

Prof.dr hab. inż. Jerzy Bajkowski  
Instytut Podstaw Budowy Maszyn  
Politechnika Warszawska  
02-524 Warszawa  
Narbutta 84

**RECENZJA**  
rozprawy doktorskiej  
**mgr. inż. Agnieszki Pręgowskiej**  
p.t.

**PÓŁAKTYWNE STEROWANIE UKŁADAMI MECHANICZNYMI  
DRGAJĄCYMI SKRĘTNIE**

**1. Uwagi dotyczące tematu rozprawy, sformułowanego celu, tezy oraz zakresu pracy**

Przedmiotem pracy są zagadnienia modelowania, analizy, badań eksperymentalnych i symulacyjnych, procesu półaktywnego sterowania obiektem przy wykorzystaniu obrotowego tłumika z cieczą magnetoreologiczną (MR).

Odkryte przed ponad 60-ma laty, magnetyczne ciecze sterowalne, mimo bardzo zaawansowanych i intensywnych badań, początkowo militarnych, a od początku lat 70-tych ub. wieku także cywilnych, pozostają w dalszym ciągu, w centrum zainteresowania wielu ośrodków uniwersyteckich i badawczych. Przyczyną tego są niewątpliwie ich szczególne właściwości polegające na szybkich zmianach pozornej lepkości cieczy, łatwości sterowania oraz możliwie szerokiego spektrum zastosowań, w urządzeniach technicznych. Te trzy dziedziny zainteresowań badawczych, a więc zagadnienia dotyczące kompozycji cieczy MR, sterowanie ich właściwościami oraz aplikacje w urządzeniach technicznych są w dalszym ciągu bardzo intensywnie rozwijane. Opiniowana praca dotyczy dwóch ostatnich sfer zainteresowania naukowego i inżynierskiego. Jest poświęcona przede wszystkim zagadnieniom sterowania układem mechanicznym z wykorzystaniem urządzeń MR, jakimi w tym przypadku są obrotowe tłumiki magnetoreologiczne.

W grupie badań, które dotyczą układów mechanicznych z urządzeniami MR, zagadnienia sterowania, mimo że od początków odkrycia magnetycznych cieczy sterowalnych, są intensywnie rozwijane, a ich wyniki najczęściej publikowane, w dalszym ciągu pozostawiają szerokie pole badawcze do opracowywania. Przyczynkiem wypełniającym pewną część zagadnień związanych ze sterowaniem układami mechanicznymi z cieczami MR, jest opiniowana praca. Podjęcie się opracowania tytułowego zagadnienia, uważam więc za celowe, gdyż rozszerza wiedzę dotyczącą tej sfery badań.

Nie budzi żadnych wątpliwości i dwuznaczności tytuł pracy, który wiernie odzwierciedla merytoryczną treść dysertacji.

W znajdującym się na początku pracy jej streszczeniu, sformułowano cel pracy jako „dobór optymalnych koncepcji sterowania ...”, a w podrozdziale 2.1 zatytułowanym „Cel rozprawy”: „...zapropozowanie skutecznego sposobu minimalizowania lub eliminowania pasożytniczych ruchów w postaci drgań mechanicznych”. Po zapoznaniu się z treścią pracy uważam, że znacznie bardziej jej cel odwzorowuje stwierdzenie zawarte w streszczeniu pracy, chociaż powinno być ono uzupełnione o część drugiego stwierdzenia. Tak więc, w moim przekonaniu, cel pracy mógłby być sformułowany, np.. następująco: „Celem pracy jest dobór optymalnych koncepcji sterowania oraz zapropozowanie skutecznego sposobu minimalizowania drgań układów mechanicznych z wykorzystaniem obrotowych tłumików magnetoreologicznych”.

Podrozdział oznaczony numerem 2.2, noszący tytuł „Tezy pracy”, moim zdaniem został sformułowany niezręcznie. Na podstawie materiału, który został w nim zawarty, bez najmniejszego trudu można sformułować jednoznaczną, jedno lub dwuzdaniową, tezę rozprawy. Autorka jednak nie zrobiła tego w sposób wyrazisty i jednoznaczny. Wybranie opisowej formy przedstawiania tezy, nie jest formą najwłaściwszą. To dlatego, w tekście tego podrozdziału, obok określeń dotyczących istoty, rozwiązywanego w dysertacji głównego problemu, pojawiły się moim zdaniem zupełnie niepotrzebne, określenia dotyczące metodyki badawczej czy zakresu pracy. A przecież teza to coś co mamy do udowodnienia, a więc powinno być sformułowane, możliwie krótko, jasno i jednoznacznie.

Mimo pewnych zastrzeżeń, które dotyczą niektórych sformułowań zawartych w podrozdziale 2.3 noszącym tytuł: „Zakres rozprawy”, uważam, że zaprezentowany tam materiał dobrze odzwierciedla całość zawartych w pracy działań badawczych; gwarantują one pełną możliwość udowodnienia tezy pracy i osiągnięcie założonych jej celów.

