

Recenzja spełnia wymogi formalne

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport | 1

dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ
Radom, 20 lipca 2024 r.

Dr hab. inż. Tomasz Perzyński, prof. URad.

Uniwersytet Radomski

Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana Yohanisa Dabesy Jelili

„Method of assessing the condition of wheels of wheelsets
of railcar during railroad drive”

Podstawą do sporządzenia recenzji było pismo nr RDILGT.0211.44.2024 – Uchwała nr 44/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 23 maja 2024 r.

Recenzja składa się z 11 punktów istotnych dla oceny rozprawy, opisanych na 9 ponumerowanych stronach.

1. Informacje podstawowe

Autorem rozprawy doktorskiej (tytuł oryginalny): „Method of assessing the condition of wheels of wheelsets of railcar during railroad drive” jest Pan Yohanis Dabesy Jelili, doktorant Politechniki Śląskiej. Opiekunem naukowym rozprawy jest prof. dr hab. inż. Wiesław Pamuła a promotorem pomocniczym dr inż. Adam Mańka. Rozprawa została ukończona i złożona do recenzji w czerwcu 2024 roku.

Niezawodność, badania i diagnostyka zestawu kół pojazdów szynowych to jeden z obszarów o kluczowym znaczeniu dla bezpieczeństwa i efektywności transportu szynowego. Bezpieczeństwo przemieszczania się pojazdów szynowych wymaga ciągłego procesu diagnostycznego i oceny elementów stanu technicznego pojazdu szynowego. Dotyczy to zarówno elementów pojazdu szynowego jak i nawierzchni torowej. Analiza stanu technicznego pojazdów szynowych to proces sprowadzający się między innymi do zbierania i analizy danych zebranych podczas przeglądów technicznych oraz badań diagnostycznych. Istotnym elementem badań diagnostycznych jest analiza stanu technicznego elementów pojazdów szynowych, które można wykonać również podczas badań nieinwazyjnych. Badania takie

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 10.08.2024
nr 141 zał. —



WYDZIAŁ TRANSPORTU,
ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI

pozwalają wskazać nie tylko potencjalnie niebezpieczne elementy, ale również prognozować parametry czasowe związane z eksploatacją.

Diagnostyka zestawu kół kolejowych jest zatem kluczowym elementem w utrzymaniu bezpieczeństwa i efektywności transportu szynowego. Zestawy kół pojazdów szynowych to nie tylko elementy łączące pojazd z torem, ale również czynnik mający wpływ na opory ruchu czy zużycie koła. Uszkodzenia kół pojazdów szynowych mogą prowadzić do poważnych awarii i katastrofalnych skutków. Nierównomierny rozkład naprężeń na obwodzie koła może np. prowadzić do niewłaściwego zużycia. Koła pojazdów szynowych to elementy, które nie tylko wpływają na bezpieczeństwo przemieszczania się, ale również na komfort jazdy i stabilność pojazdu szynowego. Procesy diagnostyczne pozwalają zatem na wczesne wykrywanie powstających defektów oraz nieprawidłowości. Należy również w tym miejscu wspomnieć o takich czynnikach spowodowanych niewłaściwym funkcjonowaniem pojazdów szynowych, jak hałas czy drgania generowane podczas jazdy.

Współczesne metody diagnostyki zestawu kół pojazdów szynowych pozwalają na ocenę stanu technicznego koła m.in. poprzez analizę drgań czy monitorowanie stanu kół w czasie rzeczywistym. Dlatego też niezwykle istotne jest stosowanie metod diagnostycznych, które w sposób niezawodny i skuteczny pozwalają na zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa minimalizując ryzyko awarii i wypadków. Zastosowanie nowoczesnych technik diagnostycznych pozwala również optymalizować koszty utrzymania taboru szynowego oraz zwiększa bezpieczeństwo jego użytkowania.

Rozprawa doktorska przedstawia badania dotyczące diagnostyki stanu kół pojazdów tramwajowych z wykorzystaniem czujników akcelerometrycznych opartych na układach mikroelektromechanicznych (MEMS), rejestrujących drgania szyny podczas przejazdu pojazdu szynowego przez system pomiarowy umieszczony na torze manewrowym w zajezdni tramwajowej. W pracy analizowano sygnały z czujników w dziedzinie czasowo-częstotliwościowej w celu oceny stanu kół pojazdu tramwajowego.

