

Korozja i ochrona przed korozją stali kominów przemysłowych są podstawowymi czynnikami wpływającymi na trwałość tych konstrukcji. W rozdziale 4. normy PN-EN 1993-3-2 wymieniono dwa rodzaje naddatków na korozję (powiększenie grubości blach trzonu komina), ale tylko w jednej tablicy określono zalecane wartości naddatków zewnętrznych w przeciętnych warunkach środowiskowych. Znacznie ważniejsze i większe naddatki wewnętrzne trzeba określać według PN-EN 13084-7 [10]. Norma ta (w języku angielskim) jest trudna do wykorzystania przez inżynierów budowlanych, wymaga m.in. znajomości danych technologicznych, wyników chemicznych analiz gazów itp. Całość zagadnień dotyczących trwałości kominów stalowych powinna być raczej ujęta w podstawowej normie PN-EN 1993-3-2.

W pozycji 7 normy (stany graniczne użyteczności) określono wartości graniczne przemieszczeń wierzchołka komina wolno stojącego o wysokości h i średnicy trzonu b :

– w linii działania wiatru porywistego: $\delta_{gr} = h/50$,

– w płaszczyźnie prostopadłej do linii wiatru (od wzbudzenia wirowego) $y_{gr} = 0,05b$; $0,10b$ lub $0,15b$ w zależności od klasy niezawodności komina.

Wartości graniczne amplitudy drgań w poprzek kierunku wiatru są małe, a brak szczegółowego krajowego przepisu NA dotyczącego p. 7.2(2) normy powoduje, że w odniesieniu do większości jednopowłokowych stalowych kominów wolno stojących (dominujących w Polsce) nie można zachować warunku granicznej wartości amplitud drgań poprzecznych od wzbudzenia wirowego. Odesłanie projektanta obliczającego maksymalną amplitudę drgań od tego wzbudzenia tylko do informacyjnego załącznika E normy PN-EN 1991-1-4 budzi uwagi krytyczne.

Przepis ograniczający stosowanie spiralnych przerywaczy drgań poprzecznych od wzbudzenia wirowego (p. B2 normy) w kominach wolno stojących o liczbie *Scrutona* $Sc < 8$ budzi także wątpliwości i zastrzeżenia w świetle dotychczasowych doświadczeń z praktyki inżynierskiej stosowania turbulizatorów spiralnych według norm PN-B-03201 i DIN 4133.

Uwagi dotyczące PN-EN 1991-1-4 oraz jej załącznika NA

Norma PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru ma 138 stron, w tym 6 załączników (A do F) oraz załącznik krajowy NA.

Sprecyzowane dalej uwagi (merytoryczne i redakcyjne) dotyczą tylko niektórych przepisów i wymagań normy PN-EN 1991-1-4, związanych z projektowaniem stalowych kominów wolno stojących. Już na początku procesu projektowania kominów stalowych występują utrudnienia i przeszkody w zakresie normowych wymagań uwzględnienia oddziaływań wiatru na te kominy. Załącznik krajowy NA do PN-EN 1991-1-4, ograniczony do kilkunastu pozycji, nie wykorzystuje realnych możliwości wyjaśnienia niektórych niedomówień i usterek przepisów normowych oraz dostosowania procedur projektowych do warunków krajowych.

W niektórych eurokodach są podawane dwa sposoby lub procedury obliczania wartości tych samych istotnych składników wzorów normowych. W normie PN-EN 1991-1-4 występują także takie podwójne sposoby obliczeniowe budzące uwagi i zastrzeżenia.

Dwie procedury wyznaczania współczynnika konstrukcyjnego c_{s,c_d} (Załączniki B i C) prowadzą do uzyskania wyników zbieżnych, jak podano w normie – nieróżniących się więcej niż o 5%. Błędnie więc zamieszczono obie procedury, jeśli norma zaleca stosowanie procedury pierwszej (B).

Znacznie istotniejszy problem przedstawiają dwa normowe sposoby obliczania amplitudy drgań komina w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wiatru (Załącznik informacyjny E,

poz. E.1.5.2 i E.1.5.3), których wyniki są nieporównywalnie różne. W kilku polskich publikacjach wykazano rażąco różniące się wyniki obliczeń wielu kominów z uwzględnieniem obu sposobów określania skutków wzbudzenia wirowego, zwłaszcza konstrukcji o licznie *Scrutona* $Sc < 7$. Załącznik krajowy NA 17 w odniesieniu do p. E.1.5.1 normy narzuca jednak konieczność stosowania (w warunkach całego kraju) sposobu drugiego podanego w p. E.1.5.3 i to bez żadnych warunków oraz określenia rejonu naszego kraju. Jest to niezgodne z wyjaśnieniem zawartym w poz. E.1.5.1 (3), że sposób 2. podany w poz. E.1.5.3 może być stosowany w rejonach, w których jest prawdopodobne występowanie bardzo zimnych warunków klimatycznych i warunków przepływu stratyfikowanego (tj. na obszarach brzegowych Europy Północnej), a więc nie na terenie całej Polski. Zastosowanie drugiego sposobu obliczania amplitud drgań wierzchołka kominów stalowych, zwłaszcza jednopowłokowych, prowadzi w wielu przypadkach do przekroczenia bardzo ostrych wymagań stanu granicznego użyteczności kominów według PN-EN 1993-3-2.

