°C, podano dla Warmii i Mazur oraz wzdłuż wschodniej granicy Polski i w górach, z wyjątkiem Karpat, co wynika ze sprowadzenia wartości temperatury do poziomu morza. Podane wzory umożliwiają przeliczenie tych wartości na lokalizacje górskie, w zależności od wysokości nad poziomem morza.

Zgodnie z Eurokodem współczynnik częściowy wynosi 1,5. Jeżeli dotyczyłby on tylko zmienności temperatury, to zarówno w przypadku maksymalnej, jak i minimalnej temperatury powietrza oznaczałoby to wartości obliczeniowe znacznie przekraczające możliwe temperatury na terenie Polski, ujemne do -50°C, a dodatnie do 60°C. Jednakże współczynnik częściowy pokrywa także niedokładności modelu obliczeniowego, a w przypadku temperatury dodatniej także efekty promieniowania słonecznego, oszacowane w sposób przybliżony. Promieniowanie słoneczne nie było analizowane metodami rachunku prawdopodobieństwa, lecz uwzględnia się dodatkowe wartości temperatury powietrza na zewnątrz budowli w zależności od rodzaju powierzchni i ustawienia przegrody w stosunku do stron świata. Przykłady zastosowania nowej normy podano w poradniku [2].



Fot. arch. J.Cunning

## Obciążenie oblodzeniem atmosferycznym

W roku 1987 została ustanowiona pierwsza obciążeniowa norma polska obciążenia oblodzeniem, obowiązująca od 1 stycznia 1988 roku, obecnie wycofana [3]. Postanowienia dotyczące oblodzenia konstrukcji były uprzednio jedynie w normie projektowana linii energetycznych [35]. Wyniki pomiarów oblodzenia w Polsce były wówczas, i są nadal, niezwykle skromne. Pierwszą pracą podsumowującą badania wykonane na 14 stacjach meteorologicznych w latach 1956–1961 była publikacja Sadowskiego [26]. Z pomiarów następnej serii, wykonanych po roku 1976 na 25 stacjach IMGW, korzystał Żmuda [27]. Są to jedyne dwie obszerniejsze publikacje na ten temat w Polsce. Materiał badawczy jest jednak zbyt skromny, aby mógł być wykorzystany do obliczeń statystycznych.

W tej sytuacji podział kraju na strefy obciążenia oblodzeniem i wartości charakterystyczne w normie [3] opracowano na podstawie postanowień normy z roku 1975 [25], rozszerzając i uogólniając podane tam informacje o obszarach intensywnego oblodzenia w Polsce (włączając małe enklawy w większe obszary strefowe). Inne informacje, takie jak zależność obciążenia oblodzeniem od wysokości nad terenem, przyjęto na podstawie normy radzieckiej [4].

Dotychczas nie ma Eurokodu dotyczącego obciążenia oblodzeniem. Prowadzone są prace, których celem jest opracowanie normy europejskiej na podstawie normy ISO [28]. O trudnościach, jakie mogą spotkać rzeczoznawcę przy ocenie obciążenia oblodzeniem, może świadczyć fakt, że najobszerniejsza dostępna norma ISO [28] – jako jedyna znana autorom – zawiera motto przewodnie, które brzmi: „Jest niesłychanie istotne, aby projektować, zakładając jakieś oblodzenie niż żadne oblodzenie” oraz generalną wskazówkę, że ocena oddziaływania oblodzeniem ciągle jest bardziej sztuką i frontem prac naukowych, niż praktyką inżynierską.



Fot. arch. John Mark Smith

Obciążenie oblodzeniem nie jest zjawiskiem częstym, ale kiedy występuje, skutki bywają bardzo dotkliwe. W ostatnich latach najpoważniejszymi incydentami tego typu były rozległe awarie energetycznych linii napowietrznych w kwietniu 2008 roku w okolicach Szczecina [29] i w styczniu 2010 roku na terenie Jury Krakowsko-Częstochowskiej [30]. Pod ogólnym terminem „oblodzenia” znajdują się właściwie trzy odrębne zjawiska meteorologiczne (podlegające dalszym podziałom) o różnym stopniu znaczenia dla praktyki inżynierskiej. Szron, odpowiedzialny za najbardziej malownicze formy oblodzenia, ma najmniejsze znaczenie ze względu na niewielką masę i bardzo delikatną strukturę. Szadź (występująca w wielu formach, nieraz łatwych do pomylenia ze szronem) oraz goleń (zamarzający deszcz) są w stanie osobno, ale również łącznie, spowodować akumulację kilkunastocentymetrowej warstwy mniej lub bardziej porowatego lodu. Szadź może powstawać poprzez zamarzanie kropel mgły, ale może tworzyć się również podczas opadów lepkiego śniegu, który w odpowiednich warunkach termicznych i wiatrowych przywiera do konstrukcji.