Stwierdzam więc, iż zapropozowany zakres dysertacji wyczerpuje warunki jakie są standardami podczas realizacji tego typu prac. Dodatkowym atutem, w tym względzie, jest bardzo precyzyjne i staranne sformułowanie kolejnych zadań przewidzianych do realizacji. Takie działanie wpłynęło bardzo korzystnie na późniejszy klarowny układ całej pracy, która jest bardzo przejrzysta zwłaszcza w układzie tematycznym.

## **2. Struktura i krótka charakterystyka pracy**

Opiniowana praca składa się z dziewięciu rozdziałów, streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu ważniejszych oznaczeń i skrótów oraz spisu literatury i załączników.

Całość została zaprezentowana na 113 stronach. Wykaz literatury obejmuje 72 pozycje; ich wybór można w zasadzie uznać za trafny, choć nie bez zastrzeżeń. Układ treści, podział na rozdziały (choć nierównej wielkości), sformułowanie celu i zakresu pracy, prezentacja metodyki badawczej i wniosków końcowych są czytelne i logiczne.

W krótkim, nawiązującym do wydarzeń historycznych dotyczących odkrycia magnetycznych cieczy sterowalnych wstępie, Autorka odwołując się do podstawowych pojęć z teorii drgań, wprowadza czytelnika w zagadnienie ich tłumienia. Prezentując różne metody tłumienia wskazuje, na ciągle jeszcze nie w pełni wykorzystywane możliwości jakie stwarzają w tym zakresie, odpowiednio sterowane, cieczy magnetoreologiczne.

W drugim rozdziale pracy zaprezentowano cel rozprawy, tezy oraz jej zakres. Zaprezentowany, w tym rozdziale materiał, przedstawiłem w pierwszej części opinii.

Trzeci rozdział pracy został poświęcony przeglądowi literatury. Zaprezentowano w nim ogólny, dość pobieżny podział tłumików, przedstawiono po kilka przykładów tłumików pasywnych i aktywnych; opisano na czym polegają metody półaktywnego i aktywnego tłumienia drgań prezentując kilka inżynierskich rozwiązań urządzeń spełniających odpowiednie wymagania do realizacji takich sposobów tłumienia.

W kolejnym rozdziale pracy został opisany układ napędowy, który został wykorzystany do zaplanowanych przez Autorkę dysertacji, badań eksperymentalnych. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono zasadę działania obrotowego tłumika MR oraz zastosowany układ pomiarowy.

Rezultaty badań eksperymentalnych zostały przedstawione w piątym rozdziale pracy. Opisano w nim zagadnienie dostrajania teoretycznych modeli badanego układu przeprowadzając doświadczalną identyfikację geometrycznych i fizycznych parametrów przyjętych, w przedstawionych w kolejnym rozdziale, modelach obliczeniowych.

W szóstym rozdziale dysertacji są prezentowane opracowane modele badanego układu napędowego. Zostały opisane trzy takie modele: dyskretno ciągły, dyskretny oraz model, wykorzystywanego w eksperymencie, silnika asynchronicznego.

Rozbudowany rozdział siódmy pracy dotyczy sterowania badanym układem. Po ogólnej prezentacji metod optymalnego sterowania, przedstawiony został uproszczony model matematyczny układu, z rozwiązaniem analitycznym, pół analitycznym i numerycznym. W tym samym rozdziale zaprezentowano również opracowany sposób sterowania drganiami badanego układu oraz wyznaczono optymalne wartości współczynnika tłumienia. Rozdział zamyka opis sterowania układu przy wykorzystaniu metody zamkniętej pętli.

Kolejny, ósmy rozdział, poświęcono analizie rezultatów badań. Dotyczy ona wyników badań eksperymentalnych, przy których wartości współczynników tłumienia były stałe lub zmienne; dokonano również porównania rezultatów przeprowadzonych badań eksperymentalnych z wynikami otrzymanymi na drodze obliczeń teoretycznych.

Ostatni rozdział pracy skonstruowany został standardowo. Zawiera wnioski, wskazuje elementy nowości zaprezentowanej pracy oraz wytycza kierunki dalszych badań.

Pracę uzupełniają dwa załączniki, które prezentują otrzymane w wyniku badań wartości skrzętnych i giętnych drgań własnych układu.

