

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

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
Mgr. inż. Tomasza Machoczka
p.t.

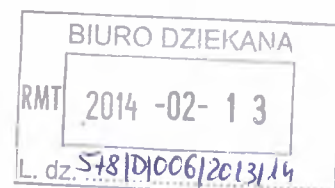
SYSTEM STEROWANIA MECHATRONICZNEGO ZAWIESZENIA POJAZDU GAŚNIENICOWEGO

Opracowana na zlecenie (RMTO-189/D/006/13/14)
Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej
w Gliwicach

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

Praca dotyczy modelowania, opisu matematycznego i symulacji ruchu wybranych modeli podzespołów, zespołów i całego pojazdu oraz analizę możliwości minimalizacji niekorzystnych oddziaływań dynamicznych parametrów, które wpływają na komfort jazdy, przy zachowaniu odpowiedniego stopnia bezpieczeństwa pasażerów, w przypadku zastosowania, odpowiednio dopracowanego, systemu mechatronicznego sterowania parametrami zawieszenia pojazdu. Przedmiotem pracy są więc zagadnienia obejmujące analizę podzespołów oraz syntezę systemu sterowania zawieszenia pojazdu, w szczególności, zawieszenia tytułowego pojazdu gaśnicowego.

Z punktu widzenia kierowcy, zważywszy powszechność użytkowania zarówno pojazdów kołowych jak i gaśnicowych, zwłaszcza wojskowych, a także biorąc pod uwagę ogromny postęp, w konstrukcji i technologii budowy zawiesznień i innych zespołów tych pojazdów oraz w poprawie bezpieczeństwa i komfortu jazdy, jaki jest obserwowany w ostatnich latach, wydawać się może, że temat jakim zainteresował się Doktorant, a więc dalszej poprawy parametrów zawieszenia pojazdów jest już dostatecznie i precyzyjnie rozpracowany i dogłębnie poznany, w każdym zakresie, zarówno naukowym jak i inżynierskim. Tymczasem rzeczywistość jest zupełnie odmienna. Problemy, które dotyczą zjawisk, jakie pojawiają się w zawieszniach pojazdów i maszyn roboczych, poruszających się zarówno na pneumatykach, na elementach elastycznych, ale przede wszystkim pojazdów gaśnicowych, również zjawisk, jakie są przez nie generowane podczas eksploatacji, także wybrane zagadnienia konstrukcyjne, związane bezpośrednio z zupełnie nowymi możliwościami technicznymi



i technologicznymi jakie dotyczą przede wszystkim nowych typów amortyzatorów, a przede wszystkim problemy dotyczące sterowania elementami i zespołami zawieszzeń, pozostają w dalszym ciągu przedmiotem bardzo intensywnych badań zarówno naukowych i inżynierskich, jak również aplikacyjnych, w wielu ośrodkach uniwersyteckich oraz instytutach naukowo badawczych.

Formułując zasadniczy, naukowy cel pracy, Autor zakłada, możliwość opracowania pełnego systemu sterowania stanowiącego syntezę wszystkich jego niezbędnych elementów, który zapewni możliwość realizacji minimalizacji parametrów opisujących ruch pojazdu podczas jazdy po nierównym terenie, przyczyniając się do poprawy komfortu jazdy użytkownika pojazdu i gwarantując jednocześnie odpowiedni poziom bezpieczeństwa.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam zatem, iż zaproponowany temat rozprawy jest aktualny i bardzo ważny, zarówno z punktu widzenia naukowego, inżynierskiego jak i aplikacyjnego.

Zaprezentowany przez Dysertanta, wyróżniony w tekście, cel pracy został sformułowany bardzo ogólnie. Druga część sformułowania, mogłaby być pierwszym zdaniem opisu metodyki badawczej, jaka jest przewidywana podczas realizacji kolejnych zadań, które gwarantują osiągnięcie zasadniczego celu rozprawy. Należy jednak podkreślić, iż Autor doprecyzował cel w komentarzu, który zamieszczony został w tekście rozprawy bezpośrednio poniżej.

