

Dr hab. inż. Jarosław Korzeb, prof. PW
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu
Zakład Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
e-mail: korzeb@wt.pw.edu.pl
tel. 698 691 049

Warszawa, 10 października 2020r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
autorstwa mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego
pt. „Opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju
w oparciu o pomiary przytorowe”

Promotor rozprawy: Prof. dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski
Promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Komorski
Dziedzina: Nauki Techniczne
Dyscyplina: Transport

I. Podstawy opracowania recenzji

Uwzględnione podstawy prawne podczas opracowania recenzji rozprawy doktorskiej:

- Ustawa z dnia z dnia 20.07.2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. poz. 1668, z późn. zm.),
- Ustawa z dn. 21.04.2017 roku „o zmianie ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz niektórych innych ustaw” (Dz. U. 2017, poz. 859 z późn. zm.)
- Ustawa z dn. 14.03.2003 roku „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.)

Podstawy formalne opracowania recenzji:

- uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 28.07.2020 roku;
- zlecenie Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej prof. dr. hab. inż. Franciszka Tomaszewskiego (pismo nr DR-63/562/2/2020, z dnia 17.08.2020) i umowa nr 0410/2020/191, z dnia 13.08.2020;
- egzemplarz rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła Komorskiego.

Podczas sporządzania recenzji wzięto pod uwagę zakres zagadnień objętych rozprawą, poziom merytoryczny zamieszczonych treści, układ rozprawy, poprawność wykorzystanej terminologii, trafność wnioskowania i dysertabilność tematyki podjętej w pracy. Zwrócono ponadto uwagę na dobór źródeł bibliograficznych i stosowane cytowania oraz poprawność stosowanych zapisów, czy konsekwentne stosowanie jednostek układu SI.

II. Ogólny układ rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 231 kolejno ponumerowanych stron, na które składają się: strony tytułowe (4 strony), spis treści (2 strony), słownik pojęć (4 strony), wprowadzenie (5 stron), aż 11 rozdziałów autorskich (177 stron), podsumowanie i wnioski końcowe (6 stron), bibliografia (22 strony) oraz 4 załączniki (11 stron).

W spisie literatury ujęto 285 pozycji wydawniczych oraz raportów naukowo-badawczych, norm i rozporządzeń oraz dane pozyskane ze źródeł internetowych. Treść pracy obejmuje ponadto bardzo bogaty materiał ilustracyjny, na który składają się 202 rysunki i fotografie oraz 46 tabel. Odpowiednie zestawienia liczbowe w poszczególnych rozdziałach zamieszczono w poniższej tabeli.

Rozdział	Liczba			
	rysunków	tabel	równań	stron
Str. tytułowa				2
Podziękowanie				2
Spis treści				2
Wykaz oznaczeń				4
1. Wprowadzenie	7			5
2. Zjawiska wibroakustyczne ...	10	2		19
3. Aktywność wibroakustyczna	6			9
4. Problem badawczy	1	1		5
5. Założenia metody oceny aktywności ...	2	1		3
6. Analiza konstrukcji tramwajów ...	3			3
7. Metodyka badań	16	15	14	17
8. Analiza wybranych warunków brzeg...	25	1	4	17
9. Detekcja niezdatności przekładni ...	40	5	43	38
10. Analiza składowych aktywności wibro...	58	2	60	44
11. Ocena aktywności wibroakustycznej ...	16	2	8	13
12. Metoda oceny aktywności wibro...	7			9
13. Podsumowanie i wnioski				6
Bibliografia (285 poz.)				22
Załącznik 1	8			2
Załącznik 2	3	3		2
Załącznik 3		13		4
Załącznik 4		1		3
Razem	202	46	129	231

