



**Rys. 4.** Nośność pali dla poszczególnych badań CPT w zależności od długości pali

metodą rewitalizacji konstrukcji żelbetowego kominu przemysłowego. Jednocześnie metoda ta jest metodą ekonomiczną – okres wyłączenia kominu z pracy jest stosunkowo krótki, w przypadku modernizowanego kominu w Elektrowni Ostrołęka wynosi on 4 miesiące. W trakcie realizacji modernizacji

oraz w trakcie dalszej eksploatacji komin spełni warunki bezpieczeństwa. Jedynie w krótkim okresie czasu około 1 miesiąca całkowite obciążenie pionowe kominu może być do 32% większe niż obciążenie aktualne. Ponieważ dla krótkiego okresu czasu można zredukować obciążenie wiatrem o 30%, cał-

kowite obliczeniowe obciążenie fundamentu pozostaje na niezmiennym poziomie. Po zakończeniu modernizacji całkowite pionowe obciążenie kominu będzie nieco mniejsze od obciążenia sprzed modernizacji.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Ekspertyza stanu technicznego kominu żelbetowego  $h=120$  m El. B Zespołu Elektrowni Ostrołęka S.A. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa, listopad 2008
- [2] Badania konstrukcji żelbetowego kominu  $h=120$  m w ENERGA Elektrowni Ostrołęka S.A., Raport serii SPR nr 6/2009 Instytutu Inżynierii Łądowej Politechniki Wrocławskiej, maj 2009
- [3] Badania geotechniczne w sąsiedztwie fundamentu kominu na terenie Elektrowni Ostrołęka. GEOTEKO Projekty i Konsultacje Geotechniczne Spółka z o.o., wrzesień 2009
- [4] Gwizdała K., Stępczowski M., Charakterystyka metod określania nośności pali przy wykorzystaniu sondy statycznej CPT. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 6/1998, s. 302–307
- [5] PN-83/B-02482: Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.

## Wybrane zagadnienia prawne dotyczące żelbetowych kominów przemysłowych

Dr inż. Rajmund Oruba, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

### 1. Wprowadzenie

Jednym z celów ustawy Prawo budowlane [4] jest zapewnienie bezpiecznego użytkowania obiektów budowlanych. Właściciel lub zarządca obiektu budowlanego ma obowiązek utrzymywać obiekt w należyłym stanie technicznym i estetycznym. Nie można dopuścić do nadmiernego pogorszenia właściwości użytkowych i sprawności technicznej w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji, pożarowego i użytkowania. Mając to na uwadze, ustawodawca nałożył na właścicieli lub zarządców obiektów budow-

lanych szereg obowiązków, m.in. przeprowadzania okresowych, rocznych i pięcioletnich kontroli stanu technicznego. Propozycję zakresu i sposobu przeprowadzenia tych przeglądów w odniesieniu do żelbetowych kominów przemysłowych przedstawiono w pracy [1].

W artykule podjęto problem instrukcji eksploatacji obiektów budowlanych, z reguły zaniebawiany przez uczestników procesu budowlanego.

Artykuł 60. ustawy Prawo budowlane [4] dotyczący przekazania budowy i dokumentacji powykonawczej ma brzmienie: „inwestor,

oddając do użytkowania obiekt budowlany, przekazuje właścicielowi lub zarządcy obiektu dokumentację budowy i dokumentację powykonawczą. Przekazaniu podlegają również inne dokumenty i decyzje dotyczące obiektu, a także, w razie potrzeby, instrukcje obsługi i eksploatacji: obiektu, instalacji i urządzeń związanych z tym obiektem”.

Powyższy zapis jest mało precyzyjny. Nie określa dokładnie kto ma sporządzić instrukcję eksploatacji oraz jak interpretować sformułowanie, że należy ją przekazać „w razie potrzeby”.

W literaturze brak jest informacji dotyczących instrukcji eksploatacji żelbetowych kominów przemysłowych, dlatego stwierdzono potrzebę podjęcia dyskusji na ten temat. Każde działanie, które przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa powinno zasługiwać na uwagę.

## 2. Instrukcja eksploatacji żelbetowych kominów przemysłowych

Instrukcję eksploatacji należy sporządzić dla każdego żelbetowego komina przemysłowego. Powinien ją opracować projektant i przekazać właścicielowi lub zarządcy w trakcie oddawania obiektu do eksploatacji. Dokument ten musi uwzględniać następujące zagadnienia:

- eksploatację,
- przeglądy okresowe i ocenę stanu technicznego,
- remonty,
- stany awaryjne,
- wyłączenie z eksploatacji.