Pewnym mankamentem omawianej dysertacji jest brak sprecyzowanej, w sposób jawny, tezy pracy. Autor zastosował w swojej pracy formę, która często przyjmowana jest w dysertacjach filozoficznych i humanistycznych, gdzie sformułowanie jednoznacznej tezy jest pozostawiane czytelnikowi, który po zapoznaniu się z treścią rozprawy, może ją, w zależności od możliwości intelektualnych, sformułować i następnie ocenić, czy została zrealizowana.

Zakres pracy został zaprezentowany bardzo precyzyjnie. Autor zakłada, iż zasadniczy cel pracy wymaga rozwiązania siedmiu głównych zadań badawczych, których rezultaty umożliwią kompleksową analizę i jednocześnie syntezę badanych zagadnień. Opis zakresu pracy, w pewnym sensie jest również prezentacją metodyki badawczej, jaką Autor zamierza zastosować rozwiązując główne zagadnienia dysertacji.

Zaproponowana przez Dysertanta metodyka badawcza jest inteligentnie pomyślana i skonstruowana w sposób, który pozwoli Mu zgromadzić bardzo obszerny, niezbędny do realizacji pracy, materiał teoretyczny i eksperymentalny, który stał się podstawą analiz umożliwiających dokonanie syntezy zagadnień prowadzących do osiągnięcia zamierzonego celu pracy.

Należy dodać, iż w kolejnych rozdziałach pracy, wszystkie zamierzone działania zostały zaprezentowane bardzo precyzyjnie, starannie rozwiązane i logicznie uporządkowane..

Podsumowując tę część pracy stwierdzam, że jej temat jest bardzo ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego, aplikacyjnego. Zasadniczy, naukowy cel pracy jaki został sformułowany przez Doktoranta znajduje pełne potwierdzenie w dalszej lekturze pracy, we wszystkich jej kolejnych rozdziałach. Zaprezentowany zakres rozprawy został nakreślony bardzo szeroko. Obejmuje on rozwiązanie szeregu starannie zaplanowanych zadań badawczych, z których część, mająca charakter poznawczy, została uzupełniona, rezultatami badań eksperymentalnych.

2. Struktura i krótka charakterystyka pracy

Opiniowana praca składa się z dziewięciu rozdziałów, streszczenia w języku polskim, wykazu skrótów, symboli i indeksów, spisu treści, literatury, spisu rysunków, tablic oraz dodatku. Całość została zaprezentowana na 177 stronach. Wykaz literatury obejmuje 155

Układ treści z podziałem na rozdziały (choć nierównej wielkości), sformułowanie celu i zakresu pracy są czytelne i logiczne.

W pierwszym rozdziale pracy, Autor zamieścił krótkie wprowadzenie do tematu, sformułował główny problem, cel i zakres pracy, dokonał przeglądu i oceny przydatności aktualnej literatury do realizacji zadań, przewidzianych do wykonania w dysertacji.

Drugi, bardzo krótki rozdział pracy, to przypomnienie definicji „mechatroniki”, wg Międzynarodowej Federacji Teorii Maszyn i Mechanizmów.

Trzeci rozdział pracy został poświęcony starannemu zgromadzeniu materiału teoretycznego i eksperymentalnego jaki jest niezbędny, w modelowaniu mechanizmów i obiektów, w szczególności, przystosowanych do przemieszczania się po bezdrożach. Autor przedstawił w nim, wady i zalety każdego z nich, formułując swoją krytyczną, bądź pozytywną opinię.

Przedmiotem rozdziału czwartego są również studia literaturowe, dotyczące sterowanych układów redukcji drgań. Na tle ogólnego podziału takich układów, Autor skupił się na zaprezentowaniu modeli układów semiaktywnych, aktywnych, hybrydowych i adaptacyjnych.

W kolejnym rozdziale, wykorzystując powszechnie znany, liniowy model „ćwiartki” samochodu o dwóch stopniach swobody oraz stanowisko badawcze ten model odwzorowujące, wykonał badania eksperymentalne i przeprowadził identyfikację parametrów, wybranego do dalszej analizy, amortyzatora MR, położenia środka ciężkości oraz momentów bezwładności masy resorowanej, obiektu.