2. Ocena układu rozprawy doktorskiej oraz jej zawartość

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska „*Method of assessing the condition of wheels of wheelsets of railcar during railroad drive*” liczy 142 strony. Składa się z sześciu głównych rozdziałów, łącznie z podrozdziałami i podsumowaniem. Dodatkowo rozprawa zawiera bibliografię i suplement. Treść rozprawy jest zgodna z tytułem. Rozdziały rozprawy tworzą logiczną całość, a zastosowana chronologia nie budzi większych wątpliwości.



Temat rozprawy doktorskiej podjętej przez doktoranta, w nawiązaniu do dotychczasowych publikacji autora, stanowi kontynuację jego zainteresowań badawczych i naukowych. W pracy doktorskiej autor zaprezentował metodę oceny stanu kół wagonów w czasie przemieszczania przez układ pomiarowy.

Analiza przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej pozwala na stwierdzenie, że doktorant w ramach rozprawy:

- sformułował problem badawczy,
- przeprowadził przegląd literatury,
- wskazał cel, zakres i tezę rozprawy doktorskiej,
- przeprowadził analizę aktualnego stanu wiedzy i zidentyfikował luki badawcze w dziedzinie diagnostyki kół pojazdów szynowych,
- zaproponował aparat matematyczny i zastosował ten aparat do analizy stanu uszkodzenia koła,
- opracował koncepcję metody oceny zestawów kołowych pojazdów szynowych,
- zaimplementował autorskie rozwiązanie w sterowniku programowalnym opartym na czujnikach MEMS,
- przeprowadził weryfikację zaproponowanej w pracy metody na stanowisku eksperymentalnym.

Autor za cel pracy postawił sobie opracowanie i walidację metody oceny stanu kół tramwaju kolejowego z wykorzystaniem analizy drgań podczas eksploatacji. Celem badań, zdaniem autora rozprawy, jest ustalenie związku pomiędzy przebiegami drgań a stanami uszkodzeń kół, co umożliwi naukową i wiarygodną ocenę stanu kół wagonów. W celu realizacji postawionego zadania badawczego, autor rozprawy określił cele szczegółowe:

- zaproponował sposób identyfikacji nieprawidłowości widma częstotliwości drgań,
- wyznaczył charakterystyczne pasma częstotliwości drgań istotne dla opisu stanu kół,
- opracował sposób analizy danych drganiowych, który ułatwi pracę zaplecza technicznego związanego z utrzymaniem pojazdów szynowych.

W pierwszym rozdziale rozprawy doktorskiej autor przedstawił tematykę rozprawy oraz pokrótce zaprezentował analizę uszkodzeń kół pojazdów szynowych. Dokonując wstępnego opisu, odwołał się do prac autorów zajmujących się podobną problematyką badawczą. Przedstawił metody wykrywania uszkodzeń kół pojazdów szynowych. Na zakończenie krótkiego wprowadzenia zauważył, że techniki analizy czasowo-częstotliwościowej okazały się obiecującym podejściem do diagnostyki uszkodzeń kół pociągów, zapewniając bardziej kompleksowy i skuteczny sposób analizowania i interpretowania sygnałów zebranych z kół pociągu. W kolejnym kroku przedstawił motywację do podjęcia badań nad problematyką wykrywania uszkodzeń kół pojazdów szynowych. Na tym etapie doktorant wskazał, że istnieje



potrzeba przeprowadzenia diagnostyki szynowych środków transportu w zajezdni tramwajowej. Doktorant opisał i zdefiniował problem badawczy określony jako: w jaki sposób czujniki przyspieszenia oparte na technologii MEMS można zastosować do oceny stanu kół zestawów kołowych wagonów kolejowych podczas jazdy? W rozdziale tym wskazał założenia i cele pracy.

W drugim rozdziale rozprawy autor przedstawił opis metod oceny stanu kół pojazdów szynowych. W rozdziale tym autor dokonał analizy stanu wiedzy, cytując liczne prace. Doktorant przedstawił zagadnienia związane z monitorowaniem drgań i diagnostyką uszkodzeń. W oparciu o dobrze przygotowany aparat matematyczny przedstawił techniki stosowane w analizie drgań. Przedstawione metody pozwalają na wyodrębnienie charakterystycznych cech sygnałów zbieranych przez czujniki. W tym rozdziale dominowały wspomniane zagadnienia takie jak:

- monitorowanie stanu w oparciu o wibracje,
- analiza w dziedzinie czasu sygnałów drganiowych,
- analiza w dziedzinie częstotliwości,
- analiza czasowo-częstotliwościowa sygnałów drganiowych (m.in. krótkotrwała transformata Fouriera, transformata falkowa – ciągła i dyskretna, transformata Hilberta-Huanga).

