

dr hab. inż. Mariusz Giergiel, prof. AGH
Akademia Górniczo - Hutnicza
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Robotyki i Mechatroniki
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 12-04-2017.

R e c e n z j a

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Fudali

pt. **„Wpływ parametrów geometrycznych na cechy ergonomiczne siedziska wózka dla osób niepełnosprawnych”**

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Sławomir Miechowicz, prof. PRz

Promotor pomocniczy: dr inż. Tomasz Kudasik

1. Wybór tematu, cel i zakres pracy

W rozprawie podjęto zadanie opracowania nowego rodzaju siedziska wózka dla osób niepełnosprawnych. Obecne rozwiązania w tym zakresie z reguły zakładają, że osoba korzystająca z wózka przyjmuje pozycję siedzącą. Długotrwałe pozostawanie w pozycji siedzącej na krześle powoduje jednakże ogólne zmęczenie, co wynika z faktu że w takiej pozycji większość ciężaru ciała przekazywana jest na siedzisko przez obszar o powierzchni zaledwie kilkunastu centymetrów kwadratowych. W efekcie duże naciski powodują niedokrwienie tkanek w obszarze kontaktu a długotrwałe pozostawanie w tej pozycji skutkuje zmęczeniem powodowanym przez znaczne siły przenoszone przez odcinek lędźwiowo krzyżowy kręgosłupa oraz podtrzymujące go mięśnie. Mimo wielu wad konstrukcja wózka dla osób niepełnosprawnych wymuszająca pozycję siedzącą jest najczęściej spotykana i powszechna. Uważam, że jest to istotny i wysoce aktualny problem, a podjęcie tej tematyki przez doktoranta jest uzasadnione i na czasie.

Cel pracy został jasno sprecyzowany jako: „Określenie wpływu geometrii podparcia na ciało człowieka oraz zaprojektowanie ergonomicznego siedziska dla mobilnych pojazdów.”, nie postawiono tezy.

Recenzowana praca doktorska liczy 121 stron tekstu i składa się ze spisu treści, wykazu ważniejszych oznaczeń, siedmiu ponumerowanych rozdziałów, spisu literatury, załączników oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozdział pierwszy to wstęp. W rozdziale drugim przedstawiono przegląd obecnego stanu wiedzy i znanych rozwiązań w zakresie ograniczeń standardowych rozwiązań układów podparcia ciała, rozwiązań siedzisk oraz sposobów prowadzenia ich badań doświadczalnych oraz zagadnień związanych z modelowaniem ciała człowieka. Rozdział trzeci prezentuje cel i zakres pracy. W rozdziale czwartym przedstawiono autorski projekt siedziska wózka dla osób niepełnosprawnych z uwzględnieniem założeń konstrukcyjnych oraz koncepcji układu podparcia. Rozdział piąty poświęcono badaniom cech ergonomicznych układu człowiek-wózek, w tym: analizie algebraicznej rozkładu sił na ciało człowieka, rozkładu nacisków na ciało człowieka oraz środka ciężkości ciała człowieka, analizie symulacyjnej z wykorzystaniem metod elementów skończonych oraz analizie doświadczalnej z użyciem specjalnie do tego celu zaprojektowanego stanowiska. Rozdział kończy zestawienie oraz podsumowanie wyników analiz. W rozdziale szóstym zostały zaprezentowane: autorska koncepcja wózka z nowatorskim systemem podparcia oraz opracowany i wykonany model koncepcyjny. W rozdziale siódmym zaprezentowano podsumowanie, wnioski końcowe oraz planowane kierunki dalszych badań. Spis literatur liczy 111 pozycji, w tym 98 tradycyjnych oraz 15 źródeł internetowych. Warto zaznaczyć, że spis literatury obejmuje w dużej mierze pozycje opublikowane w ostatnich latach. Dobrze, że Autor zamieścił na początku pracy spis ważniejszych oznaczeń, szkoda jednak że nie obejmuje on wszystkich symboli i oznaczeń wykorzystywanych w pracy. Taki kompletny spis, aczkolwiek nie jest konieczny, niewątpliwie ułatwiłby studiowanie pracy. Praca napisana jest kompetentnie i rzeczowo, problem jest najpierw sformułowany, następnie poddany dyskusji i wreszcie podsumowany wraz z prezentacją jasno podanych wniosków tam gdzie to niezbędne. Nie budzi przy tym wątpliwości kolejność prezentacji poszczególnych zagadnień, zarówno tytuł jak i podział na rozdziały dobrany został właściwie. Tekst jest poprawny pod względem językowym, materiał

ilustracyjny został właściwie dobrany, stosowana w pracy terminologia jest prawidłowa. Warto zaznaczyć wysoki potencjał aplikacyjny wynikający z uzyskanych efektów rozprawy oraz fakt, że jej efekty mogą w istotny sposób przyczynić się do poprawy komfortu życia osób dotkniętych niepełnosprawnością ruchową.

