



Instytut Techniki Budowlanej

Instrukcje, Wytyczne, Poradniki
nr 459/2010

Marek Lechman

**Wolno stojące kominy żelbetowe
Obliczanie i projektowanie
według norm PN-EN**

Wytyczne

Warszawa 2010

Recenzenci

prof. ndzw. dr hab. inż. JACEK KUBISSA

inż. ZBIGNIEW BĄGIŃSKI

Opracowanie redakcyjne

DANUTA SZCZEPAŃSKA

Opracowanie komputerowe

SŁAWOMIR KOŚCIARSKI

Projekt okładki

EWA KOSSAKOWSKA

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2010

ISBN 978-83-249-3104-0

ISBN 978-83-249-8178-6 (PDF)



Instytut Techniki Budowlanej

Dział Upowszechniania Wiedzy

02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19

www.itb.pl

Sklep internetowy [klient.itb.pl](http:// klient.itb.pl)

Spis treści

Wprowadzenie.....	5
1. Wstęp.....	7
1.1. Przedmiot wytycznych	7
1.2. Zakres	7
1.3. Określenia.....	7
1.4. Podstawowe oznaczenia	8
2. Wymagania eksploatacyjne.....	9
2.1. Materiały	9
2.2. Zagadnienia dotyczące gazów spalinowych	9
2.3. Aspekty środowiskowe.....	10
2.4. Izolacja	11
2.5. Wentylacja.....	12
2.6. Powłoki ochronne.....	12
2.7. Fundament.....	12
2.8. Wyposażenie komina.....	13
3. Zasady projektowania. Obciążenia.....	14
3.1. Podstawowe zasady projektowania	14
3.2. Obciążenia	15
3.3. Imperfekcje.....	17
3.4. Fundament.....	18
3.5. Wykładzina.....	18
3.6. Budowa.....	18
3.7. Kontrola i utrzymanie.....	18
3.8. Oprzyrządowanie.....	18
4. Materiały	19
4.1. Beton	19
4.2. Zaprawa spoin wspornych elementów prefabrykowanych.....	20
4.3. Stal zbrojeniowa	20
5. Właściwości materiałowe	20
6. Projektowanie konstrukcji	21
6.1. Oddziaływania.....	21
6.2. Efekty oddziaływań	21
6.3. Sprawdzanie stanów granicznych nośności i użyteczności.....	24

7. Wymagania konstrukcyjne.....	28
7.1. Kominy monolityczne	28
7.2. Kominy prefabrykowane	29
8. Wykonawstwo	32
8.1. Ustalenia ogólne	32
8.2. Spoiny wsporne	32
8.3. Kanały zbrojenia.....	32
9. Kontrola jakości	32
9.1. Kominy monolityczne	32
9.2. Kominy prefabrykowane	32
10. Bibliografia.....	33
Załącznik Z1	35
Wyznaczanie obciążenia wiatrem kominów żelbetowych według PN-EN 1991-1-4.....	35
Załącznik Z2.....	45
Wymiarowanie przekrojów poziomych kominów żelbetowych.....	45
Załącznik Z3.....	53
Oddziaływania termiczne	53
Załącznik Z4.....	63
Przykłady obliczeń	63

WPROWADZENIE

Od 2010 roku obowiązują postanowienia norm europejskich PN-EN 13084-1 Free-standing chimneys – Part 1: General requirements (Kominy wolno stojące. Część 1: Wymagania ogólne) oraz PN-EN 13084-2 Free-standing chimneys – Part 2: Concrete chimneys (Kominy wolno stojące. Część 2: Kominy betonowe). Zastępują one dotychczas stosowane przepisy normy PN-88/B-03004. Zgodnie z decyzją PKN normy PN-EN 13084 wprowadza się do praktyki projektowania w Polsce metodą uznaniową w języku oryginału.

Przedmiotem normy PN-EN 13084-1 są wymagania ogólne i kryteria oceny dotyczące projektowania i wykonywania wszystkich rodzajów kominów wolno stojących, łącznie z ich wykładzinami. Jako wolno stojące traktowane są również kominy z odciągami lub podparte poziomo, a także stojące na innej konstrukcji.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono końcowe wyniki pracy badawczej w formie wytycznych obliczania oraz projektowania wolno stojących kominów żelbetowych według wymagań wymienionych wyżej norm PN-EN 13084-1 i PN-EN 13084-2. Wytyczne określają wymagania eksploatacyjne i konstrukcyjne dotyczące żelbetowych kominów monolitycznych i prefabrykowanych.