Rozdział drugi obfituje w matematykę na poziomie akademickim uzupełnioną charakterystykami, które w obrazowy sposób bardzo dobrze uzupełniają opis. Rozdział kończy się zagadnieniem porównania metod czasowo-częstotliwościowych.

Rozdział trzeci dysertacji przedstawia metodę oceny stanu kół wagonów kolejowych podczas jazdy po torze. Doktorant wskazał ograniczenia dotyczące stosowania czujników MEMS oraz przedstawił założenia do dalszych rozważań. Autor przyjął, że nieregularności stanu kół powodują zakłócenia w widmie częstotliwości rejestrowanych przyspieszeń, a nieprawidłowości te można wykorzystać do uzyskania informacji o stanie kół. Wskazał, iż właściwości MODWPT mogą być zastosowane do analizy zebranych danych pomiarowych, co pozwoli na uzyskanie skutecznej interpretacji sygnałów drganiowych w celu wykrycia potencjalnego uszkodzenia. W tym rozdziale autor przedstawił szczegółowe informacje na temat algorytmu MODWPT do analizy sygnałów pochodzących z kół. W celu przeprowadzania kompleksowej analizy zaproponował trzy etapy prac: zbieranie danych, przetwarzanie danych (za pomocą MODWPT), analiza współczynników MODWPT. Rozdział został wypełniony został licznymi rysunkami, wzorami oraz odwołaniami do literatury. Autor omówił warianty proponowanej metody.



Po wprowadzeniu do metody, co zostało przedstawione w rozdziale trzecim, rozdział czwarty stanowi walidację zaproponowanej metody. Autor przeprowadził badania w zajezdni tramwajowej „Tramwaje Śląskie S.A.". Przedstawił krótką charakterystykę stanowiska pomiarowego, w tym infrastrukturę oraz system pomiarowy. W celu zebrania danych pomiarowych autor wykorzystał prototypowe urządzenie rejestrujące, oparte na 3 - osiowym czujniku akcelerometru MEMS. Autor zaprezentował oraz omówił wyniki przeprowadzonych testów, które zostały zrealizowane w dwóch sesjach, w każdej 10 jazd testowych. Autor dokonał rejestracji oraz analizy energii drgań wybranych pojazdów tramwajowych w celu identyfikacji różnic w energii drgań wynikających ze stanu normalnego i wadliwego. Wyniki prac przedstawił w formie graficznej oraz tabelarycznej. Wskazał wartości minimalne i maksymalne uzyskanych wyników, co pozwoliło na selekcję kół dobrych i wadliwych. Zaprezentowane w rozdziale czwartym wyniki badań wskazały, iż wzrost uszkodzeń kół generuje wyższe wartości energii drgań.

W rozdziale piątym autor przedstawił założenia funkcjonalne układu kontrolno – pomiarowego, przedstawionego w rozdziale czwartym (rys. 4.2). Zaprezentował możliwość zastosowania układu w oparciu o transmisję radiową oraz własny układ zasilania. Przedstawił rozwiązanie, które optymalizuje zużycie energii w odniesieniu do uzyskanego zasięgu transmisji danych. Przedstawione rozwiązanie pozwala na mało inwazyjną integrację w infrastrukturę torową w zajezdni tramwajowej oraz usytuowanie układu pomiarowego w dowolnym miejscu. Rozdział ten jest najkrótszym rozdziałem monografii.

Rozprawę kończy podsumowanie (rozdział szósty), w którym doktorant odniósł się do uzyskanych wyników. Na końcu pracy znajduje się załącznik w postaci kodu MATLAB.

3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Spis bibliograficzny zawiera 107 pozycji. Spis ten nie obejmuje 3 artykułów z czasopism oraz 5 artykułów współautorskich doktoranta, które znajdują się w odrębnym wykazie zamieszczonym na stronach XIII i XIV. Warto zauważyć, że wszystkie artykuły autora wpisują się w tematykę podjętą w rozprawie. Wskazane prace pochodzą z lat 2021-2023, w tym 4 publikacje z 2021 r., 2 publikacje z 2022 r. i 2 publikacje z 2023 r. Publikacje doktoranta należy uznać za nowe. Dobór wykorzystanej literatury należy uznać za prawidłowy. Spośród 106 pozycji bibliograficznych, 38 to opracowania pięcioletnie lub młodsze. Ogólna liczba pozycji bibliograficznych nie starszych niż 10 lat wynosi 62, co stanowi ponad 50% całego spisu. Liczbę pozycji bibliograficznych należy uznać za wystarczającą.



