

JERZY BERNASIK

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

REALIA I PERSPEKTYWY POMIARÓW ODKSZTAŁCEŃ

Zdejmuję z półki podniszczony egzemplarz książki Profesora Wojciecha Janusza zatytułowany „Geodezyjna obsługa budowli i konstrukcji”, przerzucam kartki i budzą się wspomnienia, skojarzenia, przypomina się 40 lat własnej „przygody z geodezją inżynierską”. W pierwszym rozdziale podręcznika – „Zasada różnicowa wyznaczania przemieszczeń” – od tego zaczęła się moja habilitacja (recenzowana zresztą przez Pana Profesora). Rozdział 2 – „Pomiary długości” – wieloletnie, okresowe pomiary linii obserwacyjnych na terenach górniczych; wtedy i tam zacząłem mierzyć fotogrametrycznie wychylenia kominów (główny wątek mojego doktoratu). Dalej: suwnice, zbiorniki gazu, kominy ... – z tym kojarzą mi się miejscowości: od Zakopanego po Gdańsk, od Sanoka po Gniezno, od Turoszowa do Augustowa ..., a głównie Śląsk i Zagłębie.

Zaglądałem do tego podręcznika często, choć z racji fotogrametrycznej specjalizacji częściej rozwiązywałem problemy pomiarowe „po swojemu”. Właśnie te geodezyjno-fotogrametryczne porównania, ewolucja pomiarów odkształceń – w ogóle i w odniesieniu do najczęściej przeze mnie mierzonych „obiektów wysmukłych” – będą treścią tych okolicznościowych rozważań.

Zaś wielce szanownemu Autorowi podręcznika – Jubilatowi, za precyzję słowa, staranność wywodu naukowego (nie tylko w tej książce) i wiedzę, którą się szczerze dzielił – składam serdeczne podziękowania.

1. JAK MIERZYĆ

Geodetom-studentom składającym egzamin inżynierski na AGH stawia się pytania typu: „zapropnuj sposób przeprowadzenia pomiaru...” (tu następuje sprecyzowanie zagadnienia). Zadaniem egzaminowanego jest określenie zakresu i jakości informacji, które powinien dostarczyć pomiar oraz

rozpatrzenie rozmaitych metod pomiaru pod kątem ich możliwości dokładnościowych, czasochłonności i kosztów.

Geodetom-profesjonalistom stawiane jest podobne pytanie przed prawie każdym pomiarem. Warunkami ograniczającymi są: zasób sprzętu, oprogramowanie i kwalifikacje wykonawców. Kanadyjski konsultant – wolontariusz – dr Jerzy Zarzycki przekonywał przed 10 laty polskich geodetów o tym, że takim samym błędem, jak zastosowanie metody nie spełniającej wymogów dokładnościowych, jest zastosowanie metody zbyt dokładnej (niepotrzebnie droższej). Dzisiaj w Polsce prawdopodobnie nikogo nie trzeba o tym przekonywać – propozycja pomiaru za wygórowaną cenę nie daje szans uzyskania zlecenia (przetargi), a zbyt tania – może okazać się zbyt droga dla ... wykonawcy, który musi ponieść konsekwencje niespełnienia warunków kontraktu.

Najczęstszym celem pomiarów inżynierskich (po *boomie* inwestycyjnym minionego okresu) są badania stanu obiektu, mogące stanowić podstawę diagnozy technicznej określającej dopuszczalność i warunki dalszej jego eksploatacji. Zakres pomiarów, rodzaje badań i pozyskiwane informacje określają wprawdzie normy budowlane i przemysłowe, niedobrze jest jednak, jeśli geodeta nie może na bieżąco uzgadniać zakresu pomiaru; nie ma ciągłego, bezpośredniego kontaktu z rzeczoznawcą budowlanym, dla którego wyniki pomiarów będą stanowić jeden z elementów, na których oprze on swoje analizy i ostateczną opinię. Najlepiej jest, gdy wykonawcy wszelkich pomiarów i badań tworzą wraz z rzeczoznawcą jeden zespół.

