

dr hab. inż. Damian Obidowski prof. uczelni  
Politechnika Łódzka  
Wydział Mechaniczny  
Instytut Maszyn Przepływowych  
Zakład Aparatury i Sprzętu Medycznego  
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 219/223

Łódź, 30.12.2025r.

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Beresia  
pt.: „Badania i rozwój technik pozyskiwania energii mechanicznej człowieka do napędu  
lekkich pojazdów transportowych”**

### **Podstawa recenzji**

Podstawę formalną recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Politechniki Warszawskiej, dra hab. inż. Marka Wojtyry, prof. uczelni z dn. 20.10.2025 r. nr RND.IM.521.I.2025, w oparciu o uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej nr 258/III-IM/2025 z dnia 08.10.2025 r. na podstawie otrzymanego egzemplarza rozprawy doktorskiej.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została oceniona według pięciu kryteriów:

1. Wybór tematu, cel i zakres rozprawy.
2. Tytuł, teza naukowa i oryginalność rozprawy.
3. Metodyka badań.
4. Krytyczna analiza treści rozprawy.
5. Ocena formalnej strony rozprawy.

### **1. Wybór tematu, cel i zakres rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Beresia opisuje podjętą próbę rozwiązania problemów związanych z transportem osób na krótkich dystansach. Motywacją do realizacji prac przez Autora było jego osobiste doświadczenie związane z utrudnionym przemieszczaniem. Ograniczenia w przemieszczaniu w skrajnych wypadkach mogą prowadzić do wykluczenia komunikacyjnego osób zamieszkujących małe miejscowości. Praca doktorska stanowi zbiór rozwiązań konstrukcyjnych i prac rozwojowych opartych o prowadzone badania porównawcze autorskiego rozwiązania napędu suwnicowego w odniesieniu do najbardziej rozpowszechnionego napędu rowerowego opartego na mechanizmie korbowym.

Nadrzędnym celem przyświecającym Autorowi było opracowanie napędu do pojazdu mogącego realizować transport osoby z bagażem lub wielu osób. Odpowiednikiem istniejących rozwiązań, które pierwotnie rozważał Autor jest niewielki samochód zasilany silnikiem małodlitrazowym, lub elektrycznym sklasyfikowanym w kategorii L6e. Po wstępnych analizach związanych z ograniczeniami prawnymi wdrożenia własnego rozwiązania na rynek podjęto decyzję o rozważaniu zaprojektowania pojazdu poruszanego siłą mięśni osoby jadącej tym pojazdem, z ewentualnym wspomaganie za pomocą napędu elektrycznego, spełniającego definicję prawną roweru (Art. 2 pkt 47 ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym).

Obserwacje własne Autora nakierowały go na główny cel pracy doktorskiej który zdefiniował następująco: *„porównanie powszechnie znanego okorbowania z nowo opracowanym napędym suwnicowym poprzez wyznaczenie charakterystyk dynamicznych dla obu układów człowiek-mechanizm”*.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest zbiorem współautorskich prac: czterech powiązanych tematycznie artykułów naukowych, uzupełnionych o prace projektowe opisane w pięciu patentach oraz patent i trzy zgłoszenia autorstwa jedynie mgr inż. Łukasza Beresia. W trzech z czterech opublikowanych artykułów zawarte zostały informacje o udziałach poszczególnych autorów w danych publikacjach. W mojej ocenie udział mgr inż. Łukasza Beresia w każdym z artykułów stanowiących przedmiot rozprawy można uznać za istotny i kluczowy.

Zbiór publikacji, zgłoszeń patentowych i patentów jest poprzedzony obszernym opisem badań zawartych w pięciu rozdziałach, stanowiących wprowadzenie, przybliżające genezę podjętej tematyki i zawierające przegląd istniejących rozwiązań, skrócony opis treści artykułów, zgłoszeń patentowych i patentów oraz schematy blokowe ułatwiające prześledzenie prac nad kolejnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i z przebiegu prac badawczych.