Dla opracowanych modeli numerycznych zawieszenia przeprowadzono proces walidacji. Linearyzacja zaproponowanych modeli pozwoliła na wykorzystanie algorytmu sterowania liniowo-kwadratowego LQR; zaimplementowano również algorytmy „Sky-hook dwustanowy” oraz „Sky-hook ciągły”.

Szesty rozdział dysertacji został poświęcony w całości budowie modelu matematycznego wielokołowego pojazdu terenowego z elementami zawieszenia działającymi półaktywnie o liniowych charakterystykach pracy oraz badaniom i analizie jego cech dynamicznych, w przypadkach wykorzystania dwóch algorytmów sterowania „Sky-hook”: dyskretnego i analogowego.

Materiał zaprezentowany w siódmym rozdziale dysertacji dotyczy budowy algorytmu sterowania układem zawieszenia, w opracowanym modelu pojazdu gąsienicowego, badaniom doświadczalnym i prezentacji wyników dotyczących pojazdu.

W ósmym rozdziale pracy Autor sformułował kierunki rozwoju omawianych obiektów z mechatronicznym zawieszeniem. Nie mając możliwości dostępu do odpowiedniego obiektu, opracował model prototypowego pojazdu gąsienicowego z zawieszeniem wyposażonym w tłumiki o zmiennych charakterystykach pracy, poddając go wybranym badaniom jego cech dynamicznych.

Ostatni rozdział pracy jest standardowym jej podsumowaniem, które zostało uzupełnione o uwagi i wnioski.

3. Merytoryczna ocena i uwagi ogólne dotyczące rozprawy

Jak już wcześniej wspomniałem, zaproponowany temat rozprawy jest aktualny i ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego. Wpisuje się bardzo dobrze w sferę działań badaczy i naukowców stawiających za cel swojej działalności, możliwie precyzyjne rozpoznanie, opis zależności mechanicznych oraz procesów sterowania jakie mają miejsce, w nowoczesnych układach zawieszonych współczesnych pojazdów, w tym pojazdów poruszających się w dowolnym terenie, w szczególności. Merytoryczny układ

W rozdziale pierwszym, stanowiącym wprowadzenie do pracy, obok zdefiniowania celu i zakresu pracy, Autor, po dokładnym przestudiowaniu literaturowej wiedzy dotyczącej tytułowego problemu rozprawy, ustosunkował się do stosowanych rozwiązań elementów, podzespołów i zespołów zawieszonych pojazdów gąsienicowych przedstawiając jednocześnie najbardziej klasyczny, uproszczony model aktywnego zawieszenia pojazdu ze sprzężeniem zwrotnym. Wspomniałem już wcześniej, iż moim zdaniem cel pracy został sformułowany zbyt ogólnie; został on doprecyzowany w znajdującym się w tym samym akapicie pracy, komentarzu.

Drugi rozdział pracy jest zaskakująco krótki i bez szkody dla rozprawy mógłby nie istnieć. Odczytuję jednak zamysł Autora pracy dotyczący zamieszczenia tego rozdziału w pracy, bardzo pozytywnie. Dzięki przypomnieniu znanej definicji pojęcia „mechatronika”, mógł On bardzo szybko wprowadzić jednoznaczną definicję „mechatronicznego zawieszenia”, które to pojęcie widnieje w tytule rozprawy.

Zamieszczony w trzecim rozdziale pracy przegląd samoprzemieszczających się obiektów został zaprezentowany poprawnie, zgodnie ze znanym z literatury podziałem. Autor, w każdym z opisywanych przypadków dokonał ich krytycznej ale też i pozytywnej oceny.

