

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła NIERADKI**  
**pt. „Zastosowanie filtracji Monte Carlo**  
**do korekcji ujemnych współczynników strat**  
**w Eksperymentalnej Statystycznej Analizie Energii”**

**Podstawy formalne opracowania recenzji:**

Recenzję pracy doktorskiej mgr. inż. Pawła Nieradki opracowano na podstawie pisma RDN AEETK/12/2024 z dnia 12.02.2024 r. zgodnie z Uchwałą nr 820/35/RDN02/2021-2024 z dnia 29.01.2024 r. Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Wrocławskiej.

**1. Uwagi o wyborze tematyki pracy**

Mnogość maszyn i urządzeń technicznych we współczesnym świecie ułatwia pracę i poprawia komfort życia ludzi. Powszechne wykorzystanie zdobyczy cywilizacyjnych ma również efekty uboczne, między innymi może potęgować narażenia na szkodliwe dla zdrowia oddziaływania czynników powstających podczas procesów eksploatacyjnych, w tym na hałas i drgania. Potrzeba optymalizacji konstrukcji dla obniżenia aktywności wibroakustycznej jest więc postulatem naturalnym stanowiąc wyzwanie dla wielu przedsiębiorstw i zespołów badawczych. Trudno zatem



w aspekcie doskonalenia obiektów technicznych przecenić rolę modelowania propagacji energii wibroakustycznej popartej praktyczną weryfikacją opracowanych modeli.

Uważam, że tematyka pracy jest aktualna, a badania służące doskonaleniu narzędzi wspomagających projektowanie maszyn cichobieżnych mają istotne znaczenie naukowe i użyteczne.

## 2. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny praca liczy 114 stron. Główna część merytoryczna zawiera 93 strony tekstu łącznie z rysunkami i tabelami; resztę stanowią: licząca 101 pozycji bibliografia, strona tytułowa, podziękowania, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, spis rysunków, spis tablic, oraz lista akronimów.

W pierwszym rozdziale zatytułowanym „Wprowadzenie” Autor formułuje tezę, sygnalizuje główne obszary zastosowań statystycznej analizy energii, przedstawia cel i omawia układ pracy.

Drugi rozdział został opracowany na podstawie informacji literaturowych. Zawiera on informacje o metodzie statystycznej analizy energii z uwypukleniem pomiarowych możliwości wyznaczania współczynników strat jako parametrów kluczowych dla wnioskowania o bilansie energetycznym. Zwrócono uwagę na możliwość wystąpienia ujemnych wartości współczynników i zaproponowano tryb generowania populacji macierzy umożliwiający uzyskanie wyłącznie dodatnich współczynników strat.

W kolejnym rozdziale Doktorant przedstawił autorski opis trybu rozszerzenia obszaru poszukiwań (ESA) w wariancie podstawowym oraz dla skalowania zwiększającego wyłącznie elementy głównej przekątnej macierzy przyrostów energii, przedyskutował również błędy związane z techniką ESA. Podkreślił celowość stosowania metody filtracji Monte Carlo z rozszerzeniem obszaru poszukiwań w pasmach częstotliwości, dla których nie udaje się inaczej uzyskać poprawnych wyników.

W dalszej części pracy Autor wykazuje poprawność postawionej tezy. W tym celu realizuje cykl badań eksperymentalnych, których opis zawiera rozdział czwarty. Konstrukcja i lokalizacja stelaża do podwieszania struktur (płyt lub belek stalowych różnie wytłumionych połączonych kilkoma sposobami) minimalizuje propagację energii wibroakustycznej między badanymi systemami mechanicznymi a otoczeniem.

Synchronicznie zarejestrowane wymuszenia i odpowiedzi drganiowe w wybranych punktach podsystemów posłużyły jako dane do weryfikacji skuteczności technik korekcji ujemnych współczynników strat.

Analizie wyników eksperymentów stanowiskowych ukierunkowanej na identyfikację współczynników strat w badanych systemach poświęcono rozdział piąty. Zwrócono szczególną uwagę na skuteczność i wiarygodność poszczególnych technik korekcji ujemnych wartości współczynników w kontekście stopnia złożoności systemu (ilość podsystemów, tłumienie, rodzaj złącz). Zasygnalizowano również ograniczoną przydatność symulacji numerycznych do odwzorowania transmisji drgań przez złącza bazując na porównaniu wyników uzyskanych przez modelowanie z wartościami określonymi eksperymentalnie.

Podsumowanie uzyskanych rezultatów Autor przedstawił w ostatnim, szóstym rozdziale. Przeprowadzone badania i analizy dowiodły, że niezależnie od stopnia spełnienia założeń metody statystycznej analizy energii, można z zastosowaniem adekwatnej techniki rozszerzenia obszaru poszukiwań przy właściwie dobranym rozkładzie generowanej populacji macierzy energii skutecznie korygować metodą filtracji Monte Carlo ujemne współczynniki strat dla systemów o ograniczonym stopniu złożoności (do trzech podsystemów). Osiągnięte rezultaty zachęcają do dalszego doskonalenia metodyki o dużym potencjale aplikacyjnym w obszarze projektowania maszyn cichobieżnych.

### **3. Ocena pracy**

Struktura pracy jest przejrzysta i logiczna. Autor w pierwszych słowach sformułował tezę pracy: „Dobór odpowiedniej techniki rozszerzania obszaru poszukiwań (w tym zaproponowanej w pracy metody DESA) oraz dobór właściwego rozkładu generowanej populacji macierzy energii pozwala na uzyskanie pełnej skuteczności metody MCF w korekcji ujemnych współczynników strat identyfikowanych systemów SEA o liczbie podsystemów  $N \leq 4$ , niezależnie od stopnia spełnienia założeń SEA”. Jako cel pracy wskazał udzielenie odpowiedzi na trzy pytania badawcze bezpośrednio związane z meritum postawionej tezy.

