



Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Krzysztofa Polaka

pt.: **Ocena wpływu hałasu generowanego przez pojazdy kolejowe zwiększonych prędkości na otoczenie**

Promotor: dr hab. inż. Jarosław Korzeb, prof. PW

1. Informacje ogólne

Recenzja opracowana została na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Warszawskiej (pismo z dnia 07.03.2022 r.) na podstawie dostarczonej rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr **Krzysztofa Polaka** liczy 320 stron, na którą składają się m.in. spis treści, streszczenia w jęz. polskim i angielskim, wprowadzenie, osiem rozdziałów autorskich, wnioski końcowe i kierunki dalszych prac, bibliografia. Integralną część pracy stanowią załączniki zamieszczone na końcu rozprawy.

Lista wykorzystanych pozycji bibliograficznych liczy łącznie 220 pozycji, w tym 4 pozycje współautorskie doktoranta, na które składają się 172 pozycje literatury naukowej w postaci monografii i artykułów naukowych, 14 norm, 21 aktów normatywnych, w tym dyrektywy, ustawy i rozporządzenia, 6 raportów i wytycznych branżowych, 2 standardy i specyfikacje techniczne, 3 instrukcje i regulaminy branżowe oraz 2 strony internetowe. W spisie literatury naukowej zamieszczono 172 pozycje, z czego 60 opublikowano w ostatnich 5 latach (2017 – 2022), 109 w ostatnich 10 latach (2012 – 2022).

Praca ma charakter eksperymentalny i związana jest z problematyką modelowania i oceny hałasu generowanego przez pojazdy kolejowe zwiększonych prędkości na otoczenie.

Rozprawa jest napisana w większości poprawnym, precyzyjnym językiem. Układ pracy przejrzysty, podział treści rozprawy na rozdziały i podrozdziały w większości poprawny. Terminologia i pojęcia stosowane w pracy nie budzą większych zastrzeżeń. Materiały ilustracyjne oraz tabele z wynikami badań zamieszczone w pracy, przeważnie w sposób właściwy przedstawiają studia Doktoranta, które dotyczą modelowania propagacji dźwięku generowanego podczas przejazdu pojazdów kolejowych zwiększonych prędkości oraz oceny wpływu hałasu na otoczenie.

3. Ocena podjętego tematu

Transport jest działalnością mającą na celu pokonywanie przestrzeni i ma też istotny wpływ na sprawne i efektywne funkcjonowanie każdego działu gospodarki narodowej, stanowi również czynnik intensyfikujący rozwój miast i regionów. Jednym z istotnych rodzajów transportu jest transport szynowy. Szczególnym jego przypadkiem jest transport kolejowy. Na liniach kolejowych ruch jest trasowany. Umożliwia to kontrolę nad ruchem pojazdów i możliwość optymalizowania rozkładów jazdy również pod względem akustycznym.

Autor podjął się bardzo nietatwego, ale ważnego zadania związanego z możliwością monitorowania hałasu generowanego podczas przejazdu pojazdu szynowego. Na podstawie analizy wyników badań i wniosków sformułowanych w pracy można zdefiniować wskazówki dotyczące eliminacji źródeł hałasu lub sposobów oceny uciążliwości dla otoczenia szlaków kolejowych.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia uważam, że wybór tematu rozprawy jest aktualny i istotny dla poprawy klimatu akustycznego w obrębie szlaków kolejowych, zwłaszcza, że dążenie do zwiększenia prędkości przejazdów pojazdów szynowych jest potencjalnym zagrożeniem związanym z podwyższoną aktywnością wibroakustyczną tych obiektów.

4. Analiza treści rozprawy

W przedstawionej do recenzji rozprawie, Autor podjął się zadania związanego z modelowaniem i oceną hałasu w otoczeniu linii kolejowych. W związku z powyższym, ogólny cel pracy jaki zdefiniował Autor jest następujący: Opracowanie modelu propagacji hałasu i metody oceny oddziaływania pojazdów kolejowych zwiększonych prędkości na otoczenie. Na podstawie zdefiniowanego celu ogólnego Autor zdefiniował cele szczegółowe, które są rozszerzeniem i uszczegółowieniem ogólnego celu pracy. Cele te zostały poprawnie sformułowane i wytyczają kolejne kroki realizacji pracy.