Trudności związane z klasyfikacją i analizą skomplikowanych warunków atmosferycznych odpowiedzialnych za powstawanie oblodzenia wskazują na konieczność ścisłej współpracy rzeczoznawcy z meteorologiem. W przypadkach szczególnie dużej wagi do dyspozycji rzeczoznawcy pozostają zaawansowane metody obliczeniowej mechaniki przepływów dwufazowych, na podstawie których dowodzić można źródeł i przyczyn zjawisk oblodzenia. Dobry przegląd tych zagadnień wraz ze wskazaniem dalszej, bardziej szczegółowej literatury, stanowią załączniki informacyjne do wspomnianej normy ISO [28].

Podstawowym pojęciem, które pojawia się w normie ISO [28] i które prawdopodobnie ostatecznie znajdzie się w tworzonej Eurokodzie, jest klasa oblodzenia IC. Jest to odpowiednik stref oblodzenia z normy [3]. Klasy oblodzenia odnoszą się zawsze do ilości lodu zgromadzonego na normowym przyrządzie pomiarowym, którym jest obracający się powoli pionowo ustawiony walec o średnicy 30 mm. Ze względu na występowanie różnych form oblodzenia wprowadzono podklasy ICG1 do ICG6 (ang.: *Ice Class Glaze*) opisujące intensywność obciążenia goleńdzą oraz ICR1 do ICR10 (ang.: *Ice Class Rime*) opisujące intensywność obciążenia szadzią i przymarzającym śniegiem. W zakresie ICG1-ICG5 cyfra występująca na końcu klasy oznacza charakterystyczną grubość oblodzenia w centymetrach. Klasa ICG6 zarezerwowana jest dla obszarów o wyjątkowym natężeniu oblodzenia. Klasy ICR1 do ICR9 opisane są przez charakterystyczną masę oblodzenia podaną w kilogramach na metr długości normowego przyrządu pomiarowego. Skala klasy ICR ma charakter wykładniczy, to jest sięga od 0,5 kg/m dla klasy ICR1, przez 5 kg/m dla klasy ICR5, do 50 kg/m dla klasy ICR9. Najwyższa klasa, ICR10, podobnie jak w przypadku goleńdzy, zarezerwowana jest dla sytuacji wyjątkowych.

Metody wyznaczania grubości lodu i wartości obciążenia na konstrukcji podane w normie ISO [28] są dość proste; a co może być istotne w praktyce rzeczoznawcy, również proste do odwrócenia. To znaczy, że z pomiarów oblodzenia na rzeczywistej konstrukcji przy poprawnej identyfikacji formy oblodzenia możliwe jest w zasadzie łatwe odtworzenie klasy oblodzenia IC występującej w rejonie konstrukcji. Porównanie tak uzyskanych, szacunkowych wartości pomiędzy poszczególnymi miejscami obiektu budowlanego oraz z typowymi wartościami dostępnymi w normie może być dobrą podstawą do dalszej analizy i oceny warunków oblodzenia konstrukcji.

## Podsumowanie

Rzeczoznawca budowlany oceniający bezpieczeństwo istniejącej konstrukcji zagrożonej wystąpieniem losowych zjawisk meteorologicznych ma obecnie do dyspozycji liczne źródła informacji, które może wykorzystać w swojej ocenie. Może mu w tym zadaniu pomóc współpraca z meteorologiem oraz ze specjalistą z dziedziny oddziaływań klimatycznych, zalecana przez Eurokody. Szeroki zakres danych, obejmujących wartości przemieszczeń, naprężeń, a nawet bezpośrednio obciążzeń, może być również uzyskany z systemów monitoringu konstrukcji [31], obecnie coraz częściej instalowanych na wielu obiektach budowlanych. ■

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono obecny stan normalizacyjny oddziaływań środowiskowych (klimatycznych), a także informacje, które mogą być pomocne w pracy rzeczoznawcy budowlanego oceniającego bezpieczeństwo konstrukcji. Może to dotyczyć oszacowania obciążenia śniegiem konstrukcji w stanie awaryjnym albo zaprojektowanych według starych norm o mniejszych wartościach obliczeniowych tego obciążenia. Podobnie w przypadku oceny oddziaływania wiatru oraz oszacowania bezpieczeństwa konstrukcji istniejących. Przedstawiono pokrótce normy oddziaływania temperatury i wskazano na brak Eurokodu dotyczącego obciążenia konstrukcji oblodzeniem atmosferycznym.

**Słowa kluczowe:** oddziaływania klimatyczne, obciążenie śniegiem, oddziaływanie wiatru, temperatura powietrza, oblodzenie konstrukcji.

