

Marian KAWULOK

Instytut Techniki Budowlanej, Oddział w Gliwicach

## ZASTOSOWANIE METODY IDENTYFIKACJI W BADANIACH KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH PODLEGAJĄCYCH WPŁYWOM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

**Streszczenie.** Przedstawiono ogólne zasady metody identyfikacji w zastosowaniu do interpretacji wyników badań układów technicznych. Podano charakterystykę układu budowla-podłoże górnicze oraz zastosowanie tej metody w badaniach obiektu podlegającego wpływom eksploatacji górniczej.

### 1. WPROWADZENIE

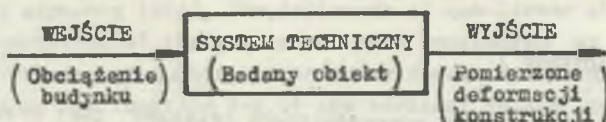
Postęp w rozwoju nauk przyrodniczych związany jest przede wszystkim z prowadzeniem badań eksperymentalnych, umożliwiających ilościowy opis badanych urządzeń lub zjawisk, czyli konstruowanie ich modelu matematycznego [1].

Najlepszą podstawą budowania modelu matematycznego jest prowadzenie tzw. eksperymentu czynnego, w trakcie którego istnieje możliwość takiego regulowania badanym procesem, by uzyskać możliwie optymalne wyniki w określonym celu badań. W wielu praktycznych przypadkach do zbudowania modelu najlepiej oddającego rzeczywistość nieodzowne jest przeprowadzenie badań obiektu naturalnego, bez możliwości jakiegokolwiek ingerencji w warunki jego pracy. Takie badania, zwane eksperymentem biernym, stosuje się głównie do poznania zjawisk, których charakter uniemożliwia dokonywanie innego rodzaju eksperymentu (np.: badania zanieczyszczeń środowiska, badanie urządzeń przemysłowych nie mających żadnej regulacji). Zaletą eksperymentów biernych jest niezakłócenie normalnej pracy badanego obiektu, przy jednoczesnym występowaniu wielu wad, jak np.: niepowtarzalność wyników, długi czas zbierania informacji, niejednokrotnie ich fragmentaryczność, możliwość skonstruowania błędnego modelu obiektu. Przy formułowaniu modelu na podstawie eksperymentu biernego szczególną uwagę należy więc zwrócić na zastosowanie najlepszej metody opracowania wyników eksperymentu i skonstruowanie modelu obiektu, możliwie jak najlepiej przybliżającego rzeczywistość [1]. Można w takich przypadkach stosować metodę identyfikacji, sprawdzoną już w innych działach techniki [2], a także w niektórych zagadnieniach budownictwa [3].

W referacie podano uwagi odnośnie do możliwości stosowania metody identyfikacji do opracowania wyników badań w biernych eksperymentach dotyczących wpływu eksploatacji górniczej na konstrukcje budowlane wraz z przykładem zastosowania.

## 2. OGÓLNE ZAŁOŻENIA METODY IDENTYFIKACJI

W dostosowaniu do analizy systemów technicznych zagadnienia identyfikacji omówiono szczegółowo w pracy [2]. Typowe zadanie identyfikacji (rys. 1) polega na znalezieniu struktury i parametrów systemu technicznego (badanego obiektu), w którym są znane funkcje wejścia (bodźce działające na system) i funkcje wyjścia (reakcje systemu na bodźce). Tak rozumiany proces związany jest z wykonaniem pewnych działań, tworzących tzw. proces identyfikacji, którego efektem jest zbudowanie modelu matematycznego.



Rys. 1

Zakres tych działań związany jest ściśle ze sprecyzowanym na wstępie zadaniem identyfikacji. Sposób natomiast jego rozwiązania uzależniony jest od przyjętych kryteriów jakości, charakteryzujących badany obiekt i szukany model, co w efekcie prowadzi do rozwiązania zadania estymacji. Kryterium jakości wyznacza się często w postaci funkcjonału (1) błędów lub strat, określonych na wyjściu obiektu ( $y$ ) i na wyjściu modelu ( $y_M$ ) [4].

$$E = E(y, y_M) \quad (1)$$

Wybór samej metody identyfikacji jest bardzo silnie uzależniony od wstępnej (a priori) informacji o obiekcie [5]. Jeżeli struktura obiektu jest znana i podobną przyjmujemy dla modelu, wtedy zadanie identyfikacji sprowadza się do wyznaczenia nieznanych parametrów obiektu. Przy niezwanej strukturze obiektu następuje w procesie identyfikacji wybór struktury optymalnej z szeregu rozważanych wariantów struktur.