W stosunku do dotychczas obowiązujących przepisów normy PN-88/B-03004, najważniejsze zmiany w zakresie obliczania i wymiarowania kominów żelbetowych dotyczą:

- wprowadzenia metody częściowych współczynników w odniesieniu do obciążeń i materiałów (w normie PN-88/B-03004 stosuje się obciążenia charakterystyczne),
- przyjęcia nieliniowych związków fizycznych betonu i stali według PN-EN 1992-1-1:2004,
- wymiarowania przekrojów w stanach granicznych nośności.

Według ustaleń przyjętych w opracowanych wytycznych, zakres obliczeń statycznych, termicznych i wymiarowania zawiera:

- zestawienie obciążeń działających na komin, a w szczególności:
 - ciężaru własnego zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1,
 - obciążenia wiatrem według PN-EN 13084-2 oraz PN-EN 1991-1-4,
 - innych obciążeń, jeśli mogą wystąpić
- zestawienie obciążenia temperaturą zgodnie z PN-EN 1991-1-5 oraz PN-EN 13084,
- obliczenie wartości sił wewnętrznych,

- wymiarowanie przekrojów poziomych i pionowych trzonu komina,
- sprawdzenie rozwartości rys w ścianie trzonu żelbetowego.

W rozdziałach 1–9 przedstawiono ustalenia norm PN-EN 13084-1 i PN 13084-2 w polskiej wersji językowej. Autorskim wkładem zawartym w pracy jest opracowanie załączników nr 1, 2, 3, 4, stanowiących integralną część wytycznych, oraz przekład omawianych norm.

Procedurę obliczeniową, dotyczącą wyznaczania charakterystycznego obciążenia wiatrem w kierunku działania wiatru w odniesieniu do kominów cylindrycznych i zbieżnych, opisano szczegółowo w załączniku Z1.

Metodę wymiarowania przekrojów poziomych w stanie granicznym nośności przedstawiono w załączniku Z2. Temu celowi służyło wyprowadzenie analitycznych zależności do wyznaczania nośności przekrojów pierścieniowych żelbetowych, z uwzględnieniem nieliniowych związków fizycznych według normy PN-EN 1992-1-1. Na tej podstawie opracowano pomocnicze nomogramy w postaci krzywych interakcji n_u-m_u do wymiarowania przekrojów pierścieniowych żelbetowych, zbrojonych stalą St0S-b, 34GS, 18G2-b i RB500W.

Momenty w przekrojach pionowych, wynikające z odkształceń wymuszonych spowodowanych różnicą temperatur między powierzchnią zewnętrzną i wewnętrzną ściany komina oraz owalizacją, wyznaczone są na podstawie zależności moment-krzywizna, z uwzględnieniem rozciągania betonu między rysami (*tension stiffening*). Podejście to jest zgodne z zaleceniami Eurokodu 2 i Model Code for Concrete Chimneys CICIND. Do wymiarowania przekrojów pionowych z uwzględnieniem oddziaływań termicznych (zbrojenie obwodowe) opracowano pomocniczy nomogram w postaci krzywych interakcji n_u-m_u , zamieszczony w załączniku Z3.

Przykłady obliczania i wymiarowania kominów żelbetowych zgodnie z wymaganiami norm PN-EN zamieszczono w załączniku Z4.

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot wytycznych

Przedmiotem wytycznych są obliczenia statyczne oraz zasady projektowania i wykonywania wolno stojących kominów żelbetowych według wymagań norm PN-EN 13084-1 i PN-EN 13084-2.

1.2. Zakres

Wytyczne określają szczegółowe wymagania i kryteria oceny dotyczące projektowania i wykonywania betonowych kominów monolitycznych i prefabrykowanych według PN-EN 13084-2. Wymagania te związane są z zapewnieniem wytrzymałości i stateczności kominów betonowych zgodnie z wymaganiami ogólnymi podanymi w PN-EN 13084-1.

Do przedstawionych niżej wytycznych stosują się postanowienia podstawowej normy projektowania konstrukcji betonowych PN-EN 1992-1-1, o ile nie zaznaczono inaczej.

