

Dr hab. inż. Marek Jaśkiewicz Prof. PŚk.
Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce
m.jaskiewicz@tu.kielce.pl

Kielce 13.01.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej **mgr. inż. Tomasza Wróbla** zatytułowana *"Nowe rozwiązanie innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych, pionowych obciążeń dynamicznych"*.

Podstawa wykonania recenzji: Pismo Przewodniczącego RND IM PW z dnia 18 listopada 2024 roku działającego w oparciu o uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej Nr 788/II-IM/2024 z dnia 6 listopada 2024 roku.

1. Ocena przedmiotu rozprawy - uwagi wstępne

Przedmiot opiniowanej pracy wybrano z dużą znajomością rzeczy. Praca odnosi się do bardzo istotnego obecnie zagadnienia, a mianowicie bezpieczeństwa żołnierzy z udziałem pojazdów na polu walki. Wśród zagrożeń generowanych celem działania nieprzyjaciela są miny oraz IED (improvised explosive devices). Minimalizowanie skutków działającego impulsu siły należy do zagadnień złożonych, na które składa się wiele czynników. Istotą zagadnienia ochrony przeciwminowej jest identyfikacja wpływu oddziaływania fali uderzeniowej na konstrukcję pojazdu, a w konsekwencji na jego załogę. W związku z tym, że jest to dość specyficzne zagadnienie, informacje dotyczące przeciążeń pochodzących od oddziaływania wybuchu min lądowych na człowieka są trudno dostępne i dlatego pojawia się potrzeba prowadzenia badań w tym zakresie.

Wojskowe samochody poruszające się w strefie konfliktu zbrojnego, powinny spełniać odpowiednie wymagania co do ochrony balistycznej. Zapewnienie odpowiedniej ochrony przeciwminowej zgodnie z ratyfikowanymi w kraju dokumentami NATO jest podstawowym kryterium rozwoju nowoczesnych konstrukcji pojazdów wojskowych.

Z tego punktu widzenia podjęte przez Autora ocenianej rozprawy kroki zmierzające do opracowania innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych, wielokierunkowych obciążeń dynamicznych o znacznych wartościach przy zachowaniu jego ergonomii, wydaje się zrozumiałe i w pełni uzasadnione.

Przeprowadzone w ramach pracy badania poligonowe analiza ich wyników, opracowanie własnej metodyki badań wybuchu w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa członków załogi, można uznać za wysoce oryginalne, a przez to bardzo istotne z naukowego punktu widzenia.

Głównym celem pracy jest: **opracowanie wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed zagrożeniami powstałymi w wyniku działania ładunku wybuchowego przy jednoczesnym zachowaniu wymagań ergonomicznych.**

Osiągnięcie celu pracy zaplanowano przez:

- wykonanie projektu systemu foteli wyposażonego w układ tłumienia,
- przeprowadzenie badań symulacyjnych,
- opracowanie metodyki badań eksperymentalnych laboratoryjnych i poligonowych,
- budowę i przygotowanie stanowisk badawczych,
- budowę modeli elementów foteli i prototypu systemu foteli,
- wykonanie laboratoryjnych badań statycznych i dynamicznych,
- wykonanie badań dynamicznych w środowisku zbliżonym do rzeczywistego i w środowisku poligonowym.

Cel ten nawiązuje do wspomnianego problemu badawczego. Uważam, że cel został poprawnie sformułowany i w pełni odpowiada ustawowym i zwyczajowym wymaganiom, jakie stawiane są rozprawom doktorskim.

Doktorant sformułował też tezę pracy, która jest następująca: Skutki oddziaływania impulsu powstałego w wyniku fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem specjalnym mogą być ograniczone przez kształtowanie charakterystyki wytrzymałościowej elementów tłumiących i konstrukcyjnych fotel, co umożliwi skuteczną ochronę załogi w trakcie działań operacyjnych.