### **3. Ogólna ocena i uwagi dotyczące rozprawy**

Zaproponowany temat rozprawy jest aktualny i bardzo ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego. Wpisuje się bardzo dobrze w sferę działań badaczy i naukowców stawiających za cel dalsze doskonalenie metod sterowania urządzeń, maszyn i pojazdów wykorzystujących do podniesienia ich poziomu technicznego, urządzenia z cieczami magnetoreologicznymi, a więc m.in. tłumików, amortyzatorów, sprzęgieł i hamulców, a także podnoszenie poziomu sterowania procesami transportu tych cieczy, np. leków do określonych partii organizmu, transportu czynników promieniotwórczych czy dostosowywaniem parametrów do wymaganych warunków, w urządzeniach militarnych. Mimo że został sformułowany w sposób, który mógłby sugerować, iż praca ma charakter inżynierski, zachowano prawidłowe proporcje pomiędzy wątkiem naukowym i inżynierskim.

Bardzo wysoko oceniam zwłaszcza drugą część rozprawy, w której Autorka skoncentrowała się ściśle na zagadnieniach sterowania. Sformułowanie tytułu czwartego rozdziału mogłoby wskazywać, że praca dotyczy rozwiązania jednostkowego. Tymczasem jest dokładnie odwrotnie. Wszystkie omawiane w pracy zagadnienia i problemy, proponowane modele i analizy mają charakter ogólny, dotyczą różnych typów i grup układów mechanicznych, w których jako głównym elementem sterującym są urządzenia pracujące na bazie cieczy MR.

Układ merytoryczny i strukturalny pracy oceniam jako prawidłowy dla tego typu prac. Bez trudu zauważa się trzy części pracy.

W pierwszej z nich, którą stanowią rozdziały, do trzeciego włącznie, Autorka posługując się dostępną literaturą, uzasadnia celowość podjętego tematu, po czym prezentuje założony



główny cel pracy, formułuje jej tezy, opisując dalej przedmiot badań, który stanowi podstawę rozwiązywania, kolejnych zadań naukowych.

W części drugiej, na którą składają się rozdziały czwarty i piąty, Autorka przedstawia swój pomysł na realizację badań eksperymentalnych, by następnie, prezentując i wykorzystując stanowisko badawcze, ustalić wszystkie te parametry eksploatacyjne analizowanego urządzenia, które są niezbędne do analizy dynamicznych cech i właściwości zaproponowanego modelu układu mechanicznego. Podobnemu celowi służy również materiał zgromadzony, w kolejnym, piątym rozdziale pracy. Zamieszczono tam, wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych, które stanowią niezbędną bazę do weryfikacji, proponowanych, w dalszej części pracy, modeli układów mechanicznych.

Trzecią część pracy stanowią kolejne, najważniejsze, z punktu widzenia naukowego, pozostałe rozdziały pracy. Szósty rozdział dysertacji poświęcony został budowie dynamicznych modeli analizowanych urządzeń oraz ich opisowi matematycznemu. Wszystkie trzy proponowane modele należy uznać za interesujące; mogą one stanowić wzorzec do opisu podobnych układów mechanicznych, wnoszą również cechy nowości do tradycyjnych opisów takich układów. Zarówno z naukowego jak i inżynierskiego punktu widzenia siódmy rozdział prezentowanej dysertacji jest najważniejszy. W interesujący sposób przedstawiono problem optymalnego sterowania, w funkcji stanu, na każdym etapie procesu, słusznie ukierunkowując strategię sterowania tłumieniem na odpowiednią do przyjętego uproszczonego modelu, klasę zadań. Zamieszczona analiza rezultatów badań dotyczy odpowiednio sformułowanych wcześniej zadań badawczych obejmując również porównanie wyników badań eksperymentalnych i teoretycznych. Kończące pracę wnioski znajdują w pracy pełne uzasadnienie, zostały sformułowane poprawnie. Wskazane kierunki dalszych badań są słuszne, chociaż są one realizowane już aktualnie, dokładnie w zakresie o jakim Autorka pracy wspomina w pracy.

W krótkim wstępie do pracy, Autorka, sformułowała genezę podjęcia się opracowania tematu słusznie wskazując na niewykorzystane dotychczas możliwości jakie stwarzają, w tym zakresie, ciecze sterowalne, w tym ciecze MR w szczególności.

Już na początku pracy jej Autorka ustosunkowuje się bardzo negatywnie do zjawisk jakim poświęciła całą pracę, a więc do drgań. W całym wstępie, i w dalszej części pracy, mówi się tylko o ich szkodliwym wpływie, zupełnie zapominając, iż nie zawsze te zjawiska są aż tak niepotrzebne, a czasami wręcz konieczne do spełniania roli pozytywnej. Oczywiście nie jest to zarzut istotny, w stosunku do Autorki, która jak sądzę, traktuje to zjawisko bardzo negatywnie bo stawia sobie za cel ich eliminację.

Uwagi dotyczące drugiego rozdziału pracy, który poświęcony jest określeniu jej celu, sformułowaniu tez oraz zakresowi, zamieściłem w pierwszej części opinii. Podkreślam, że nie przekonuje mnie poprawność formy zaprezentowanej tezy pracy.