II.1. Tematyka i zakres rozprawy

Zrównoważony rozwój transportu w aglomeracjach i konieczność poprawy mobilności niejako wymuszają zwiększone wykorzystanie środków transportu szynowego, ze względu na specyfikę prowadzenia dróg szynowych, opartą o minimalizację konfliktów z innymi szlakami komunikacyjnymi. Kluczową rolę w tym zakresie pełnią wydzielone torowiska, czy ukierunkowane na maksymalizację przepływów zarządzanie sygnalizacją świetlną w miejscach konfliktów z innymi uczestnikami ruchu naziemnego. W aglomeracjach miejskich bardzo ważną rolę pełni lekki transport szynowy. Przepustowość arterii, łączenie ważnych węzłów komunikacyjnych, wydzielone torowiska na długich odcinkach i pojemność nowoczesnych składów, pozwalają na wydajne i szybkie przemieszczanie pasażerów, nie wpływając jednocześnie bezpośrednio na zwiększenie emisji zanieczyszczeń. Wydzielone torowiska i zarządzanie ruchem nie przekładają się również na powstawanie zatorów komunikacyjnych. Ponadto, jak wykazano m.in. w rozprawie przedłożonej do oceny, ten lekki

transport szynowy charakteryzuje najmniejszy stosunek zużycia energii pierwotnej do jednostki miary pracy przewozowej. Biorąc pod uwagę powyższe tramwaje powinny stanowić wiodący element systemu zrównoważonego transportu miejskiego.

Niestety eksploatacja tych środków transportu i wynikające z niej zużycie elementów drogi szynowej i kół, wiążą się z występowaniem szeregu zjawisk fizycznych, które przekładają się na zwiększenie emisji do otoczenia drgań i hałasu. Efektem niedostatecznej dbałości o stan infrastruktury, czy stan środków transportu jest postrzeganie ruchu tego typu pojazdów jako źródła uciążliwości dla mieszkańców. Rzeczywistym źródłem w takich przypadkach są dynamiczne zjawiska zachodzące w obszarze styku pary kinematycznej koło-szyna, wynikające ze zużycia eksploatacyjnego, czy zjawiska w obszarze styku odbierak prądu-przewody trakcyjne. Efektem pracy sił tarcia w obszarach kontaktu, jest powstawanie uszkodzeń o charakterze korugacyjnym na powierzchni tocznej kół i szyn, które generują zjawiska akustyczne typu *impact*. Dodatkowo należy brać pod uwagę hałas wynikający z toczenia stalowej obręczy koła po powierzchni stalowej główki szyny oraz hałas występujący na łukach („*squealing noise*”), podczas kontaktu obrzeża koła z szyną („*flanging noise*”), czy hałas jednostki napędowej oraz hałas aerodynamiczny.

Pan mgr inż. Tomasz Nowakowski podjął ważną tematykę oddziaływania lekkiego transportu szynowego na otoczenie, ze szczególnym uwzględnieniem hałasu komunikacyjnego jako stresora w otoczeniu, który równocześnie przekłada się na uciążliwość dla mieszkańców miast przez pośredni wpływ na układ nerwowy i psychikę. W rozważaniach skupił się na aktywności wibroakustycznej tramwajów, czyli zdolności tych środków transportu do generowania procesów drganiowych i akustycznych. Autor wskazał braki w istniejących rozwiązaniach spotkanych w literaturze przedmiotu, zauważając lukę w postaci braku kompleksowej metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju, w której dokonywana byłaby jednoczesna analiza zjawisk drganiowych i akustycznych w obszarach emisji i transmisji tych oddziaływań. W pracy przeanalizował możliwe przyczyny organizacyjne, leżące u podstaw negatywnego oddziaływania wibroakustycznego tramwajów na środowisko miejskie. Zauważył, że w celu minimalizowania tego oddziaływania można wykorzystać ocenę aktywności wibroakustycznej tramwajów, jak również obserwacje w procesie obsługi oraz podczas eksploatacji. Postawił zgodny z tytułem pracy cel badawczy, którym jest opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju w oparciu o pomiary przytorowe.

W rozprawie doktorskiej Autor dokonał analizy podstawowych zjawisk wibroakustycznych, które zachodzą podczas eksploatacji lekkich pojazdów szynowych, dokonał identyfikacji ich źródeł, scharakteryzował wpływ hałasu charakterystycznego dla transportu tramwajowego na mieszkańców aglomeracji. Opracował metodykę rejestracji sygnałów wibroakustycznych przy torze, wskazując na wagę doboru aparatury pomiarowej do akwizycji sygnałów wibroakustycznych, a ponadto opracował metody:

- diagnozowania przekładni trakcyjnej tramwaju w oparciu o zjawiska wibroakustyczne,
- detekcji płaskich miejsc na powierzchni tocznej kół tramwaju w oparciu o zjawiska drganiowe,
- oceny zjawisk wibroakustycznych
- klasyfikacji zjawisk,
- oceny aktywności wibroakustycznej.

