

**RECENZJA**  
**ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANI MGR INŻ. NATALII LASOWICZ**  
**„BADANIA EFEKTYWNOŚCI ZASTOSOWANIA TŁUMIKÓW POLIMEROWYCH**  
**DO REDUKCJI DRGAŃ TYMCZASOWYCH TRYBUN METALOWYCH**  
**PODDANYCH ODDZIAŁYWANIOM DYNAMICZNYM WYWOŁANYM**  
**ZACHOWANIEM WIDZÓW”**

**Podstawa formalna i przedmiot recenzji**

Niniejszą recenzję opracowałem na prośbę Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, Pana profesora Krzysztofa Wilde, wyrażoną w piśmie z dnia 19 marca 2018 roku.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani magister inżynier Natalii Lasowicz pt. „Badania efektywności zastosowania tłumików polimerowych do redukcji drgań tymczasowych trybun metalowych poddanych oddziaływaniom dynamicznym wywołanym zachowaniem widzów”. Praca ta została przygotowana na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem Pana prof. dra hab. inż. Roberta Jankowskiego jako promotora i Pana dra hab. inż. Arkadiusza Kwietnia prof. PK jako promotora pomocniczego.

Opiniowana dysertacja zawarta jest w jednym tomie, liczącym 272 strony.

**Problematyka rozprawy**

Jako temat swojej rozprawy Doktorantka wybrała problematykę efektywności tłumienia drgań przy użyciu tłumików polimerowych – w odniesieniu do tymczasowych trybun o konstrukcji metalowej. Zagadnienie tłumienia drgań konstrukcji jest oczywiście dobrze znane i opisane, jednak użycie tłumików z udziałem polimerów jest słabo rozpoznane badawczo, a ma istotne znaczenie praktyczne. Tym samym temat badawczy podjęty przez Doktorantkę należy uznać jako aktualny i ważny.

W powyższym kontekście Doktorantka postawiła jedną tezę, a mianowicie:

- zastosowanie tłumików polimerowych prowadzi do wzrostu tłumienia drgań tymczasowej trybuny metalowej, co skutkuje znacznym zwiększeniem odporności dynamicznej konstrukcji.

### **Treść rozprawy**

Treść rozprawy zawarta jest w siedmiu zasadniczych rozdziałach, uzupełnionych wykazem cytowanej literatury (92 pozycje + 12 norm + 9 stron internetowych) i Załącznikiem z wynikami badań.

Rozdział 1 (9 stron) zawiera krótki wstęp poświęcony awariom trybun i zasadom tłumienia drgań, a dalej cel pracy, jej tezę i opis struktury.

W rozdziale 2 (12 stron) Autorka scharakteryzowała trybuny metalowe oraz zasady ich projektowania, w tym na oddziaływania dynamiczne.

Rozdział 3 (10 stron) zawiera opis polimerów, w tym ich właściwości mechaniczne i podstawowe sposoby modelowania.

W rozdziale 4 (124 strony) Autorka przedstawiła badania wykonane w zakresie belek wspornikowych – aluminiowych oraz aluminiowo-polimerowych, w różnych konfiguracjach grubości warstwy polimeru oraz masy skupionej na końcu wspornika. Pod koniec rozdziału znalazła się krótka analiza numeryczna badanych belek.

Rozdział 5 (27 stron) zawiera opis badań fragmentu tymczasowej trybuny stalowej ze stężeniem typowym i ze stężeniem w postaci tłumika z warstwą polimeru. W rozdziale tym zawarte są również wyniki analizy numerycznej badanej konstrukcji.

W rozdziale 6 (23 strony) Autorka przedstawiła wyniki analizy numerycznej dwóch modeli rzeczywistej trybuny stalowej – z typowymi stężeniami i z tłumikami z warstwą polimeru.

Rozdział 7 (3 strony) to krótkie podsumowanie pracy z wnioskami końcowymi, w tym w zakresie przyjętej tezy.

### **Merytoryczna ocena rozprawy**

Już na początku tej części recenzji stwierdzam, że opiniowaną rozprawę doktorską Pani magister inżynier Natalii Lasowicz oceniam pozytywnie. Za taką oceną przemawiają poniższe argumenty.