1.3. Określenia

Trzon komina – zasadniczy ustrój nośny komina, służący do przekazywania obciążeń na fundament komina i chroniący przewody komina przed oddziaływaniem wiatru.

Komin żelbetowy – komin, którego trzon wykonany jest z betonu zbrojonego stalą.

Przewód gazowy (spalinowy, dymowy, kominowy) – część konstrukcji komina przeznaczona do zapewnienia przepływu gazów w kominie.

Wykładzina – konstrukcja lub warstwa zabezpieczająca trzon komina (przewód kominowy) przed wpływami termicznymi lub chemicznymi.

Element prefabrykowany – element prefabrykowany z betonu zwykłego lub lekkiego zbrojonego, względnie niezbrojony, stanowiący osłonę przewodu kominowego.

Kanały zbrojenia – usytuowanie ciągłego zbrojenia pionowego w elemencie prefabrykowanym.

Przestrzeń wentylowana, przestrzeń dostępu – przestrzeń między trzonem i przewodem kominowym (przewodami kominowymi).

Nadciśnienie – ciśnienie wewnątrz przewodu większe niż ciśnienie na zewnątrz przewodu.

Podciśnienie – ciśnienie wewnątrz przewodu mniejsze niż ciśnienie na zewnątrz przewodu.

1.4. Podstawowe oznaczenia

A	– pole przekroju poprzecznego,
A_c	– powierzchnia przekroju betonu,
E_{cm}	– moduł sprężystości podłużnej betonu,
E_s	– moduł sprężystości podłużnej stali zbrojeniowej,
M	– moment zginający przekrojowy,
M_{Sd}	– moment zginający w przekroju wywołany obciążeniem o wartości obliczeniowej,
$M_u = M_{Rd}$	– graniczna wartość momentu zginającego przekrojowego (obliczeniowa nośność przekroju ze względu na moment zginający),
$M_{\Delta T}$	– moment zginający wywołany różnicą temperatur,
M_{cr}	– moment rysujący,
N	– siła podłużna przekrojowa,
N_{Sd}	– osiowa siła podłużna w przekroju wywołana obciążeniem o wartości obliczeniowej,
$N_u = N_{Rd}$	– graniczna wartość osiowej siły podłużnej przekrojowej (obliczeniowa nośność przekroju ze względu na osiową siłę podłużną),
R	– zewnętrzny promień pierścienia,
d_m	– średnia średnica pierścienia,
e	– mimośród siły N ,
f_{cd}	– obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie,
f_{ck}	– wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie,
f_{yd}	– obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej,
f_{yk}	– charakterystyczna granica plastyczności stali zbrojeniowej,
$m_u = m_{Rd}$	– graniczna wartość bezwymiarowego momentu zginającego w przekroju,
$n_u = n_{Rd}$	– graniczna wartość bezwymiarowej osiowej siły podłużnej w przekroju,
r	– wewnętrzny promień pierścienia,
r_m	– średni promień pierścienia,
t	– grubość pierścienia, grubość przekroju,
t_l	– grubość otuliny betonowej, mierzona do osi zbrojenia,
ε_c	– odkształcenie betonu wywołane ścisaniem,
ε'	– odkształcenie w punkcie o współrzędnej $(0, R)$ ściskanej strefy przekroju (skrócenie),

ε_s	– odkształcenie stali,
ε_{su}	– graniczna wartość odkształcenia stali,
ε_{sy}	– odkształcenie odpowiadające obliczeniowej granicy plastyczności stali,
γ_c	– częściowy współczynnik bezpieczeństwa betonu,
γ_s	– częściowy współczynnik bezpieczeństwa stali zbrojeniowej,
μ, ρ	– stopień zbrojenia,
σ_c	– naprężenie ściskające w betonie.

2. WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE

2.1. Materiały

Materiały komina powinny spełniać wymagania według właściwych norm CEN lub ISO. W przypadku braku takich norm, mogą być stosowane materiały dopuszczone do stosowania na podstawie udzielonej aprobaty technicznej.

2.2. Zagadnienia dotyczące gazów spalinowych

2.2.1. Uwagi ogólne

Wymagane jest przeprowadzanie obliczeń termicznych i obliczeń przepływu w celu zapewnienia odprowadzania gazów do atmosfery, biorąc pod uwagę ich wpływ na środowisko oraz bezpieczeństwo użytkownika. Wpływ gazów spalinowych na zanieczyszczenie atmosfery nie jest w tych wytycznych rozpatrywany.