Wprowadzając do rozprawy, zainteresowania Galileusza dotyczące drgań, w czwartym rozdziale pracy, Autor zaprezentował i omówił najczęściej stosowane układy ich redukcji, podając wybrane przykłady modeli, które reprezentują: układy redukcji semiaktywnej i aktywnej, hybrydowe układy redukcji drgań oraz zagadnienia sterowania adaptacyjnego, uchybowego i kompensacyjnego. Zamieszczoną krytyczną dyskusję, mimo że znanych, układów i metod sterowania, oceniam bardzo pozytywnie. Autor uporządkował w ten sposób strukturę pracy poprzez analizę coraz bardziej zaawansowanych, chociaż znanych, modeli.

Omawiany rozdział pracy, tzn. rozdział czwarty, zamyka pierwszą jej część. Jest ona bezpośrednim wprowadzeniem do kolejnych rozdziałów, które są, w porównaniu z dotychczas omówionymi, bardzo obszerne i zawierają już ściśle autorski materiał naukowy i badawczy; stanowią one kolejną część dysertacji, na którą składa się materiał zamieszczony w rozdziałach piątym, szóstym i siódmym. .

Materiał zamieszczony w piątym rozdziale pracy opracowany został poprawnie chociaż badania tłumika MR nie objęły pełnego zakresu jego możliwości oddziaływania na badany obiekt. Zarówno budowa zaproponowanych modeli badanych obiektów jak ich opis matematyczny oraz rezultaty badań, zmian wartości prędkości oraz przyspieszeń, wykonane dla czterech wariantów sterowania nie budzą najmniejszych wątpliwości co do ich wiarygodności.

Zaproponowany w szóstym rozdziale rozprawy, model pojazdu sześciokołowego został opisany matematycznie prawidłowo. W równaniach ruchu nie dopatrzyłem się uchybień. Ich rozwiązanie z wykorzystaniem programu Matlab Simulink stało się możliwe po zbudowaniu modelu ilustrującego cechy dynamiczne badanego układu. Zilustrowane na rys.6.13 bloki, przejrzyste odwzorowują kolejne, wcześniej sformułowane, równania matematyczne. Również kolejne modele sterowania zawieszeniem omawianego pojazdu zostały zaprezentowane w sposób pełny i precyzyjny. Zarówno równania sił, jak też równania opisujące współczynniki tłumienia, wyznaczone dla kolejnych sterowanych kolumn zawieszenia zostały wyznaczone i rozwiązane poprawnie z wykorzystaniem również programu Matlab Simulink. Otrzymane rezultaty badań numerycznych zostały zaprezentowane w rozprawie bardzo szeroko, a ich wiarygodność nie budzi najmniejszych wątpliwości. Materiał zaprezentowany w omawianym rozdziale oceniam bardzo wysoko.

Podobnie wysoko oceniam również materiał, jaki został zamieszczony w rozdziale siódmym rozprawy. Zarówno poprawność zbudowanej struktury badanego pojazdu

gąsienicowego, opis matematyczny oraz rezultaty obliczeń numerycznych zostały potwierdzone wynikami, wprawdzie bardzo okrojonych, badań eksperymentalnych.

Zaprezentowane wyniki badań zostały przedstawione bardzo klarownie i w przejrzystej formie.

Dwa ostatnie rozdziały rozprawy to kierunki rozwoju omawianej grupy pojazdów oraz podsumowanie pracy.

Niewątpliwie materiał zaproponowany przez Autora w rozdziale ósmym jest wynikiem jego dobrego rozeznania literaturowego, przemyśleń jakie musiał poczynić realizując swoją rozprawę, a także wynikiem, zapewne Jego pasji, jaką są niewątpliwie omawiane typy obiektów. Autor przedstawił w tym rozdziale niewątpliwie bardzo interesującą wizję prototypowego pojazdu gaśnicowego wskazując szereg bardzo ważnych dla prawidłowej eksploatacji pojazdu, elementów i rozwiązań zapewniających jego zdaniem prawidłowość działania.

Ostatni, podsumowujący pracę, materiał zamieszczony w dziewiątym rozdziale pracy został starannie uporządkowany zgodnie z kolejnością, jaką wskazuje tytuł rozdziału.