W praktycznych zadaniach identyfikacji wprowadza się często uproszczenie analizowanych zjawisk przez założenie np. warunków deterministycznych w miejsce rzeczywistości występujących warunków probabilistycznych. Może to znacznie ułatwić prowadzenie całego procesu identyfikacji. Oczywiście pozostaje wtedy potrzeba określenia stopnia adekwatności modelu do obiektu, co związane jest z wykonaniem odpowiednich testów statystycznych.

### 3. SPECYFIKA UKŁADU BUDOWLA - PODŁOŻE GÓRNICZE

Układ budowla - podłoże górnicze można zasadniczo opisać za pomocą trzech podstawowych grup procesów fizycznych:

- I zachodzących w górotworze i w bezpośrednim podłożu obiektu na skutek deformacji wymuszonych wpływem robót górniczych,
- II występujących na styku budowla - podłoże górnicze,
- III rejestrowanych przez konstrukcję, a wynikających z obydwu powyżej wymienionych zjawisk.

Charakterystyczna jest bardzo duża złożoność tych procesów. Zjawiska grupy I mają przebieg losowy [6]. W zależności od różnych czynników górniczo-geologicznych zjawiska te, określone w ogólności przez charakter i rozkład parametrów deformacji terenu, ich wzajemną korelację co do wartości, czasu i miejsca występowania wielkości ekstremalnych oraz sam przebieg deformacji w czasie opisywać można za pomocą odpowiednich zmiennych losowych, dających w efekcie końcowym jedynie rozwiązanie na pewnym poziomie prawdopodobieństwa. Zagadnienia grupy II uzależnione są od całości kształtu cech konstrukcyjnych i gruntowych mających wpływ na warunki pracy układu na styku budowli z podłożem górniczym, cechującym się w dużym stopniu odmiennymi właściwościami aniżeli podłoże na terenach spokojnych [7]. Uwzględniając ściśle powiązanie tych problemów ze zjawiskami grupy I, w praktyce zagadnienia kontaktowe na terenach górniczych rozwiązywane lub badane są oddzielnie przy wpływie ruchów poziomych i oddzielnie przy wpływie ruchów pionowych. W rzeczywistości na warunki kontaktu budowla - podłoże górnicze wpływa równoczesność oddziaływania poziomych i pionowych ruchów terenu. Ze względu na złożony stan obciążenia obiektów podlegających wpływom eksploatacji górniczej, bardzo złożony jest także stan odkształcenia i wyężenia konstrukcji posadowionej na podłożu górniczym, co obejmuje III grupę rozpatrywanych procesów. Konstrukcje na terenach górniczych wymagają zazwyczaj analizy w zakresie przestrzennych schematów obliczeniowych, co w przypadku układów o dużym stopniu statycznej niewyznaczalności (np. budynki o ścianowym układzie nośnym) wymaga uwzględnienia różnych uproszczeń. Dodatkowo na ocenę stanu odkształcenia konstrukcji znaczący wpływ może mieć długotrwałość (co najmniej kilka miesięcy) obciążeń wynikających z górniczych deformacji podłoża [8].

Uwzględniając całościowość czynników determinujących wpływ eksploatacji górniczej na obiekty budowlane, można więc stwierdzić, że procesem tym praktycznie nie można sterować. Kompleksowo zjawiska te można badać najczęściej tylko poprzez bierne eksperymenty na obiektach naturalnych. Ewentualna ingerencja w badany proces jest tutaj mocno ograniczona i może zasadniczo obejmować jedynie sterowanie robotami górniczymi oraz wybór i przystosowanie konstrukcyjne badanego obiektu, co jednak nie ma decydującego wpływu na przebieg całości zjawisk zachodzących w układzie budowla - podłoże górnicze.

