

RECENZJA
rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego

p. t. „Opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju w oparciu o pomiary przytorowe”

Podstawa opracowania: zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny z 17.08.2020 nr DR-63/562/1/2020 dla Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej.

ZAKRES I TREŚĆ ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego napisana została w oparciu o szesnaście artykułów, których Doktorant jest współautorem. Dwa artykuły opublikowano w czasopismach międzynarodowych, trzy w krajowych oraz jeden w materiałach z prestiżowych międzynarodowych konferencji naukowych. Świadczy to o aktualności podjętego zagadnienia oraz o akceptacji przez środowisko naukowe uzyskanych rezultatów. Temat rozprawy odzwierciedla jej treść. Praca składa się z trzynastu rozdziałów, czterech załączników i obejmuje 231 stron. W spisie literatury zamieścił 285 pozycji, z czego 73 zostało opublikowanych w ostatnich pięciu latach. W rozprawie Autor wykorzystał również akty prawne, normy, raporty oraz instrukcje branżowe. Potwierdza to, że tematyka poruszana w pracy mimo, że podejmowana była już wcześniej przez innych badaczy jest w dalszym ciągu ważna i aktualna.

Rozprawa podejmuje tematykę związaną z problemem wpływu pola wibroakustycznego generowanego przez miejskie pojazdy szynowe na środowisko. Zagadnienie jest o tyle istotne, że pojazdy te używane są w przestrzeniach zurbanizowanych, w bliskim sąsiedztwie miejsc pracy i wypoczynku. Analizę możliwości wyznaczenia, monitorowania i zmniejszenia ich uciążliwości dla środowiska przeprowadzono na przykładzie nowoczesnego miejskiego pojazdu szynowego, którym był tramwaj typu Solaris Tramino S105p. Cel ten Autor postanowił osiągnąć poprzez opracowanie metody oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju.

W pierwszych dwóch rozdziałach rozprawy Autor uzasadnia konieczność prowadzenia prac badawczych mających na celu ograniczenie zanieczyszczania środowiska drganiami i hałasem przez środki transportu ze szczególnym zwróceniem uwagi na tramwaje. Problem ten

jest szczególnie ważny w miastach, ponieważ liczba ich mieszkańców powiększa się o około 1,5% rocznie, co powoduje coraz większe oddziaływanie drgań i hałasu na wszystkie organizmy żywe. Następnie przeprowadza obszerną analizę literatury ukierunkowaną na tematykę głównych źródeł wibroakustycznego pola generowanego przez pojazdy szynowe oraz ich wpływu na środowisko. Autor omawia też zarówno energetyczne jak i psychoakustyczne aspekty oddziaływania hałasu.

W rozdziale trzecim Doktorant podejmuje próbę zdefiniowania parametru aktywność wibroakustyczna. Analizuje w tym celu literaturę a następnie przyjmuje, że parametr ten jest funkcją: ciśnienia akustycznego, drgań szyny, drgań szyny i elementów składowych toru oraz drgań para-sejsmicznych. Autor podkreśla, że zarówno funkcja ta jak i jej wartości nie są uregulowane normami. W rozdziale czwartym formułuje cel pracy oraz ambitne zadania badawcze. W kolejnym rozdziale przedstawia założenia metodyki oceny aktywności wibroakustycznej tramwaju. W założeniach tych oprócz pomiarów przytorowych ujęte też są badania eksperymentalne na terenie zajezdni. Zbiór uzyskanych wyników badań podzielony został na pięć klas.

W rozdziale szóstym i siódmym Autor opisuje realizację eksperymentalnej części zadań badawczych. Przeprowadza analizę konstrukcji tramwajów eksploatowanych w Polsce a następnie wybiera jako przedmiot badań tramwaj typu Solaris Tramino S105p. Prezentuje stanowisko badawcze, schemat toru pomiarowego oraz specyfikację techniczną stosowanych urządzeń pomiarowych wraz z zastosowaną aparaturą do pomiarów wibroakustycznych. Doktorant niestety nie wskazał swojego wkładu w budowę tego stanowiska. Opisany został też odcinek wybranego torowiska w Poznaniu.

Eksperymenty badawcze zrealizowano w ciągu ośmiu dni w lipcu 2018 r. w godzinach od 22.00 do 24.00. W ramach eksperymentu przeprowadzono osiem serii pomiarowych, metodą tzw. pass-by, ciśnienia akustycznego oraz drgań, w warunkach przejazdu kontrolowanego. Pomiary ciśnienia akustycznego przeprowadzono mikrofonem B&K 4958 lub matrycą 9 mikrofonów B&K 4189, w dwóch odległościach od szyn. Z kolei do pomiarów drgań wykorzystano siedem przetworników. Trzy moduły akwizycji sygnałów połączono z komputerem. Przeprowadzone badania oraz opracowanie wyników oceniam wysoko. Analiza statystyczna uzyskanych wyników, została uproszczona lecz dla realizacji postawionych celów pracy jest wystarczająca.

W rozdziale ósmym Autor wyznaczył spektrogramy zmierzonych sygnałów oraz ustalił zakresy częstotliwości rejestracji dla wszystkich punktów pomiarowych. Zbadał też właściwości dynamiczne torowiska czyli podatność dynamiczną. Wykazał, że zmiany jej wartości przed i po przeprowadzeniu pomiarów są nieznaczne.

