

dr hab. inż. Tadeusz Szymczak, prof. ITS

Instytut Transportu Samochodowego
Zakład Homologacji i Badań Pojazdów
ul. Jagiellońska 80
03-301 Warszawa
tel. 22 43 85 307
e-mail: tadeusz.szymczak@its.waw.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Łukasza Beresia
pt. "Badania i rozwój technik pozyskiwania energii mechanicznej człowieka
do napędu lekkich pojazdów transportowych"**

Podstawa wykonania recenzji:

powołanie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Warszawskiej, z dnia 20.10.2025 r.
RNDIM.521.1.2025

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawę doktorską przygotowano na 92 stronach, tworząc 5 rozdziałów. Pozostałe strony zawierają Bibliografię, artykuły naukowe oraz opisy patentów - dotyczące przedmiotu rozprawy. Zawarto w niej opisy merytoryczne, schematy autorskie, zdjęcia pojazdów kołowych jednośladowych i trójśladowych napędzanych siłą mięśni ludzkich, rysunki stanowisk badawczych wykorzystanych w części doświadczalnej pracy, wyniki badań oraz ich dyskusję. W układzie ogólnym rozprawa doktorska zawiera przegląd mechanizmów odbioru energii mechanicznej, badania statyczne i dynamiczne oraz rozwój pojazdów wyposażonych w napęd suwnicowy. Końcowymi rozdziałami są wnioski i kierunki dalszych prac. Bibliografia i zbiór naukowych osiągnięć publikacyjnych oraz patentowych są ostatnimi sekcjami rozprawy doktorskiej.

Ocena merytoryczna rozprawy

Autor rozprawy doktorskiej w szczegółach przedstawił schemat prac badawczych tworząc 10 etapów.

W poprawny sposób dokonał przeglądu pojazdów o napędzie siłami mięśni ludzkich, poziomych i pionowych, dwu- i trójkołowych, w tym współczesnych. Na uwagę zasługuje ilość typów rozpatrywanego środka transportu, wskazująca jednocześnie na stosunkowo szeroki zakres ich cech konstrukcyjnych, umożliwiających dostosowanie zarówno do upodobań, jak również cech anatomicznych człowieka.

W doświadczalnym podejściu statycznym z wykorzystaniem napędu suwnicowego i korbowego wykazano różnice w odbiorze mocy z siły mięśni ludzkich z ponad 2.5 – krotnym wzrostem wymienionej wielkości mechanicznej przy pierwszym ze wskazanych typów napędu mechanicznego.

Wśród uzyskanych wyników badań testu statycznego na uwagę zasługuje zależność zmian wartości siły nacisku od położenia płyty naciskowej, określona w trójwymiarowym układzie współrzędnych, ponieważ na tej podstawie można wyznaczyć nie tylko wektor wypadkowy przemieszczenia lecz

również obliczyć wartość pracy dla rozpatrywanych kierunków przemieszczenia. Dodatkowo, tego typu rezultaty można kojarzyć z konkretnymi użytkownikami stanowiska w kontekście ergonomii i efektywności, opracowując stanowiska dopasowane.

Na uwagę zasługują wyniki badań w postaci położenia płyty naciskowej, ponieważ jej kąt nachylenia wskazuje na kierunek siły wynikającej z oddziaływania na nią nóg człowieka i jednocześnie może prowadzić do opracowania określonych propozycji sposobu jej mocowania - co zostało przedstawione przez Autora rozprawy doktorskiej poprzez rysunki trzech rozwiązań konstrukcyjnych napędu suwnicowego: (a) z płytą mocowaną obrotowo w jej wsporniku; (b) płytą mocowaną obrotowo w jej wsporniku, mającym możliwość wykonywania ruchu wahadłowego; (c) płytą mocowaną obrotowo w jej wsporniku, zawierającego prowadnice promieniowe dla ruchu po okręgu.

Poprawnie zaprezentowano stanowisko badawcze do prób dynamicznych, wskazując czujniki pomiarowe i omawiając istotę jego działania oraz zwracając uwagę na zapewnienie stabilnych warunków temperaturowo-wilgotnościowych, mających duże znaczenie w uzyskiwaniu miarodajnych rezultatów badań. Z zapisanych przez Autora akapitów wynika, że ten rodzaj oczyunikowania wykorzystano zarówno w testach z udziałem dwóch typów mechanizmu: korbowego oraz suwnicowego.