Przechodząc do tytułowej tematyki, uczynię zastrzeżenie: autorytety słowa i terminologii dosyć dawno dopuściły stosowanie określenia „pomiarów odkształceń” jako skrótu myślowego „pomiarów przemieszczeń i badań deformacji” – będę więc i ja je stosował.

Geodeci i fotogrametry (zwłaszcza pracujący naukowo), nie godząc się z drugorzędnością roli, która przypada wykonawcom pomiarów, zonglując aparatem matematycznym, tworzą czasem metody stanowiące sztukę dla sztuki. A przecież możemy czerpać satysfakcję z tego, że jesteśmy „szarymi korzeniami pięknych kwiatów”, to na naszych pomiarach konstruktorzy opierają – często rozślawiające autorów – sposoby ratowania zagrożonych budowli, zaś konserwatorzy zabytków wykonują fascynujące prace dopiero po sporządzeniu fotogrametrycznej czy geodezyjnej dokumentacji. Jeżeli zatem wspólnym celem jest trafna opinia rzeczoznawcy budowlanego, to wyniki dostarczane przez geodetę powinny w optymalny sposób ułatwiać mu to zadanie; zarówno treścią, jak i formą. Powinno więc być zasadą szczegółowe uzgadnianie z nim zakresu i jakości pomiaru oraz formy przedstawienia wyników. Geodeta – ze swej strony – powinien przedstawić wachlarz możliwości własnego warsztatu, co zapobiegnie wykonywaniu pomiarów mało wartościowych, bez wykorzystania sposobów najwłaściwszych w danym przypadku.

Problem wyboru – w określonym przypadku – metody geodezyjnej lub fotogrametrycznej pomaga rozstrzygnąć analiza zalet i wad metody fotogrametrycznej.

Najważniejsze zalety fotogrametrii są następujące:

- równoczesność fotograficznej rejestracji wszystkich szczegółów – ważna zwłaszcza przy badaniach przemieszczeń szybkozmiennych;
- krótki czas prac polowych i przeniesienie większości prac do laboratorium, co sprzyja staranności pomiarów i zmniejsza koszty osobowe;
- fotogram ma wartość dokumentu (nie jest obciążony błędami obserwatora i nie można go sfalszować);
- brak sygnalizacji punktów kontrolowanych nie stanowi przeszkody i nie obniża znacząco dokładności pomiaru przemieszczeń (niemożność przewidzenia miejsc wystąpienia deformacji zmusza geodetów do zakładania i pomiaru dużej liczby punktów kontrolowanych); wynika z tego kilka innych zalet:
 - można mierzyć elementy niedostępne (z powodu temperatury, wysokiego napięcia czy innych zagrożeń),
 - pierwotne założenia pomiaru deformacji (wybór punktów kontrolowanych, dokładność etc.) można modyfikować, jeśli wstępna obserwacja fotogramów pozwoli zlokalizować odkształcenia.

Wady metod fotogrametrycznych wynikają z tego, że:

- wysoką dokładność pomiaru łatwiej jest osiągnąć za pomocą precyzyjnych instrumentów geodezyjnych, aniżeli stosując standardową aparaturę fotogrametryczną;
- opłacalność pomiaru fotogrametrycznego jest uzależniona od rozmieszczenia (stopnia skupienia) kontrolowanych punktów;
- opracowania fotogrametryczne są bardziej złożone od geodezyjnych.

Mając na względzie wymienione zalety i wady fotogrametrii oraz polskie realia (ceny, przetargi itd.), wybieram zwykle metodę fotogrametryczną do pomiarów powtarzalnych (cykliczne badania odkształceń), zaś geodezyjną do pomiarów jednokrotnych – zwłaszcza wymagających najwyższej dokładności.

Śledząc światowe zastosowania fotogrametrii inżynierskiej, można zauważyć charakterystyczną (i zrozumiałą) różnicę w ich rozwoju: o ile u nas preferuje się zastosowania inżyniersko-budowlane, o tyle w krajach wysoko uprzemysłowionych przeważają zastosowania przemysłowe. Dla wielu amerykańskich firm budujących statki kosmiczne, okręty, samoloty i rakiety, fotogrametria stanowi podstawowe narzędzie kontroli wymiarów detali oraz kształtu i odkształceń gotowych obiektów (Fraser C. S. 1988). Na zachodzie Europy również dominują zastosowania przemysłowe, choć częściej w przemyśle motoryzacyjnym. Fotogrametria bywa stosowana także w przemyśle nuklearnym.