Zamykający pracę przegląd literatury obejmuje 155 pozycji klasycznych oraz siedem adresów elektronicznych. Uważam, wybór wszystkich prac, jakie znalazły się w spisie literatury za bardzo udany; wszystkie z zamieszczonych w spisie prac są cytowane w rozprawie.

Moja ocena merytoryczna tej części pracy jest bardzo wysoka. Autor, posługując się dostępną literaturą, potrafił wybrać i zaprezentować najważniejsze zagadnienia przydatne w jej realizacji. Świetnie poradził sobie z modelowaniem, opisem matematycznym, rozwiązaniami numerycznymi, symulacją oraz badaniami eksperymentalnymi. Zarówno rozpatrywane modele układów zawieszek jak również ich matematyczny formalizm, a także zbudowane i aplikowane układy sterowania, zostały opisane prawidłowo i świadczą o dobrej znajomości przez Autora zarówno problemów mechaniki, problemów numerycznych i przede wszystkim automatyki, w szczególności zagadnień sterowania.

4. Uwagi szczegółowe odnoszące się do całej pracy

1. Czuję wyraźny niedosyt dotyczący interpretacji świetnie zaprezentowanych rezultatów badań. Autor, w tym względzie jest bardzo oszczędny. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim rozdziałów 6 i 7.

2. W pracy, Autor używa oznaczenia jednego z elementów prowadzonej analizy jakim jest amortyzator magnetoreologiczny oznaczenie „RD-1097-01”, nadając mu nazwę „tłumik” Jest to określenie błędne wynikające z bezpośredniego tłumaczenia z języka angielskiego słowa „damper”, a więc tłumik”. Wielu autorów prac publikowanych w języku polskim, również często używa tego terminu; jest to również powszechnie używana nazwa w żargonie inżynierskim. Osoby związane w szczególności z przemysłem samochodowym, a do takich przecież, skoro analizuje układy zawieszek pojazdów, może zaliczać się Doktorant, doskonale wiedząc, że tłumik to nie amortyzator i odwrotnie. Język polski jest w tym względzie zdecydowanie bogatszy od angielskiego, gdyż jednoznacznie określa terminem „tłumik” element charakteryzujący się tylko własnościami pochłaniającymi i rozpraszającymi energię, a „amortyzator” dodatkowo posiada własności sprężyste, które zresztą mogą być realizowane w różny sposób. Autor w swojej pracy przyjmuje do analizy amortyzator. Zilustrowane na str.39 na rys.5.2 urządzenie to rysunek amortyzatora; „tłumik wyposażony w sprężynę gazową” Ten błąd gotów jestem Autorowi wybaczyć jeśli zgodzi się On ze mną, że przedmiotem Jego rozważań w pracy jest jednak amortyzator.

- 5 -

3. Nie rozumiem dlaczego badania amortyzatora RD-1097-01 zostały ograniczone tylko do wartości natężenia prądu $i=0,6A$?

4. W pracy, Autor używa sformułowania „model dynamiki”, „równania dynamiki ruchu” itd. (np. str.64 r.6.1, rys.6.3, str.65 i inne). Dobrze wiem, że taki termin jest w środowisku

mechaników powszechnie używany. Jestem jednak głęboko przekonany, że poprawniej byłoby gdybyśmy używali określeń, które opisują „cechy dynamiczne układu”, a nie część dyscypliny „mechanika” jaką jest „dynamika”.

5. W całej pracy miana przy jednostkach są pisane bez spacji. Zasadą wydawniczą jest, że po podaniu wartości miano jednostki należy wpisać po spacji (za wyjątkiem miana °C, które wpisywane jest bez spacji).