Uważam, że poruszana w pracach tematyka, związana z rozważaniami nad urządzeniem transportowym poruszanego siłą mięśni, jest ciekawa i aktualna wobec zmian w postrzeganiu transportu osobistego jako sposobu na dbałość o kondycję fizyczną jak i w kontekście ochrony środowiska w skutek obniżenia emisji zanieczyszczeń pochodzących z transportu opartego na silnikach spalinowych. Rozważane w pracy rozwiązanie napędu za pomocą mechanizmu suwnicowego jest nowatorskim i interesującym podejściem.

## **2. Tytuł, teza naukowa i oryginalność rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Beresia nosi tytuł:

*„Badania i rozwój technik pozyskiwania energii mechanicznej do napędu lekkich pojazdów transportowych”*.

Tak sformułowany tytuł oddaje treść rozprawy. W początkowej fazie prac przeanalizowano statycznie potencjał pozyskiwania energii z mięśni człowieka za pomocą mechanizmu suwnicowego w odniesieniu do okorbowania [A1]. Następnie opracowano stanowisko do badań dynamicznych mechanizmu korbowego opisane w [A2]. Zaproponowano i przebadano różne rozwiązania techniczne dla wykonania napędu suwnicowego [A3]. Zaproponowano również szereg udoskonaleń do mechanizmu suwnicowego opisanych w zgłoszeniach patentowych i patentach. Przeprowadzono badania pozyskiwania energii do napędu pojazdów w zakresie trzech różnych typów mechanizmów: okorbowanego ręcznego, nożnego i napędu suwnicowego [A4]. Wykazano, że opracowany mechanizm suwnicowy może znaleźć z powodzeniem zastosowanie do napędu lekkich pojazdów transportowych.

Główną hipotezą naukową, postawioną przez Autora jest „wykazanie przewagi napędu suwnicowego nad okorbowaniem napędzanym nogami” w lekkich pojazdach transportowych. Niestety nie zostało jasno sformułowane jakie kryteria będą służyły do potwierdzenia lub zaprzeczenia stawianej hipotezie. Analiza poszczególnych artykułów również nie wskazuje na jednoznaczne kryteria oceny który z mechanizmów ma przewagę. W artykule [A4] przyjęto, że głównym przyjętym kryterium oceny mogło być utrzymanie wyżej mocy przez dłuższy czas, ale należy podkreślić, że twierdzenie to było oparte na badaniach laboratoryjnych, bez prób w warunkach rzeczywistych.

Przedstawione do oceny rozwiązanie jest oryginalne, a wyniki zaprezentowanych badań naukowych są ciekawe i nowatorskie.

### 3. Metodyka badań

Autor rozprawy doktorskiej opisał w jej wstępie w sposób czytelny poszczególne etapy badań i przebieg pracy. Zarówno z tego opisu jak i z analizy poszczególnych artykułów, zgłoszeń patentowych oraz patentów stanowiących przedmiot rozprawy można odnieść wrażenie, że plan badawczy powstawał na bieżąco, w wyniku określonych rezultatów prac, a nie był z góry ustaloną pracą naukową realizowaną w celu obrony lub obalenia postawionej hipotezy. Niemniej jednak należy podkreślić, że rozwijane kolejno etapy prac są ułożone w sposób logiczny, a kolejne podejmowane działania wносиły nową wiedzę wykorzystywaną do ulepszenia projektu mechanizmu do zastosowań w lekkich pojazdach. W tym sensie układ działań bardziej odpowiada strukturze klasycznego procesu projektowania układów mechanicznych niż typowej pracy naukowej.

Badania prowadzone były z wykorzystaniem zaprojektowanych przez Autora stanowisk pomiarowych, które pozwalały na uzyskanie prawidłowych wyników w zaplanowanym na danym etapie badań zakresie.

Największym zastrzeżeniem co do metodyki badań jest prowadzenie analiz na bardzo małej próbie uczestników w publikacjach [A1] i [A4]. Wyciąganie wniosków z małej próby nie pozwala na wyprowadzenie ogólnych twierdzeń.

Proponowana metodyka nie budzi większych zastrzeżeń, pomimo wskazanych uwag.

