

Wyłączenie komin z eksploatacji
Instrukcja eksploatacji powinna określać niezbędne działania w sytuacji okresowego lub stałego wyłączenia komin 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 komin, 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: Komin 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.



Rys. 1. Mikrofalowy radar interferometryczny w trakcie pomiarów



Rys. 2. Mikrofalowy radar interferometryczny podczas badań dynamicznych komina żelbetowego K1
 $H = 260 \text{ m}$

Poniżej przedstawiono maksymalne, możliwe do uzyskania parametry pomiarów [5]:

- odległość urządzenia od obiektu 1000 m,
- radialna rozdzielczość odległościowa $R = 0,50 \text{ m}$,
- dokładność pomiaru przemieszczeń statycznych w kierunku radialnym 0,01 mm,
- dokładność pomiaru przemieszczeń dynamicznych w kierunku radialnym 0,1 mm,
- częstotliwość rejestracji 200 Hz. Wielkości te są uzależnione od warunków pomiaru.

Wysoka częstotliwość rejestracji umożliwia ciągłą obserwację zachowania się obiektu. Jest to istotne w pomiarach dynamicznych obiektów budowlanych. Ważnym problemem, pojawiającym się podczas badań drgań obiektów, jest poprawna interpretacja wykresu natężenia echa i wybór właściwych punktów reprezentujących obiekt. Dotychczasowe doświadczenia autorów [4] wskazują, że nawet niewielkie niejednorodności powierzchni obiektu, na przykład nierówności betonu, odbijają wiązkę radarową na tyle silnie, aby do radaru powrócił wystarczająco mocny sygnał. W celu zwiększenia natężenia echa oraz pewności identyfikacji punktów możliwe jest zastosowanie metalowych elementów odbijających fale (reflektorów mikrofalowych). Użycie reflektorów jest uzasadnione zwłaszcza w przypadku obiektów o skomplikowanej konstrukcji złożonej z wielu elementów, które mogą rozpraszać wiązkę radarową. Pewność identyfikacji można dodatkowo zwiększyć poprzez pomiar odległości od radaru do charakterystycznych punktów obiektu przy użyciu geodezyjnego tachymetru bezreflektorowego.

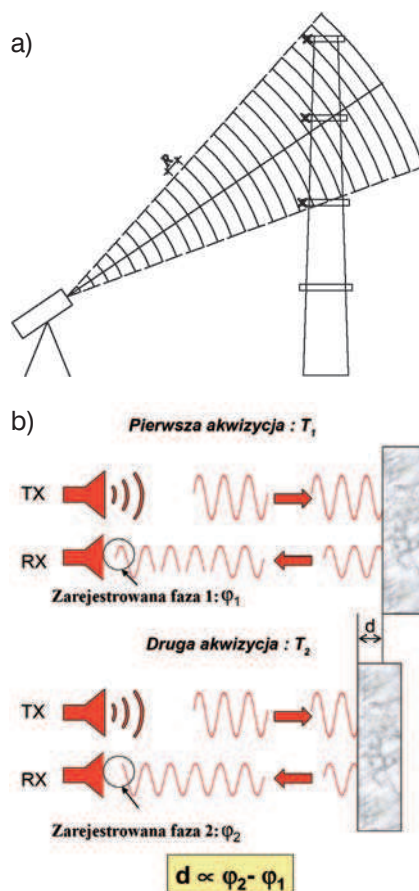
2. Zastosowanie radaru interferometrycznego do pomiarów obiektów budowlanych

Zastosowanie radaru interferometrycznego IBIS-S do pomiarów obiektów budowlanych może być bardzo szerokie. Mogą to być pomiary zarówno statyczne, jak i dynamiczne. Monitoringowi drgań i przemieszczeń można poddać m.in.: mosty, wiadukty, budynki, kominy przemysłowe, maszty, budowle wieżowe i wiele innych [4, 8]. Pomiary mogą dotyczyć każdego elementu obiektu, jeśli nie występują przeszkody fizyczne, przesłaniające ten element. Ponadto urządzenie pozwala na prowadzenie stałego, np. dobowego monitoringu statycznego powolnych przemieszczeń budowli ziemnych lub obiektów wielkogabarytowych.