Na podstawie przedstawionych celów Autor sformułował następującą tezę: „Wykorzystanie eksperymentu badawczego umożliwia identyfikację dominujących źródeł hałasu, budowę empirycznego modelu sygnatury akustycznej oraz ocenę uciążliwości oddziaływania pojazdów kolejowych zwiększonych prędkości na otoczenie”. Uważam, że teza pracy jest poprawna, ale autor nie podał kryteriów przyjęcia lub odrzucenia tezy, co utrudnia ocenę efektów pracy Doktoranta.

Pierwszy rozdział pracy jest wprowadzeniem do problematyki i zagadnień poruszanych w pracy. Autor w sposób jasny i precyzyjny wskazał obszar badań oraz zagadnienia, które są istotne dla rozwiązania postawionego problemu badawczego. Przeprowadzona została analiza najważniejszych zagadnień związanych ze zjawiskami akustycznymi a także wskazano główne akty normatywne regulujące ocenę oddziaływań akustycznych w transporcie kolejowym. Przedstawiono również źródła hałasu pochodzące od pojazdów kolejowych oraz metody ich minimalizacji.

W rozdziale drugim przeanalizowano europejskie i krajowe wymagania techniczne, mogące mieć wpływ na oddziaływania akustyczne w transporcie kolei zwiększonych prędkości. Określono parametry dla pojazdów

kolejowych zwiększonych prędkości oraz opisano technologię budowy drogi kolejowej dla zwiększonych prędkości oraz scharakteryzowano wewnętrzne wymagania techniczne głównego zarządcy infrastruktury kolejowej w Polsce – Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe.

W rozdziale trzecim przedstawiono cel, tezę pracy, problem badawczy przesłanki naukowo badawcze dotyczące analizowanego obszaru wiedzy. Na podstawie analizy stanu wiedzy opisanego w rozdziale drugim oraz przesłanek naukowo badawczych sformułowano tezę pracy, cel ogólny i cele szczegółowe. Na uwagę w tym rozdziale zasługują precyzyjne sformułowane zadania badawcze pozwalające osiągnąć zdefiniowany cel pracy.

Rozdział czwarty jest pierwszym rozdziałem merytorycznym związanym z celem pracy, w którym opisano metodę badawczą, zastosowaną do realizacji zadań. W ramach tego rozdziału Autor przedstawił obiekty badań tj.: elektryczny pojazd trakcyjny oraz tor kolejowy. Opisano pojazd kolejowy zwiększonych prędkości firmy Alstom typ ETR610 seria ED250 – tzw. Pendolino a także wskazano najważniejsze parametry konstrukcyjne linii kolejowej nr 4 Grodzisk Mazowiecki – Zawiercie (Centralna Magistrala Kolejowa – CMK), odcinek Grodzisk Mazowiecki – Ildzikowice. Scharakteryzowano obszar torowiska, wokół którego przeprowadzono badania eksperymentalne. Przedstawiono autorską metodykę przeprowadzenia badań eksperymentalnych i oceny wyników pomiarów sygnałów akustycznych w pobliżu linii kolejowej. W ramach rozdziału opisano aparaturę pomiarową wykorzystaną do przeprowadzenia pomiarów, poligon pomiarowy oraz warunki atmosferyczne. Bardzo istotnym elementem tej części pracy jest zaplanowanie badań eksperymentalnych i pozyskanie informacji potrzebnych do rozwiązania problemu.

W rozdziale 5 Autor opisuje realizację eksperymentalnej części zadań badawczych. Przedstawiono wyniki z pomiarów sygnałów akustycznych z wykorzystaniem kamery akustycznej oraz macierzy mikrofonowej. Przeprowadzone badania eksperymentalne w warunkach normalnej eksploatacji pojazdów kolejowych zwiększonych prędkości umożliwiły uzyskanie poziomów ciśnienia akustycznego dla poszczególnych zakresów częstotliwości, w pasmach tercjowych oraz uzyskanie równoważnych poziomów dźwięku. W ramach rozdziału Autor przeanalizował, zweryfikował oraz porównał uzyskane wyniki pomiarów akustycznych, na podstawie których wybrał próbki reprezentatywne, wykorzystane do opracowania autorskiego modelu propagacji dźwięku oraz wskaźnika obciążenia hałasem.