### 4. Krytyczna analiza treści rozprawy

Przedmiot rozprawy stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, uzupełniony o zgłoszenia patentowe i patenty, w których mgr inż. Łukasz Beres był jedynym autorem lub współautorem. Wkład mgr inż. Łukasza Beresia w powstanie poszczególnych artykułów, z wyłączeniem [A1] został określony w części *Author contributions* [A2] i [A3] oraz *Authors' Contribution* [A4]. Niestety wkład ten nie został potwierdzony oświadczeniami podpisanymi przez pozostałych autorów.

Ze względu na fakt, że Autor przygotował rozprawę w formie złożonej z opisu w języku polskim wprowadzenia, opisu przebiegu prac, obszernego streszczenia treści artykułów naukowych oraz dodatkowych rozdziałów poświęconych podsumowaniem prac, do których załączono publikacje, zgłoszenia patentowe i patenty stanowiące przedmiot rozprawy, ograniczę się poniżej do uwag skierowanych bezpośrednio do głównego opisu, z pominięciem uwag do zrecenzowanych publikacji naukowych. Przedstawiam poniżej moje spostrzeżenia i prośbę o uzupełnienie interpretacji wykresu.

#### Badania statyczne

Na stronie 46 Autor odnosząc się do rysunku 37 stwierdza, że „jak widać czarne kropki można dość dobrze przybliżyć fragmentem łuku”. Niestety na ilustracji nie narysowano łuku, a w znacznej części

rozkładu kropki układają się na dwóch poziomach. Stąd dalszy wniosek, wyprowadzony na podstawie pojedynczego badania jednej osoby, oparty o podobieństwo szkieletów o tym, że promień łuku można wyprowadzić równaniem jest nieuprawniony. Tym bardziej, że jak sam Autor wskazuje środek okręgu będzie inny dla osób o różnym wzroście, przy czym w mojej ocenie zmiana ta nie musi być proporcjonalna jak deklaruje Autor.

Pomimo przedstawienia trzech rozwiązań konstrukcyjnych suwnic (rys. 38-40) nie przedstawiono ich porównania pod względem użytkowym ani korzyści z zastosowania w pojeździe. Proszę o zestawienie zalet i wad poszczególnych mechanizmów w odniesieniu do zastosowania w lekkim pojeździe.

Na stronie 50 opisano rozwiązania prezentowane w patentach. Niestety w tej części opisu zawarto nieuprawnione i niefortunne stwierdzenia:

- „*W przyszłości można by udoskonalić stanowisko do badań statycznych i je zautomatyzować w celu przyspieszenia badań, co pozwoliłoby szybko wyznaczyć **optymalną trajektorię stóp** dla konkretnego człowieka.*”. Optymalna trajektoria stóp zależy w dużej mierze, od ich pozycjonowania, bez powtarzalności w tym względzie nie będzie można wyznaczyć trajektorii, która będzie optymalna, dodatkowo może się ona zmieniać w czasie.

- „*Oczywiście, wymaga to dalszych badań, ale finalnie dla danej osoby wystarczyłoby kilka punktów pomiarowych, aby znaleźć **optymalną trajektorię***”. Próba, na której oparto to stwierdzenie nie jest wystarczająca do tak daleko idących wniosków.

- „*Jak można zauważyć na wykresie maksymalnych sił (rys. 36), zmiana położenia o wartość +/- 2cm, szczególnie w obszarze największych sił, znacznie wpływa na wyniki, więc posiadanie mapy z zaznaczoną trajektorią maksymalnych sił pozwala na **idealne ustawienie mechanizmu względem fotela***”. Zdanie to nie jest uprawnione, ponieważ mapa maksymalnych sił nie będzie stała nawet dla tej samej osoby w czasie.

- „*wykonywanie pracy określonych części człowieka*” jest niefortunnym stwierdzeniem.

- „*Warto podkreślić, że człowiek w tym układzie jest najważniejszy, m.in. jaką ma budowę, osiągi i bezpiecznie zakresy pracy*”. Zdanie nie jest poprawne sformułowane.

- „*Mechanizm jest pewnego rodzaju łącznikiem między człowiekiem a wałkiem odbioru energii, więc może być nadmiernie obciążany, o ile czas jego żywotności będzie akceptowalny*” – w procesie projektowania można dość precyzyjnie wyznaczyć rozkłady sił i obciążeń i zmodyfikować mechanizm, tak, aby nie był przeciążany.