Rozdział trzeci opracowania to encyklopedyczne przedstawienie, stosowanych tłumików drgań i dość pobieżna prezentacja metod pasywnego, aktywnego i półaktywnego tłumienia drgań. Wybrane pozycje literaturowe, na podstawie których opracowano materiał, nie zawsze zostały dobrane prawidłowo. Pewne zdziwienie budzi fakt odwoływania się do publikacji z ub. wieku, podczas gdy te same zagadnienia były opisywane, w rozszerzonym zakresie znacznie później. Takich pozycji, w tym rozdziale jest przywoływanych aż 16, nie wliczając w to, znacznie starszych, co jest oczywiście słuszne, opracowań źródłowych. Pozostałe pozycje literaturowe, do których odwołuje się Dysertantka, zostały moim zdaniem wybrane prawidłowo (jest ich 21). Są to najnowsze prace z których Autorka korzystała.

Analiza stanu wiedzy została dokonana w miarę starannie i w stopniu, na potrzeby pracy, zadowalającym.

Druga część dysertacji obejmuje rozdziały czwarty i piąty. Pierwszy z nich jest zatytułowany „Laboratoryjny układ napędowy”, drugi, „Badania eksperymentalne”. Treść

rozdziału czwartego została opracowana nieco przewrotnie. Autorka opisuje konstrukcję układu napędowego na początku rozdziału wplatając weń również, zasadę działania cieczy MR. Znaczna część rozdziału została poświęcona także opisowi budowy i zasadzie działania tłumika MR; przytoczone zostały również katalogowe charakterystyki cieczy, jaką badany tłumik był wypełniony, a także zaproponowano opis jej właściwości przywołując modele reologiczne Bingham'a oraz Herschela-Bulkleya. Po takim opisie Dysertantka wraca ponownie do generalnego opisu stanowiska badawczego prezentując jego układ pomiarowy. W związku z zaproponowanym układem prezentacji materiału w tym rozdziale, uważam, że Autorka z powodzeniem i bez straty dla poziomu swojej pracy, mogła zupełnie zrezygnować z prezentacji zasady działania tłumika, a tym bardziej z opisu zjawisk w nim zachodzących z chwilą, gdy na ciecz MR, działa pole magnetyczne. Są to bowiem elementy i zjawiska powszechnie znane.

Podoba mi się układ i materiał zgromadzony w piątym rozdziale pracy. Klarownie przedstawione zostały badane warianty układów mechanicznych; dla każdego z nich zaprezentowane zostały rezultaty eksperymentów badawczych.

Kolejny rozdział pracy opisuje trzy opracowane modele badanego układu: dyskretno-ciągły oraz dyskretny, a także model silnika asynchronicznego. Szczególnie interesujący jest tu, uwzględniający przepływ prądu w stojanie oraz wirniku, opracowany model wymuszenia, powodowany przez silnik elektryczny. W każdym z analizowanych przypadków opracowane modele znajdują logiczne uzasadnienie z punktu widzenia ich budowy i opisu.

Wprowadzeniem, do bardzo ważnego dla pracy rozdziału, o sterowaniu mechanicznym układem drgającym jest przypomnienie podstawowych definicji i pojęć oraz klasyfikacji metod sterowania, a także podobnych pojęć, które dotyczą sterowania optymalnego.

W zaproponowanym, uproszczonym modelu układu ukierunkowano strategię sterowania na zadaną klasę zagadnień i zastosowano sterowanie matematyczne. Przyjmując model obiektu złożony z odkształcalnego skrętnie pręta i odpowiednie warunki brzegowe, opracowano kilka wariantów uproszczonego modelu z tłumikiem MR formułując hiperboliczne równanie ruchu wału sprzężone z różniczkowym równaniem tłumika MR.

Zarówno zaproponowane rozwiązanie analityczne z jednym wyrazem Fouriera jak również rozwiązanie półanalityczne, gdzie liczba wyrazów rozwinięcia Fouriera może być dowolna, okazały się bardzo korzystne ze względu na możliwość prowadzenia szczegółowej analizy właściwości badanego układu jak również ze względu na możliwość analizy wrażliwości na proponowane wartości parametrów charakteryzujących przyjęty model. Rezultaty wykonanych badań teoretycznych zostały potwierdzone przeprowadzonymi badaniami numerycznymi modelu. Stały się one również podstawą do oszacowania dokładności przeprowadzonych badań eksperymentalnych.

Sformułowane, w dalszej części rozpatrywanego rozdziału, zagadnienia optymalizacyjne badanego modelu zostały opracowane starannie i z dużym powodzeniem. Zaprezentowane na rys.7.7 przebiegi zmian wartości momentów skręcających jakie zostały uzyskane w funkcji czasu i przy różnych charakterystykach tłumienia rezultaty są zbieżne z tymi jakie otrzymano rozwiązując zagadnienie teoretycznie (rys.7.3).