4. Ocena celu pracy

Autor wskazał, że istnieje potrzeba wprowadzenia skutecznych systemów zapewniających diagnostykę kół pojazdów szynowych. Autor rozprawy zaproponował system diagnostyczny oparty na trójosiowym czujniku MEMS montowanym pod torem kolejowym i służącym do rejestracji drgań kół jezdnych. Dla osiągnięcia celu rozprawy doktorskiej autor wskazał cele częściowe, którymi były:

- analiza istniejących rozwiązań związanych z badaniem stanu kół pojazdów szynowych,
- opracowanie algorytmu testującego w oparciu o transformację MODWPT,
- przyjęto założenia do przeprowadzenia badań i wskazano odpowiedni zakres częstotliwości jako miarę stanu technicznego koła pojazdu szynowego,
- przeprowadzono walidację metody podczas próbnych przejazdów tramwajów po torach manewrowych zajezdni,
- wskazano możliwości wykorzystania opracowanej metody do wykrywania uszkodzeń kół pojazdów szynowych podczas jazdy.

Realizacja zadań częściowych oraz zastosowana w pracy metoda badawcza pozwalają stwierdzić, że cel pracy został osiągnięty.

5. Ocena zastosowanych metod badawczych

Doktorant do przeprowadzenia analiz korzystał ze znanego środowiska do wykonywania obliczeń inżynierskich i naukowych - Matlab. W zakresie rozprawy doktorskiej dobór oprogramowania należy uznać za prawidłowy. W zakresie teoretycznych metod badawczych należy zauważyć, że doktorant zidentyfikował, opisał i porównał metody czasowo-częstotliwościowe oparte na aparacie matematycznym, w tym:

- STFT - Short-Time Fourier Transform
- CWT - Continuous Wavelet Transform
- DWT - Discrete Wavelet Transform
- WPT - Wavelet Packets Transform
- EMD - Empirical Mode Decomposition
- HHT - Hilbert Huang Transform
- MODWPT - Maximal Overlap Discrete Wavelet Packet Transform

Pozwoliło to na zaproponowanie techniki przetwarzania sygnału MODWPT, jako dobrej metody przetwarzania pozyskanych sygnałów przyspieszenia. Autor opracował prototyp urządzenia i naukowo uzasadnił proponowaną metodę.



6. Ocena wyników badań

Na podstawie zastosowanej metody badawczej oraz zaproponowanego prototypu czujnika akcelerometrycznego opartego na technologii MEMS mierzącego drgania szyn podczas przejazdu tramwaju doktorant wykazał, że zastosowane rozwiązanie pozwala na realizację zadań związanych z diagnostyką kół tramwajowych, wskazując potencjalnie niebezpieczne koła.

7. Implementacja wyników badań

Przedstawiony w rozprawie doktorskiej prototypowy system oceny stanu kół tramwajowych został zainstalowany w zajezdni tramwajowej Tramwajów Śląskich S.A. Umożliwiło to przeprowadzenie badań niezbędnych do napisania rozprawy doktorskiej. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że prezentowany prototyp może stanowić element infrastruktury torowej zajezdni, przyczyniając się do szybkiej i selektywnej diagnostyki kół tramwajowych.

8. Uwagi do pracy

Rozprawa doktorska została napisana językiem zrozumiałym, chociaż są miejsca wymagające powtórnego przeczytania tekstu. Dostarczona do oceny dysertacja zawiera niezrozumiałą numerację stron. Rozprawa rozpoczyna się numeracją rzymską, gdzie po numerze XXII następuje zmiana numeracji stron na liczby dziesiętne i rozprawa rozpoczyna się od numeru „1”.

Na stronie XIII – XIV doktorant prezentuje swoje opracowania – *list of publications*, jednak w rozprawie doktorskiej trudno znaleźć do nich odniesie.

Autor rozprawy nie stosuje odniesienia do spisu bibliograficznego w postaci ponumerowanych odwołań, co utrudnia analizę tekstu. Wersja elektroniczna rozprawy posiada odniesienia do opracowań innych autorów wraz z linkami do spisu, jednak w przypadku opracowania drukowanego wymusza to na recenzencie szukania odniesień w spisie bibliograficznym.