Autor rozwiązanie celu badawczego oparł o realizację 9 zadań, w których postawił na rozwiązanie od 4 do 12 zadań szczegółowych. Ambitnie postawiony sposób realizacji pracy zaowocował obszerną ilością materiału, który uważam za cenny.

Zakres zrealizowanych badań eksperymentalnych przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej obejmował pomiary sygnałów drganiowych zarówno dla elementów drogi szynowej oraz gruntu, jak również wielokanałową (w tym matrycową) rejestrację sygnałów akustycznych emitowanych przez wybrane typy miejskich pojazdów szynowych w warunkach eksploatacyjnych. Dodatkowo przeprowadzono badania reakcji obiektów, które poddawano analizie, podczas kontrolowanych wymuszeń impulsowych z wykorzystaniem młotka modalnego. W eksperymencie badawczym wzięto pod uwagę zapisy wynikające z równania diagnostyki technicznej przy obserwacji sygnałów.

Ważnym elementem recenzowanej rozprawy są analiza spektrogramów sygnałów oraz oznaczenie podatności dynamicznej torowiska, pozwalające na ustalenie warunków brzegowych prowadzonych obserwacji.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska opiera się w pokażnej mierze na wiedzy teoretycznej, popartej przeprowadzeniem świadomie zaplanowanego eksperymentu badawczego, jak również posiada liczne walory aplikacyjne.

II.2. Charakterystyka rozprawy

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa liczy 231 stron. Na jej treść składają się: spis treści, słownik podstawowych oznaczeń wykorzystanych w pracy, wprowadzenie, 11 rozdziałów autorskich, podsumowanie i wnioski końcowe, bibliografia oraz 4 załączniki. Kolejność rozdziałów jest logiczna i nie budzi zastrzeżeń. Autor przedstawił kolejno osnowę tematyki, zlokalizował podjęty obszar badawczy i zidentyfikował ważny nierozwiązany dotąd problem. Obszernie przedstawił metodykę prowadzenia badań popartą zagadnieniami teoretycznymi z zakresu wibroakustyki, analizy sygnałów i diagnostyki, przeanalizował otrzymane wyniki przeprowadzonego eksperymentu badawczego oraz przeprowadził poprawny proces wnioskowania, na który składają się zarówno podsumowanie i wnioski kończące rozdziały, jak również wnioski końcowe.

Lista wykorzystanych pozycji bibliograficznych liczy łącznie 285 pozycji, na które składają się pozycje literaturowe w postaci monografii i artykułów naukowych, raportów i wyników uzyskanych w projektach badawczych, 8 aktów normatywnych (w tym normy krajowe, międzynarodowe i brytyjskie), 5 ustaw i rozporządzeń, instrukcje i karty katalogowe oraz 46 źródłowych materiałów opublikowanych w Internecie. Analiza tytułów zamieszczonych pozycji literatury naukowej pozwala na stwierdzenie, że dobór źródeł bibliograficznych jest nawet nadmiarowy. Autor bardzo dokładnie przeanalizował pozycje krajowe i zagraniczne w zakresie tematyki badania hałasu i drgań, których źródłem są pojazdy szynowe.

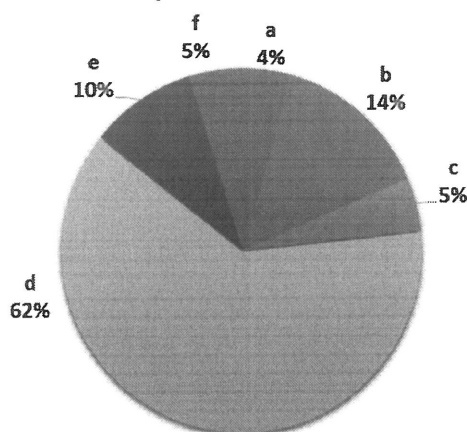
W treści rozprawy zamieszczono łącznie 191 (202) rysunków i 46 (29) tabel oraz 129 równań, do których znalazły się prawidłowe odwołania w treści pracy. W załącznikach, do których istnieją w treści pracy prawidłowe odsyłacze, uwzględniono dane dotyczące warunków atmosferycznych w czasie wykonywania pomiarów wibroakustycznych, wyniki analiz porównawczych charakterystyk inertancji dla 3 punktów pomiarowych, wyniki testów na normalność rozkładu poszczególnych 13 obserwacji oraz wyniki obliczeń wartości a_{RMS} dla sygnałów z przetworników drgań zlokalizowanych na szynie dla celów detekcji płaskich miejsc na kole, dla 8 kierunków oddziaływania w płaszczyźnie Y-Z w 4 punktach pomiarowych.