Istotę, założenia i ograniczenia metody statystycznej analizy energii (SEA), generowanie populacji macierzy energii, oraz sposób tworzenia podzbioru macierzy

strat na potrzeby określania współczynników strat omówiono nawiązując do prac wcześniejszych. Przegląd literaturowy jest opracowany właściwie, odzwierciedla aktualny stan wiedzy, nawiązuje do badań związanych z problematyką rozprawy prowadzonych w ośrodkach krajowych i zagranicznych. Wybór literatury jest trafny a sposób cytowania poprawny, co świadczy o umiejętności posługiwania się przez Autora materiałem bibliograficznym.

Przeprowadzona dyskusja wybranych aspektów teoretycznych metodyki prawidłowo akcentuje autorski wkład Doktoranta, a zaproponowane kryterium daje narzędzie do kwalifikacji rezultatów obliczeń symulacyjnych.

Istotny element procesu weryfikacji tezy pracy wymagał opracowania koncepcji badań i zbadania realnych systemów mechanicznych. **Właściwie zaplanowane i zrealizowane eksperymenty stanowiskowe uważam za mocną stroną rozprawy, zaś wykazana przez Doktoranta umiejętność wykorzystania materiału empirycznego do efektywnej realizacji postawionego celu dobrze prognozuje Jego dalszemu rozwojowi naukowemu.**

Praca została zakończona poprawnie sformułowanymi wnioskami i wskazaniem kierunku rozwoju narzędzia powstałego jako jej rezultat. Poprzez uzyskanie odpowiedzi na trzy pytania badawcze zrealizowano cel pracy uzasadniając jednocześnie związaną z tym celem tezę, a wyniki badań mają znaczenie naukowe i użyteczne, stanowią wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych.

**Całość działań przedstawionych w pracy oceniam pozytywnie pod względem merytorycznym i metodycznym.** Autor poprawnie zrealizował badania literaturowe, właściwie zaplanował i wykonał analizy oraz eksperymenty prowadzące do osiągnięcia celu pracy, wskazał możliwości wykorzystania udoskonalonej statystycznej analizy energii w praktyce inżynierskiej.

#### 4. Szczegółowe uwagi krytyczne

W trakcie czytania pracy nasuwają się następujące uwagi i pytania:

- Przy dużej ilości odwołań literaturowych rezygnacja z numeracji odnośników bibliograficznych utrudnia (zwłaszcza przy niespójnym pozycjonowaniu prac jednego autora – na przykład MJ Fernandez de las Heras), identyfikację powołanych w tekście artykułów.

- Obliczenia zrealizowane z wykorzystaniem danych zarejestrowanych podczas badań stanowiskowych mają kluczowe znaczenie dla weryfikacji tezy rozprawy. Wnioskowanie poparte przykładami jest klarowne, niemniej przykłady słabo eksponują poszczególne etapy przetwarzania numerycznego. Niemniej rezygnacja z prezentacji przykładowych pełnych danych (w tym wymuszeń i odpowiedzi w punktach pomiarowych - na przykład jako załącznik do pracy) oraz kolejnych kroków obliczeń nie pozwala czytelnikowi odtworzyć części zrealizowanych działań. Dlaczego Autor zrezygnował z prezentacji przykładu poprawiającego przejrzystość opisu i uwiarygodniającego proces wnioskowania?
- Syntetyczny opis obiektów i trybu wykonania badań stanowiskowych utrudnia precyzyjne odtworzenie zrealizowanych działań, szczególnie dla systemów o kilku elementach. Gdzie konkretne struktury pobudzano udarowo, jak rejestrowano odpowiedzi na te wymuszenia?
- Czy niepewność pomiarów wpływa (i ewentualnie jak) na rezultaty badań? Dlaczego zrezygnowano z dyskusji składowych niepewności i pominięto kwestie dotyczące tego aspektu dobrej praktyki laboratoryjnej?
- Czy przepływ energii w formie fal poprzecznych i podłużnych stanowi wystarczającą przesłankę do rozpatrywania tej samej struktury jako dwóch podsystemów?

## 5. Uwagi o stronie edytorskiej rozprawy

Praca pod względem edytorskim jest opracowana starannie. Incydentalne drobne błędy stylistyczne bądź edytorskie nie obniżają czytelności ani nie utrudniają odbioru pracy.

## 6. Wnioski końcowe

Sformułowane przeze mnie wątpliwości nie obniżają pozytywnej całościowej oceny pracy. Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa jest wartościowa pod względem poznawczym i utylitarnym, zawiera nowatorskie spojrzenie na możliwości

wykorzystania statystycznej analizy energii do modelowania propagacji energii wibroakustycznej na potrzeby konstruowania maszyn cichobieżnych.

Mgr inż. Paweł Nieradka wykazał się umiejętnością postawienia i rozwiązania problemu naukowego, jakim jest właściwe zaplanowanie i zrealizowanie badań literaturowych, symulacyjnych, eksperymentalnych oraz wykorzystanie rezultatów do poprawnego formułowania wniosków. Doktorant wykazał, że ma odpowiedni zasób wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne oraz, że potrafi samodzielnie prowadzić pracę naukową.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgr. inż. Pawła Nieradki „Zastosowanie filtracji Monte Carlo do korekcji ujemnych współczynników strat w Eksperymentalnej Statystycznej Analizie Energii” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. 2023 r. poz. 7429 z późn. zm.) i może zostać dopuszczona do publicznej obrony.

*Gregorz Klekot*