W ocenie recenzenta rozdział piąty jest niepotrzebnie wyodrębniony, a zawarte w nim informacje mogłyby stanowić doskonałe uzupełnienie rozdziału czwartego, w którym doktorant przedstawił prototyp urządzenia kontrolno – pomiarowego. Natomiast zabrakło w rozprawie wprowadzenia w środowisko Matlab. Załącznik rozprawy wyraźnie wskazuje, iż takie środowisko zostało wykorzystane.

W rozprawie zabrakło również wyraźnego zaznaczenia, które z rysunków czy schematów są autorskie. Brak przypisania takiej informacji może świadczyć o tym, iż cała zawartość graficzna rozprawy jest autorstwa doktoranta.



Z opisu zawartego w pracy nie wynika, czy prototyp urządzenia (rys. 4.2) jest autorski, czy powstał w wyniku pracy zespołu.

Po przeczytaniu rozprawy recenzent chciałby zadać następujące pytania:

- Czy prototyp urządzenia pokazanego na rys. 4.2 jest autorski czy jest wynikiem opracowania zespołu badawczego? Jeśli został opracowany wspólnie przez zespół, to jaki był udział doktoranta w powstaniu systemu pomiarowego?
- Na stronie 81 rozprawy doktorant pisze, iż w zakresie 420Hz do 422 Hz częstotliwość ta wyraźnie określa stan kół, w których wystąpiły usterki. Skąd taki zakres częstotliwości? Zastosowana na rysunkach w rozprawie doktorskiej rozdzielczość nie pozwala na tak precyzyjny odczyt. Proszę o wyjaśnienie.
- W jakich warunkach zewnętrznych przeprowadzono zadania pomiarowe i jakie np. ujemne temperatury mogą mieć wpływ na uzyskane wyniki pomiarów?
- Jaki wpływ na wyniki pomiarów ma zastosowana technologia, z której wykonano torowisko?
- W rozprawie zaprezentowano wyniki pomiarów z dwóch sesji. Jaki według doktoranta jest próg referencyjny (DW, energia), powyżej którego można uznać potencjalne uszkodzenie koła?

9. Ocena oryginalności pracy

Pomimo uwag wskazanych w recenzji należy uznać, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest pracą oryginalną. Doktorant przedstawił własną koncepcję metody oceny stanu kół zestawów kołowych wagonu pojazdu szynowego podczas jazdy. Opracowany prototyp urządzenia do rejestracji drgań, zawierający układ czujników akceleratorowych, MEMS jest pomysłem oryginalny.

10. Ocena wiedzy doktoranta i przygotowania do samodzielności badawczej

W rozprawie doktorskiej doktorant wykazał, że posiada umiejętności badawcze i analityczne, umożliwiające realizację zadań naukowo-badawczych. Doktorant wykazał się również doświadczeniem w prowadzeniu badań w warunkach rzeczywistych. Doświadczenie to zostało przedstawione w rozdziale czwartym rozprawy doktorskiej. Wiedza doktoranta pozwoliła mu na przygotowanie prototypu urządzenia umożliwiającego ocenę stanu kół tramwajowych.



11. Wnioski

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana Yohanisa Dabesy Jelili pt. „*Method of assessing the condition of wheels of wheelsets of railcar during railroad drive*” recenzent stwierdza, że rozprawa doktorska stanowi wkład w rozwój bezpiecznego transportu szynowego. Wybór tematu jest trafny i aktualny. Na podkreślenie zasługuje również praktyczne znaczenie poruszanej tematyki. Zastrzeżenia i uwagi w żaden sposób nie umniejszają pozytywnej oceny, a mają jedynie służyć jako wskazówka w doskonaleniu umiejętności badawczych, poznawczych i pisarskich doktoranta. Doktorant wykazał się wiedzą teoretyczną na zadany temat oraz umiejętnością posługiwania się narzędziami do realizacji zadań eksperymentalnych.

Podsumowując, rozprawa doktorska Pana Yohanisa Dabesy Jelili jest opracowaniem spójnym tematycznie i przedstawia zagadnienia diagnostyki kół pojazdów szynowych w sposób oryginalny i twórczy. Stwierdzam, że rozprawa spełnia wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Wnoszę o dopuszczenie Pana Yohanisa Dabesy Jelili do publicznej obrony.

W wyrazami szacunku