W rozdziale dziewiątym Autor analizuje spektrogramy sygnałów zarejestrowanych przez matrycę mikrofonową w celu sprawdzenia czy przekładnia trakcyjna nie jest uszkodzona oraz czy na powierzchniach tocznych kół tramwaju nie występują płaskie miejsca. Analiza tych spektrogramów wykazała możliwość detekcji niezdatności do dalszej bezpiecznej eksploatacji przekładni trakcyjnych. Następnie zaproponował wartości graniczne i dopuszczalne stanu przekładni. W celu detekcji niezdatności powierzchni tocznych kół tramwaju przeprowadzono ekstrakcję niskoczęstotliwościowych składowych sygnałów (z zastosowaniem transformaty Hilberta), które mogą być wynikiem wymuszeń impulsowych. Zaproponowano jako miarę punktową maksymalną wartość skuteczną przyśpieszeń drgań zmierzonych czterema przetwornikami. Przeprowadzone analizy pozwoliły wyeliminować z dalszych badań tramwaje uszkodzone mechanicznie.

W rozdziale dziesiątym Autor prezentuje składowe aktywności wibroakustycznej oraz ich miary. Analizuje też zależność kolejnych miar od prędkości tramwaju, histogramy miar oraz określa wartości dopuszczalne i graniczne w oparciu o metodę Smiley'a. Następnie przeprowadza klasyfikację przejazdów tramwajów do jednej z pięciu klas. Ponieważ uzyskane rezultaty nie były zadawalające, Autor uznał, że należy zaproponować wskaźnik uwzględniający rozłożenie poszczególnych miar składowych na różne klasy.

W rozdziale jedenastym Autor ocenia wskaźnik aktywności wibroakustycznej metodą analizy wielokryterialnej. Przeprowadza symulacje wartości tego wskaźnika oraz ich klasyfikację. Wyznacza również skumulowaną liczbę klas tego wskaźnika dla przejazdów danego tramwaju. Do klasyfikacji aktywności wibroakustycznej tramwaju stosuje też jedną z metod tzw. inteligencji obliczeniowej tj. drzewa decyzyjne typu CART. Analiza wyników pomiaru tą metodą wykazała, że ocena aktywności wibroakustycznej zależy głównie od wartości wskaźników psychoakustycznych i parametrów drgań.

W rozdziale dwunastym Autor przedstawia szczegółowe schematy blokowe wcześniejszych etapów pracy. Buduje w ten sposób algorytm programu komputerowego do pomiarów i oceny aktywności wibroakustycznej.

W Rozdziale trzynastym analizuje najważniejsze efekty uzyskane podczas realizacji zaplanowanych celów badawczych oraz rezultaty prac pomocniczych. Wskazuje również planowane kierunki dalszych badań. Koncepcja modelu, jej realizacja, opracowane algorytmy są niewątpliwie dużym osiągnięciem naukowym Autora.

UWAGI

Analizując podział zawartości pracy na poszczególne rozdziały wydaje się, że można by zmniejszyć ich ilość bez utraty przejrzystości rozprawy. Przykładowo rozdział 2 obejmujący 17 stron można połączyć z rozdziałem 3 zawartym na 7 stronach oraz rozdziałem 6 zawartym na 3 stronach.

Wyniki obliczeń wyrażone w decybelach przedstawione na rys. 9.13 - 9.16 są dyskusyjne. Uważam, że bardziej poprawnie byłoby przeprowadzić taką analizę w Paskalach zwłaszcza, że jednym z celów badań była analiza generacji i propagacji hałasu tramwajowego. Niemniej jednak w literaturze arytmetyka decybelowa jest często stosowana i akceptowana.

Podatność dynamiczna torowiska i jego właściwości akustyczne mogą ulegać większej zmianie w innych porach roku niż lato.

Chciałbym podkreślić bardzo dobrą jakość merytoryczną i graficzną przedstawionych spektrogramów, rysunków, schematów.

Należy zwrócić uwagę, że mikrofony pomiarowe ustawione w odległościach mniejszych od 3m od szyn znajdują się w tzw. polu bliskim dla fal o częstotliwościach mniejszych od 250 Hz. Może to powodować niepewność pomiarów znacznie większą niż w przypadku drugiego mikrofonu. W całej pracy nie zauważyłem analiz niepewności pomiarów.

Badając rozkłady statystyczne wartości analizowanych parametrów oprócz testu Shapiro – Wilka można też wykorzystać nieparametryczny test Jarque-Bera oraz sprawdzić wartości skośności i kurtozy.

Analizując stan wiedzy Autor pominął kilka ważnych nowych pozycji polskich autorów takich jak np. praca prof. P. Kleczkowskiego z AGH w Krakowie pt. „Percepcja dźwięku”. Pozycja literatury [64] prof. E. Ozimka z Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu pt. „Dźwięk i jego percepcja” jest źle cytowana.

Nie zauważyłem definicji współczynnika zmienności CV_{AW} .

Propozycja Autora przydzielenia najlepszych egzemplarzy taboru do obsługi linii tramwajowych obejmujących ściśle zabudowę miejską nie jest zgodna z ideą zrównoważonego transportu.

Wymienione w recenzji krytyczne uwagi, niektóre dyskusyjne, po ewentualnym uwzględnieniu przez Autora wzbogaciłyby wartość merytoryczną pracy, którą uważam za ciekawą i starannie opracowaną.

PODSUMOWNIE I KONKLUZJA

Cała rozprawa mimo niewielkich uchybień wykazuje dociekliwość Autora oraz Jego predyspozycje do pracy naukowej. Zagadnienia analizowane w dysertacji mieszczą się w dyscyplinie „Inżynieria Lądowa i Transport”. Doktorant wykazał się dużą umiejętnością prowadzenia badań naukowych, osiągnął główny cel pracy a zrealizowane cele szczegółowe są Jego oryginalnymi osiągnięciami.

Biorąc pod uwagę dotychczasowy dorobek naukowy mgr. inż. Tomasza Nowakowskiego oraz przedstawioną do oceny rozprawę doktorską uważam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku (Dziennik Ustaw RP nr 65, poz. 595) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Leszek Rudkowski