Bardzo pozytywnie należy ocenić również zadania dotyczące wyznaczenia optymalnych wartości współczynnika tłumienia oraz zagadnienie sterowania układu przy wykorzystaniu pętli zamkniętej. Oba te zadania zostały opracowane przekonująco, a ich rezultaty zostały przejrzysto zilustrowane na odpowiednich wykresach (rys.7.9-rys.7.11).

Dokonana, w ósmym rozdziale pracy, analiza wyników badań, została przeprowadzona precyzyjnie i starannie. Została pogłębiona o refleksje Autorki, które znajdują pełne udokumentowanie, w rezultatach badań. Wydzielenie trzech, zamieszczonych w kolejnych podrozdziałach, głównych części analizy, oceniam bardzo korzystnie, ze względu na przejrzystość pracy oraz ze względu na to, że jasno wskazano grupy zagadnień dla których



przebieg procesu tłumienia ma zasadnicze znaczenie, w procesie eliminacji drgań. Jednocześnie uważam jednak, że analiza porównania wyników badań eksperymentalnych z rezultatami otrzymanymi na drodze teoretycznej została zaprezentowana w formie zbyt okrojonej.

Sformułowane, w ostatnim rozdziale pracy, który nosi tytuł „Wnioski końcowe” należy podzielić na takie, które są rzeczywistymi wnioskami i te, które są tylko powrotem do pewnych wyników jakie są niewątpliwym osiągnięciem Autorki, w omawianej pracy. W pełni potwierdzam, iż praca wnosi do dyscypliny „Mechanika” kilka nowatorskich elementów. Wskazane przez Autorkę pracy kierunki dalszych badań jak już wspomniałem wcześniej są aktualnie realizowane m.in. w Polsce.

Moja ogólna ocena dotycząca merytorycznej strony opiniowanej rozprawy jest bardzo wysoka. Uważam również, iż zgromadzony w niej materiał naukowy wyczerpuje z dużym nadatkiem wymagania jakie formułowane w standardach prac doktorskich. Autorka pracy nie rozwiązała jednego tylko zadania naukowego, jakie już wystarczyłoby do spełnienia niezbędnych wymogów stawianych pracom doktorskim; rozwiązała kilka takich zadań. Wszystkie te zadania zostały rozwiązane w sposób niezwykle profesjonalny, precyzyjnie i z dużą starannością. Takie postępowanie wpłynęło również na klarowność rozwiązywanych problemów, które dzięki skoncentrowaniu się na ściśle wybranych klasach rozwiązywania zadań, spowodowały, iż powstało komplementarne opracowanie grupy zagadnień. Wnoszą one niewątpliwie elementy nowatorskiego podejścia do poruszonych w dysertacji zagadnień i są kolejnym przyczynkiem poznawczym, potwierdzonym badaniami eksperymentalnymi, rozszerzającym dyscyplinę „Mechanika”.

Na tle mojej bardzo dobrej oceny merytorycznych aspektów pracy, słabo oceniam jej poziom edytorski. Poza rozdziałami szóstym, siódmym i ósmym, pozostałą część pracy oceniam pod tym względem na ocenę najwyżej dostateczną. Uzasadnieniem tej, w stosunku do oceny strony merytorycznej pracy, negatywnej opinii, w zakresie edytorskim pracy niech będą uwagi, które zamieszczam poniżej w kolejnej części opinii.

#### **4. Uwagi szczegółowe**

##### **4.1 Odnoszące się do całej pracy**

1. W swojej pracy Autorka powszechnie używa bardzo długich wielokrotnie złożonych zdań przez co, stają się one niekiedy zupełnie niezrozumiałe. W wielu przypadkach użyta w tekście składnia przypomina bardziej anglojęzyczną, niż polską. Ma to zdecydowanie negatywny wpływ na jasność opisywanych zagadnień, w wielu przypadkach także na precyzyjną interpretację tekstu.

2. W całej pracy, pojęcia: tłumik i amortyzator są używane zamiennie, co moim zdaniem jest błędne. Dobrze wiemy, że właśnie język polski wyraźnie rozróżnia te dwa urządzenia i jest bardziej precyzyjny niż angielski czy francuski. Tłumik charakteryzuje się tylko właściwościami tłumiącymi, amortyzator dodatkowo posiada właściwości sprężyste.

3. Wszystkie zamieszczone w pracy podpisy pod rysunkami są za długie. Większość tekstu, który znajduje się pod każdym z nich, bez straty dla zrozumienia zamieszczonych na rysunku wykresów, a z bezsprzeczną korzyścią dla strony edytorskiej opracowania, mogłaby być pominięta.

4 Część zamieszczonych w pracy rysunków jest po prostu za mała przez co, niektóre z nich, stają się przez to mało czytelne. Uważam również, że rysunki, na których zilustrowane zostały przebiegi zmian wartości momentów skręcających w funkcji czasu powinny mieć zwiększoną podziałkę na osi odwzorowującej czas, co bez najmniejszego trudu można uzyskać.

