

Kraków, 10.11.2024

Dr hab. inż. Janusz Piechowicz, prof. Uczelni
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Szczepańskiego

pt. „**Badania emisji hałasu maszyn z zastosowaniem mobilnego systemu pomiarowego**”

1. Podstawa prawna

Recenzja została przygotowana na podstawie zlecenia Dyrektora Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie dr hab. inż. Wiktora M. Zawieskę, profesora Instytutu z dnia 11 października 2024 roku. Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi Uchwała nr 17/2024 Rady Naukowej CIOP-PIB z dnia 18 września 2024 r. powołująca opiniującego na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Szczepańskiego pt. „Badania emisji hałasu maszyn z zastosowaniem mobilnego systemu pomiarowego”, która została przygotowana pod kierunkiem dr hab. inż. Dariusza Plebana, profesora Instytutu CIOP-PIB; promotorem pomocniczym był dr inż. Leszek Morzyński zatrudniony w CIOP-PIB w Warszawie.

Ocena rozprawy została opracowana zgodnie z wymogami art.175 i art.179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018r poz.1669 z późn. zm.), a także zgodnie z ogólnymi zasadami oceny prac doktorskich przez recenzentów oraz rekomendacji Zlecienniodawcy zawartych w Umowie paragraf 1 pkt.6b.

2. Ocena rozprawy doktorskiej przygotowana wg zasad wskazanych przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

2.1. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Szczepańskiego dotyczy opracowania narzędzia badawczego do wspomagania badań emisji hałasu maszyn, a następnie wykonanie akustycznych badań testowych z jego wykorzystaniem.

Rozprawa liczy 220 stron i składa się z 7 rozdziałów, bibliografii i pięciu załączników (A – E). Napisana jest w języku polskim. Opatrzona jest streszczeniami w języku polskim i w języku angielskim. Rozprawę otwierają strony, na których zamieszczono wykaz zastosowanych skrótów i symboli. Spis ilustracji (79 rysunków) i spis tabel (25 tabel) umieszczony jest na końcu opracowania, po bibliografii. W bibliografii przedstawiono 126 pozycji, w tym 8 artykułów, których współautorem jest Doktorant. Układ pracy jest poprawny, stanowi logiczny opis realizacji poszczególnych etapów pracy i nie budzi zastrzeżeń. Szczególnie godnym uwagi jest dokumentacja prowadzonych badań z wykorzystaniem rysunków i fotografii. Uzupełnieniem pracy jest dołączenie pięciu załączników A – E zawierających kody oprogramowania mobilnej platformy i manipulatora (zał. A, B), tabele z czasami omiatania powierzchni pomiarowych (zał. C), zestawienia wartości procentowego współczynnika wypełnienia segmentów powierzchni pomiarowych (zał. D) oraz zestawienia wyników badań cząstkowych mocy akustycznych badanych maszyn (zał. E).

Po wprowadzeniu do tematyki pracy (rozdział 1), w rozdziale 2 Doktorant przedstawił stan wiedzy w zagadnieniach wyznaczania parametrów emisji hałasu przez maszyny metodami znormalizowanymi i niestandardowymi, co pozwoliło mu w rozdziale 3 sformułować cel i tezę rozprawy, a następnie postawić hipotezy badawcze.

W rozdziale czwartym Autor szeroko opisał konstrukcję narzędzia badawczego oraz algorytm jego sterowania. Piąty rozdział poświęcony jest walidacji mobilnego systemu pomiarowego, Autor bardzo szczegółowo opisuje pozycjonowanie mobilnej platformy i manipulatora, badania powtarzalności przemieszczania mobilnej platformy i pozycjonowania manipulatora, pomiary drgań w miejscu zainstalowanego przetwornika pomiarowego oraz powtarzalność wyników pomiarów akustycznych w komorze. Rozdział szósty stanowi zasadniczą część pracy, Doktorant przedstawia w nim badania związane z wyznaczaniem mocy akustycznej 3 maszyn w różnych warunkach środowiskowych (komora bezechoowa z podłogą odbijającą dźwięk, pomieszczenie warsztatowe) z wykorzystaniem opracowanego narzędzia, prezentuje wyniki badań i ich analizy. Rozprawę kończy ostatni rozdział, w którym doktorant podsumowuje osiągnięte rezultaty, wyciąga wnioski i przedstawia kierunki dalszych badań.