- Temat rozprawy jest dobrany trafnie, ma bowiem zarówno znaczenie poznawcze, jak i bezpośrednie odniesienie do praktyki projektowej i wykonawczej. Jest to, w moim

pojęciu, szczególnie cenne, świadczy bowiem o umiejętności sformułowania tematu badawczego powiązanego z rzeczywistymi problemami konstrukcyjnymi.

- Autorka wykazała dobrą znajomość poruszanej tematyki, wyrażoną w dość krótkim, ale merytorycznym przeglądzie stanu wiedzy.
- Program badań i obliczeń został poprawnie dobrany (z pewnymi uwagami krytycznymi zawartymi w dalszej części recenzji) i umiejętnie zrealizowany. Na podkreślenie zasługuje tutaj wykonanie szczegółowych badań własnych.
- Wyniki badań i analiz zostały przedstawione w sposób szczegółowy, co pozwala na ich wykorzystanie przez innych badaczy i wykonanie odrębnych analiz.
- Autorka wykazała się umiejętnością prawidłowego i logicznego wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników badań i analiz. Jest to cenna umiejętność, bowiem najlepiej nawet opracowane wyniki bez odpowiedniej interpretacji pozostają jedynie zbiorem liczb i wykresów.
- Autorka w sposób uczciwy zaprezentowała także te wyniki i analizy, które nie wykazywały zadowalającej wzajemnej zgodności.

Wśród szczegółowych osiągnięć poznawczych pracy wymienić należy:

- wykazanie jakościowego i ilościowego wpływu warstwy polimeru na dynamiczne zachowanie się metalowych elementów konstrukcyjnych,
- wykazanie wyraźnie pozytywnego wpływu tłumików wykonanych z warstwą polimeru na dynamiczne zachowanie się stalowej konstrukcji prętowej,
- wykazanie możliwości wiarygodnego modelowania i analizy numerycznej elementów/konstrukcji metalowych wykonanych z udziałem polimeru jako warstwy tłumiącej,
- wykazanie możliwości wiarygodnego modelowania stalowych konstrukcji prętowych poddanych obciążeniom dynamicznym w postaci synchronicznych wymuszeń podskokami widzów.

Obowiązkiem recenzenta jest także sformułowanie pytań i uwag krytycznych, w tym o charakterze dyskusyjnym. Poniżej przedstawiłem wybrane uwagi (w nieco przypadkowej kolejności).

- Dlaczego badania wstępne prowadzono na płaskownikach aluminiowych, skoro zasadnicza część pracy dotyczy konstrukcji stalowych, a tłumik użyty do badań fragmentu trybuny również wykonany był z kątowników stalowych?

- Czy właściwości materiałowe aluminium (Tablica 4.1) były zbadane, czy przyjęte? Jeśli były przyjęte (na co wskazują "okrągłe" wartości), to dlaczego ich nie zbadano, co pozwoliłoby na dokładniejsze modelowanie materiału? Dziwi to, zwłaszcza, w porównaniu z ogromną dokładnością wyznaczania cech materiałowych polimeru (Tablica 3.2).
- Czy badano zależność cech tłumienia elementów lub konstrukcji w zależności od amplitudy wymuszenia (w pracy ta wielkość nie jest nigdzie podana)?
- Czym Autorka tłumaczy wyraźnie różne wartości liczby tłumienia przy tej samej postaci drgań, lecz wywołanych innym impulsem (szarpnięcie końca belki albo uderzenie młotkiem modalnym)?
- Czy zapewniono identyczne warunki termiczne podczas wszystkich eksperymentów? Jak Autorka ocenia ewentualny wpływ zmian temperatury na zachowanie się rzeczywistej konstrukcji z tłumikami polimerowymi?
- Jak Autorka ocenia możliwą różnicę wyników uzyskanych w badaniach modelu obciążonego masą kostek betonowych, w stosunku do rzeczywistego obciążenia ludźmi (całkiem inne parametry tłumienia)?
- Jak Autorka ocenia możliwą różnicę wyników w badaniach modelu z wymuszeniem w postaci szarpnięcia albo rozhuśtania przez jedną osobę, w stosunku do rzeczywistego wymuszenia w postaci rytmicznych podskoków grupy ludzi?
- Czy rozpatrywano schematy z masą tłumiącą (widzami) w nierównomiernym układzie, np. tylko na górze, albo po jednej stronie trybuny?
- Jak Autorka szacuje wpływ luzów w węzłach konstrukcji na jej zachowanie się dynamiczne?