Do obliczeń niezbędne jest przyjęcie danych projektowych, określających m.in. stopień agresywności środowiska oddziaływującego na konstrukcję komina (p. 2.2.2.).

2.2.2. Dane projektowe

Następujące dane projektowe określają warunki eksploatacji komina:

- rodzaj eksploatacji (ciągła, przerywana, sporadyczna),
- planowana częstość przestojów kontrolnych lub konserwacyjnych,
- skład spalin i zawartość w nich związków chemicznych szkodliwych dla komina,
- zawartość pyłów w spalinach, zwłaszcza o działaniu erozyjnym,
- masa (ilości) przepływu,
- temperatura na wlocie każdego przewodu do komina,
- zakres maksymalnych temperatur określających kwaśny punkt rosy,
- dopuszczalne lub wymagane ciśnienie przy wlocie przewodu do komina,
- wysokość miejsca lokalizacji i inne cechy topograficzne,
- maksymalne, średnie i minimalne temperatury zewnętrzne,
- maksymalne, średnie i minimalne ciśnienie atmosferyczne,

- maksymalna, średnia i minimalna wilgotność otaczającego powietrza,
- parametry projektowe urządzeń (np. kotła) podłączonych do komina.

2.2.3. Obliczenia przepływu ciepła

Należy określić temperatury w przewodzie spalinowym, w warstwach izolacji termicznej i trzonie. Należy przeprowadzić obliczenie spadków temperatury na całej wysokości przewodu aż do wylotu. Wartości współczynnika przewodności cieplnej materiałów komina oraz współczynniki przejmowania ciepła podano w załączniku Z3 (tablica Z3.1 i tablica Z3.2).

2.2.4. Obliczenia przepływu gazów

Obliczenia przepływu gazów powinny zawierać obliczenia ciśnienia i prędkości przepływu w przewodzie. W obliczeniach tych należy uwzględnić gęstość gazów i powietrza zewnętrznego, jak również straty energii takie, jak straty bezpośrednie, straty z powodu tarcia i połączeń. Jeżeli istnieje możliwość przenikania spalin przez wykładzinę, np. wymurówkę ceramiczną, nie dopuszcza się nadciśnienia w normalnych warunkach eksploatacji.

Obliczenia należy prowadzić zgodnie z załącznikiem A normy PN-EN 13084-1. W przypadku kominów o wysokości mniejszej niż 20 m, obliczenia można wykonać zgodnie z PN-EN 13084-1, jeżeli spełnione są warunki podane w tej normie.

2.2.5. Agresja chemiczna

Agresywne oddziaływanie chemiczne gazów na elementy konstrukcji komina może przejawiać się wykraplaniem kwaśnego kondensatu, np. siarkowego lub solnego skażonego chlorkami bądź fluorkami. W zależności od rodzaju i okresu oddziaływania, wyróżnia się następujące stopnie agresywności chemicznej gazów:

- 1) słaby,
- 2) średni,
- 3) silny,
- 4) bardzo silny.

2.3. Aspekty środowiskowe

2.3.1. Hałas

Hałas powstający w kominie nie powinien przekraczać dopuszczalnego poziomu. W normalnych warunkach eksploatacji wymaganie to jest spełnione, gdy prędkość wylotowa gazów nie przekracza 25 m/s. W przypadkach wyjątkowych, np. gdy wentylator ciągu jest usytuowany w kominie lub prędkość gazów przekracza 25 m/s, należy sprawdzić dopuszczalny poziom hałasu.

2.3.2. Temperatura

Temperatura gazów i temperatura otoczenia, przyjmowana na podstawie danych oficjalnych, wyznaczają temperaturę na zewnętrznej powierzchni płaszcza komina,

z którą mogą mieć kontakt ludzie. Temperatura ta powinna spełniać jeden z warunków:

- nie powinna przekraczać 50°C ,
- przyrost jej wartości nie powinien być większy niż 10 K.

Jeżeli powyższe wymaganie nie jest spełnione, należy zainstalować urządzenie zapobiegające niezamierzonemu kontaktowi ze ścianą komina.