## Literatura

- [1] Żurański J.A.: Normy oddziaływań środowiskowych: śniegiem, wiatrem, temperaturą i oblodzeniem, [w:] XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk, 7-10 marca 2007. Materiały konferencyjne, PZITB Bielsko-Biała 2007.
- [2] Żurański J.A., Gaczek M.: Oddziaływania klimatyczne na konstrukcje budowlane według Eurokodu 1. Komentarze z przykładami obliczeń, [w:] Projektowanie według Eurokodów. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2011.
- [3] PN-87/B-02013 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne środowiskowe. Obciążenie oblodzeniem.
- [4] SNIP II-6-74 Nagruzki i vozdeistvia. Normy projektirovanija. Moskwa 1976.
- [5] Główny Urząd Nadzoru Budowlanego: Katastrofy budowlane w 2008 roku. Warszawa 2009.
- [6] Żurański J.A., Gaczek M.: Oddziaływanie huraganowego wiatru na budowle. X Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego”, Warszawa – Międzeshyn, 22-24 kwietnia 2008 r. Materiały konferencyjne, Wyd. ITB, Warszawa 2008, s. 241-262.
- [7] Żurański J.A., Gaczek M., Fiszler S.: Charakter i występowanie wiatrów katastrofalnych w Polsce. 55. Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB Kielce – Krynica 2009, s. 697-704.
- [8] Chmielewski T., Nowak H., Walkowiak K.: Trąba powietrzna na Opolszczyźnie – skutki, oszacowanie jej prędkości, klasyfikacja uszkodzeń budynków i ich odbudowa. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 10/2010.
- [9] PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [10] PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- [11] Lorenc H.: Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Materiały Badawcze, Seria: Meteorologia – 25, Warszawa 1996.
- [12] Żurański J.A., Maciążek W.E.: Oddziaływanie wiatru na konstrukcje w ocenie obiektów budowlanych. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego”. Cerdzyna koło Kielc, 24-26 kwietnia 2006 r. Materiały konferencyjne, Wyd. ITB, Warszawa 2006.
- [13] Kawecki J., Żurański, J.A.: Wirowe wzbudzenie drgań komina stalowego – nowe doświadczenia. L Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 2004, tom II.
- [14] Kawecki, J., Żurański, J.A.: Analiza przyczyn kolejnych uszkodzeń komina stalowego. XXII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaria Budowlane”, Szczecin – Międzyzdroje 17-20.05.2005.
- [15] Wichtowski B., Żurański J.A.: Pewne przypadki rezonansu wiatrowego kominów stalowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 3/2011.
- [16] Włodarczyk W.: Wzbudzenie wirowe drgań w projektowaniu kominów stalowych według PN-EN 1991-1-4 i PN-EN 1993-3-2. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 11/2012.
- [17] Żurański J.A., Gaczek M., Fiszler S.: Sposoby ograniczania szkód wyrządzanych przez wiatr. XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaria Budowlane”, Szczecin – Międzyzdroje 2011.
- [18] Skwarek M., Hulimka J.: Zmiana normy a zwiększenie obliczeniowej wartości obciążenia wiatrem. „Inżynieria i Budownictwo” nr 2/2014.
- [19] PN-86/B-02015 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne środowiskowe. Obciążenie temperatura.
- [20] Żurański J.A., Sobolewski J.A.: Podstawy klimatyczne i probabilistyczne projektu normy „Obciążenie temperatura”. XXXI Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1985.
- [21] PN-82/B-02020 Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
- [22] ISO/TR 9492:1987 Bases for design of structures – Temperature climatic actions.
- [23] PN-EN 1991-1-5:2005 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania termiczne.
- [24] Zobel H., Sobala D.: Naturalne oddziaływania termiczne na obiekty mostowe w polskich warunkach klimatycznych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 9/2004.
- [25] PN-75/E-05100 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa.
- [26] Sadowski M.: Oblodzenie przewodów w Polsce. Prace Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, Zeszyt 87, Warszawa 1965.
- [27] Żmuda K.: Probabilistyczne metody wymiarowania linii napowietrznych na obciążenia zmienne. Politechnika Śląska, „Zeszyty Naukowe” nr 891, Elektryka, z. 101, Gliwice 1986.
- [28] ISO 12464:2001 Atmospheric icing on structures.
- [29] Paczkowska T., Paczkowski W.: Aspekty budowlane katastrofy energetycznej w rejonie szczecińskim. XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaria Budowlane”, Szczecin 2009.
- [30] Dymek D., Jastrzębska E., Kurbiel W.: Awaria linii elektroenergetycznych wywołane oblodzeniem, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaria Budowlane”, Szczecin 2013.
- [31] Wilde K.: Możliwości zastosowania systemów monitoringu technicznego w infrastrukturze elektroenergetycznej, „Acta Energetica” 2009, s. 107-114.