

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Mariusza Fara

**pt.: „STUDIUM NOWYCH ROZWIĄZAŃ UKŁADÓW NAPĘDOWYCH
I STEROWANIA LEKKICH POJAZDÓW SZYNOWYCH”**

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo nr RD/d/647/02/2021 z dnia 09.07.2021 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria lądowa i transport Politechniki Poznańskiej prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy.

1. Syntetyczna charakterystyka recenzowanej rozprawy

Przedmiotowa rozprawa doktorska dotyczy problematyki nowych rozwiązań konstrukcyjno-eksploatacyjnych pasażerskiego, spalinowo-elektrycznego pojazdu kolejowego, umożliwiającego wdrożenie nowych możliwości przewozowych na liniach kolejowych zarówno zelektryfikowanych jak i niezelektryfikowanych. Całokształt pracy ma spójną, przemyślaną strukturę i składa się z:

- 8 zasadniczych i ponumerowanych rozdziałów, w większości rozbudowanych o kilka podrozdziałów,
- 105 rysunków i 41 tabel zawartych w tekście,
- spisu bibliograficznego zawierającego 64 pozycje literaturowe i opracowania, w tym: 11 pozycji literaturowych (17,0%) zagraniczne, 17 pozycji literaturowych (27,0%) polskich, 36 opracowań innych, m. in. Dyrektywy i rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady oraz Polskie Normy.

Całość pracy, zawarta jest na 128 ponumerowanych stronach.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr. hab. inż. Jerzy Merkisz. Promotorem pomocniczym jest dr. inż. Paweł Daszkiewicz.

2. Ocena doboru tematu rozprawy

Zróżnicowanie sieci kolejowej w Polsce, w ramach której występują zarówno linie zelektryfikowane jak i niezelektryfikowane wymusza na przewoźnikach kolejowych poszukiwania różnych rozwiązań w zakresie doboru taboru kolejowego do potrzeb poszczególnych regionów komunikacyjnych. Szacuje się, że na łączną długość linii kolejowych w Polsce wynoszącą ponad 18 tys. km, 33,0% tych linii to linie niezelektryfikowane, które stanowią barierę w organizacji ruchu kolejowego. Ponadto pomimo aktualnie prowadzonych przez zarządców intensywnych działań w zakresie poprawy jakości infrastruktury kolejowej,

część sieci kolejowej znajduje się w złym stanie technicznym, co również uniemożliwia w pełni wykorzystanie dostępnego taboru elektrycznego.

Ograniczenia związane zarówno z elektryfikacją sieci kolejowej jak i stanem technicznym infrastruktury, narzucane na przewoźników kolejowych powodują, iż wielokrotnie niemożliwe jest uruchomienie uzasadnionych ekonomicznie pasażerskich połączeń kolejowych.

Z uwagi na to, że niektóre relacje pociągów przebiegają po liniach wyposażonych w trakcję elektryczną, a częściowo niezelektryfikowanych, to obsługa takiej relacji następuje pojazdami z napędem spalinowym.

Alternatywą dla użytkowanych obecnie pojazdów spalinowych stanowi lekki pojazd szynowy z podwójnym zespołem napędowym (elektryczno-spalinowym), który może być eksploatowany zarówno na liniach zelektryfikowanych, jak i niezelektryfikowanych.

Jednocześnie wprowadzenie do eksploatacji lekkiego spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego umożliwi przewoźnikom kolejowym uruchomienie nowych połączeń, ze względu na jego zdolność do poruszania się po szlakach znajdujących się w złym stanie technicznym, dotychczas zamkniętych dla składów tradycyjnych przede wszystkim ze względu na ich wagę.

Eksploatacja lekkich spalinowo-elektrycznych pasażerskich pojazdów szynowych niesie za sobą pewne zalety, do których należy zaliczyć: szybsze pokonywanie obecnych relacji przewozowych, reaktywowanie połączeń niezelektryfikowanych, jak również planowanie nowych połączeń kolejowych ekonomicznie uzasadnionych, co w konsekwencji powinno generować dodatkowy zysk dla przewoźnika. Inną zaletą eksploatacji lekkich spalinowo-elektrycznych pasażerskich pojazdów szynowych będzie możliwość skrócenia czasów przejazdu w wybranych relacjach przewozowych dzięki możliwości poruszania się z wyższymi prędkościami po odcinkach zelektryfikowanych.

Autor w rozprawie zajął się problemem opracowania rozwiązań konstrukcyjnych pasażerskiego spalinowo-elektrycznego pojazdu kolejowego, stwarzającego nowe możliwości przewozowe.