Nowatorstwa i oryginalności pracy można upatrywać w opracowaniu nowatorskiego rozwiązania konstrukcji siedziska wózka inwalidzkiego. Przy tworzeniu tej konstrukcji uwzględniono wszystkie niedogodności występujące w dotychczasowych rozwiązaniach, odrzucając utarty schemat typowego krzesła na kołkach. W efekcie powstało rozwiązanie siedziska wózka zapewniające pełną stabilizację podczas jazdy dla osób z niedowładem dolnych partii ciała. Opracowane rozwiązanie pozwala na zredukowanie średniego poziomu nacisków o około 40% w porównaniu do układu klasycznego wózka – fotela. Opracowano przy tym metody numeryczne i doświadczalne, które mogą być skutecznym narzędziem użytecznym przy projektowaniu przyrządów, urządzeń oraz pojazdów dla osób niepełnosprawnych w ramach szeroko pojętej inżynierii rehabilitacyjnej.

2. Poprawność metodyki badań i analiza wyników

W pracy przedstawiono wyniki zarówno badań analitycznych, symulacyjnych jak i eksperymentalnych. Udowodniono słuszność zaproponowanego podejścia oraz co ważne jego praktyczną użyteczność. Zastosowana metodyka badań jest prawidłowa, analiza wyników badań przeprowadzona została w sposób właściwy co świadczy o dużym zasobie wiedzy, inwencji, pracowitości i rzetelności naukowej autora.

Należy szczególnie podkreślić widoczny duży nakład pracy autora przy wykonywaniu rozprawy i dobre ujęcie problematyki zawierającej badania teoretyczne, symulacyjne oraz badania doświadczalne. Takie kompleksowe rozwiązanie jest niewątpliwie dużym osiągnięciem i zasługuje na uznanie.

Warto zauważyć, że rozwiązanie siedziska wraz z układem podparcia zostało docenione w międzynarodowych konkursach i nagrodzone:



- Srebrnym medalem na targach Brussels Innova 2014
- Srebrnym medalem na 43rd International Exhibition of Inventions of Geneva w 2015 roku
- Złotym medalem na Międzynarodowych Targach Innowacji Gospodarczych i Naukowych INTARG w Krakowie w 2015 roku

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Uwagi jakie nasuwają się po lekturze pracy są dwojakiego rodzaju. Po pierwsze są to **uwagi ogólne i redakcyjne**. Pomimo, że rozprawa jest dość starannie przygotowana to zawiera jednak szereg różnorodnych usterek redakcyjnych i edytorskich, których wymienienie w tym miejscu nie wydaje się celowe, zwłaszcza że na ogół nie utrudniają one lektury i nie umniejszają merytorycznej wartości pracy. Szczegółowe uwagi w tym zakresie przekazałem Autorowi do wykorzystania przy ewentualnych publikacjach.

W sensie merytorycznym natomiast pojawiają się raczej **uwagi dyskusyjne** niż krytyczne:

- Szkoda, że w pracy skupiono się jedynie na zagadnieniach związanych z kinematyką a pominięto dynamikę, która przecież może mieć znaczenie w przypadku poruszającego się pojazdu.
- Przeprowadzone badania potwierdzają, że nacisk jaki wywiera osoba na krzesło, jest lepiej rozłożony w omawianej w pracy konstrukcji. Jednak pewną obawę może budzić subiektywne odczucie komfortu. Czy zaproponowana pozycja ciała, która spełnia wymóg rozkładu siły spełnia także wymogi ergonomiczne? Czy kąt pomiędzy tułowiem a udem osoby nie jest zbyt duży? W pracy nie przedstawiono badań w tym kierunku.
- Jak można szczegółowo uzasadnić, że pozycja przedstawiona na rysunku 4.2 strona 30 jest wygodna dla człowieka?
- Dla jakiej grupy pacjentów jest dedykowane stworzone rozwiązanie oraz czy i kiedy jest niewskazane?

4. Podsumowanie

Omawiana rozprawa zawiera wartościowe wyniki badań i świadczy ona o tym, że autor umie postawić zagadnienie i rozwiązać je na drodze teoretycznej oraz zweryfikować doświadczalnie, a wyniki badań zanalizować i wyciągnąć poprawne wnioski. Jego wywody są jasne a wyniki rozprawy mogą być użyteczne z naukowego, technicznego jak i praktycznego punktu widzenia. Rozprawa ze względu na jej poziom oraz wagę poruszanego tematu zasługuje na wyróżnienie.

Biorąc pod uwagę całość pracy należy stwierdzić, że Autor rozwiązał istotny problem nowoczesnej tematyki naukowej związanej z dyscypliną mechanika. Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Fudali spełnia warunki określone w aktualnie obowiązującej ustawie w sprawie warunków i trybu przeprowadzania przewodów doktorskich i może być przedmiotem publicznej obrony.