Maksymalna temperatura przylegających materiałów palnych nie powinna przekraczać 85°C przy temperaturze zewnętrznej 20°C . Odstęp pomiędzy zewnętrzną powierzchnią komina i materiałem łatwo palnym powinien być odpowiednio dobrany.

Temperatura powietrza w przestrzeni powietrznej, z którą mogą mieć kontakt ludzie, powinna spełniać jeden z warunków:

- nie powinna przekraczać 40°C ,
- jej przyrost, spowodowany temperaturą gazów odlotowych, nie powinien przekroczyć 10 K.

2.3.3. Ochrona przed oblodzeniem

Jeżeli nie można wykluczyć możliwości powstania oblodzenia na kominie lub jego części, należy instalować osprzęt ochronny lub zastosować podgrzewanie w celu zabezpieczenia przed spadającymi częściami lodu.

2.3.4. Gazoszczelność

Kominy, w których panuje nadciśnienie w normalnych warunkach eksploatacji, powinny wykazywać gazoszczelność zgodnie z przepisami w zakresie gazoszczelności podanymi w PN-EN 1443.

2.4. Izolacja

System izolacji termicznej spełnia następujące funkcje:

- redukuje gradient temperatury, a przez to naprężenia termiczne w materiale wykładziny,

- zmniejsza straty ciepła spalin w przewodzie przy przepływie w górę. Daje to następujące korzyści:

- zmniejsza spadek temperatury gazów w części wylotowej przewodu. Jest to istotne w przypadku spalin, których temperatura przy wlocie do komina jest bliska kwaśnego punktu rosy, co przy schładzaniu może skutkować wykraplaniem się kwaśnego kondensatu,

- zwiększa wysokość termicznego wyniesienia spalin,

- zmniejsza gradient temperatury i naprężenia termiczne w trzonie komina.

Przy wyborze rodzaju izolacji należy brać pod uwagę następujące cechy:

- stabilność struktury, trwałość. Jest ważne, aby materiał izolacyjny nie osiadał, odsłaniając nie zaizolowane miejsca,

- przewodność cieplną,
- eksploatację i integralność w temperaturach, działaniu których będzie poddany,
- kwasoodporność i absorpcję wilgoci materiału izolacyjnego i jego oparcia.

Jest to istotne w odniesieniu do wykładzin ceramicznych, z uwagi na możliwość przenikania spalin przez ścianę przewodu i wystąpienia ich kondensacji w chłodniejszej warstwie izolacji,

- dostępność i łatwość montażu.

Materiał termoizolacyjny powinien być niepalny.

2.5. Wentylacja

Przestrzeń wentylowana między trzonem i przewodem spełnia następujące funkcje:

- pozwala na eliminowanie gazów przenikających przez ścianę przewodu na skutek dyfuzji lub w wyniku występowania nadciśnienia w przewodzie,
- redukuje ciśnienie pary dwutlenku siarki lub innych gazów, które mogą przenikać przez ścianę przewodu, tym samym obniżając kwasowy punkt rosy i minimalizując wykraplanie się kwasu na powierzchniach podatnych na uszkodzenia,
- umożliwia dostęp w celu przeprowadzenia kontroli lub konserwacji. Wentylacja powinna być sprawna przez cały czas. Skuteczność wentylacji można sprawdzić obliczeniowo.

2.6. Powłoki ochronne

Zgodnie z ogólną zasadą, kominy powinny być chronione przed korozją lub agresją chemiczną za pomocą powłok ochronnych. Agresja chemiczna gazów objawia się:

- na wewnętrznej powierzchni przewodu gazowego,
- na zewnętrznej powierzchni komina i elementach służących do komunikacji na kominie (drabiny, galerie), wystawionych na działanie smugi spalin,
- wszystkich powierzchniach zewnętrznych poddanych oddziaływaniu spalin z sąsiednich kominów.

Powłoki ochronne powinny charakteryzować się chemoodpornością, odpornością termiczną, nieprzepuszczalnością dla cieczy, odpowiednim oporem dyfuzyjnym oraz odpornością na starzenie.

2.7. Fundament

Fundament komina powinien być chroniony ze względu na działanie wpływów termicznych i chemicznych. W przypadku możliwości wystąpienia kondensacji, górna powierzchni fundamentu powinna być nachylona oraz zabezpieczona powłoką kwasoodporną, nieprzepuszczalną dla cieczy.