Uwagę zwraca liczba 36 testów z udziałem osób podzielonych na 6 grup z powtórzeniem sześciokrotnym, co w przypadku bezpośredniego zaangażowania ludzi jest wymagającym rodzajem badania, nie tylko pod względem logistycznym, lecz również bezpieczeństwa.

Stwierdzenie Autora, sformułowane na podstawie uzyskanych wyników badań, dotyczące uzyskiwania wyższych wartości mocy i prędkości obrotowych w ruchu posuwisto-zwrotnym niż obrotowym, przy zastosowanych mechanizmach odbioru energii mięśni ludzkich, jest cechą dodaną przeprowadzonych prób.

Wśród wyników badań należy również wyróżnić zmiany sprawności netto w zależności od szacowanej mocy, zwłaszcza pozyskane przy udziale użytkownika (A – amator kolarstwa) ponieważ przy napędzie suwnicowym uzyskano najwyższe wartości wymienionej wielkości mechanicznej w pełnym zakresie pomiarów, wskazując na występowanie niższego obciążenia osoby korzystającej z wymienionego rodzaju napędu. Rezultat ten można skojarzyć z osobami o różnej kondycji i cechach motorycznych, w tym z dysfunkcją ruchową, w przypadku których korzystnie jest wykorzystywać urządzenia rehabilitacyjne niepowodujące istotnego obciążenia użytkownika.

Warto podkreślić, że Autor rozprawy doktorskiej zamieścił i opisał koncepcje pojazdów własnego projektu jak: (1) czterokołowiec (kategoria pojazdu L6-e) z napędem silnikowym spalinowym (jako rozważanie), (2) trójkołowiec z napędem silnikowym elektrycznym (wspomagającym wyposażony w napęd suwnicowy pojazd), (3) czterokołowiec o konstrukcji wykonanej w technologii łączenia stopów aluminium w postaci rur, zawierający również napęd suwnicowy, z możliwością montażu silników elektrycznych.

Uwagi szczegółowe do ocenianego opracowania naukowego

Zapisane przez Autora główne cele rozprawy doktorskiej można było zawrzeć wspólnie bez ich rozdzielania na kilku pierwszych stronach dysertacji, tworząc w ten sposób kompletną informację, dającą jednoznaczny przekaz o podejmowanym zamierzeniu naukowym.

W opisie rezultatów badań statycznych Autor zawarł informacje o wpływie położenia czujnika siły na rejestrowane jej wartości, co może świadczyć o nieprecyzyjnym umieszczeniu wymienionego urządzenia pomiarowego na tym etapie testów.

W niektórych miejscach rozprawy doktorskiej jej Autor podjął dyskusję nad typem obiektu badań, lecz bez odwołań do literatury, wskazując relatywnie duży udział autorski w podejmowanym przedsięwzięciu.

Autor rozprawy nie ustrzegł się nieprecyzyjnych sformułowań jak:

- a) „.... należy maksymalizować pracę poprzez maksymalizację momentu obrotowego ...”, a można było na przykład zapisać następująco: należy dążyć do zwiększania wartości pracy poprzez wyższe wartości momentu obrotowego;
- b) „ ... powierzchnia maksymalnych sił ...” zastępując - powierzchnia maksymalnych wartości siły,
- c) „ ... pikowe moce ...” wprowadzając sformułowanie: lokalne ekstrema krzywej mocy lub wartości maksymalne przebiegu mocy;
- d) „ ... krzywa mocy ...” zamiast przebieg mocy lub zmiana wartości mocy w czasie.

W opisie dotyczącym położenia fotela i jego cech geometrycznych, wynikających z możliwości kąтового ustawienia jego oparcia Autor rozprawy poprawnie wskazał na znaczenie kąta nachylenia wymienionego składnika fotela, podając również optymalną wartość kąta, przy czym przywołał płaszczyznę poziomą zamiast pionowej, którą z kolei oznaczył na rysunku dla wskazania kąтового położenia oparcia.

W schemacie pionowego ustawienia fotela Autor zastosował prowadnicę ustawioną pod kątem 15° względem powierzchni poziomej stwierdzając, że miało to zapewnić podobne zakresy pracy szkieletu człowieka bez względu na jego wzrost. Niemniej jednak, wymieniony rodzaj komponentu pełnił rolę stabilnego wspornika fotela, co może prowadzić do stwierdzenia, że prowadnica nie dawała możliwości utrzymania w podobnych warunkach układu mięśniowo-kostnego użytkownika względem części napędowej stanowiska badawczego.