W tym kontekście zagadnienia poruszone w rozprawie wpisują się w aktualne problemy badawcze, a opracowane wnioski i rekomendacje mogą posłużyć do dalszych badań i zastosowań w obszarze rozwoju konstrukcji pojazdów kolejowych.

Zagadnienia zawarte w rozprawie mają charakter zarówno teoretyczno-badawczy jak i praktyczny z możliwością ich wykorzystania do celów wdrożeniowych. Zatem realizacja rozprawy doktorskiej stanowi przykład dobrze rozumianych badań stosowanych.

Reasumując stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy doktorskiej jest aktualny i odpowiadający na zapotrzebowanie rynku w tym obszarze. Tak, więc podjęty przez doktoranta problem badawczy jest jak najbardziej uzasadniony, a sformułowanie tematu właściwe.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Treść rozprawy została przedstawiona w ośmiu zasadniczych i ponumerowanych rozdziałach poprzedzonych spisem treści.

We wprowadzeniu – **rozdział pierwszy**, Autor rozprawy przedstawił tło i genezę poruszanych zagadnień oraz wskazał główne kierunki rozwoju elektrycznych i spalinowych zespołów oraz autobusów trakcyjnych. Ponadto w rozdziale tym doktorant wskazał wady

i ograniczenia w stosowaniu tego typu rozwiązań. **W rozdziale drugim** został sformułowany cel rozprawy oraz jej zakres. Określony przez doktoranta cel dysertacji stanowi punkt wyjścia do rozwiązania problemu oraz zdefiniowania metod i narzędzi do przeprowadzenia badań.

W rozdziale trzecim, Autor pracy przedstawił szczegółową analizę dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystywanych w pojazdach szynowych. W tym aspekcie przedstawiono ogólne informacje o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych układów napędowych wykorzystywanych w lekkich pojazdach szynowych wraz z ich wadami i zaletami. Kolejne rozdziały stanowią oryginalne osiągnięcie Autora rozprawy. **W rozdziale czwartym** przedstawiono autorską koncepcję spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego. W rozdziale tym przedstawione zostały podstawowe założenia konstrukcyjne, które posłużyły do badań w kolejnych rozdziałach dysertacji. Ponadto na bazie zaproponowanych rozwiązań, przedstawiono różne modyfikacje spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego, które stanowią potencjał rozwojowy dla budowy tych pojazdów.

Rozdział piąty przedstawia kryteria doboru silnika spalinowego do agregatu prądotwórczego, wykorzystywanego w spalinowo-elektrycznym pojeździe szynowym zaproponowanym przez doktoranta. W tym aspekcie przedstawiono parametry techniczne pojazdu oraz wybrane wymagania dla silnika spalinowego. W wyniku przeprowadzonych analiz przyjęto, iż głównymi założeniami dla zaproponowanego pojazdu szynowego w zakresie kryteriów doboru silnika spalinowego są: spełnienie norm emisji spalin, weryfikacja mocy silnika zapewniającej oczekiwane osiągi i dynamikę oraz dostępna przestrzeń do zabudowy agregatu prądotwórczego. Spełnienie ww. kryteriów w ocenie doktoranta determinuje dalsze etapy prac. Przyjęcie powyższych założeń w zakresie spełnienia kryteriów doboru silnika spalinowego do agregatu prądotwórczego pozwoliło doktorantowi na przedstawienie w dalszej części rozdziału szczegółowych analiz w zakresie wymagań ekologicznych dotyczących silników spalinowych, weryfikacji mocy silnika zapewniającego oczekiwane osiągi i dynamikę oraz dostępnej przestrzeni do zabudowy agregatu prądotwórczego.

W rozdziale szóstym Autor rozprawy przedstawił badania symulacyjne rozwiązań konstrukcyjnych lekkiego spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego. W tym aspekcie w rozdziale przedstawiono badania symulacyjne skrajni nadwozia, kątów obrotu wózka względem nadwozia pojazdu, wytrzymałości ramy wózka, elementów aparatu pociągowego wózka oraz pudła lekkiego pojazdu szynowego. W każdym z tych obszarów przedstawiono założenia do analiz, opracowano model symulacyjny oraz przeprowadzono analizę otrzymanych wyników. **Rozdział siódmy** poświęcony został charakterystyce wybranych rozwiązań konstrukcyjnych lekkiego spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego, które są kluczowe pod względem bezpieczeństwa eksploatacji, funkcjonalności pojazdu oraz należą do jednych z najbardziej skomplikowanych w lekkim pojeździe szynowym. Układami, które zostały szczegółowo przedstawione są: układ biegowy pojazdu, układ hamulcowy oraz układ sterowania. **Rozdział ósmy** stanowią wnioski, w których Autor przedstawił w sposób syntetyczny efekty przeprowadzonych badań w ramach realizacji pracy i wskazał kierunki dalszych prac badawczych.