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem technicznym, z uwzględnieniem właściwych pojęć i terminów. Wyłączając wybrane, w mojej opinii uzasadnione przypadki (jednostki głośności – *fon* i *son*, krytyczne pasma częstotliwości – *bark*, prędkość – *km/h*, wskaźnik psychoakustyczny ostrości dźwięku – *acum*, *chropowatości dźwięku* - *asper*, czy fluktuacji dźwięku - *vacil*) w pracy konsekwentnie stosowane są jednostek układu SI, pochodne i ich krotności.

Ocena struktury podziału treści rozprawy

Autor rozprawy dokonał prawidłowej alokacji ciężaru gatunkowego materiału zaprezentowanego w pracy, poświęcając odpowiednio 4% na strony tytułowe i wykaz oznaczeń (a), 14% na opis zjawisk wibroakustycznych i wprowadzenie do tematyki oceny oddziaływania tego rodzaju transportu na środowisko miejskie (b), 5% na zidentyfikowanie obszaru badawczego i założenia (c), 62% na analizę problemu, opracowanie metodyki, badania eksperymentalne, część analityczną i podsumowanie (d), 10% stanowi spis bibliografii (e), 5% załączniki (f).

Struktura podziału treści pracy



Taki podział treści pracy wydaje się być prawidłowy i świadczy o przemyślanym podejściu do rozwiązania postawionego problemu badawczego, ale w mojej opinii Autor mógł zmniejszyć liczbę rozdziałów (jest ich 13), sprowadzając niektóre z nich do roli podrozdziałów.

Rozdziały 1-3 posłużyły wprowadzeniu czytelnika do biblioteki zagadnień omawianych w pracy. Autor skutecznie osadził realia pracy w lekkim transporcie szynowym, zaznaczając powody jego popularności, omówił w nich podstawy oddziaływań wskazując źródła drgań i hałasu generowanych przez tramwaje oraz skrótowo scharakteryzował wpływ drgań i hałasu pochodzenia komunikacyjnego na środowisko. W rozdziale 2 opisano między innymi zależności zachodzące pomiędzy długością fali chropowatości powierzchni tocznej szyny a zjawiskami wibroakustycznymi oraz dokonano podziału hałasu generowanego przez pojazdy szynowe wraz z podziałem na składowe i zakresy częstotliwościowe. Podobną analizę przeprowadzono dla drgań komunikacyjnych. Przedstawiono tu również literaturowe przykłady metod oceny oddziaływania drgań i hałasu na otoczenie oraz wskazano obszar, który Autor podjął jako niezapełnioną lukę w metodach oceny komfortu akustycznego i drganiowego w obszarach miejskich.

Rozdział 3 jest opisem szeregu zjawisk fizycznych nazywanych łącznie aktywnością wibroakustyczną tramwaju. Wykazano w nim, że obowiązujące regulacje prawne w Polsce

nie uwzględniają kompleksowej kontroli zjawisk wibroakustycznych w procesie dopuszczenia i podczas eksploatacji, co powoduje brak wykorzystywania kompleksowych systemów monitorujących zjawiska wibroakustyczne, a systemy znane z literatury opierają się na ogół na długookresowych pomiarach, dla których stosowane są miary uśrednione.

Rozdziałami 4 i 5 objęto przedstawienie problemu badawczego, wskazano cel i zakres pracy oraz założenia do metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwajów. Jako główny warunek osiągnięcia celu przyjęto realizację postawionych 9 zadań badawczych, które podzielono na 56 zadań szczegółowych, co rozpatrywać należy jako bardzo ambitny plan badawczy.