Poniżej przedstawiono ogólną propozycję dotyczące poszczególnych części instrukcji eksploatacji w odniesieniu do żelbetowych kominów przemysłowych. Informacje te częściowo bazują na wymaganiach wewnętrznych funkcjonujących w niektórych elektrowniach, np. [2].

### Eksploatacja komina

W tej części instrukcji należy określić sposób postępowania we wszystkich możliwych sytuacjach eksploatacyjnych. Szczególną uwagę należy zwrócić na uruchamianie nowego komina. Chodzi tu głównie o wysuszenie wymurówki wewnętrznej. Projektant powinien określić czas wysuszenia nowego komina, dopuszczalny przyrost temperatury spalin w jednostce czasu oraz maksymalną temperaturę spalin.

Ogólne wymagania odnośnie oddawania do eksploatacji i sprawdzień eksploatacyjnych żelbetowych kominów jednoprzewodowych przedstawiono w normie PN-88/B-03004 [3].

Informacje dotyczące normalnej eksploatacji powinny określać dopuszczalne parametry spalin, tj. ich ilość, temperaturę, wilgotność i skład chemiczny. Ważne są także dane odnośnie sposobu okresowych wyłączeń i ponownego uruchomienia komina po okresowej przerwie eksploatacyjnej.

Jeśli komin odprowadza spaliny odsiarczone, to należy określić sposób postępowania w przypadku awarii instalacji odsiarczania spalin IOS.

### Przeglądy okresowe i ocena stanu technicznego

Właściwa ocena stanu technicznego obiektu jest podstawą do określenia zakresu niezbędnych robót remontowych gwarantujących bezpieczne użytkowanie komina.

W instrukcji eksploatacji należy podać częstotliwość i sposób przeprowadzania przeglądów technicznych wszystkich elementów komina. Propozycję zakresu przeglądów rocznych i pięcioletnich zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego przedstawiono w pracy [1]. Technika pomiarów i obserwacji oraz sposób dokumentacji wyników przeglądów powinny być dokładnie sprecyzowane. Umożliwi to dokonanie analizy porównawczej i oceny przyrostu uszkodzeń w trakcie kolejnych przeglądów.

Do przeglądów wnętrza komina należy wykorzystać przestoje spowodowane okresowymi remontami bloków energetycznych współpracujących z kominem.

Należy określić częstotliwość geodezyjnych pomiarów osiadań i wychyleń oraz wytyczne dotyczące interpretacji wyników tych pomiarów.

Wskazana jest także okresowa kontrola parametrów spalin i sprawdzenie ich zgodności z założeniami projektowymi.

### Bieżąca konserwacja i remonty

Remonty można podzielić na zapobiegawcze (bieżące i kapitalne) oraz poawaryjne. Ponadto mogą

występować prace o charakterze bieżących konserwacji.

W instrukcji eksploatacji należy określić zakres tych remontów, częstotliwość i sposób ich wykonania oraz terminy wymiany materiałów eksploatacyjnych, np. elastycznych taśm dylatacyjnych.

### Sytuacje awaryjne

Potencjalne stany awaryjne kominów żelbetowych, to:

- nadmierne wychylenie trwałe komina,
- korozyjna degradacja trzonu żelbetowego od strony zewnętrznej i wewnętrznej,
- znaczne spękania trzonu żelbetowego,
- spękania i rozmonolityzowania wymurówki wewnętrznej,
- korozyjna degradacja izolacji termicznej,
- znaczna korozja żeliwnych lub stalowych kształtek wieńczących głowicę komina,
- korozja stalowych galerii i drabiny komina.

Należy mieć świadomość, że spadające z dużej wysokości, nawet niewielkie skorodowane fragmenty betonu lub metalowego osprzętu mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa.

W przypadku kominów wieloprzewodowych do stanów awaryjnych należy zaliczyć m.in.: nadmierne ugięcia pomostów wewnętrznych i związane z tym wychylenia i deformacje poszczególnych segmentów przewodów spalin, spękania murowanych ścian przewodów spalin, deformacje blach stalowych przewodów spalin oraz przesączenia kondensatu przez ściany przewodów spalin.

Znaczne odstępstwa warunków eksploatacji od założeń projektowych mogą doprowadzić do stanu awaryjnego komina.

W instrukcji należy określić sposób postępowania w przypadku wystąpienia awarii komina stwarzającej zagrożenie bezpieczeństwa oraz sprawy organizacyjne związane np. z koniecznością pilnego wyłączenia komina z eksploatacji.