Podsumowując powyższy układ recenzowanej rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że doktorant w sposób wnikliwy przeanalizował stan wiedzy w obszarze prowadzonych badań oraz dokonał syntetycznej jej oceny a następnie na bazie przeprowadzonych analiz zaproponował autorskie rozwiązania konstrukcyjne spalinowo-elektrycznego pojazdu

szynowego oraz przeprowadził badania symulacyjne i eksperymentalne w zakresie przyjętych rozwiązań.

Biorąc pod uwagę całość rozprawy oraz strukturę podziału treści na poszczególne rozdziały i podrozdziały uważam, że metodycznie jest to układ poprawny i odpowiada wymaganiom prac doktorskich o profilu technicznym.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Celem rozprawy doktorskiej mgra inż. Mariusza Fara było „*opracowanie rozwiązań konstrukcyjnych pasażerskiego, elektryczno-spalinowego pojazdu kolejowego, stwarzającego nowe możliwości przewozowe, przez wdrożenie dotychczas niestosowanego sposobu eksploatacji*”. Cel pracy, przyjęty przez doktoranta jest prawidłowy i odpowiada przyjętym założeniom koncepcyjnym.

Rozpatrywany w recenzowanej rozprawie doktorskiej problem badawczy dotyczy rozwiązań konstrukcyjnych innowacyjnego lekkiego pojazdu kolejowego z napędem spalinowo-elektrycznym oraz innowacyjnego systemu rozwiązań układów napędowych i sterowania.

Przedstawiony problem jest ciekawy i odpowiada aktualnym wyzwaniom jakie stoją przed producentami pojazdów kolejowych w obszarze konstrukcji technicznych, które z jednej strony zapewniałyby komfort dla pasażera a z drugiej odpowiadałyby aktualnym wyzwaniom rynkowym w zakresie ograniczeń ekologicznych oraz efektywnego ich wykorzystania na sieci kolejowej o różnych parametrach techniczno-eksploatacyjnych.

Obszar badawczy przedstawiony w rozprawie, można podzielić na dwie części, teoretyczną i badawczą.

Część teoretyczna oparta na materiałach źródłowych, dotyczy przeglądu literatury w obszarach bezpośrednio związanych z zakresem dysertacji. W tej części rozprawy doktorant przedstawił charakterystyki linii kolejowych oraz przewoźników i wykorzystywane przez nich pojazdy kolejowe. Ponadto przedstawiono szczegółową analizę dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystywanych w pojazdach szynowych, w tym różne rozwiązania konstrukcyjne układów napędowych wykorzystywanych w lekkich pojazdach szynowych wraz z ich wadami i zaletami.

Przegląd literaturowy przeprowadzono na podstawie bibliografii obejmującej 64 pozycje literaturowe i opracowania. Większość pozycji literaturowych stanowią te wydane w ciągu ostatnich 10 lat.

Część badawcza związana jest z autorską koncepcją spalinowo-elektrycznego pojazdu szynowego oraz eksperymentami naukowymi prowadzonymi na obiekcie badań z wykorzystaniem metod symulacyjnych. Badania symulacyjne przeprowadzone zostały przez doktoranta z użyciem programów SIMPACK 9.5 oraz SolidWorks Simulation i dotyczyły zachowania dynamicznego pojazdu szynowego oraz zagadnień wytrzymałościowych wybranych elementów konstrukcyjnych pojazdu.

Kolejne badania – eksperymentalne – dotyczyły badań ramy wózka oraz pudła pojazdu na akredytowanym stanowisku badawczym w notyfikowanej jednostce badawczej Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”. Zakres badań eksperymentalnych ramy wózka, poza obciążeniami statycznymi, obejmował również badania zmęczeniowe.

Przeprowadzone w ramach pracy badania symulacyjne zachowania dynamicznego pojazdu szynowego oraz zagadnień wytrzymałościowych wybranych elementów konstrukcyjnych pojazdu, dostarczyły bardzo istotnych informacji, w zasadzie niemożliwych do uzyskania w inny sposób. Przyjęte w pracy podejście badawcze wypełnia lukę badawczą w zakresie innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych spalinowo-elektrycznych pojazdów kolejowych.