2. POMIARY I BADANIA DIAGNOSTYCZNE KONSTRUKCJI WYSMUKŁYCH BUDOWLI

Autor niniejszego tekstu wykonał ponad dwieście pomiarów tytułowych obiektów; najczęściej były to kominy przemysłowe (żelbetowe, murowane lub stalowe), wieże (głównie wiertnicze), maszty (często wraz z linami odciągowymi) oraz słupy. Doświadczenia zdobyte w trakcie prowadzenia tych pomiarów i wnioski z nich wyciągnięte mogą być interesujące dla wykonujących podobne prace.

Celem badań jest dostarczenie informacji niezbędnych do opracowania diagnozy technicznej, określającej dopuszczalność i warunki dalszej eksploatacji obiektu. Zagrożenia stateczności tych obiektów są związane nie tylko z ich szczególnym kształtem (stąd pomiary odchyień od pionowości), ale przede wszystkim ze stanem technicznym, warunkami eksploatacji, czasem z błędami projektowania i budowy czy nieprzewidzianymi przyczynami losowymi. Normy i przepisy – w zależności od rodzaju obiektu – przewidują rozmaite badania określające stan budowli.

Pomiar kształtu komina, wieży, masztu ma zazwyczaj na celu określenie odchyłek osi od pionu. Hipotetyczną oś obiektu – linię łączącą środki przekroji na obserwowanych poziomach – określa się na podstawie obserwacji charakterystycznych punktów konturu (tworzących) czy elementów konstrukcyjnych. W razie potrzeby określa się również anomalie poziomych przekroji (np. owalizacje) czy nieprawidłowy kształt tworzących (np. nieprostoliniowość).

Zmiany kształtu w czasie określa się na podstawie obserwacji ponawianych w odstępach czasu, najlepiej z tych samych stanowisk. Bardzo przydatna jest wtedy fotogrametryczna metoda par czasowych (pseudoparalaks).

Zakres pomiarów kominów żelbetowych oraz murowanych obejmuje także badanie osiadań fundamentu, lokalizację czopuchów i innych instalacji, umiejscowienie i zdjęcia uszkodzeń, zaś termowizyjnie określa się układ pól termalnych płaszcza komina. Specjalistyczne badania obejmują: sklerometryczne lub udarowe pomiary wytrzymałości betonu, laboratoryjne badania pobranych próbek betonu i zbrojenia (lub muru ceglanego) oraz wykładziny wewnętrznej. Ocenia się i fotograficznie dokumentuje stan płaszcza oraz wnętrza komina (Ciesielski R. 1993). Szczegółowy zakres badań określają normy.

Badania i pomiary kominów stalowych stanowią podstawę ekspertyz, określających ich stan techniczny. Bazują na nieniszczących pomiarach grubości ścianki trzonu. Grubość ścianki komina określa się metodą ultradźwiękową, natomiast defektoskopowe badania metodą magnetyczno-proszkową stanowią podstawę oceny zmęczeniowego zużycia konstrukcji (Skorupa A., Ładecki B. 2000). Badania te, wraz z wynikami pomiarów

kształtu i wychyleń od pionu, stanowią podstawę statyczno-wytrzymałościowej analizy, prognozującej okres bezpiecznej eksploatacji.

Konstrukcja i stan wieży wiertniczej decydują o jej udźwigu, a zatem również o dopuszczalnej głębokości wiercenia. Podstawowym warunkiem bezawaryjnej eksploatacji wieży jest prawidłowy rozkład naprężeń w jej elementach. Do najważniejszych informacji, na których opiera się diagnozy techniczne, należą rozmiary i rodzaj odkształceń wywołanych próbnymi obciążeniami. Najwłaściwszą metodą określania przemieszczeń węzłów konstrukcyjnych wieży jest metoda fotogrametryczna – porównuje się stany: przed obciążeniem, po obciążeniu (pośrednie i maksymalne) i po odciążeniu. Poza wyznaczaniem przemieszczeń węzłów konstrukcyjnych wieży kontroluje się prawidłowość jej zmontowania; czasem określa się napięcia lin odciążowych (Bernasik J. i inni 1987). Badania stanu stalowych „świec” i ich spawanych połączeń są wykonywane w innym czasie i warunkach – zazwyczaj przed zmontowaniem wieży, w pozycji leżącej. Dokonuje się szczegółowych oględzin, ultradźwiękowo bada grubość ścianek stalowych rur, defektoskopowo wykrywa się wady połączeń spawanych, odrdzewia i zabezpiecza przed korozją.