W rozdziale 6 przeanalizowano istniejące empiryczne modele propagacji hałasu pochodzącego od transportu kolejowego. Na podstawie tej analizy poddano szczegółowej weryfikacji holenderską metodę obliczania poziomów dźwięku pochodzących od pojazdów szynowych (RMR). W dalszej części rozdziału przeanalizowano wybrane modele oceny hałasu kolejowego pod względem ich najdokładniejszego odzwierciedlenia zjawiska propagacji. Analizie poddano 4 modele: liniowy (1-szego stopnia), z wykorzystaniem wielomianu 2-ego i 3-ego stopnia a także potęgowy z wyrazem wolnym. Autor przedstawił również koncepcję autorskiego modelu propagacji hałasem, wykorzystującego logarytmiczną krzywą, który również został poddany analizie pod względem odtworzenia zjawiska propagacji. Ocena badanych modeli wykazała jakościowo dobre odzwierciedlenie wyników pomiarów

w wytypowanych wcześniej punktach pomiarowych. Najlepszym odwzorowaniem propagacji hałasu poza punktami pomiarowymi charakteryzowały się model potęgowy z wyrazem wolnym oraz autorski model propagacji.

W rozdziale 7 przedstawiono autorski wskaźnik obciążenia hałasem, opierający się na relacji wyników pomiarów bezpośrednich do poziomów dopuszczalnych. Autor przedstawił założenia do oceny oddziaływań akustycznych pochodzących od pojazdów kolejowych, z wykorzystaniem autorskiego wskaźnika. Wyniki pomiarów równoważnego poziomu dźwięku zostały wykorzystane do weryfikacji autorskiego wskaźnika, na podstawie które potwierdzono skuteczność zaproponowanego rozwiązania.

Ostatni rozdział zawiera wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz kierunki dalszych badań.

5. Merytoryczna ocena pracy

Autor rozprawy skoncentrował się na zagadnieniach związanych z modelowaniem i oceną hałasu w otoczeniu linii kolejowych podwyższonych prędkości. Ma to szczególne znaczenie dla przewoźnika, a także dla pasażerów i środowiska naturalnego. Zagadnienia te nie są łatwe, wymagają dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej, dlatego uważam, że Autor podjął się niełatwego zadania związanego z identyfikacją parametrów modeli propagacji dźwięku.

Najważniejszym elementem pracy jest autorska propozycja modelu propagacji dźwięku w otoczeniu linii kolejowej oraz opracowanie autorskiego wskaźnika oceny hałasu.. Rozwiązanie problemu obejmuje trzy zasadnicze etapy tzn. badania rozpoznawcze, badania identyfikacyjne oraz badania zasadnicze. W tym celu Autor dokonał szerokiego przeglądu literatury przedmiotu z tego zakresu. W wyniku przeprowadzonej analizy literatury, Doktorant stwierdził, że w dotychczasowych opracowaniach przedstawiane są badania dotyczące modelowania propagacji dźwięku, ale brak jest prac związanych z pojazdami zwiększonych prędkości w Polsce. W związku z tym zaproponował własną metodę, która wypełni lukę w opisywanych w rozprawie rozważaniach.

W zaproponowanej w ramach pracy metodzie, wykorzystano zasady eksperymentu biernego. Doktorant poprawnie zaprojektował i wykonał prace eksperymentalne, a następnie wykonał analizy sygnałów akustycznych. Ważnym etapem prac była selekcja obszernego materiału badawczego, mająca na celu wyodrębnienie istotnych z punktu widzenia celu pracy danych wejściowych do opracowywanych modeli. Na podstawie wyników badań autor sformułował wskaźnik oceny hałasu uwzględniający dopuszczalny poziom hałasu na danym obszarze.