Gdyby taką procedurę obliczeniową zastosować, np. do sprawdzania wielu istniejących w Polsce jednopowłokowych kominów wolno stojących, to większość z nich wymagałaby rozbiorczych bądź wzmocnień, wyposażenia w kosztowne tłumiki drgań itp.

W świetle sprecyzowanych uwag widać potrzebę zmiany przepisu NA 17 w Załączniku Krajowym do PN-EN 1991-1-4 wraz z rozszerzeniem treści Załącznika NA.

W dalszej kolejności potrzebnych działań normalizacyjnych należy wymienić zamieszczenie nowego ujęcia zasad obliczeniowych efektów wzbudzenia wirowego w projektowaniu kominów i innych konstrukcji, z wyraźnym określeniem stref klimatycznych, lokalizacji i rodzaju konstrukcji.

Tablica 7.13 normy PN-EN 1991-1-4 wymaga poprawienia, gdyż podano w niej, że wartość współczynnika chropowatości powierzchni metalu polerowanego $k = 0,002$, a wartość współczynnika chropowatości stali polerowanej $k = 0,05$. Różnica 25-krotna między „metalem”, a „stalą” jest rażąca!

W punkcie E.1.6 normy podano, że amplitudy drgań wywołane wzbudzeniem wirowym mogą być zmniejszone za pomocą urządzeń aerodynamicznych, tj. m.in. przerywaczy spiralnych, ale tylko w specjalnych warunkach, np. jeśli wartości liczby *Scrutona* $Sc > 8$. Ten ostry warunek normy budzi wątpliwości i zastrzeżenia w świetle dotychczasowych doświadczeń z praktyki inżynierskiej stosowania turbulizatorów spiralnych, zgodnie z normami PN-B-03201 i DIN 4133.

Wzór E.10 w normie PN-EN 1991-1-4 zawiera dość kuriozalne (jak na normę dla projektantów) określenie jednego wyrazu wzoru, czyli: „ v_0 – wartość modalna rozkładu prawdopodobieństwa *Weibulla* prędkości wiatru, w [m/s], pomnożona przez $\sqrt{2}$ ”. Warto to usunąć.

Wzór E.17 na współczynnik wartości szczytowej należy wpisać w poprawnej postaci.

Tablica F.2 normy dotycząca współczynników tłumienia drgań δ_s powinna zostać uzupełniona o inne rodzaje konstrukcji, a także o trzony cylindryczne kominów i wież z kotłierzowymi, śrubowymi połączeniami segmentów.

Uwagi końcowe

W trwającym procesie poprawiania, modernizacji i tworzenia nowych eurokodów istnieje szansa uwzględnienia niektórych normalizacyjnych postulatów i propozycji krajowych za pośrednictwem PKN i polskich ekspertów w grupach roboczych GEN/TC250. Warto więc nadal dyskutować o eurokodach, przedstawiać swoje uwagi krytyczne, wskazywać usterek i pominięcia, proponować zmiany i uzupełnienia. Niektóre propozycje zmian i uzupełnień dotyczących, np. załączników krajowych do obecnych eurokodów, warto szybciej wprowadzić do stosowania, nie czekając na nowe poprawione wersje norm.

PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] *Kozłowski A.*: Kierunki zmian i przyszłość eurokodów dotyczących projektowania konstrukcji stalowych i zespolonych. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 2/2016.
- [2] *Król P.A., Pogorzelski A., Sieczkowski J.*: Normalizacja w sektorze budowlanym – spojrzenie krytyczne. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 6/2016.
- [3] *Giżejowski M., Stachura Z.*: O potrzebie zmian współczynników częściowych w projektowaniu konstrukcji stalowych. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 9/2014.
- [4] *Mendera Z., Suchodola M.*: Częściowe współczynniki bezpieczeństwa w projektowaniu konstrukcji stalowych według eurokodów. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 12/2013.
- [5] *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.
- [6] *Żurański J.A., Gaczek M.*: Oddziaływania klimatyczne na konstrukcje budowlane według Eurokodu 1 – komentarz z przykładami obliczeń. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2011.
- [7] PN-EN 1991-1-4:2009 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [8] PN-EN 1993-3-2:2008 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 3-2: Wieże, maszty i kominy – Kominy.
- [9] PN-EN 13084:2007 Kominy wolno stojące – Część 1: Wymagania ogólne (wersja angielska).
- [10] PN-EN 13084-7:2006 Kominy wolno stojące – Część 7: Wymagania dotyczące cylindrycznych wyrobów stalowych przeznaczonych na jednopowłokowe kominy stalowe oraz stalowe wykładziny (wersja angielska).