**Wyłączenie kominą z eksploatacji**  
Instrukcja eksploatacji powinna określać niezbędne działania w sytuacji okresowego lub stałego wyłączenia kominą z eksploatacji.

### 3. Podsumowanie

Instrukcja eksploatacji żelbetowych kominów przemysłowych stanowi cenną pomoc dla użytkowników tych obiektów. Dokument ten powinien określać zasady: prawidłowego rozpoczęcia eksploatacji nowego kominą, normalnej eksploatacji, okresowej oceny stanu technicz-

nego, zakres i sposób przeprowadzenia niezbędnych robót konserwacyjnych i remontów. W instrukcji należy także podać sposób postępowania w sytuacjach awaryjnych. Instrukcja eksploatacji kominów przemysłowych powinna być opracowana przez projektanta i przekazana właścicielowi lub zarządcy w trakcie oddawania obiektu do użytkowania.

Wskazane byłoby sporządzenie instrukcji eksploatacji także dla wszystkich obiektów budowlanych elektrowni, od których zależy ciągłość produkcji.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH, nr 11.11.150.005

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Barycz S., Oruba R., Rola i zakres rocznych i pięcioletnich okresowych przeglądów żelbetowych kominów przemysłowych. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr 86/17, Wrocław 2006  
[2] Instrukcja eksploatacji żelbetowych kominów przemysłowych nr 1 H = 150 m i nr 2 H = 260 m Elektrowni SIERSZA w Trzebini, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1998  
[3] PN-88/B-03004: Kominą murywane i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie  
[4] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. Nr 207 z 2003 r., poz. 2016 z późniejszymi zmianami)

# Pomiary dynamiczne kominów żelbetowych mikrofalowym radarem interferometrycznym

Mgr inż. Przemysław Kuras, mgr inż. Rafał Kocierz, dr inż. Rajmund Oruba, Akademia Górniczo-Hutnicza

## 1. Ogólna charakterystyka mikrofalowego radaru interferometrycznego

Mikrofalowy radar interferometryczny, wchodzący w skład systemu pomiarowego *IBIS*, jest nowoczesnym urządzeniem przeznaczonym do statycznego i dynamicznego monitoringu wszelkich obiektów budowlanych. Urządzenie jest stosowane od 2008 roku.

Wersja *IBIS-S* tego systemu pozwala na prowadzenie obserwacji konstrukcji budowlanych podczas obciążeń statycznych, a także na ich pomiary dynamiczne.

Podstawowym elementem składowym systemu jest naziemny radar interferometryczny (rys. 1, 2). W skład zestawu pomiarowego wchodzi także odpowiednio oprogramowany komputer przenośny,

który steruje pracą urządzenia, rejestruje obserwacje oraz umożliwia ich podgląd w trakcie pomiaru. Zestaw akumulatorów zapewnia pracę urządzenia bez zasilania zewnętrznego.

Urządzenie pracuje w paśmie mikrofal (17,1÷17,3 GHz). Odbita część fali wraca do anteny odbiorczej, pozwalając na wyznaczenie przemieszczeń punktów obiektu. Jest to możliwe dzięki technice interferometrii mikrofalowej, bazującej na pomiarze różnicy faz kolejnych wiązek fal odbitych od obiektu (rys. 3b). Radar rejestruje przemieszczenia radialne, czyli składowe przemieszczeń rzeczywistych w kierunku propagacji fali elektromagnetycznej.

Nie jest wymagany bezpośredni kontakt urządzenia z badanym obiektem. Nie trzeba także insta-

lować na obiekcie dodatkowych elementów, gdyż wykorzystuje się zjawisko odbicia wysyłanej fali od powierzchni obiektu.

Urządzenie pozwala na równoczesną identyfikację wielu *wirtualnych czujników* na powierzchni badanego obiektu. Ich liczba zależy od natężenia sygnału odbitego. Dzięki temu można otrzymać globalny obraz zmian geometrii całego obiektu. Zastosowanie dodatkowej technologii *SFCW stepped-frequency continuous wave*, polegającej na skokowej modulacji częstotliwości fali ciągłej [3], zapewnia osiągnięcie wysokiej rozdzielczości *R* (rys. 3a). Jeżeli w przedziale o szerokości *R* znajduje się element konstrukcji silnie odbijający wysłaną falę, łatwo w dalszej kolejności śledzić zmiany jego położenia.