Z przyjemnością mogę stwierdzić, że problem badawczy został dobrze sformułowany, postawiono poprawny cel, a rozwiązanie problemu badawczego może stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego. Można więc powiedzieć, że zagadnienie stawiane w pracy jest dysertabilne.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że podjęty przez mgr. inż. Tomasza Wróbla temat jest tematem interesującym naukowo, odpowiadającym wymaganiom, jakie stawiane są pracom aspirującym do tego, by być rozprawami na stopień doktora nauk technicznych. Problem badawczy pracy sformułowany jest w taki sposób, że możliwa jest jego naukowa weryfikacja, co ma miejsce w dalszej części pracy. W związku z powyższym stwierdzam, że wybrany temat rozprawy oceniam zdecydowanie pozytywnie.

2. Charakterystyka i rozważania dotyczące rozprawy

W swojej rozprawie doktorskiej mgr inż. Tomasz Wróbel podjął próbę odpowiedzi na problematykę ograniczenia skutków oddziaływania impulsu powstałego w wyniku fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem specjalnym. W tym

celu przeprowadził szerokie studia literaturowe, wykonał szereg badań własnych oraz dokonał analizy wyników tych badań.

Rozprawa doktorska pt. "Nowe rozwiązanie innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych, pionowych obciążeń dynamicznych" została napisana w języku polskim na 162 stronach. Spis pozycji literatury zawiera 72 pozycje (z czego 2 jest współautorstwa Doktoranta). Rozprawa zawiera streszczenie w języku polskim. Rozprawa zawiera również alfabetyczny wykaz skrótów i oznaczeń. Praca zawiera pięć rozdziałów, podsumowanie i wnioski oraz spis literatury.

Rozdział 1 (3 strony) Wprowadzenie stanowi wstęp do problemu badawczego i zawiera krótką informację odnośnie skutków wybuchu min lądowych, minimalizowania oddziaływania tych skutków oraz potrzeby opracowania lepszego systemu w postaci fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego.

Rozdział 2 (30 stron) zawiera analizę stanu zagadnienia.

W rozdziale tym przedstawiono szeroką analizę z zakresu problematyki ochrony członków załogi pojazdów specjalnych przeprowadzoną na podstawie dostępnych w literaturze informacji. Rezultaty tej analizy przedstawiono w trzech zagadnieniach:

- przegląd rozwiązań systemów foteli stosowanych w pojazdach specjalnych,
- przegląd wymagań i metod badań foteli stosowanych w pojazdach specjalnych,
- przegląd metod modelowania i wyników badań dynamiki układu człowiek - fotel - kadłub podczas detonacji ładunków wybuchowych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyciągnięto również wnioski dotyczące problematyki ochrony członków załogi, możliwości dalszego rozwoju tego systemu oraz dalsze kierunki badań w tym zakresie. Rozdział ten jest poprawnie opisany.

W pierwszym rozważaniu przedstawiono wyniki przeglądu rozwiązań systemów foteli chroniących członków załogi pojazdu przed skutkami oddziaływania fali powstałej podczas deformacji ładunków wybuchowych. Na uznanie zasługuje przegląd rozwiązań patentowych wykonanych przez Doktoranta. Oznacza to, że doktorant ma świadomość własności intelektualnej i zaproponowane zmiany nie będą naruszać tej własności.

W drugim rozważaniu przedstawiono wyniki przeglądu wymagań i metod badań foteli chroniących członków załogi pojazdu specjalnego przed skutkami oddziaływania fali powstałej podczas deformacji ładunków wybuchowych.

W trzecim rozważaniu przedstawiono wyniki przeglądu metod modelowania i wyników badań dynamiki układu człowiek - fotel - kadłub podczas deformacji ładunków wybuchowych.

Rozdział 3 (4 strony) przedstawia cel i tezę pracy.

Doktorant przyjął jeden cel główny pracy oraz postawił jedną tezę pracy. Przedstawił sposoby osiągnięcia tego celu oraz dokładnie scharakteryzował i przedstawił problem badawczy.