W rozdziale 5 przedstawiono analizę eksploatowanych konstrukcji tramwajów w Polsce, co pozwoliło na wskazanie konstrukcji będącej obiektem badań. Wybrano tramwaje pięcioczołowe, posiadające 3 wózki jezdne jako przedstawicieli najliczniejszej grupy pojazdów eksploatowanych w polskich miastach.

Rozdział 7 obejmuje opis metodyki badań. Wskazano w nim obiekt badań (tramwaj Solaris Tramino S105p), wybrano poligon do prowadzenia badań doświadczalnych, dokonano wyboru liczby i lokalizacji punktów pomiarowych. Ta część pracy utwierdza czytelnika w przekonaniu, że osoba dokonująca tych wyborów posiada doświadczenie w planowaniu i wykonywaniu trenowych eksperymentów badawczych. W mojej opinii nie można mieć zastrzeżeń do ilościowego i jakościowego doboru sprzętu pomiarowego, a parametry mierzonych sygnałów dobrano zgodnie z zasadami. Ograniczono wpływ zakłóceń na zarejestrowane sygnały.

Rozdziały 8-10 obejmują analizę warunków brzegowych obserwacji, z uwzględnieniem wyznaczenia zakresów częstotliwości w analizowanych sygnałach oraz określenia podatności dynamicznej torowiska. Wyznaczenie zakresu częstotliwości rzeczywistych oddziaływań występujących podczas przejazdów tramwajów jest cennym z punktu widzenia weryfikacji elementem pracy. Dodatkowo dowiedziono brak zmian dynamiki torowiska i właściwości gruntu oraz ich wpływu na uzyskiwane wyniki na podstawie analizy wyznaczonych charakterystyk inertancji w okresie prowadzenia badań (9 dni). Rozdział 9 traktuje o detekcji niezdatności przekładni trakcyjnej i powierzchni tocznych kół. Autor uwzględnił w nim wyznaczenie parametrów diagnostycznych dla detekcji niezdatności przekładni trakcyjnej i powierzchni tocznych kół tramwaju co poparł wynikami analizy matematycznej, przeprowadzonej w środowisku obliczeniowym Statistica 12. Rozdział 10 obejmuje analizę składowych aktywności wibroakustycznej tramwaju. Jako efekt przeprowadzonych analiz udało się Autorowi dokonać parametryzacji zjawisk wibroakustycznych generowanych podczas przejazdu tramwajów, opartych o analizy ilościowe bazujące na miarach punktowych drgań i hałasu.

Rozdziały 11 i 12 obejmują ocenę aktywności wibroakustycznej tramwaju opartą o obliczenia wskaźnika aktywności wibroakustycznej AW, który Autor zbudował z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej w oparciu o sumę ważoną sklasyfikowanych miar punktowych, wykorzystano tu drzewa decyzyjne w ocenie aktywności wibroakustycznej. Za bardzo cenny wniosek należy uznać udowodnienie znaczenia wskaźników psychoakustycznych w ocenie aktywności wibroakustycznej tramwaju, w odniesieniu do poziomu równoważnego dźwięku L_{eq} . W rozdziale 12 przedstawiono aplikację metody oceny aktywności wibroakustycznej w eksploatacji tramwajów, wraz z przedstawieniem oprogramowania System AW – wersja 1.0. Autor wskazał wytyczne budowy systemu oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju, łącznie z podaniem algorytmów bloków akwizycji

danych, przetwarzania sygnałów, czy bloku decyzyjnego. Charakter aplikacyjny tego rozdziału ma niepodważalną wartość.

Rozprawę zamyka podsumowanie. Autor wskazał w nim na osiągnięcie postawionego celu oraz przedstawił część zawierającą 10 wniosków o charakterze poznawczym i 11 utylitarnych. Wskazał również dalsze perspektywy rozwoju potencjalnych badań, umożliwiających między innymi budowę autonomicznego systemu pomiarowego dla oceny aktywności wibroakustycznej tramwajów, czy zintegrowanie systemu pomiarowego z automatycznie uzupełniającą się bazą danych centralnego systemu zarządzania eksploatacją zajezdni.