5. Na początku pracy zamieszczony został spis skrótów, które w dalszej pracy Autorka wykorzystywała tylko w bardzo niewielkim stopniu.

6. W cytowaniach prac znajdujących się w spisie literatury, często są przywoływane nie prace źródłowe lecz nawiązujące do nich, prace późniejsze. Uważam, że w takich przypadkach, należy jednak powołując się na prace późniejsze, podawać również źródło pierwotne.

7. Używane wielokrotnie określenie ...,*osadzonych w przekrojach poprzecznych wału*” jest w moim przekonaniu błędne. Należy używać pojęcia: zamocowanie oraz np. są łącznikiem itd...

8. W moim przekonaniu dobór opracowań literaturowych, zwłaszcza w zakresie dotyczącym cieczy i urządzeń MR, nie został wybrany najtrafniej.

#### 4.2 Uwagi szczegółowe mające charakter jednostkowych

Ten typ uwag ma dwojaki charakter. Pierwszy, to usterki edytorskie, drugi mające bardzo różny charakter, w tym niektóre, merytoryczny.

Usterki edytorskie zostały zaznaczone bezpośrednio, w dostarczonym mi tekście pracy i przekazane Autorce do ewentualnego wykorzystania. Doktorantka włożyła bardzo wiele trudu opracowując pracę edytorsko i pięknie graficznie, ale nie ustrzegła się wielu potknięć z tym związanych. Do merytorycznej oceny pracy nie mają one praktycznie znaczenia. Dlatego też przy ewentualnej końcowej prezentacji pracy nawet nie sugeruję, aby zostały usunięte.

Prosiłbym jednak Doktorantkę, aby zechciała zwrócić uwagę i ustosunkować się do przynajmniej kilku, wybranych przez siebie, tych uwag, które wymieniam poniżej:

-str.11, 2 wiersz od dołu: *jest MR* ; skrótem cieczy magnetoreologicznej jest MRF,

-str.14, 4 w.od.g.: drgania nie tylko w sferach rezonansowych są źródłem hałasu,

-str.14, 11 i 12 od g.: tu powinna być liczba mnoga,

-str.14, 18w.od.d. jest: ( i wielokrotnie później): *własności* powinno być *właściwości*,

-str.15, 5w.od d. jest: *prowadzenia prac nad rozprawą* powinno być: ..opracowywania rozprawy,

-str.17, pierwsze zdanie rozdziału: aż tak jednoznacznie nie należy twierdzić!

-str.17, 15w.od d. jest: ...*lub eliminowania pasożytniczych ruchów w postaci drgań*. Nie uważam, za właściwe przypisywanie ruchowi cech „ożywiających” drgania. Pasożytnictwo przypisywane jest jednak przede wszystkim organizmom żywym.

-str.18, 4w. od.g. jest: ...*wykonuje on (bezwładnik) ruch uśredniony, który teoretycznie jest bezdrganiowy*... Nie wydaje mi się, iż jest to bardzo precyzyjne określenie.

-str.18, 15w.od g. jest: ...*uzyskano funkcję włączania tłumienia w czasie*...Funkcja nie włącza tłumienia w czasie,

-str.18, w. 11 i 10 od d. jest: *Innowacyjność zaproponowanych rozwiązań polega przede wszystkim na wprowadzeniu własnej koncepcji obrotowego tłumika z cieczą magnetoreologiczną o sterowanych właściwościach dyssypacyjnych, minimalizującego amplitudy drgań skrętnych w wirujących układach mechanicznych.* Moim zdaniem to żadna innowacyjność. Innowacyjność tej pracy polega zupełnie na czymś innym: najkrócej: na opracowaniu innowacyjnych metod sterowania.

-str.21, 15w. od d. jest: *..urządzenia tego typu obdarzone są stałymi parametrami..*, raczej charakteryzują się ....

-str.21, 13w. od d. jest: *...są one mniej skuteczne do aktywnych i półaktywnych...* Nie zawsze tak musi być.

-str.21, 2 w. od d. jest: *W pracach [15, 53] siły sterujące mogą być wytwarzane....* Te cytowane prace nie wytwarzają sił!

-str.23, 3w. od d. jest: *...umiejscowiony jest pierścień bezwładnościowy....* Pierścień o tak eleganckiej nazwie to po prostu bezwładnik. Użyto pewnie takiej nazwy ze względu to że jest to pierścień ruchomy. Nie znajduję jednak uzasadnienia dla aż takiego rozróżniania.

-str.25, 3w. od d. jest: *..podparte w ostojach...* Nie znam terminu „ostoja”: chociaż wiem, że chodzi o podpory.