5. Uwagi szczegółowe mające charakter jednostkowych

1. Str.11; 12w. od d. oraz str.146: -nie ma w jęz. polskim ani słowa „oczujnikowanie” ani „ sensoryka”; odpowiednikiem mógłby być np. tytuł rozdziału: *Czujniki pomiarowe lub Układ pomiarowy*,
 2. Str.12; 13 i 12w. od d.: jest ...”przez co”... *żargon*
 3. Str.13; 9 w.od.g. jest: ...”panujących w ośrodku, po jakim”...*o jaki ośrodek chodzi?*
 4. Str.14; 4w. od g.: jest „Kluczowym”... powinno być: *kluczowa*
 5. Str.14; 8 w. od g.: jest: ...”się nich”... powinno być: ...*się na nich....*
 6. Str.18; rys.1.1 (patrz uwaga 2 dotycząca całej pracy) *gdzie są na tym rys. amortyzatory?*
 7. Str.19; 3w. od g. : *Czy rzeczywiście „rozwiązania zawieszzeń poj. med.” są takie, „które nie mogą być narażone na wibracje”?*,
 8. Str.19; rys.1.2.: „Nadajnik i odbiornik” *myślę, że lepiej: Czujnik profilu drogi*,
 9. Str 23; 3 w. od d.: ...”manipulacyjne”...*powinno być: trakcyjne*,
 10. Str.24; 8 w. od g.: ...”na głębę”.. *raczej: na podłoże*,
 11. Str.25; 3w. od : *przykład nieco nie z tej branży*,
 12. Str.27; 9w.od d.: ...„narażony” *powinno być: narażonym*
 13. Str.28: 3 w. od g.:”własności” ... *powinno być: właściwości*,
 14. Str 28; 12 w.od g wykluczenie dobicia... *powinno być: minimalizacja ryzyka wystąpienia zjawiska dobicia....*
 15. Str.29; 7 w od d.: „szybkość” *powinno być: prędkość*
 16. Str.31; w. 5 og g.: ...”ekonomia ruchu”...Patrz analogię do 4 uwagi dot. całej pracy,
 17. Str.31; 15 i 16 w. od d.: ...”teoria wibracji” *powinno być: teoria drgań*,
 18. Str.32; 10 w. od g. *to nie są materiały inteligentne, to tylko mat. „smart”*,
 19. Str.32; w.11 od g.: ...”(gęstości prądu)”... *powinno być: natężenia prądu*
 20. Str.33; *-jaka jest definicja niekorzystnej energii? ...oraz str 34, energia o dużej mocy?*
 21. Str.37; rys.4.5: *brak objaśnień w tekście*
 22. Str.37; 1w. nad rys. 4.6: ...”regulacji i jego”... *powinno być: ... regulacji, który...*
 23. Str.39; 5 w od g. oraz rys.5.2: *...to jest amortyzator!*
 24. Str.39 ; ...*miana przy jednostkach ze spacjami*,
 25. Str.40; w 15 od d. i w. 6 od d.: *powinno być: ±*
 26. Str.40; 4 w. od d.: ...”zasilany wartościami prądowymi... *powinno być: zasilany prądem*
 27. Str.41; na rys.5.3: *...skasować niepotrzebny tekst...*
 28. Str.41; 5 w. od d.: „Za pośrednictwem czujnika...” *powinno być: Wykorzystując czujnik.....i dalej w tym zdaniu: „...na obwodzie (powierzchni)...” tzn. gdzie?*
- 6 -
29. Str.41; 2 w. od d.: ...”grzania prądowego”... *powinno być: nagrzewania i w tym samym zdaniu: „...na barwnych ilustracjach...” powinno być: na zdjęciach*
 30. Str.42; 2w. od g.; podpis pod rys.5.5: ...„grzania cewki tłumika ..” *powinno być: nagrzewania amortyzatora... (nagrzewany jest cały amortyzator i temperatura mierzona na jego powierzchni; to nie jest temperatura cewki!)*