### **Badania dynamiczne**

Na stronie 53 błędnie napisano: „*oporze hydraulicznym układu żylnego doprowadzania krwi do określonych partii mięśniowych*”, „*do których krew doprowadzają grubsze żyły*” i „*do których krew doprowadzają cieńsze żyły*” – Autor zapewne miał na myśli tętnice.

„*W badaniach dynamicznych zdecydowano się na wyznaczenie **obciążenie** człowieka na podstawie obciążenia układu oddechowego*” – proszę o rozwinięcie o jakie obciążenie chodzi oraz rozwinięcie jednego z kolejnych zdań: „*Oczywiście, idealnie byłoby mierzyć wszystkie rodzaje obciążeń jednocześnie*” – proszę o wymienienie które z obciążeń Autor miał na myśli i podanie sposobu ich pomiaru.

Na stronie 55 przedstawiono opis działania hamulca magnetycznego komercyjnego roweru stacjonarnego, proszę o rozwinięcie stwierdzenia: „*Funkcja sterująca hamulcem magnetycznym w*

*zależności od płci, wieku, wzrostu i wagi nie jest znana.*”. Czy te informacje były wprowadzane przy badaniach opisanych w artykułach będących przedmiotem rozprawy?

Na stronie 71 przedstawiono wykresy sprawności brutto i netto, Autor zauważa na stronie 70, że przebieg sprawności netto w funkcji szacowanej wydatkowanej mocy dla napędu suwnicowego spada, po czym rośnie i ponownie spada jednak zabrakło wyjaśnienia tego zachowania krzywej. Proszę o dodatkową interpretację takiego przebiegu wykresu.

## 5. Ocena formalnej strony rozprawy

Rozprawa doktorska zawiera zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgłoszeń patentowych i patentów, które stanowią załącznik do opisu zrealizowanych prac. Opis ten nie ma formy monografii naukowej, ponieważ nie zawiera pełnego opisu badań wraz z metodyką prowadzonych doświadczeń, ale jest wartościowym wprowadzeniem i rozszerzeniem doniesień przedstawionych w publikacjach. Opis prac podzielono na pięć rozdziałów uzupełnionych o Bibliografię i publikacje będące przedmiotem rozprawy.

Pierwszy rozdział zatytułowany *Wprowadzenie* autor poświęcił na wyjaśnienie motywacji podjęcia tematu rozprawy. Kolejny rozdział został podzielony na sześć głównych sekcji, w których przedstawiono genezę pracy, cel i hipotezę i przebieg pracy, przegląd istniejących mechanizmów do odbioru energii mechanicznej, rozdział kończą opisy badań prezentowanych w publikacjach będących przedmiotem rozprawy oraz wystąpień konferencyjnych. Rozdział trzeci poświęcono na przedstawienie kolejnych wersji konstrukcji lekkich pojazdów wyposażonych w napęd suwnicowy, które zostały opracowane przez Autora, wraz z ich porównaniem oraz wskazaniem możliwości potencjalnego rozwoju. Czwarty rozdział zatytułowany *Wnioski* stanowi podsumowanie i prezentację wniosków z publikacji. Ostatni rozdział Autor poświęcił wskazaniu planów rozwoju lekkiego pojazdu z napędem suwnicowym własnej konstrukcji.

W pracy występują nieliczne błędy literowe oraz uproszczenia i kolokwializmy, w zdecydowanej większości praca jest napisana starannie, prawidłowym językiem.

## 6. Podsumowanie

Praca przekazana mi do recenzji stanowi oryginalne rozwiązanie złożonego problemu naukowego, świadczy o opanowaniu przez Doktoranta wiedzy teoretycznej i umiejętności w zakresie prowadzenia badań, projektowania i konstrukcji urządzeń. Treść rozprawy wpisuje się w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna w Dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych.

Biorąc pod uwagę całość pracy stwierdzam, że Autor osiągnął założone cele, a uzyskane wyniki i rozwiązania konstrukcyjne mogą być podstawą nie tylko dalszych prac badawczych, ale również wdrożenia prezentowanego rozwiązania mechanizmu do napędu lekkich pojazdów transportowych. Uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Łukasza Beresia odpowiada warunkom określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