#### 4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

Metodę identyfikacji zastosowano do opracowania wyników kompleksowych badań deformacji terenu oraz konstrukcji budynku wielkopłytowego, w warunkach oddziaływania na powierzchnię wpływów eksploatacji górniczej. Na podstawie pomiarów i obserwacji terenowych oraz innych danych technicznych zebranych o badanym układzie przeprowadzono proces identyfikacji warunków pracy konstrukcji, obciążonej wpływami wynikającymi z deformacji podłoża [9]. Jako cel identyfikacji przyjęto określenie warunków odwzorowania badanego obiektu za pomocą modeli obliczeniowych stosowanych w praktyce projektowania budowli na terenach górniczych oraz wyznaczenie prawdopodobnych wartości niektórych parametrów opisujących te modele. Kryterium jakości przyjęto w postaci (2), zgodne z kryterium najmniejszych kwadratów:

$$E = \sum_1 E_1 (y - y_M)^2 \cdot w_1 \quad (2)$$

gdzie:

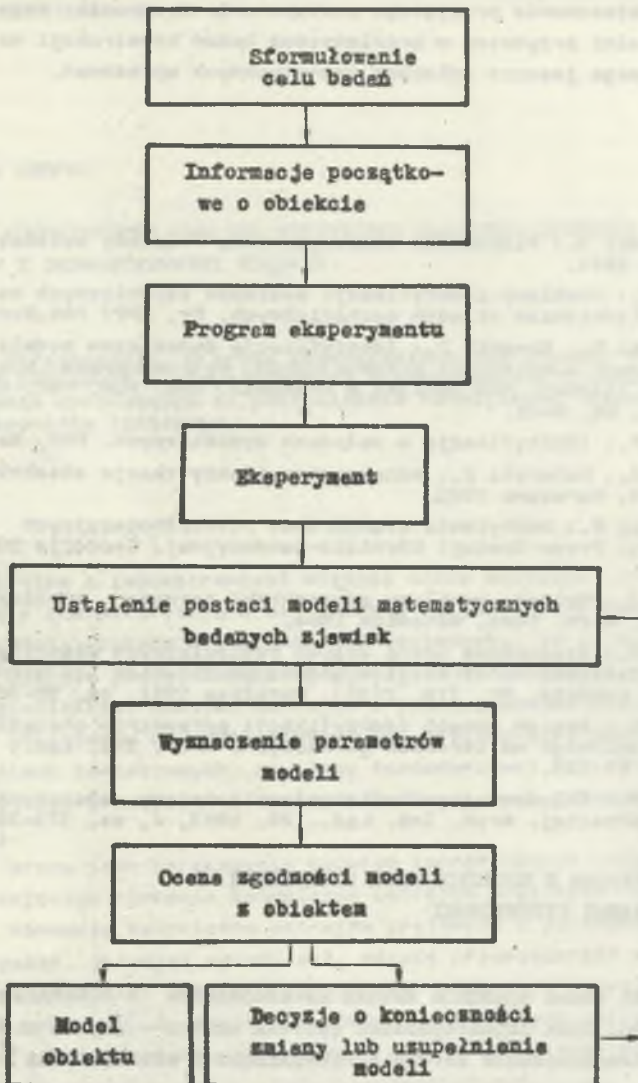
- $E_1$  - składowe funkcje kryterium, opisujące badany układ,
- $w_1$  - waga funkcji  $E_1$  w budowie funkcjonału  $E$ ,
- $i$  - liczba przyjętych funkcji (warunków) opisujących badany układ.

W wykonanej analizie za funkcje wejścia przyjęto stan obciążenia budynku pochodzący od wpływów eksploatacji górniczej, a za funkcję wyjścia pomierzone deformacje konstrukcji (rys. 1). Wyniki pomiarów deformacji terenu dostarczyły tylko jakościowych informacji o charakterze obciążenia budynku, co pozwoliło określić jedynie graniczne warunki jego obciążenia. Dlatego też w wyniku przeprowadzonej identyfikacji uzyskano tylko prawdopodobne obszary zmienności parametrów obliczeniowych modeli przyjętych do analizy badanego obiektu. Ogólny schemat postępowania prowadzący do rozwiązania tak sprecyzowanego procesu identyfikacji przedstawia rys. 2.

