

Warszawa, 10 lutego 2009 r.

Prof. dr hab. Roman Bogacz  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

## Opinia

o pracy doktorskiej mgr inż. **Grzegorza Garbacza** pt.:

***„Przetwarzanie danych doświadczalnych z uwzględnieniem ich  
chaotycznego charakteru”***,

wykonana na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Podstawowych  
Problemów Techniki PAN

### **Tematyka rozprawy, uwagi ogólne o badanym zagadnieniu**

Badania eksperymentalne stanowią bardzo często poważne wyzwanie techniczne. Ze względu na konieczność przybliżonego opisu zmiennych obciążeń i reakcji elementów konstrukcyjnych na te obciążenia, lub relacji obciążenia badanych próbek do ich stanu, których opis obarczony jest błędami wynikającymi z uśrednienia może powodować trudności w wyznaczeniu badanych zależności. Proces powstawania różnic w pomiarach doświadczalnych mechaniki czy ogólniej fizyki może być tak złożony, że określenie zasadniczych parametrów sterujących jest niezwykle trudne. Trudności kumulują się ze względu na możliwość synergicznego działania różnych parametrów.

Opiniowana praca stanowi próbę takiego potraktowania zagadnienia opracowywania danych, w którym zaburzenia pomiarowe identyfikowane są z nieliniowym układem dynamicznym ze składnikiem stochastycznym. W takim układzie występować może chaos. Zagadnienia związane z możliwością występowania chaosu w badaniach laboratoryjnych do niedawna nie było opisane w literaturze. Problem ten został zasygnalizowany przez Doktoranta i Promotora niniejszej pracy na Sympozjum Mechaniki Eksperymentalnej Ciała Stałego w Jachrance w 2004 roku i jest przedmiotem analizy niniejszej rozprawy.

Zasadnicze badania dotyczą wyników przeprowadzonych testów mechanicznych jednoosiowego rozciągania różnych materiałów. Są one uzupełnione analizą

danych geofizycznych związanych z aktywnością wulkanu Etna. Liczba zarejestrowanych danych sięga kilkuset tysięcy. Identyfikacje zachowań stochastycznych, okresowych i chaotycznych w zbiorach danych dokonano analizując portrety fazowe otrzymane na podstawie tych zbiorów we współrzędnych z opóźnieniem. Wyznaczono funkcję autokorelacji analizowanych zbiorów danych i wykładnik Hursta.

Wykorzystując entropię metryczną Kołmogorowa–Sinaia zaproponowano procedury numeryczne do wyznaczania modułu sprężystości i granicy plastyczności badanych materiałów jako punktu rozdzielającego różne fazy procesu deformacji. Analizuje się również aktywność geofizyczną wulkanu Etna i obliczając entropię metryczną wykazuje się przydatność stosowanej metody a zarazem jej uniwersalność.

## **2. Zawartość rozprawy**

Przedstawiona do recenzji praca, pod wymienionym uprzednio tytułem, obejmuje dziesięć rozdziałów i spis literatury liczący 64 pozycje. Została napisana na 79. stronach. Wstęp zawiera wprowadzenie do teorii chaosu i przegląd związanej z tym problemem literatury, Rozdział drugi zawiera przykłady identyfikacji chaosu deterministycznego. Rozdział trzeci zawiera cele, tezy i zakres pracy. Rozdziały 4 i 5 podają statystyczne metody prognozowania wystąpienia chaosu deterministycznego i narzędzia teorii chaosu w badaniach doświadczalnych. Rozdział szósty poświęcony jest mechanicznym badaniom doświadczalnym i podaje strukturę cyfrowych danych doświadczalnych i wyznaczanie parametrów materiałowych. W rozdziale siódmym omawia Autor chaos w badaniach mechanicznych. Rozdział ósmy stanowi główną część merytoryczną i jest poświęcony implementacji metod teorii chaosu do analizy danych doświadczalnych w mechanice. Celem naukowym tego rozdziału pracy jest opracowanie oryginalnej metody wyznaczania modułu sprężystości i granicy plastyczności z przykładami oraz zastosowanie entropii metrycznej do analizy zmian aktywności wulkanu Etna. W rozdziale dziewiątym Autor podaje wnioski a w rozdziale dziesiątym programy komputerowe do obserwacji portretów fazowych oraz programy do wyznaczania modułu sprężystości i plastyczności.

Opracowanie rozprawy umożliwiło opracowanie i zastosowanie odpowiedniej metody identyfikacji parametrów wybranych modeli nieliniowych, a w szczególności celem użytkowym było uzyskanie możliwej do zastosowania w praktyce metody analizy zachowań układu sprężysto - plastycznego w szerokim zakresie obciążeń. Przykładowe wykonanie badań umożliwiło weryfikację proponowanej metody.

## **Ocena pracy**

Rozprawa doktorska dotyczy zagadnień eksperymentalnych i numerycznych teorii sprężystości i plastyczności oraz wybranych metod dynamiki nieliniowej. Autor wykazał umiejętność modelowania numerycznego złożonych układów mechanicznych, znajomość i praktyczne wykorzystanie technik komputerowych oraz stosowania zaawansowanych metod matematycznych. Wykazał także dużą wiedzę w zakresie formułowania oryginalnego zagadnienia, opracowywania wyników i wniosków. Można uznać, że Doktorant osiągnął zamierzone cele pracy. Tematyka pracy była przedmiotem pięciu recenzowanych publikacji współ-autorskich, które ogłoszone zostały w znaczących wydawnictwach naukowych oraz wygłaszane na międzynarodowych konferencjach naukowych.

## **Uwagi krytyczne, usterki**

Pomimo dość starannej redakcji pracy, Autor nie ustrzegł się usterek. Zauważone usterki zaznaczyłem w maszynopisie pracy. Wymienię niektóre z nich.

We wstępie, na str. 9 jest usterka przed EEG , na str.11. wiersz 14 i 15, usterki w interpunkcji, na str. 11 wiersz 32 oraz wiersz 5. od dołu usterki gramatyczne. Na str.14 znajduje się usterka ortograficzna w wyrazie dyssypacja (trzykrotnie), dalej na str.28. Pozostałe zaznaczyłem w pracy.

## **Wniosek**

Pomimo drobnych usterek, które nie są zbyt istotne, oceniając pozytywnie dobre przygotowanie z zakresu dynamiki układów nieliniowych, matematyki, mechaniki oraz znajomość literatury związanej z tematyką pracy stwierdzam, że przedstawiona praca mgra Grzegorza Garbacza spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 (art. 17 ust. 1 Dz. U. nr 65/03 poz. 595 i może być podstawą do uzyskania, stopnia doktora nauk technicznych. W związku z powyższym praca może być dopuszczona do publicznej obrony.