Autor w syntetyczny sposób podsumował wyniki swoich badań. Nie Przeprowadził jednak dyskusji nad możliwościami wykorzystania wyników swoich badań oraz poszerzenia ich zakresu. Uważam, że w rozprawie doktorskiej pana Krzysztofa Polaka brakuje rozdziału dotyczącego walidacji otrzymanych wyników badań dotyczących modelowania propagacji dźwięku. Informacje z badań walidacyjnych pozwoliłyby stwierdzić jednoznacznie, czy opracowane modele odzwierciedlają z dostateczną dokładnością warunki akustyczne panujące na sieci kolejowej.

Praca Pana mgr Krzysztofa Polaka jest na dobrym poziomie merytorycznym i naukowym, posiada również duży zasób wiedzy praktycznej oraz cechuje się profesjonalizmem w podejściu do zagadnień związanych z transportem szynowym. Warsztat naukowy przedstawiony w rozprawie świadczy o dużej dojrzałości naukowej

doktoranta, wiedzy oraz interdyscyplinarnego podejścia do rozwiązywanych zagadnień. Potrafi dobrze rozwiązywać skomplikowane zagadnienia związane z modelowaniem i oceną hałasu w transporcie szynowym, które cechuje wiele różnych warstw problemów, między innymi: technicznym, środowiskowym itp., które w swej naturze nie są łatwe i wymagają wszechstronnej wiedzy oraz naukowego przygotowania do ich rozwiązywania.

Uważam zatem, że badania opisane w rozprawie dotyczące modelowania oraz oceny hałasu kolejowego generowanego przez pojazdy kolei podwyższonych prędkości są autorską propozycją mgr Krzysztofa Polaka.

6. Elementy dyskusyjne i uwagi szczegółowe

Podczas czytania i analizy treści rozprawy zauważyłem szereg potknięć edytorskich, terminologicznych i merytorycznych, które wymagają komentarza i ustosunkowania się Autora pracy. Do najważniejszych należą:

1. W rozdziale trzecim Autor sformułował tezę, uważam, że teza pracy jest poprawna, ale autor nie podał kryteriów przyjęcia lub odrzucenia tezy.
2. W pracy występuje tzw. „tekst wiszący” poniżej wyjaśnienie ogólne problemu:
 - przy numeracji cyfrowej wielorzędowej po tytule rozdziału 1 powinien od razu następować tytuł podrozdziału 1.1, a tuż po tytule podrozdziału 1.5 powinien być tytuł podrozdziału 1.5.1 itd.; między nimi nie powinno być żadnych tekstów (zwanym wiszącymi),
 - teksty te to z reguły ogólne wprowadzenia do rozdziałów, omówienia czy streszczenia,
 - jeżeli tekst wiszący jest cennym i niezbędnym wprowadzeniem do tematu powinien mieć numer i tytuł,
 - jeśli tekst ten zawiera same ogólniki lub omówienie dalszej części rozdziału powinien zostać usunięty przez Autora,w pracy Autora występuje taki tekst w rozdziałach: 1, 2, 4, 5, 6, 7.
3. Uważam, że numerowanie rysunków rozdziałami poprawiłoby czytelność pracy.
4. We wstępie auto zamiennie używa pojęć „sygnał akustyczny” i „emisja akustyczna”, jest to dyskusyjne gdyż te pojęcia nie są synonimami.
5. Brak konsekwencji w definiowaniu pasma słyszalnego: w tekście 20 Hz – 20 kHz, a na rys. 1. 16 Hz – 16 kHz.
6. Na str. 16 autor pisze o analizie wibroakustycznej pomimo, że praca dotyczy akustyki.
7. Str. 19 opisywana jest Ciągła Transformata Falkowa, a na stronie 20 rysunek dotyczy zastosowania Dyskretnej Transformaty Falkowej.
8. W rozdziale 1.3. Autor opisuje źródła dźwięku w pojazdach szynowych, ale pomija źródło związane z odbierakiem prądu, które jest istotne dla pojazdów dużych prędkości.
9. Uważam, że rozdział drugi mógłby być mniej obszerny, bez pogorszenia jakości pracy, zwłaszcza fragmenty nie związane z problemami hałasu.
10. Str. 44 wers 5 od dołu: Co autor rozumie pod pojęciem hałasu stacjonarnego?
11. Na str. 81 w schemacie Autor pisze o analizie funkcji korelacji, jednak w rozprawie wyznacza współczynniki korelacji.