3. REALIA POMIARÓW WYCHYLEŃ I ODKSZTAŁCEŃ KOMINÓW I WIEŻ

Gospodarkę rynkową cechuje powszechność przetargów (z ich pozytywnymi i negatywnymi stronami). Zbyt często jednak głównym kryterium wyboru wykonawcy jest niska cena. Jest to ważny problem, a zadaniem uczelni i instytutów naukowych jest inicjowanie dyskusji na temat „jak mierzyć i co badać” oraz rozpowszechnianie informacji o najnowocześniejszych metodach. Powinno się też częściej nagłaśniać – zarówno wśród wykonawców, zleceniodawców, jak i studentów – przykłady niekompetencji i nieodpowiedzialności. Działanie takie (taktowne, a skuteczne) zastosował przed kilkoma laty prof. Andrzej Majde, informując środowisko o partackim pomiarze chłodni kominowej.

Przy pomiarach odkształceń na równi z kwalifikacjami należy stawiać rzetelność i uczciwość mierzącego. W wypadku stwierdzenia własnych błędów, niedostatku danych lub wątpliwości pojawia się pokusa informowania o zerowych przemieszczeniach czy odchyleniach. Taki wynik najczęściej satysfakcjonuje zleceniodawcę, a i opracowującemu diagnozę rzeczoznawcy sprawia najmniej kłopotu. A właśnie w celu wczesnego wykrycia takich anomalii zleca się nam wykonanie pomiarów. Znam tylko jeden przypadek, gdy wyrok sądowy był konsekwencją tego rodzaju nieuczciwości oraz jeden ewidentny przypadek opisanego rodzaju, gdy dobroduszny zleceniodawca za wystarczającą karę uznał rezygnację z dalszych usług zespołu

„fotogrametrów”. Ale wraz z zanikaniem sektora państwowego roszczeń finansowych może być coraz więcej.

Ważnym problemem jest odpowiednie przygotowanie przyszłych inżynierów. Krok we właściwym kierunku (zdaniem autora) zrobiono na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH. Od pięciu lat zmodernizowane (szeregowe) kształcenie geodetów i kartografów przewiduje praktyczny składnik egzaminu inżynierskiego (z geodezji i z informatyki); poza tym studenci zdają geodezję inżynierską oraz fotogrametrię. Ranga tego egzaminu (wynik decyduje o dopuszczeniu do studiów magisterskich) skłania do odpowiedzialnego traktowania studiów w ogóle i przygotowania zawodowego w szczególności. Dostrzega się równocześnie zwiększenie pewności siebie młodych “nowodyplomowanych” inżynierów, dojrzałe podejście do wykonywanych prac i bardziej partnerski układ (na linii dydaktyk – student) na studiach magisterskich (Bernasik J. 1999).

Twarde reguły przetargów zmuszają do minimalizowania kosztów przeprowadzenia pomiarów poprzez racjonalną organizację pracy (oczywiście bez obniżania jakości). W wypadku zespołowego wyjazdu do odległej miejscowości każdy dodatkowy pracownik i dodatkowy dzień pobytu to znaczące obciążenie finansowe. Z tego względu warto zasugerować – zwłaszcza początkującym:

- bardzo staranne projektowanie pomiaru z jak najwcześniejszą kontrolą dobrej widoczności wszystkich partii budowli przewidzianych do pomiaru, z uwzględnieniem sposobu pomiaru osnowy, dowiązania i orientacji lokalnej sieci pomiarowej;
- rezygnację z odszukiwania dokumentacji i punktów istniejącej osnowy pomiarowej; sieć lokalną można orientować względem elementów czy obiektów ważnych w aspekcie eksploatacji mierzonego urządzenia (oczywiście określając kierunek północy);
- że w trudnych warunkach (ciasna zabudowa, wysokie kominy) najkorzystniejsze są wysokie stanowiska (dachy, pomosty, wieże oświetleniowe itp.);
- niestosowanie ekstrapolacji jako sposobu określania prawdopodobnego wychylenia nieobserwowanego dołu – należy obrać dodatkowe stanowiska i uzupełnić pomiar;
- do określenia skali mikrosieci pomiarowej należy stosować rozwinięcie bazowe lub bezpośredni pomiar jednej długiej bazy prostym dalmierzem;
- ze stałej pomocy pomiarowej może obserwator (lub wykonawca zdjęć) zazwyczaj zrezygnować, wykorzystując czyjaś pomoc dorywczo – np. przy niezbędnym pomiarze taśmą czy wciąganiu sprzętu na wysokie stanowiska;

- szczegółowy zakres pomiaru najlepiej jest uzgadniać na miejscu z opracowującym ekspertyzę budowlaną (przy okazji można uzgodnić formę opracowania);
- należy zapisywać: prędkość i kierunek wiatru (mierząc je na wysokim stanowisku), datę i godziny pomiaru, warunki meteorologiczne (temperaturę, nasłonecznienie, deszcz – zwłaszcza padający bezpośrednio przed pomiarem); ważne są informacje o amplitudzie i częstotliwości wahań pod wpływem wiatru – powinni o tym pamiętać fotografometry.

4. MOŻLIWOŚCI I DROGI ROZWOJU METODYKI BADAŃ KOMINÓW PRZEMYSŁOWYCH

Stosując metody fotogrametryczne czy teledetekcyjne (termowizja), można uzyskać znaczną część niezbędnych informacji diagnostycznych. Słabym punktem aktualnego postępowania diagnostycznego (pobieranie próbek, badania sklerometryczne czy ultradźwiękowe) bywa dobór miejsc badania. Na ogół wybiera się miejsca stosunkowo łatwo dostępne – poziomy pomostów czy pion drabinki. Taka lokalizacja badań nie jest optymalna, a wyniki nie są reprezentatywne dla całej budowli. Z różnych bowiem stron i na różnych wysokościach inne czynniki mogą przyspieszać degradację betonu, zbrojenia, czy też powodować odkształcenia trzonu (w zależności od rózny wiatrów, rodzaju lokalnych zanieczyszczeń powietrza, wpływów górniczych). Wykorzystanie termowizji jako narzędzia wskazującego miejsca dokonywania badań bezpośrednich i pobierania próbek (obok przesłanek dostarczonych przez pomiar kształtu i interpretację fotogramów) pomaga ten problem rozwiązać. Aby uniknąć jednostronnego naświetlenia tego zagadnienia dodam, że doświadczenie (i wysokie kwalifikacje alpinistyczne) wykonawców wzmiankowanych badań często wystarczają do właściwego wyboru lokalizacji badań.

W związku z powyższym, specjalistom budowlanym przygotowującym diagnozy techniczne kominów warto zalecać przestrzeganie logicznej kolejności badań:

- a) termowizyjne i geodezyjne (lub fotogrametryczne) badania płaszcza komina;
- b) pobieranie próbek i inne badania stanu komina w miejscach wynikających z badań wcześniejszych (przy wykorzystaniu wiedzy i doświadczenia wykonawców badań);
- c) termowizyjna kontrola wyników – jeśli dokonano remontu czy napraw płaszcza.

Taka kolejność wynika również z faktu, że badania termowizyjne zazwyczaj prowadzi się nocą, zaś badania nieniszczące są wykonywane po wyłączeniu komina z eksploatacji. Stan wychłodzenia komina jest zresztą najwłaściwszy do pomiarów geodezyjnych. Należy „przy okazji” zwrócić uwagę, że choć normy budowlane przewidują uwzględnianie wpływu wiatru czy nasłonecznienia, to nie uwzględniają wpływu zacinającego deszczu, mogącego jednostronnie schłodzić i zdeformować rozgrzany trzon komina (jeszcze przed pomiarem).