Otrzymane wyniki identyfikacji umożliwiły przeprowadzenie przybliżonego opisu zjawisk zachodzących w strefie kontaktu budowli z podłożem oraz procesów zachodzących w samej konstrukcji. W powiązaniu z przyjętymi modelami obliczeniowymi podłoża i konstrukcji pozwoliło to, w dalszej kolejności, na rozdzielenie wpływu na konstrukcję poziomych i pionowych deformacji terenu [10], stanowiąc jednocześnie doświadczalną weryfikację niektórych praktycznych metod obliczenia konstrukcji na wpływy eksploatacji górniczej.

#### 5. UWAGI KOŃCOWE

Przyjęty sposób interpretacji przeprowadzonych badań a w szczególności otrzymane wyniki końcowe wskazują na celowość dalszego stosowania i roz-



Rys. 2

wizacji metody identyfikacji w badaniach obiektów podlegających wpływom eksploatacji górniczej.

We wspomnianym w p. 4 przykładzie posłużono się tym sposobem roboczo, nie definiując dokładnie poszczególnych przesłanek prawidłowości postępowania, ogólnego zakresu przydatności, stopnia przybliżenia poszukiwanych wielkości jak i możliwości przypadkowego znośzenia się błędów wynikających z nieścisłości przyjętych założeń.

Szersze zastosowanie przyjętego postępowania i uznanie tego podejścia za metodę w pełni przydatną w problematyce badań konstrukcji na terenach górniczych wymaga jeszcze dalszych teoretycznych opracowań.

#### LITERATURA

- [1] Kacprzyński B.: Planowanie eksperymentów. Podstawy matematyczne WNT, Warszawa 1974.
- [2] Wicher J.: Problemy identyfikacji systemów technicznych ze szczególnym uwzględnieniem układów mechanicznych. Pr. IPPT PAN, Warszawa 1975
- [3] Ciesielski R., Kawecki J.: Identyfikacja dynamiczna modeli wielokondygnacyjnych konstrukcji przemysłowych. Wybrane prace z zakresu inżynierii lądowej. PAN Oddział w Krakowie, Kom. Bud. Pol. Krak., Kraków 1982, ss. 9-21.
- [4] Eykhoff P.: Identyfikacja w układach dynamicznych. PWN, Warszawa 1980
- [5] Mańczak K., Nahorski Z.: Komputerowa identyfikacja obiektów dynamicznych. PWN, Warszawa 1983.
- [6] Batkiewicz W.: Odchylenia standardowe poeksploatacyjnych deformacji górotworu. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej. Geodezje 10, Kraków 1971.
- [7] Kwiatek J.: Wybrane problemy geotechniki terenów górniczych. Wyd. PAN. Kom. Górń. Oddz. Katowice 1982.
- [8] Kawulok M.: Szacunkowa ocena wpływu reologicznych właściwości betonu na odkształcenia konstrukcji wywołane obciążeniem od górniczych deformacji podłoża. Pr. ITB, 2(38), Warszawa 1981, ss. 30-39.
- [9] Kawulok M.: Pewien sposób identyfikacji parametrów obciążenia budynku posadowionego na terenach górniczych. Arch. Inż. Ląd., 29, 1983, 1-2, ss. 97-118.
- [10] Kawulok M.: Składowe stanu odkształcenia ściany obciążonej wpływami niecki górniczej. Arch. Inż. Ląd., 29, 1983, 4, ss. 373-380.

#### МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СООРУЖЕНИЙ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

#### Резюме

Представлены общие принципы метода идентификации в исследованиях механических систем. Дана характеристика системы здание - горное основание а также пример использования метода идентификации в исследовании здания на горных территориях.

#### APPLICATION OF THE IDENTIFICATION METHOD IN THE INVESTIGATIONS OF THE STRUCTURES SUBJECTED TO MINING SUBSIDENCE

#### Summary

The general principles of the identification method in application to the investigations of the technical systems are presented. The character of the system building - mining subsoil is given as well as an example of this method in the investigation of a building subjected to mining subsidence.