12. Czy sygnały dźwiękowe rejestrowane poprzez matrycę, były nagrywane synchronicznie?
13. Str. 85 – jakiego miernika prędkości użyto podczas badań?
14. Rys 27 i 28 co oznaczają kolory na tych rysunkach?
15. Widma tercjowe i oktauwowe nie są funkcją ciągłą dlatego powinny być przedstawiane za pomocą wykresów słupkowych.
16. Rozważyłbym sposób prezentacji charakterystyk czasowo-częstotliwościowych. Te, które są w rozprawie utrudniają analizę wyników.
17. Pomiaru za pomocą kamery akustycznej były bardzo ciekawe, ale uważam, że nie wykorzystano potencjału tej metody.
18. W jaki sposób przeanalizowano niepewności pomiarowe?
19. W pracy przeanalizowano różne modele propagacji dźwięku, nie zamieszczono jednak wyników statystycznej weryfikacji współczynników modeli.
20. Wskaźnik wpływu hałasu na otoczenia NLF
 - Jaka jest geneza tego wskaźnika? (podstawy fizyczno-matematyczne)
 - Dlaczego wartość kryterialna w tabeli 33 wynosi $\pm 0,42$?
 - Uważam, że opracowany wskaźnik wpływu hałasu na otoczenia NLF nie jest uniwersalny, jak Autor napisał na Str. 145, ponieważ jego wynik zależy od wartości dopuszczalnej, co utrudnia oszacowanie wartości kryterialnych.
 - Czy wskaźnik wpływu hałasu na otoczenia (str. 145) NLF i logarytmiczny wskaźnik obciążenia hałasem to to samo?
21. Str. 150 drugi akapit, Autor pisze: „Wyraźnie udało się wyodrębnić efektywny czas trwania nadmiernej ekspozycji na hałas, potwierdzony przekraczaniem poziomu niepokojącego, wynoszący odpowiednio dla odcinków prostych 5 s oraz dla łuku 6 s.” Uważam, że zwrot **udało się** został użyty niefortunnie, gdyż sugeruje przypadkowość uzyskanych rezultatów, co nie jest pożądane w pracach naukowych.

5. Podsumowanie i konkluzja

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam pozytywnie, została ona wykonana na dobrym poziomie merytorycznym. Zawarte w niej treści dotyczą złożonych problemów związanych z modelowaniem i oceną hałasu generowanego przez pojazdy transportu kolejowego. Doktorant dobrze orientuje się w problematyce związanej z zagadnieniami dotyczącymi metod opisu dźwięku oraz modelowania propagacji tego zjawiska fizycznego. Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dużej dojrzałości naukowej i wiedzy merytorycznej Doktoranta oraz o Jego umiejętności prowadzenia pracy naukowej złożonych zagadnień związanych z transportem kolejowym.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta, a rezultaty pracy mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w praktyce. Kandydat potrafi poprawnie rozwiązać i zaprojektować warsztat badawczy, zinterpretować wyniki uzyskane z badań, a co najważniejsze, posiada też

umiejętność krytycznej oceny własnych dokonań. Opisane w rozprawie badania i analizy są na wysokim poziomie, a ich wyniki rozszerzają wiedzę z zakresu modelowania i oceny hałasu podczas ruchu pojazdów na sieci kolejowej.

Wskazane niedociągnięcia i uwagi nie umniejszają wartości merytorycznej pracy. Przewaga wartości poznawczych i merytorycznych nad niedociągnięciami pozwala na pozytywną ocenę recenzowanej pracy. Na taką ocenę pracy ma również wpływ to, że zagadnienia którymi zajmował się Doktorant, są zagadnieniami nietrywialnymi, trudnymi od strony teoretycznej i badawczej, a wyniki mogą mieć zastosowanie praktyczne.

Biorąc pod uwagę wcześniejsze rozważania stwierdzam, że rozprawa doktorska pt.: „Ocena wpływu hałasu generowanego przez pojazdy kolejowe zwiększonych prędkości na otoczenie” mgr Krzysztofa Polaka spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zawarte w Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, z dnia 14 marca 2003 roku wraz z późniejszymi zmianami - Dz.U. poz. 859 z dnia 21 kwietnia 2017 r. oraz Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