Jesteśmy coraz bliżej powszechnego zastąpienia analogowych kamer fotogrametrycznych cyfrowymi. Cyfrowe kamery CCD są coraz częściej używane w fotogrametrii przemysłowej, przy nadzorowaniu procesów produkcyjnych i zapewne znajdą wiele nowych zastosowań w innych dziedzinach. Skłania to do przypomnienia zalet fotogrametrii cyfrowej:

- umożliwia automatyzację pomiaru obrazów,
- stwarza szerokie możliwości przetwarzania obrazu, również w czasie rzeczywistym,
- ułatwia przesyłanie obrazu,
- ułatwia prace polowe, gdyż kamery cyfrowe są lżejsze i niewielkie,
- koszty wytwarzania i wykorzystania pomiarowych kamer cyfrowych mogą być niższe niż w przypadku kamer analogowych,
- ułatwia pomiary obiektów w ruchu i pomiary deformacji (również szybkozmiennych),
- umożliwia nadzorowanie procesów produkcyjnych i sterowanie nimi (robotyka).

Aktualnym ogranicznikiem jest mała rozdzielczość geometryczna kamer cyfrowych. Pomimo podpikselowej dokładności automatycznego pomiaru, osiągalna rutynowo w terrofotogrametrii analogowej dokładność określenia kierunku rzędu 1”–3” nie jest jeszcze możliwa na drodze cyfrowej (lub za bardzo wysoką cenę).

Producenci kamer cyfrowych jako podstawową cechę podają liczbę pikseli tworzących obraz. Matrycę standardowej kamery CCD charakteryzuje 1 megapiksel (np. 1200x900 pikseli), kamery profesjonalne – ponad 2 megapiksele, zaś niektóre specjalne kamery klasy „High Resolution” – 16 megapikseli, przy wymiarach piksela 4–14 μm . Ważna jest zresztą nie tyle rozdzielczość geometryczna (dpi), ile rozdzielczość kąтова, będąca funkcją wymiaru piksela i odległości obrazowej. Jeżeli przy wymiarach matrycy umożliwiających metryczną rejestrację w zakresie co najmniej normalnokątnym taka rozdzielczość – wsparta podpikselową dokładnością pomiaru – będzie porównywalna z analogową dokładnością rzędu 1”–3”, to będzie można mówić o uzyskaniu pełnowartościowego narzędzia.

Realne wydaje się być zwiększenie zakresu spektralnego kamer cyfrowych do poziomu umożliwiającego przeprowadzanie badań termalnych (jak w skanerach teledetekcyjnych). Wtedy kamera pomiarowa będzie spełniała podwójną funkcję. Być może za kilka lat podniszczone korpusy kamer UMK wyciągniemy z magazynów, bo produkowane adaptory – matryce CCD czy skanery liniowe – będzie charakteryzować nie tylko wysoka rozdzielczość, ale i niska cena.

Jest wysoce prawdopodobne, że za kilka lat kompleksowe obserwacje kominów będą mogły być wykonywane za pomocą 2–3 kamer cyfrowych, połączonych w systemie umożliwiającym automatyczny pomiar geometrii konturu (dobrze widocznego na tle nieba). Wynikiem pomiaru (w czasie rzeczywistym) będą wielkości anomalii: wychylenie osi od pionu, tworzących od kształtu projektowego, owalizacje przekroji itp. Wcześniejsze (nocne) rejestracje termalne dostarczą informacji o uszkodzeniach płaszczka kominu, dając wskazówki do prowadzenia dalszych badań bezpośrednich.

Można snuć przypuszczenia, że wraz z postępem automatyzacji pomiaru obrazów cyfrowych zaniknie dylemat: geodezyjnie czy fotogrametrycznie. Przecież już teraz – ze względu na element CCD – niektórzy specjaliści kwalifikują systemy zautomatyzowanych teodolitów elektronicznych (*Remote Measuring Sensing*), jako fotogrametryczne systemy pomiarowe (Fraser C. S. 1998); można by je również zaliczać do teledetekcji (*Remote Sensing*). Nie ma to oczywiście żadnego znaczenia, ale nasuwa się refleksja, że taka „unifikacja” pozwoliłaby nam wrócić do wspólnych korzeni – do miernictwa inżynierskiego.