2.2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Bibliografia załączona do rozprawy obejmuje 126 pozycji literaturowych, w tym 20 odwołań do norm, 6 odwołań do roczników statystycznych GUS, 5 linków do portali naukowo-technicznych. W wykazie literatury znajduje się 8 pozycji ze współautorstwem Doktoranta, które zostały opublikowane na przestrzeni ostatnich 6 lat i dokumentują postęp prac nad rozprawą doktorską. Zdecydowana większość zamieszczonej bibliografii powstała w latach 2000 – 2020 i wcześniej. Wykorzystana literatura, jak i publikacje, których współautorem jest Doktorant

wskazują, że Autor zapoznał się ze współczesnymi osiągnięciami nauki w prezentowanej tematyce, choć zastanawia niewielka liczba cytowanych publikacji z ostatnich lat 2020 – 2024.

2.3. Wskazanie oraz ocena celu pracy doktorskiej

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie mobilnego systemu pomiarowego wspomagającego realizację badań związanych z wyznaczeniem parametrów emisji hałasu.

Doktorant sformułował następującą tezę pracy:

„Możliwe jest utworzenie mobilnego systemu pomiarowego do wspomagania wykonywania pomiarów mających na celu badanie parametrów hałasu emitowanego przez maszyny”

Cel i teza rozprawy są jasno sformułowane. Praca ma przede wszystkim charakter aplikacyjny. Autor wykazuje potrzebę skonstruowania nowego narzędzia badawczego do usprawnienia pomiarów akustycznych parametrów maszyn, opracowuje założenia projektowe, tworzy narzędzie badawcze w postaci samojezdnej platformy z precyzyjnie pozycjonowanym manipulatorem pomiarowym. Następnie tworzy aplikację sterującą systemem pomiarowym, bada dokładność pozycjonowania czujnika pomiarowego, ostatecznie stosując nowe narzędzie wykonuje pomiary akustyczne dla 3 wybranych maszyn. W podsumowaniu pracy Doktorant raportuje osiągnięcie celu rozprawy i wskazuje kierunki dalszych badań. Precyzyjne pozycjonowanie czujnika pomiarowego (mikrofonu, sondy natężeniowej) jest aktualnym i bardzo potrzebnym zagadnieniem w badaniach pomiarowych. Częściowa lub pełna automatyzacja pomiarów akustycznych pozwala na znaczne rozszerzenie możliwości badawczych zarówno w komorach akustycznych jak i w pomiarach poligonowych.

2.4. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

Doktorant podjął się zadania zautomatyzowania procedur pomiarów akustycznych wykorzystując mobilną platformę, na której zainstalowany został trzyosiowy manipulator. Rozwiązanie to wymagało opracowania koncepcji, a następnie wykonania rozwiązania technicznego. Koncepcja narzędzia została przedstawiona w publikacjach, których współautorem był Doktorant. Projekt narzędzia badawczego został wstępnie zweryfikowany numerycznie, a po wykonaniu, prototyp został poddany badaniom walidacyjnym. Skonstruowany model mobilnej platformy poddany został testom mechanicznym: powtarzalności przemieszczania platformy, powtarzalności pozycjonowania manipulatora, hałasu własnego urządzenia, a także wpływu drgań w miejscu instalacji przetwornika. Doktorant poddał wyniki pomiarów testom statystycznym, na podstawie których wyciągnął wnioski o istotnych statystycznie różnicach w wartościach współczynnika wypełnienia pomiarami segmentów powierzchni cząstkowych.

2.5. Ocena omówienia wyników badań

Rezultaty badań zaprezentowane w rozprawie wskazują na istotną statystycznie różnicę w wartości współczynnika wypełnienia pomiarami segmentów powierzchni cząstkowych przy zastosowaniu dwóch torów omiatania: prostopadłego i równoległego. Oznacza to, że sposób przemieszczania sondy pomiarowej ma wpływ na efektywność pokrycia powierzchni pomiarami natężenia dźwięku. Wniosek wynikający z uzyskanych przez Doktoranta rezultatów wskazuje, że zalecane jest wykorzystanie toru równoległego z uwagi na pełniejsze wypełnienie pomiarami segmentów powierzchni cząstkowych. Ważnym wnioskiem wynikającym z analiz statystycznych jest fakt, że wyniki pomiarów cząstkowych mocy akustycznych metodą omiatania realizowane mobilnym systemem pomiarowym cechują się większą powtarzalnością niż wyniki pomiarów omiatania realizowanego manualnie. Przedstawione w rozprawie wyniki badań mogą być podstawą do dyskusji nad aktualizacją dotychczas stosowanych technik pomiarowych w szczególności metody opisanej w normach serii PN-EN ISO 9614.