Test urządzenia przeprowadzono m.in. w trakcie badań dynamicznych Mostu Siekierkowskiego w Warszawie [1, 9]. Pomiary drgań przęsła mostu miały na celu sprawdzenie ich zgodności z pomiarami wykonanymi przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów cyfrowymi czujnikami przemieszczeń. Przemieszczenia konstrukcji mostu podczas wzbudzeń dynamicznych, zarejestrowane tymi dwoma systemami, wykazały bardzo dużą zgodność. Tę technikę pomiarową stosowano także z dobrym skutkiem podczas obciążeń próbnych wiaduktów nad nowym odcinkiem autostrady A4.

3. Badania dynamiczne żelbetowych kominów przemysłowych

Częstotliwości drgań własnych i odpowiadające im postacie oraz tłumienie drgań stanowią charak-



Rys. 3. Zasada działania interferometru mikrofalowego: a) schemat pomiaru, b) idea interferometrii mikrofalowej

terystykę dynamiczną konstrukcji budowlanych. W przypadku żelbetonowych kominów przemysłowych są to podstawowe dane, które umożliwiają dokładną ocenę stanu technicznego tych obiektów [7, 10]. Aktualnie stosowane techniki pomiarowe do badań dynamicznych wysokich kominów związane są z kłopotliwym montowaniem czujników pomiarowych bezpośrednio na obiekcie, z reguły na dużej wysokości [6]. Zastosowanie radaru interferometrycznego do tego typu badań może być szczególnie przydatne, gdyż umożliwia przeprowadzenie pomiarów z poziomu terenu.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki pomiarów dynamicznych dwóch kominów żelbetonowych *K1* i *K2* o wysokości 260 m każdy. Ich główne dane techniczne zestawiono w tabeli 1.

Trudnym problemem w badaniach dynamicznych kominów żelbetonowych jest wzbudzenie drgań [2, 6, 7]. W tym przypadku rejestrowano drgania kominów *K1* i *K2* wymuszone przez porywy wiatru.

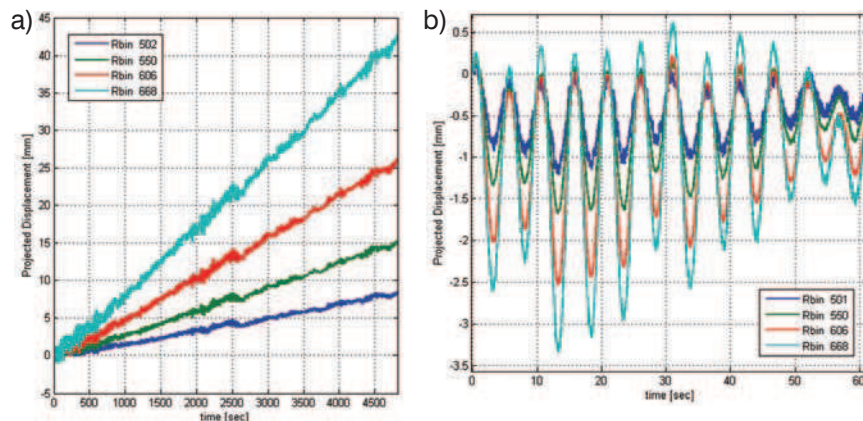
Po określeniu geometrii analizowanego obiektu, oprogramowanie przetwarzające dane przelicza zmiany odległości na wartości przemieszczeń (rys. 4). Dzięki tak przetworzonym obserwacjom możliwe jest analizowanie zachowania badanego obiektu w czasie trwania pomiaru.