Rozdział 4 (15stron) prezentuje projekt foteli chroniących członków załogi pojazdu specjalnego.

Doktorant przedstawia w tym rozdziale informacje dotyczące koncepcji i doboru elementów tłumiących i materiałów konstrukcyjnych systemu chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego. W trakcie realizacji pracy wykonano projekt, prototypy i badania wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych pionowych obciążeń. Co bardzo istotne i na co należy zwrócić uwagę to fakt, że prace były wykonywane przy współudziale producenta foteli. Dzięki takiemu rozwiązaniu już na etapie projektowania koncepcyjnego zostały uwzględnione zasoby techniczne i aktualne realizowane procesy technologiczne producenta. W dużej mierze przyczyni się to do skutecznego wdrożenia produktu.

Rozdział 5 (74 strony) zawiera badania wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu.

W ramach pracy w tym zakresie rozważono dwa rodzaje badań: badania symulacyjne oraz badania eksperymentalne. Badania symulacyjne umożliwiają uzyskanie wstępnej informacji, korektę rozwiązania konstrukcyjnego lub przewidywanie sposobu jego funkcjonowania. W badaniach numerycznych wykorzystano trzy metody obliczeń, które pozwoliły na uzyskanie informacji o przemieszczeniach, prędkościach i przyspieszeniach obiektów badań. Są to: numeryczne rozwiązywanie równań ruchu układu mas odwzorowujących badany fotel, metodę układów wieloczłonowych w środowisku ADAMS oraz metodę elementów skończonych. Wyniki tych analiz pozwoliły, między innymi, na obserwacje globalnej odpowiedzi konstrukcji fotela pod wpływem zadanego obciążenia. Wynikiem tych symulacji było opracowanie prototypów trzech foteli: fotel desantu, dowódcy oraz kierowcy. Następnie prototypy te poddano badaniom eksperymentalnym. Wykonano następujące badania: badania na stole udarowym sprawdzające wytrzymałość na wielokrotne udary mechaniczne, badania na wieży spadkowej sprawdzające wytrzymałość na pojedynczy udar mechaniczny oraz badania poligonowe. W zakresie badań poligonowych wykonano badania z użyciem wahadła balistycznego oraz badania z użyciem ładunków wybuchowych pod pojazdem. Ponadto wykonano również badania dynamiczne na zgodność z Regulaminami EKG ONZ. Na podstawie badań eksperymentalnych Dyplomant stwierdził, że wszystkie badane fotele uzyskały wynik badań pozytywny.

Rozdział 6 (2 strony) **Podsumowanie i wnioski** zawiera podsumowanie wykonanych badań, wnioski końcowe oraz plan dalszego działania. Przedstawiona rozprawa porusza zagadnienia związane z wielofunkcyjnym systemem chroniącym członków załogi pojazdu specjalnego przed udarem powstałym w wyniku działania ładunku wybuchowego. System ten to wielofunkcyjny fotel. Głównym celem badawczym było opracowanie wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi. W pracy postawiono również tezę, że skutki oddziaływania impulsu powstałego w wyniku fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem mogą być ograniczone przed kształtowanie charakterystyki

wytrzymałościowej elementów tłumiących i konstrukcyjnych foteli, co umożliwi skuteczną ochronę załogi w trakcie działań operacyjnych. W tym celu wykonano projekt symulacji foteli, przeprowadzono badania symulacyjne oraz wykonano prototyp wykorzystany do badań eksperymentalnych. Ponadto opracowano metodykę stanowiskowych badań laboratoryjnych opartą o wyniki badań poligonowych i badań symulacyjnych.