LITERATURA

- [1] Janusz W. 1971: *Obsługa geodezyjna budowli i konstrukcji*. Warszawa PPWK.
- [2] Bernasik J. 1996: *Fotogrametria narzędziem w diagnostyce żelbetowych kominów przemysłowych*. Inżynieria i Budownictwo nr 12.
- [3] Bernasik J., Tokarczyk A., Sołtysik A. 1987: *Fotogrametryczne wyznaczanie przemieszczeń i odkształceń wieżomasztu BU 75*. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja z. 94.
- [4] Ciesielski R. 1993: *O diagnostyce technicznej żelbetowych kominów przemysłowych*. Seminarium dotyczące remontów płaszczki kominów żelbetowych. Kraków.
- [5] Fraser C. S. 1988: *State of Art in Industrial Photogrammetry*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Kyoto.
- [6] Gocał J. 1995: *Rozwój technologii pomiarowych w geodezji inżynierskiej*. Symposium nt.: „Skomputeryzowane systemy pomiarowe w geodezji inżynierskiej”. Kraków AGH.

- [7] Skorupa A., Ładecki B. 2000: *Problematyka badań nieniszczących rozwijana na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH*. 29 Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących. Krynica.
- [8] Bernasik J. 1999: *Egzamin inżynierski „Geodetów i Kartografów” po raz pierwszy. Rozważania: co nam dała „reforma”, jak ją zreformować i czy nadal jej chcemy*. Biuletyn Informacyjny Pracowników AGH nr 64.

JERZY BERNASIK

REALIA I PERSPEKTYWY POMIARÓW ODKSZTAŁCEŃ

Streszczenie

Autor dokonuje na początku pracy porównawczej analizy metod: geodezyjnej (bezpośredni pomiar) i fotogrametrycznej w aspekcie pomiarów odkształceń. Następnie przechodzi do problematyki pomiarów i badań budowli wysmukłych: kominów przemysłowych, wież, masztów i słupów; dzieli się swymi bogatymi doświadczeniami, jako wykonawca pomiarów na ponad dwustu obiektach. Opisuje syntetycznie stosowane techniki pomiarów. Formuluje szereg zaleceń dotyczących racjonalnego programowania pomiarów z uwzględnieniem również warunków i kryteriów ekonomicznych.

Szczególną uwagę poświęca Autor możliwościom i drogom rozwoju metodyki badań kominów przemysłowych. Zwraca uwagę na upowszechnianie w fotogrametrii przemysłowej kamer cyfrowych (CCD), które integrują techniki fotogrametryczne i geodezyjne.

JERZY BERNASIK

PRESENT SITUATION AND PERSPECTIVES OF MEASUREMENTS OF DEFORMATIONS

Abstract

At first part author compares geodetic and photogrammetric methods in context of measurements of deformations. Next he discusses measurements and examinations of tall constructions: industrial chimneys, towers, masts and poles, sharing his wide experience, gained on over 200 objects. He describes briefly the applied techniques of measurements and formulates many

recommendations, concerning rational planning of measurements, with taking into account economic terms and criteria.

Author put the special emphasis to possibilities and development of methods for examination of industrial chimneys. He emphasizes wider use in industrial photogrammetry of digital cameras (CCD), which integrate photogrammetric and geodetic techniques.

Translation: Zbigniew Bochenek

ЕЖИ БЕРНАСИК

РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ

Резюме

В начале статьи автор делает сравнительный анализ методов: геодезического (непосредственное измерение) и фотограмметрического в аспекте измерений деформаций. Затем переходит к проблематике измерений и исследований построек башенного типа: фабричных труб, башен, мачт и столбов; делится своим богатым опытом, как исполнитель измерений на свыше двухсот объектах. Синтетически описывает применяемые техники измерений. Формулирует ряд рекомендаций относительно рационального программирования измерений с учётом также экономических условий и критериев.

Особое внимание автор обращает на возможности и пути развития методики исследований фабричных труб. Обращает внимание на распространение в промышленной фотограмметрии цифровых камер (CCD), которые интегрируют фотограмметрические и геодезические техники.

Перевод: Роза Толстикова