Na rysunku 4a przedstawiono 80-minutowy, a na rysunku 4b 60-sekundowy zapis przemieszczeń czterech obserwowanych punktów komina *K1*, zlokalizowanych w rejonach galerii na poziomach +137,5, +177,5, +217,5 i +257,5 m. Największą amplitudę przemieszczeń, około 3,5 mm, zaobserwowano dla punktu na poziomie +257,5 m.

Na podstawie analizy widmowej zarejestrowanych przebiegów drgań określono pierwszą częstotliwość drgań własnych komina *K1*, która wynosiła 0,20 Hz (rys. 5). Podstawowa częstotliwość drgań własnych komina *K2* miała wartość 0,16 Hz.

Tabela 1. Charakterystyka techniczna badanych kominów *K1* i *K2*

Komin	Wysokość [m]	Średnica zewnętrzna [m]		Grubość ściany trzonu [m]	
		±0,0	+260	±0,0	+260
<i>K1</i>	260	27,60	7,70	0,70	0,20
<i>K2</i>	260	16,00	8,30	0,70	0,20

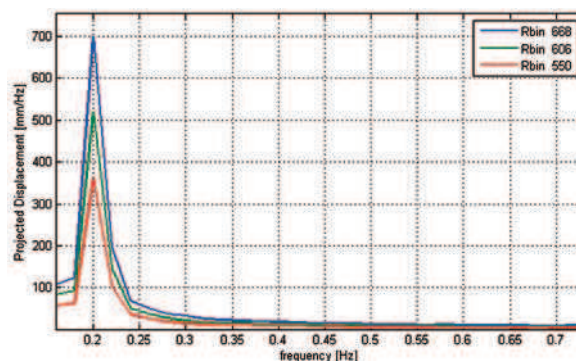


Rys. 4. Zarejestrowane przemieszczenia badanych punktów na trzonie komina *K1*: a) w okresie 80 minut, b) w okresie 60 sekund

Zarejestrowano tylko pierwszą, podstawową, częstotliwość drgań własnych f_1 . Zastosowanie silnych wzbudzeń drgań kominów umożliwi określenie także wyższych częstotliwości drgań własnych oraz parametrów tłumienia drgań [2, 6, 7]. Ciągła rejestracja warunków pracy obiektu umożliwia poprawną interpretację zarejestrowanych zmian położenia oraz ustalenie ich przyczyny. Przedstawiona technika pomiarowa pozwala także na równoczesny pomiar wychylenia statycznego w trakcie badań dynamicznych komina. W tym przypadku istotnym czynnikiem wpływającym na kształt osi komina *K1* było nasłonecznienie. Na podstawie rysunku 4a można wnioskować o deformacji termicznej komina *K1* w trakcie pomiaru trwającego 80 minut. Pomiar prowadzono w godzi-

nach południowych, przy słonecznej pogodzie. Analizując wyniki stwierdzono ponad 40-milimetrowe wychylenie wierzchołka tego komina spowodowane nierównomiernym nagrzaniem jego trzonu.

Wyniki pomierzonych oraz obliczonych wartości podstawowych częstotliwości drgań własnych f_1 kominów *K1* i *K2* zestawiono w tabeli 2. W obu przypadkach pomierzone wartości częstotliwości są mniejsze od wartości obliczonych. Wskazuje to na mniejszą sztywność żelbetonowych trzonów nośnych obu kominów w stosunku do założeń projektowych. Może to wynikać z mniejszej od projektowanej wytrzymałości betonu lub korozyjnych ubytków betonu trzonów kominów. Częstotliwość własna komina *K1* jest wyższa od częstotliwości własnej komina *K2* o tej



Rys. 5. Analiza widmowa drgań komina *K1*

Tabela 2. Zestawienie pomierzonych i obliczonych wartości podstawowej częstotliwości drgań własnych f_1 kominów K1 i K2

Komin	Częstotliwość f_1 pomierzona [Hz]	Częstotliwość f_1 obliczona [Hz]
K1	0,20	0,215
K2	0,16	0,173

samej wysokości. Jest to efekt większej sztywności komina K1 związanej z geometrią jego trzonu, w stosunku do trzonu komina K2.