-str.26, 3w. od d. jest: *..liniowe tłumiki.* To dotyczy amortyzatorów,

-str.27 oraz 28 rys.3.5. i rys.3.6 jest: *...tłok..* to nie tłok tylko tłoczysko, a tłok jest zamocowany na końcu tłoczyska,

-str.31, 1w. po tytule rozdziału jest: *... celem powstania stanowiska badawczego ....była doświadczalna minimalizacja....* Chyba zrzęcniej byłoby: *....było przeprowadzenie badań mających na drodze eksperymentalnej wskazać możliwości minimalizacji itd..*

-str.32, 1w. od g. jest: *..do określonych wartości skrętnych częstości drgań .....* Powinno być: *...wartości częstości drgań skrętnych ....*

-str.32, 21w. od d. jest: *...Gęste podpracie...* Powinno być: *Wielopodporowe...*

-str.32, 16, 15, 14w. od d. jest: *„...”..* Powinno być: *Stanowisko zostało zamocowane na żeliwnej płycie.*

-str.32, 10. od d. jest: *Algorytm czasu .... dokonując pomiaru momentów skręcających...* Algorytm nie dokonuje pomiarów.

-str.33, 14w. od d. jest: *...wywołane jest zmianą parametrów pola elektrycznego....* Powinno być: *...zmianą parametrów prądu (lub pola magnetycznego)*

-początek podrozdziału 4.1. To są stwierdzenia zbyt wczesne.



-ostatnie zdanie na str 34: To zdanie jest powtórzeniem zdania wcześniej już sformułowanego.

-str.35, 1w. pod rys. jest: *Za pomocą specjalnych ślizgaczy...*To są po prostu szczotki.

-str.39, 11w. od d. jest: *Stosunek przekazywanego światła jest....*Chodzi o natężenie światła czy jasność?

-I-sze zdanie ostatniego akapitu na str 41 jest powtórzeniem już wcześniej użytego (I-sze zdanie rozdziału)

-str., 44w.1 od d. jest: *..różne tryby..*Powinno być: różne warianty.

-str.45, 15w. od d. jest: „...” Powinno być:

-str.50 i kilka innych podpisów pod rysunkami w tym rozdziale: -tekst pokrywa się z objaśnieniami pod rysunkami.

-str.53, 18w. od d. jest: *...Analiza małych drgań skrętnych....* Jaki kryterium zostało przyjęte do takiego podziału drgań?

-str.54, 15w. od d., -str.56, 3w. od g. jest: *...retardacji.. (wcześniej fluktuacji;)* Dlaczego nie opóźnienia (płynięcia)?

-str.63, 16w. od d. jest: *...jest obiektem.* Powinno być: jest obiektem regulacji,

-str.64, 9w. od g. jest: *...o stałej wielkości zadającej,...*Raczej: o stałej wartości.....,

-str.67, rys.7.1: -oznaczenia bardzo nieczytelne, przy oznaczeniach to mają być indeksy, a więc pomniejszone kolejne znaki,

-str.70, 13w. od d. oraz 7w. od d. jest: *..ma..* oraz *..im amplitudy...*Powinno być: *...mają...* oraz *....amplitudy drgań....*

-str.71, 12, 14, 14w. od g jest: *Na rysunku 7.3 przedstawiono sterowanie ....w zależności od liczby przedziałów czasu, ...* Jest to jednak przebieg zmian sygnału sterującego przedstawiony w funkcji czasu; podział rozpatrywanego okresu na liczbę przedziałów jest tu oczywiście najważniejszy ale z punktu widzenia formalnego to sprawa wtórna.

-str.71, rys.7.3 A może podpis: Przebieg zmian wartości sygnału sterującego z różną liczbą przedziałów czasowych?

-str.71, w.7 i 6 od d.; dotyczy rys.7.3, jest: *..uniesionej ponad oś odciętych...*Moim zdaniem: *..z przesunięciem o stałą wartość względem osi odciętych....*

-str.73, 5w. od d. jest: *Tempo zbieżności....* To chyba niezbyt fortunne określenie.

-str.76, 12w. od d. jest: *...przejęcie drgań przez odcinek....* Można to ująć chyba bardziej precyzyjnie,

-str.78, 11w. od g. jest: *..metodę on-off.* Raczej: *...algorytm sterowania typu on-off lub nawet chyba lepiej, załącz-wyłącz.*