III. Ocena rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego ma czytelny układ kolejno następujących etapów, które wieńczą wytyczne umożliwiające aplikację systemu oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju. Analiza źródeł literaturowych przytłacza czytelnika dużą liczbą wybranych pozycji. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w spisie literatury wymieniono aż 17 współautorskich prac Autora, ściśle powiązane z poruszaną w rozprawie tematyką, opublikowanych w latach 2015/19 - w czasopiśmie takich jak *Problemy Kolejnictwa*, *Dynamical Systems in Applications*, *Mathematical and Numerical Aspects of Dynamical System Analysis*, *Latin American Journal of Solids and Structures*, *Archives of Acoustics*, *Sustainable Development and Planning*, oraz na konferencjach *INTERNOISE* oraz *International Congress on Sound and Vibration*, co należy uznać za bardzo trafne lokowanie tematyki publikacji Autora. Wykorzystane narzędzia, dobór aparatury pomiarowej, mierzonych parametrów, metody wykonywania badań eksperymentalnych, metody obróbki i analizy danych, należy uznać za prawidłowe. Zaproponowana metodyka badawcza ma bardzo wysoki potencjał aplikacyjny. Autor dobrał poprawnie aparat matematyczny i stosowane oprogramowanie dla potrzeb prowadzonych analiz. Wysoko oceniam wartość merytoryczną i utylitarną przedstawionego w niniejszej dysertacji materiału.

III.1. Uwagi ogólne

- 1) Rozdziały 2,3,8,9,10,11 kończą krótkie podsumowania, w mojej opinii dla zachowania ciągłości Autor mógł zakończyć takimi podsumowaniami rozdziały 5-7 i 12, co pozwoliłoby na systematyzowanie i porządkowanie osiągnięć prezentowanych w każdym z rozdziałów.
- 2) Tramwaj Solaris Tramino może zabrać na pokład prawie 200 pasażerów. Autor wskazuje, że wpływ obciążenia pasażerami zminimalizowano poprzez realizację badań bez udziału pasażerów. Nie dostrzegłem w treści dyskusji wpływu obciążenia eksploatacyjnego na ilościowe zmiany otrzymanych wyników. Myślę, że warto byłoby poddać dyskusji wpływ stopnia wypełnienia pojazdu na emitowany hałas i drgania, ponieważ takie obciążenie może sięgać 25% masy własnej pojazdu, co nie pozostanie obojętne dla sił bezwładności.
- 3) Przy tak obszernym i bogatym przeglądzie bibliografii, Autor mógł dokładniej przeanalizować pozycje krajowe z zakresu tematyki badania hałasu czy ogólnie pojmowanych interakcji pomiędzy środkami transportu a otoczeniem, gdzie wskazać można byłoby np:
 - a. Nader Mirosław: *Drgania i hałas w transporcie. Wybrane zagadnienia*, 2016, OWPW Warszawa 2016, ISBN 978-83-7814-543-1.

- b. Sowiński B.: Analiza wysokoczęstotliwościowa drgań monoblokowego koła tramwaju. W pracy *Wybrane zagadnienia badania oddziaływań dynamicznych w transporcie szynowym*, OWPW, Warszawa 2017, ISBN 978-83-7814-692-6.
- 4) Brak jest spisów tablic i ilustracji, które ułatwiłyby nawigację w bogatym materiale graficznym.

III.2. Uwagi szczegółowe

Poniżej przedstawiono listę uwag szczegółowych.

- 1) Drobne literówki, które przeoczono podczas końcowej edycji pracy.

<i>strona</i>	<i>jest</i>	<i>powinno być</i>
7	wartość	wartość
13	autbousach	autobusach
135	istoności	istotności
136, 140, 160	przypodządkowania	przyporządkowania
140	wskzać	wskazać
150, 151	paramtery	parametry
150, 152	paramteru	parametru
152	ozanczono	oznaczono
152	paramterami	parametrami
152	prawdopoodbieństwa	prawdopodobieństwa
158	wobody	swobody
164	przejazdów	przejazdów

- 2) Można byłoby ujednoczyć spis bibliografii tak, aby w każdej pozycji całość pisana była drukiem prostym, albo we wszystkich pozycjach zmienić wydawnictwo na druk pochylony.
- 3) Rozdziały 3 i 11 kończy 5 niepełnych linii tekstu licząc od nagłówka strony, po czym następuje brak treści związany z rozpoczynaniem nowego rozdziału na następnej stronie, co sprawia niepotrzebne wrażenie luki w treści pracy.