Komentarz do części powyższych pytań: pomijając całkiem inne parametry tłumienia ciała ludzkiego i betonu (na dodatek w formie kilkunastu oddzielnych kostek), podskakujący ludzie tracą kontakt z konstrukcją, a kostki betonowe wciąż na niej leżą. Ponadto, co istotne, w rzeczywistych warunkach energia wymuszenia jest niewspółmiernie większa, a samo wymuszenie ma charakter cykliczny. Inny jest też punkt przyłożenia wymuszenia.

W tym miejscu mam również uwagę o charakterze redakcyjnym. Otóż, ogromna zaleta pracy, jaką jest rozległe i dokładne przedstawienie wyników badań, jest jednocześnie jej wadą, bowiem w nawale szczegółowych wyników nieco gubią się te najistotniejsze. Moim zdaniem znaczną część wyników cząstkowych, a zwłaszcza powtarzające się zestawy wykresów, można było zamieścić w załącznikach, a w podstawowej treści jedynie zbiorcze wykresy i tablice, z odpowiednim komentarzem. Takie podejście ułatwiłoby odbiór pracy, pozwalając jednocześnie osobom zainteresowanym na dostęp do szczegółowych danych.

W zakresie edytorskim oraz językowym praca stoi na bardzo dobrym poziomie, chociaż rażą pewne niedociągnięcia, a wśród nich:

- lokalnie błędne sformułowania, np. "Długość najdłuższego odcinka..." (str. 164), "odzwierciedlał tą samą belkę..." (str. 79, powinno być "tę" samą), użycie terminu "posiadać" w odniesieniu do przedmiotu (str. 31),
- drobne literówki, np. "wszytskie" zamiast "wszystkie" (str. 196),
- miejscami nieco dziwny układ przecinków, czasami zmieniający sens zdania,
- zapis jednostki [mm] jako [MM] (w tytułach rozdziałów); użyty symbol nic nie znaczy w układzie SI,
- stosowanie spacji pomiędzy wartością i symbolem % (w paru miejscach, na dodatek niekonsekwentnie),
- nieco dziwny przeskok myślowy od końca XVIII wieku do roku 1923 (str. 23),
- błędny podpis pod rysunkiem 4.53 (tutaj dwa błędy, bowiem rysunek przedstawia liczby tłumienia, a nie częstotliwości drgań i dotyczy pierwszej, a nie drugiej postaci drgań),
- błędny zapis na rys. 4.77 (rysunek dotyczy drugiej częstotliwości drgań, a w polu wykresu opisana jest pierwsza postać),
- błędny podpis pod rys. 4.84 – na rysunku nie pokazano sposobu wzbudzania drgań,
- niezgodność wartości średniej liczby tłumienia w przypadku drugiej postaci drgań – w opisie jest 1,16%, a w Tablicy 4.13 0,71% (str. 94).

Cytowane wyżej drobne niedociągnięcia nie zaburzają czytelności opracowania, a zwróciłem na nie uwagę, aby ustrzec Autorkę przed powtórzeniem ich w przyszłych publikacjach, które, moim zdaniem, powinny powstać w celu upowszechnienia wyników pracy.

### **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani magister inżynier Natalii Lasowicz pt. „Badania efektywności zastosowania tłumików polimerowych do redukcji drgań tymczasowych trybun metalowych poddanych oddziaływaniom dynamicznym wywołanym zachowaniem widzów” stanowi cenny wkład w rozwój wiedzy w zakresie trudnego i odpowiedzialnego problemu jakim jest projektowanie tymczasowych stalowych konstrukcji prętowych narażonych na oddziaływania dynamiczne.

Pomimo sformułowanych wcześniej uwag krytycznych uważam recenzowaną pracę za oryginalną i cenną, spełniającą wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Ponadto, co istotne, recenzowana praca udowadnia spełnienie przez Doktorantkę wymagań stawianych na ósmym poziomie uczenia się (wg Europejskich Ram Kwalifikacji) w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji.

Tym samym wnoszę o dopuszczenie Pani magister inżynier Natalii Lasowicz do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

.....

dr hab. inż. Jacek Hulimka prof. PŚ