2.6. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Automatyzacja pomiarów akustycznych pozwala na zwiększenie możliwości badawczych w komorach akustycznych, a także w innych miejscach. Przy stosowaniu znormalizowanych metod badań, szczególnie metod technicznych i dokładnych o wymogach dużej dokładności pomiarowej, wyeliminowanie personelu obsługi wpływa na zmiany w polu akustycznym badanych źródeł. Doktorant rozważał zastosowanie mobilnej platformy do wyznaczania parametrów akustycznych maszyn wykorzystując sondę natężeniową i metodę omiatania dedykowaną dla sposobu pomiaru sondą natężeniową.

2.7. Informacja o ewentualnych nieprawidłowościach w ocenianej rozprawie doktorskiej

Rozprawa jest obszernym dziełem, ma ponad 200 stron i pomimo narzędzi sprawdzania tekstu w programach edycyjnych występują w pracy drobne błędy. Rozprawa napisana jest poprawnie pod względem stylistycznym i ortograficznym, choć zdarzają się zdania trudne do zrozumienia. Autor stosuje poprawne słownictwo naukowe i techniczne. Można wskazać nieliczne uwagi odnośnie pewnych stwierdzeń zawartych w pracy.

- Str. 20: co oznacza określenie „wskaźnik kierunkowości na stanowisku pracy”?
- Str.39: niezrozumiałe zdanie „Elementem łączący jednostki napędowej (przekładni ślimakowej oraz silnika) z podstawą platformy mobilnej oparty został na kątowniku aluminiowym o grubości 3 mm).”
- Str. 49, 50,99,100 itd.: Autor używa frazy „USP Probe” zamiast „sonda typu USP”; skrót USP oznacza Ultimate Sound Probe, zatem nie ma sensu umieszczać słowo Probe po USP;

- Str.64: ...”poziom natężenia dźwięku dla fali płaskiej jest równy poziomowi ciśnienia akustycznego...” – zależność prawdziwa, ale dla pola dalekiego, co w założeniach metody pomiarowej nie zawsze jest zachowane;
- Str. 70: Przy badaniach hałasu Autor opisując pomiary w komorze bezechowej z odbijającą podłogą zamieścił zdanie „... wyznaczone wartości należy uznać za prawidłowe przy założeniu, że podłoga po której poruszać się będzie platforma również będzie wyłożona wykładziną” - kładąc wykładzinę na podłogę, w komorze bezechowej z podłogą odbijającą dźwięk zmieniamy warunki pola akustycznego;
- W rozdziale ostatnim Doktorant odniósł się do pozytywnych stron wykorzystania systemu pomiarowego do badań emisji hałasu maszyn, natomiast nie podjął tematu krytycznych stron i ograniczeń wykonywania takich pomiarów z wykorzystaniem mobilnej platformy z sondą natężeniową.

Błędy i nieścisłości dostrzeżone w pracy:

- W spisie oznaczeń brak jest objaśnienia ABS użytego na stronie 48;
- Str.40: - akumulatory „Litowo – Jonowe” powinno być „litowo – jonowe”
- Str. 51: „kwaternionów” powinno być „kwaternionów”;
- Str. 62: brak nawiasu we wzorze 2.3.4
- Str.66: jest „energerycznie” zamiast „energetycznie”
- Str.68: Tab2. W kolumnie „Ustawienia prędkości obrotowej...” wartości 7 pozycji po przecinku – zbyt wysoka precyzja
- Str.73: „...równych siłowników równych...” – usunąć jedno „równych”
- Str.83: numeracja wzorów powinna być: 5.4.1.1. oraz 5.4.1.2.
- Str.97: czy powołanie na normę (PKN, 2010c) jest właściwe dla wymienionej lokalizacji pompy próżniowej?
- Str. 107: jest „podziane” powinno być „podziale”
- str.108 i kolejne: jest „test t-studenta” powinno być „test t-Studenta”
- str.141: w pozycji literatury: „Bogusławski” błąd w opisie stron artykułu;
- str.144: w pozycji literatury: „Jacobsen” – brak opisu wydawnictwa;

Niezależnie od przytoczonych uwag stwierdzam, że praca stanowi interesujące studium badawcze, a poziom edytorski rozprawy oceniam jako bardzo dobry.