Przedstawione uwagi w żadnej mierze nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy Pana mgr inż. Tomasza Nowakowskiego. Rozprawę oceniam wysoko, ponieważ została przygotowana z wysoką dbałością o szczegóły i wyjątkową starannością. W treści rozprawy Autor przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykorzystał nową w tym obszarze metodykę badawczą. Podjęte zagadnienie naukowe zostało rozwiązane w sposób adekwatny do obecnego stanu wiedzy i z wykorzystaniem współczesnych metod i narzędzi.

IV. Osiągnięcia pracy

Rozprawa bez wątpliwości posiada liczne walory poznawcze i jest dysertabilna. Praca i problemy badawcze w niej poruszane wpływają na stan wiedzy z zakresu badania oddziaływania drgań i hałasu w przestrzeni miejskiej. Autor pracy posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych, o czym świadczy bardzo bogaty i świadomie przeprowadzony eksperyment. W celu poprawnej identyfikacji problemu i opisanie zjawisk towarzyszących świadomie zastosował właściwe metody badawcze. Efektem takiego

postępowania jest spełnianie funkcji dydaktycznej przez rozprawę. Do zrealizowania założonego celu pracy Autor rozprawy opracował następujące zadania szczegółowe:

- studia literaturowe w zakresie analizy zjawisk wibroakustycznych w diagnostyce oraz eksploatacji tramwajów i zagadnieniach techniki pomiarowej,
- zaplanowanie i przeprowadzenie rozległego eksperymentu badawczego,
- opracowanie i wdrożenie metodyki diagnozowania stanu przekładni trakcyjnej w oparciu o obserwowalne zjawiska akustyczne generowane przez lekkie pojazdy szynowe,
- przeprowadzenie badań w zakresie detekcji płaskich miejsc na kołach tramwaju w oparciu o drgania szyny;
- rozległa analiza sygnałów wibroakustycznych zarejestrowanych podczas przejazdów,
- zaobserwowanie odczuwalnych wrażeń słuchowych dla ludzi przebywających w otoczeniu,
- opracowanie autorskiej metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju wraz z wytycznymi i propozycją przygotowania interfejsu użytkownika dla zastosowania aplikacyjnego.

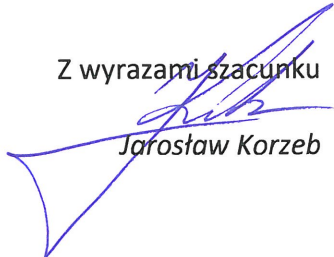
V. Wniosek końcowy

Tematyka analizy i oceny drgań oraz hałasu generowanego przez miejski transport szynowy jest bardzo aktualna. Niekwestionowanym osiągnięciem Autora rozprawy jest identyfikacja luki badawczej i jej wypełnienie poprzez opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju. Przedstawiona do recenzji rozprawa jest wartościowym dorobkiem naukowo-badawczym Autora. Przedstawione w pracy efekty posiadają zarówno wartości poznawcze, jak i użytkowe dla dziedziny nauk technicznych. Układ pracy jest prawidłowy, treść jest logiczna, poprawna i dobrze koresponduje z aktualnym stanem wiedzy oraz praktyką prowadzenia badań oddziaływań dynamicznych powodowanych eksploatacją pojazdów szynowych w aglomeracjach.

Na podstawie analizy treści rozprawy uważam, że Autor trafnie dokonał doboru tematyki, poprawnie zidentyfikował i rozwiązał problem badawczy. Autor przeprowadził poprawne wnioskowanie na podstawie obserwacji dynamicznych zjawisk wibroakustycznych, posługując się w badaniach najwyższej klasy aparaturą pomiarową i technikami informatycznymi. Należy uznać, że Autor osiągnął cel pracy, a postawione zadania badawcze zostały w pełni zrealizowane.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska **mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego pt. „Opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju w oparciu o pomiary przytorowe”** spełnia wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich stawiane obowiązującą Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r., *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* oraz Ustawą z dnia 14.03.2003 roku *„o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”* (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.). **Wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego do publicznej dyskusji nad jego rozprawą.**

Z wyrazami szacunku


Jarosław Korzeb