- str.83, ostatnie dwa zdania są absolutnie niejasne,
- str.84, 13w. od d. jest: ..*Chwilowe wartości współczynników tłumienia wytwarzanych przez ciecz....*Ciecz nie wytwarza wartości współczynników tłumienia.
- str.85, w.23 od d. jest: *Nms/rad.* Powinno być  $Nm \cdot s/rad$ ,
- str.87, 8w. od d. jest: ...*niewyweg*....Nie wiem czy jest w języku polskim to słowo, ale wiem czego tu dotyczy,
- str.88, podpis pod rysunkiem, jest: ...*przy silniku elektrycznym.* Powinno być: ... przy wale napędowym silnika.
- str.88, 14w. od d. jest: ...(*obydwa tłumiki zostały wyłączone, prąd wzmacniacza wynosił 0,0A*) Skoro zostały wyłączone tłumiki to bez względu na zadaną wartość prądu przez wzmacniacze i tak natężenie byłoby zerowe),
- str.88, 11w. od d. jest: (*obydwa tłumiki zostały włączone oraz sterowane prądem o stałym natężeniu 0,5A.....*). Skoro tak, to te tłumiki były zasilane takim prądem a nie sterowane,
- str.89, 18w. od d. i poniżej, jest: Składnia zdania uniemożliwia prawidłowe jego zrozumienie.
- str.90, 1w. od d. jest: ...*natężenia prądu sterującego wzmacniacze wynoszącej...* Powinno być: ...przy wartości natężenia prądu 0,5A.
- str.91, ostatnie pełne zdanie na tej stronie to żargon
- str.92, 21 i kolejne w. od d.: Raczej podałbym przyczynę bezpośrednią tego stanu. Jest nią stan nasycenia pola magnetycznego.
- str.93, I-sze zdanie podrozdz. 8.2: Bez dodatkowych uwarunkowań jest nieprawdziwe. Poza tym, słowo *permanently* wcale mi tu nie pasuje,
- str.101, I-sze zdanie podrozdz. 9.1: Należało sprecyzować dodatkowe warunki. W przeciwnym razie nie musi to być prawdziwe.
- str.101, 2w.od d. jest: ...*mniejzym obniżeniem...* Powinno być np: ...mniejszą redukcją drgań,
- str.102, II-gie zdanie podrozdz. 9.2 jest; *Elementem wkładu oryginalnego jest koncepcja tłumika z cieczą magnetoreologiczną o sterowalnych właściwościach dyssypacyjnych oraz wykorzystanie jej do minimalizowania itd..* Powinno być: Elementem wkładu oryginalnego jest koncepcja wykorzystania TŁUMIKA MR.... oraz wykorzystanie GO itd..
- str. 102 ostatnie zdanie, jest: *Dzięki wykorzystaniu cieczy magnetoreologicznej możliwe było....* Powinno być: Dzięki wykorzystaniu właściwości tłumika MR....
- str.103, 7w. od d. jest: ...*prędkości bezwładnika...* powinno być : ...prędkości wirnika.

## 5. Końcowa ocena pracy

Oceniając całość zaprezentowanej rozprawy należy podkreślić istotną wagę poznawczą i techniczną, sformułowanego w tytule, głównego jej problemu. Zadanie zostało sformułowane właściwie, a jego realizacja dokonana z pełnym powodzeniem. Potwierdziła się słuszność poprawności przyjętej metodyki postępowania zmierzającej do udowodnienia sformułowanej tezy pracy.

Wszystkie warianty modeli badanych układów mechanicznych, ich opis matematyczny, badania eksperymentalne, identyfikacja parametrów oraz symulacje wykonane zostały starannie i poprawnie. Otrzymane wyniki badań zostały zaprezentowane w bardzo

przejrzystej formie, ich wiarygodność nie budzi najmniejszych zastrzeżeń. Wnioski sformułowane przez Autorkę są dowodem jego dużej wiedzy, w zakresie umiejętnej interpretacji zwłaszcza rezultatów badań podstawowych, które mogą być wykorzystane w rozwiązywaniu problemów technicznych. Rozwiązując zakresłe w tytule pracy zadanie Autorka wykazała się dobrą znajomością zagadnień dotyczących, sterowania wybranymi układami mechanicznymi, wycuciem problemów technicznych, dobrą znajomością zagadnień modelowania i analizy ich specyficznych cech; dzięki temu udało się Jej rozwiązać interesujące zadania naukowe, w powiązaniu z rozwiązaniem szeregu problemów inżynierskich.

Biorąc pod uwagę przedstawiony mi do zaopiniowania materiał, oryginalność rozwiązanych w rozprawie istotnych zagadnień naukowych, a tym samym fakt potwierdzenia umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, znając także dotychczasowe prace naukowe Dysertantki, uważam, że przedłożona rozprawa może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatce stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Mechanika.

Wobec spełnienia wszystkich wymogów Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym z dnia 12.09.1990 r. wraz ze zmianami z dnia 14.03.2003 roku, stawiam wniosek o dopuszczenie mgr. inż. Agnieszki Pręgoskiej do publicznej obrony na podstawie powyższej pracy doktorskiej.

Niniejszą opinię przedkładam Dyrektorowi Instytutu Panu Prof.dr.hab.inż. Andrzejowi Nowickiemu oraz Sekretarzowi Rady Naukowej IPPT PAN, Panu Prof. dr.hab.inż. Zbigniewowi Ranachowskiemu, zleceniodawcom opracowania powyższej recenzji.

Warszawa dn 11. 04. 2013r.

  
Jerzy Bajkowski