Należy zwrócić uwagę na konieczność pomiarowego określenia podstawowej częstotliwości drgań własnych bezpośrednio po wybudowaniu komina [10]. Jest to tzw. pomiar „0”, do którego należy porównywać wyniki późniejszych, okresowych badań dynamicznych. Ewentualne zmniejszenie tej częstotliwości będzie świadczyć o pogorszeniu się stanu technicznego żelbetowego trzonu nośnego komina.

4. Wnioski

System IBIS-S z zastosowaniem mikrofalowego radaru interferometrycznego jest nowoczesną techniką, którą można stosować do precy-

zyjnych pomiarów przemieszczeń, odkształceń oraz drgań konstrukcji budowlanych. Możliwość realizacji pomiarów z poziomu terenu z odległości do 1000 m, bez konieczności montowania czujników na obiekcie sprawia, że urządzenie to jest szczególnie przydatne do wykonywania pomiarów dynamicznych budowli typu wieżowego, np. wysokich kominów przemysłowych. Wyniki wykonywanych co kilka lat badań dynamicznych są cennym materiałem diagnostycznym uszkodzonych i technicznie zużytych kominów żelbetowych.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH, nr 11.11.150.005

BIBLIOGRAFIA

[1] Badania doświadczalne Mostu Siekierkowskiego w Warszawie (materiały nie-

publikowane). Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2009

[2] Ciesielski R., Oruba R., Low-speed wind gusts used for experimental evaluation of eigenfrequencies of tall reinforced concrete chimneys. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, No. 65, 1996

[3] Van Genderen P., Multi-Waveform SFCW radar. 33-rd European Microwave Conference, Munich 2003

[4] Gocał J. i in., Precyzyjne pomiary drgań budowli przy użyciu naziemnego radaru interferometrycznego. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Kraków 2009 (w druku)

[5] IBIS-S System. User Manual. IDS Ingegneria dei Sistemi S.p.A., Pisa 2007

[6] Oruba R., Badania właściwości dynamicznych wysokich kominów żelbetowych. Inżynieria Środowiska, Półrocznik AGH, t. 11, z. 1, Kraków 2006

[7] Oruba R., Analiza wpływu uszkodzeń na sztywność i właściwości dynamiczne żelbetowych kominów przemysłowych. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1994

[8] Pieraccini M. i in., In-Service Testing of Wind Turbine Tower Using a Microwave Sensor. Renewable Energy, Vol. 33: 13-21, 2008

[9] Wrona M., Testowy poligon na moście. Magazyn Geoinformacyjny Geodeta, Nr 9 (172), 2009

[10] PN-88/B-03004, Kominy murowane i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

... niemożliwe to tylko słowo

MRÓZEK

ROZBIÓRKI KOMINÓW I BUDOWLI WYSOKOŚCIOWYCH Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI SPECJALNEJ

Firma: Bohuslav Mrózek
 Adres: Bystřice č. 1361, 739 95 Bystřice
 Tel: +420 558 341 230, 220
 Fax: +420 558 339 588, 587
 GSM: +420 724 826 663



Rozbiórka dwóch żelbetonowych kominów o wysokości 250 m, 2009, Rzeczpospolita Polska



Rozbiórka żelbetonowego kominu o wysokości 120 m, okres rozbiórki 14 dni do -4 m pod poziom terenu włącznie z wywozem gruzu, 2008
 Dąbrowa Górnicza, Rzeczpospolita Polska



maksymalny udźwieg 350 t/3m
 maks. wysokość podnoszenia 126 m
 udźwieg i wysięgiem jest zależny od dobranej konfiguracji
 uniwersalne wykorzystanie w szerokim zakresie zastosowań (w klasach 160 - 350 t) według dobranej konfiguracji.



www.mrozek.cz

• rozbiórki • prace wyburzeniowe • prace i roboty ziemne • recykleria • transport i spedycja • prace na wysokościach • mobilne żurawie • sieci inżynieryjne •