Główny cel pracy został zrealizowany. Powstał system foteli chroniących członków załogi przed skutkami fali uderzeniowej powstałej podczas wybuchu ładunków wybuchowych pod pojazdem. System ten jest w pełni modułowy. Co bardzo istotne i na co szczególnie warto zwrócić uwagę to fakt, że system będzie wdrożony do produkcji w krajowym przedsiębiorstwie przemysłowym dostarczającym produkt dla pojazdów wykorzystywanych przez siły zbrojne RP.

Doktorant opracował oryginalną metodykę, dokonał analizy i interpretacji wyników oraz przeprowadził badania symulacyjne oraz badania eksperymentalne.

Należy również podkreślić, co jest bardzo istotne w pracach naukowych, utylitarne walory tej pracy. System foteli będzie wdrożony do produkcji. Na co warto zwrócić uwagę to, że weryfikacja parametrów zastosowanych rozwiązań w fotelach będzie mogła być przeprowadzona na każdym etapie projektowym. Doktorant przedstawił również perspektywy dalszych prac badawczych.

3. Uwagi dyskusyjne

1. W badaniach modelowych symulacyjnych zakłada Pan między innymi współczynniki sztywności i tłumienia dla kręgosłupa. Jakie wartości tych współczynników Pan przyjął do obliczeń?
2. Zarówno w badaniach symulacyjnych jak również w badaniach eksperymentalnych do testów używa Pan manekinów. Jaki to manekiny?
3. W pracy zarówno w badaniach symulacyjnych jak również w badaniach eksperymentalnych głównym elementem odpowiadającym za tłumienie jest tłumik. W jaki sposób dobrał Pan charakterystykę siły tłumiącej w tłumiku stosowanym w symulacji komputerowej jak również w tłumiku stosowanym w części eksperymentalnej?
4. W swojej pracy posługuje się Pan kryteriami oceny np. tab. 1, 13 i 14. Jednakże dla szyi i dla nóg są przedstawione tylko siły i momenty. Czy mógłby Pan przedstawić jaką wartość mają kryteria obrażeń górnego odcinka kręgosłupa (szyi) - Nij oraz kryterium obrażeń nóg - TI przy zastosowaniu Pana absorberów ?

4. Wniosek Końcowy

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Wróbla zatytułowana "Nowe rozwiązanie innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych, pionowych obciążeń dynamicznych" podejmuje istotne problemy poznawcze o znacznym potencjale aplikacyjnym i została wykonana na dobrym

poziomie merytorycznym. Wyznaczony przez Doktoranta cel został osiągnięty, a postawiona teza została udowodniona.

Pan mgr inż. Tomasz Wróbel bardzo dobrze wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy badawczej i naukowej.

Uwagi zawarte w mojej recenzji mają charakter redakcyjny i nie wpływają na poziom opiniowanej pracy.

Zaprezentowany w pracy system foteli chroniących członków załogi przed skutkami fali uderzeniowej oraz opracowana metodyka badań wybuchu w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa członków załogi, są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta.

Na podstawie przeprowadzonej oceny rozprawy **mgr. inż. Tomasza Wróbla pt "Nowe rozwiązanie innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych, pionowych obciążeń dynamicznych"** jestem przekonany, że oceniana rozprawa spełnia wymagania formalne oraz kryteria merytoryczne stawiane rozprawom doktorskim oraz kandydatom do otrzymania stopnia doktora, a Pan mgr inż. Tomasz Wróbel zasługuje na stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk **inżynieryjno-technicznych**, w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna**.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi duży wkład teoretyczny i praktyczny w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Ze względu na znaczenie i wagę podjętego w rozprawie problemu badawczego oraz na pozytywną ocenę wartości merytorycznej i metodologicznej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że **rozprawa spełnia wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Tomasza Wróbla do publicznej obrony.**

Jednocześnie, biorąc pod uwagę uytylitarne walory i olbrzymi wkład pracy Autora recenzowanej rozprawy wnoszę do Komisji Doktorskiej o wyróżnienie pracy.



Dr hab. inż. Marek Jaśkiewicz, prof. PŚk.