31. Str.43; na rys. 5.8: *należy zmniejszyć okres bo nic nie widać,*
32. Str 44; 7,6 i 5 od d.: *niepotrzebne zdanie*
33. Str 45; 1 w. tekstu: ...”dla części”... *powinno być.: układu*
34. Str.46; 7 i 11 w. od d.: ..”parametr tarcia”... *powinno być współczynnik tarcia*
35. Str.47; ...”modelem dynamiki ruchu” -*patrz uwagi ogólne do pracy*
36. Str.53; 8 w. od d.: *co oznacza to zdanie?*
37. *Na rys.5.27 są oznaczenia, które nie pojawiają się w tekście. Schemat jest nieczytelny. Należałoby zaznaczyć wyraźnie: -wyodrębniony obiekt regulacji, -układ regulacji, -ujemne sprzężenie, -macierz wzmocnień,*
38. Str.60; na rys.5.30: ..”saturacja” *powinno być: nasycenie*
39. Str.64: 7 w. od g.: *spacje po: Hz w przypadkach 1, 2 i 3*
40. Str. 68: 6 w. od g.: ...”w powyższej pracy” ; *powinno być: w niniejszej*
41. Str. 77: ...”funkcją chirp”.*powinno być: funkcją o liniowej modulacji (chirp)*
42. Str.124: ..1 w. od .d: „wzdłuż szerokości burty” *powinno być: w poprzek*
43. Str.125: ...8 w. od. d.: ...”wykonać” *powinno być zaprojektować*
44. Str.125: 1 w. od d.: ..”oczujnikowania” *powinno być: czujników.*
45. Str.126: 6 i 7 w. od g. i str 127 8 w. od g.: ...”i tej” *powinno być: i-tej*
46. Str. 132; tytuł rozdziału: ...”na pojeździe”... *powinno być: pojazdu*
47. Str. 133; zdanie pod rysunkiem: *powinno być: Rejestracja sprowadzała się do wszystkich kamer synchronizowanych poprzez oprogramowanie Stream Pix.*

5. Końcowa ocena pracy

Oceniając całość zaprezentowanej rozprawy pragnę podkreślić istotną wagę poznawczą i techniczną, sformułowanego w tytule, głównego jej problemu. Zadanie naukowe zostało sformułowane starannie, a jego realizacja dokonana z pełnym powodzeniem. Potwierdziła się słuszność poprawności przyjętej metodyki postępowania zmierzającej do osiągnięcia zamierzonego celu rozprawy.. Modele badanych elementów zawieszzeń pojazdów, ich opis matematyczny, identyfikacja parametrów, obliczenia numeryczne, symulacje a także badania eksperymentalne, wykonane zostały starannie i poprawnie. Otrzymane wyniki badań numerycznych zostały zaprezentowane w bardzo przejrzystej formie, ich wiarygodność nie budzi najmniejszych zastrzeżeń. Wnioski sformułowane przez autora są dowodem jego dużej wiedzy, w zakresie umiejętnej interpretacji rezultatów badań podstawowych, które mogą być wykorzystane w rozwiązywaniu problemów technicznych. Rozwiązując określone w tytule pracy zadania Autor wykazał się dobrą znajomością zagadnień mechaniki, podstaw automatyki, dobrą znajomością zagadnień modelowania i analizy cech badanych grup obiektów; dzięki temu udało mu się rozwiązać interesujące zadanie naukowe i badawcze.

Stronę merytoryczną pracy, ze względu na bardzo cenne, kompletne i nowatorskie rezultaty uzyskanych, zarówno symulacyjnych jak i eksperymentalnych badań, oceniam bardzo wysoko. Autor obok rozwiązania kilku problemów, które polegały na jednostkowej analizie rozpatrywanych zagadnień, potrafił dokonać syntezy tych elementów otrzymując kompletne i całościowe rozwiązanie problemu. Dlatego proponuję Komisji zastanowienie się nad możliwością wyróżnienia ocenianej pracy. Wniosuję o to, mimo usterek redakcyjnych jakie zauważyłem oceniając pracę

- 7 -

Biorąc pod uwagę przedstawiony mi do zaopiniowania materiał, uwzględniając oryginalność rozwiązane w rozprawie istotnego zagadnienia naukowego, a tym samym fakt potwierdzenia umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej uważam, że przedłożona rozprawa może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych. 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. Tomasza Machoczka do publicznej obrony opiniowanej pracy jako pracy doktorskiej.

Niniejszą opinię przedkładam Dziekanowi Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, zleceniodawcy powyższej recenzji.



A handwritten signature in blue ink, appearing to be "J. K.". The signature is written in a cursive style.