W mojej opinii wykonane przez doktoranta badania są nowatorskie i unikalne. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne, a także są przyczynkiem do prowadzenia podobnych analiz dla innych obiektów i obszarów.

Oryginalnym **osiągnięciem doktoranta jest opracowanie metody badań** dotyczącej koncepcji innowacyjnego lekkiego pojazdu kolejowego z napędem spalinowo-elektrycznym. Metoda obejmuje zarówno badania analityczne jak również symulacyjne z wykorzystaniem oprogramowania wykorzystywanego do zachowania dynamicznego pojazdu szynowego oraz zagadnień wytrzymałościowych wybranych elementów konstrukcyjnych pojazdu, ponadto badania eksperymentalne – stanowiskowe umożliwiające przeprowadzenie zarówno badań statycznych jak również zmęczeniowych.

Praca wnosi zatem oryginalny wkład w rozwój nauki w obszarze układów konstrukcyjnych pojazdów kolejowych.

Problematyka rozprawy i uzyskane efekty końcowe posiadają wartość praktyczną dla analizy w zakresie rozwoju innowacyjnych lekkich spalinowo-elektrycznych pojazdów kolejowych.

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną rozprawy oraz aspekty praktyczne, za istotne walory rozprawy należy uznać:

- trafny wybór tematyki i przedmiotu badań,
- właściwy dobór badań i metodyki badawczej,
- wykazanie umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych,
- opracowanie metody badań dotyczącej koncepcji innowacyjnego lekkiego pojazdu kolejowego z napędem spalinowo-elektrycznym,
- opracowanie autorskiej koncepcji innowacyjnego lekkiego pojazdu kolejowego z napędem spalinowo-elektrycznym, potwierdzonej badaniami symulacyjnymi i eksperymentalnymi,
- możliwość zastosowań wdrożeniowych w obszarze produkcji pojazdów kolejowych,
- wykazanie umiejętności analizowania i dokumentowania wyników badań, a także posiadania znajomości aparatu matematycznego,
- zaproponowanie naukowego rozwiązania postawionego problemu badawczego i zrealizowanie założonego celu rozprawy.

Reasumując stwierdzam, że pod względem merytorycznym rozprawa nie budzi większych zastrzeżeń. Analizując treść rozprawy, można jednak dostrzec kilka wątpliwości, które nie umniejszają istotnie jej wartości i pozytywnego odbioru, niemniej warte są wyjaśnienia:

1. W rozdziale 6 doktorant wspomina, iż rama wózka oraz pudło stalowe zostały przebadane na akredytowanym stanowisku badawczym w notyfikowanej jednostce badawczej Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”. Ponadto stwierdzono, iż uzyskane wyniki potwierdziły poprawność konstrukcji

i budowy ramy wózka oraz pudła pod względem wytrzymałościowym. W rozprawie brak jest prezentacji tych wyników, co utrudnia potwierdzenie przyjętego stwierdzenia.

2. Na jakim etapie jest wdrożenie proponowanych w rozprawie rozwiązań, z analizy pracy wynika, iż zarówno rama wózka jak i pudło pojazdu były poddawane badaniom eksperymentalnym w Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”.
3. Jak wodorowy układ zasilania silnika wpłynąłby na parametry techniczno-eksploatacyjne proponowanego rozwiązania pojazdu kolejowego z napędem spalinowo-elektrycznym.

Pod względem edytorskim praca jest napisana poprawnie. Język pracy jest dojrzały jednolity i poprawny, a całość jest logicznie uporządkowana. Zrozumiała metodologia postępowania, czytelne zobrazowanie przebiegu badań i prezentacja graficzna wspomagają śledzenie wyводу. Na przejrzystość struktury pracy wpływa również to, że jest właściwie zilustrowana graficznie.

Z uwag krytycznych w tym zakresie można wskazać na brak spisu rysunków i tabel oraz brak numeracji wzorów. Wprawdzie nie są to elementy bezwzględnie wymagane w pracy doktorskiej, ale na pewno pożądane. Ponadto doktorant w dysertacji wyróżnił rozdziały, które zawierają się na dwóch lub trzech stronach. W mojej ocenie nie jest to rozwiązanie najlepsze, tym bardziej, że inne rozdziały są bardzo obszerne i zawierają się np. rozdział 6 na 47 str., natomiast rozdział 7 na 32 str.