Autor rozprawy doktorskiej w ogólnej konkluzji względem mechanizmu z okorbowaniem i mechanizmu suwnicowego stwierdził brak istotnych różnic w odbiorze energii. Niemniej jednak analiza wartości sprawności netto przy uwzględnieniu jednakowego typu położenia płyty naciskowej i prowadnic liniowych, wskazuje że przy pierwszym z wymienionych rodzajów napędu występują wyższe wartości rozpatrywanej wielkości mechanicznej.

Pomimo, że wykresy 53 i 54 prezentują zmiany wartości mocy w czasie, na podstawie których można zaobserwować określoną tendencję, to jednak zawierają niewielką liczbę punktów pomiarowych, co może utrudniać wnioskowanie szczególnie w bliskim wzajemnym położeniu zaprezentowanych krzywych.

Zapisane przez Autora rozprawy doktorskiej sformułowanie „aluminiowe profile” może sugerować wykorzystanie właśnie tego rodzaju materiału konstrukcyjnego. Jednak w branży technicznej stosowane są głównie stopy aluminium.

Wydaje się również, że komponenty z blachy aluminiowej o grubości 1 mm, również w znaczeniu produktu końcowego mogą mieć niską sztywność, a tym samym nieodpowiednią odporność mechaniczną na obciążenia.

Wykorzystywanie sztucznej inteligencji (AI) jako bezpośredniego narzędzia dla uzyskiwania rezultatów, projektów, opisów i analiz jest odwrotne względem cech powszechnych bezpośredniej koncepcji autorskiej, przy której występuje znaczny udział osoby podejmującej konkretne wysiłki dla podejmowanego problemu.

Pomimo, że autor rozprawy doktorskiej uzyskał wymierny rezultat końcowy, wykazując odpowiednie kompetencje w podejmowanym obszarze naukowo-inżynierskim to jednak trudno odnaleźć odwołania

do norm, rozporządzeń UE i Regulaminów ONZ, w celu skorzystania z zapisów w nich zawartych dla oceny jakości technicznej rozpatrywanego produktu.

Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska wpisuje się w zakres rozwoju współczesnego transportu niskoemisyjnego oraz obszar wsparcia osób z niepełnosprawnością ruchową. Umieszczenie jej w wymienionym obszarze transportu wynika, z cech produktu końcowego w postaci czterokołowca wyposażonego w napęd mechaniczny i elektryczny tj. bez silnika spalinowego. Z kolei rodzaj napędu pojazdu w postaci mechanizmu suwnicowego, jako składnika urządzenia do ćwiczeń rehabilitacyjnych, wprowadza rozprawę doktorską w drugi z wymienionych obszarów merytorycznych.

Określony przez Autora rozprawy doktorskiej cel pracy został zrealizowany z wykorzystaniem kompletnie oczujnikowanego stanowiska badawczego, przy pomocy którego wyznaczono między innymi charakterystyki dynamiczne układu mechanicznego okorbowanego i suwnicowego z udziałem dwóch różnych osób o odmiennych poziomach sprawności fizycznej: tj.: średniej i wysokiej.

Zarówno przegląd literatury, badania statyczne i testy dynamiczne z wykorzystaniem wprowadzonych przez Autora obiektów badań wskazują na poprawne planowanie programu badań, właściwą realizację doświadczeń oraz konstruktywne wnioskowanie, w tym zawierające krytyczne spojrzenie na uzyskiwane rezultaty.

Rezultat końcowy rozprawy doktorskiej wskazuje na umiejętność jej Autora w rozwiązywaniu zagadnień wieloetapowych, zawierających: projektowanie, wytwarzanie, doposażanie w czujniki pomiarowe, badanie, prototypowanie i uzyskiwanie produktu końcowego.

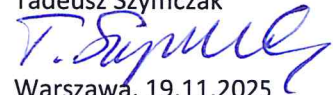
Wniosek końcowy

Uwagi szczegółowe, dotyczące recenzowanej rozprawy doktorskiej, mają znaczenie dyskusyjne i nie umniejszają jej jakości merytorycznej.

Uzasadnionym jest więc stwierdzenie, że rozprawa doktorska p. mgr inż. Łukasza Beresia spełnia wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym (z dnia 21 kwietnia 2017 roku) oraz zgodnie z zapisami art.179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. (przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. z 2018 r., poz. 1669, z dnia 3 lipca 2018 roku) i może stanowić podstawę formalną do nadania jej Autorowi stopnia doktora nauk technicznych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie „inżynieria mechaniczna”.

Tym samym wnoszę o wprowadzenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Tadeusz Szymczak



Warszawa, 19.11.2025