Powyższe drobne uwagi nie wpływają na pozytywną ocenę wartości merytorycznej pracy. Stanowi ona cenny dorobek naukowy Autora w reprezentowanej dyscyplinie naukowej, a jej wyniki są ważne i interesujące zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia.

Autor rozprawy wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w reprezentowanej dyscyplinie nauki, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz umiejętnością analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem. Wprowadził nowe elementy wiedzy w obszarze podjętych badań posługując się przy tym nowoczesnymi narzędziami służącymi realizacji pracy naukowej oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia tego typu badań przez znajomość metodyki badań, uzasadniania i doboru narzędzi naukowych.

Niniejsza praca stanowi wkład w rozszerzenie wiedzy naukowej oraz technicznej dotyczącej nowych rozwiązań w obszarze lekkich spalinowo-elektrycznych pojazdów kolejowych, przez co stanowi uzupełnienie prowadzonych dotychczas badań w zakresie tego typu rozwiązań.

Praca z oczywistych względów nie wyczerpuje całości tematyki zagadnień badawczych dotyczących rozwiązań konstrukcyjnych tego typu pojazdów kolejowych. Tym samym Autor będzie mógł prowadzić dalsze badania w tym zakresie, które mogą przyczynić się do znacznego postępu rozwiązań konstrukcyjnych w tym obszarze.

Problem badawczy podjęty w rozprawie przez mgr. Mariusza Fara, został sformułowany w sposób prawidłowy, Autor określił zadania badawcze i konsekwentnie je zrealizował w poprawnych eksperymentach badawczych.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Praca doktorska pt. „*Studium nowych rozwiązań układów napędowych i sterowania lekkich pojazdów szynowych*” jest ciekawa zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska dotyczy aktualnych problemów związanych z innowacyjnymi rozwiązaniami lekkich spalinowo-elektrycznych pojazdów kolejowych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy treści rozprawy uważam, że doktorant dokonał trafnego wyboru tematyki swoich badań, a praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Tak przedstawiona dysertacja nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, wnosząc do niej nowe treści.

Cel rozprawy został sformułowany poprawnie, osiągnięty i potwierdzony wynikami praktycznymi. Przedstawiona przez doktoranta metoda ma właściwości wdrożeniowe, co wpisuje się w ogólną tendencję prowadzonych badań naukowych, związaną z zastosowaniami aplikacyjnymi i wdrożeniowymi.

Opiniowana rozprawa jest opracowaniem o znacznych walorach poznawczych i ma charakter opracowania naukowego. Przygotowana została starannie i wyczerpująco, omawia zastosowany aparat badawczy, przeprowadzone badania i analizy oraz prawidłowo formułuje ciekawe i istotne dla dalszych prac wnioski.

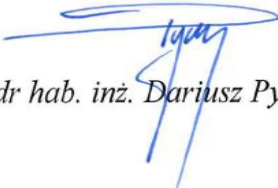
Zaprezentowane w pracy wyniki badań są cenne zarówno z naukowego punktu widzenia, jak i zastosowań praktycznych oraz wnoszą elementy nowej wiedzy w dyscyplinie naukowej: Inżynieria lądowa i transport.

Zgromadzony w ramach realizacji pracy obszerny materiał badawczy, może zostać wykorzystany do dalszej analizy naukowej. Autor pracy – mgr inż. Mariusz Fara wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wysoki poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się pewne wątpliwości i pytania wymagające wyjaśnienia, które zawarłem w niniejszej recenzji, jednak w moim przekonaniu nie obniżają jednoznacznie pozytywnej oceny pracy. Sformułowane przeze mnie uwagi mogą w części wynikać z odmienności poglądów i różnych ocen omawianych zagadnień, a w części są zachętą do dyskusji w zakresie poruszanych kwestii. Wysoko oceniam poziom rozprawy oraz intelektualny wkład Autora i nakład włożonej przez Niego pracy.

Biorąc pod uwagę, sformułowane powyżej opinie wyrażam jednoznaczne stanowisko, że rozprawa Pana **mgra inż. Mariusza Fara pt.: „*Studium nowych rozwiązań układów napędowych i sterowania lekkich pojazdów szynowych*” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria lądowa i transport. **Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.****

Na podstawie oceny metodycznej i merytorycznej recenzowanej rozprawy i z uwagi na jej wysoki poziom oraz aspekty użytkowe wnioskuje o jej wyróżnienie.


Prof. dr hab. inż. Dariusz Pyza