2.8. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

W literaturze można spotkać opisy narzędzi wspomagających pomiary akustyczne w komorach pogłosowych i bezechowych. W AGH w Krakowie powstał automatycznie sterowany stacjonarny manipulator do pomiarów akustycznych w komorze bezechowej. Profesor

Stefan Weyna od lat prowadzi badania pola akustycznego sondami natężeniowymi, które są bardzo precyzyjnie pozycjonowane. Historia manipulatorów mobilnych zaczęła się w latach 80 XX wieku, głównie w zastosowaniach produkcyjnych i medycznych. W tym sensie problematycznym jest uznanie skonstruowania mobilnej platformy pomiarowej za oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Natomiast sposób wykorzystania narzędzia w badaniach naukowych i opracowanie systemu jego sterowania może być podstawą takich rozważań. Autor wprowadził innowacyjne podejście do stosowania znormalizowanej metody badawczej (metody omiatania wg PN-EN ISO 9614-2) polegające na wykorzystaniu systemu śledzenia trajektorii ruchu sondy pomiarowej. Dzięki danym z systemu śledzącego, uzyskanym w trakcie omiatania badanych źródeł hałasu, określono wskaźnik w postaci współczynnika wypełnienia pomiarami segmentów powierzchni cząstkowych, który użyty został do obiektywnego porównania powtarzalności omiatania wykonywanego manualnie przez operatora, a omiatania wykonanego z użyciem mobilnego systemu pomiarowego. Wyniki analiz przeprowadzonych badań wykazały, że spełnienie wymagań w/w normy, dotyczących wykonania pomiarów w sposób obejmujący wszystkie segmenty powierzchni cząstkowej jest trudne przy omiataniu wykonywanym manualnie. Omiatanie manualne (które wymaga obecności pomiarowca w polu akustycznym) często prowadzi do pominięcia niektórych obszarów powierzchni cząstkowej i braku zachowania stałych odległości pomiędzy kolejnymi liniami omiatania, co utrudnia uzyskanie powtarzalnych wyników pomiarów. Opracowany system pomiarowy pozwala na istotne zwiększenie możliwości pomiarowych w zakresie opisu wektorowych i skalarnych charakterystyk pola akustycznego wytworzonego przez maszyny. Efekt rozprawy ma znaczenie praktyczne, gdyż mobilny system pomiarowy może być wykorzystany do wspomagania pomiarów parametrów emisji hałasu dla dowolnych procedur badawczych: diagnostyki maszyn, w badaniach stabilności źródeł hałasu, badaniach kierunkowości emisji i wielu innych, jak również w wielu pracach o charakterze podstawowym (m in. badania parametrów promieniowania energii źródeł dźwięku w warunkach in situ).

2.9. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie

Autor wykazał się bardzo dobrą umiejętnością prowadzenia badań interdyscyplinarnych. Doktorant wykazał w pracy wiedzę w kilku dziedzinach nauk technicznych: takich jak podstawy budowy maszyn, informatykę, elektronikę, akustykę, statystykę. Skonstruował prototyp

narzędzia badawczego, oprogramował sterowanie platformą mobilną, przeprowadził badania walidacyjne dokładności pozycjonowania narzędzia badawczego, a następnie pomiary do wyznaczania mocy akustycznych maszyn przemysłowych. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułował wnioski oraz wskazał dalsze kierunki badań. Przedstawione analizy i wyniki badań doświadczalnych pozwalają wnioskować, że cel pracy został osiągnięty.

2.10. Uwagi o charakterze dyskusyjnym:

1. W rozdziale 2 jest krótka wzmianka o rozwiązaniach technicznych wspomagania pomiarów akustycznych. Czy Autor mógłby wskazać mobilne manipulatory o podobnych funkcjach jak przedstawiony prototyp i porównać zastosowane swoje rozwiązania z innymi?
2. Czy manipulator wraz z przetwornikiem pomiarowym może odwzorować konforemną powierzchnię pomiarową w pomiarach natężenia dźwięku maszyn (badania niestandardowe)?

3. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska przedstawiono ważne zagadnienia o charakterze poznawczym i utylitarnym. W pełni zasługuje na pozytywną ocenę i zawiera elementy stanowiące istotny przyczynek do rozwoju stanu wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Doktorant opracował system wspomagania pomiarów akustycznych zarówno ciśnienia akustycznego jak i natężenia dźwięku, a następnie poddał weryfikacji jego przydatność w prowadzeniu badań akustycznych (w wyznaczaniu mocy akustycznej maszyn).

Doktorant w rozprawie pokazał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Dowiódł umiejętności sformułowania naukowego zadania, a następnie konsekwentnie dążył do jego realizacji. Wykazał się biegłością planowania eksperymentu, prowadzenia analiz teoretycznych i eksperymentalnych. Wieloletnie badania, których wyniki przedstawiał m.in. w licznych publikacjach (43 pozycje) i na konferencjach, sfinalizował w postaci niniejszej pracy.

Rozprawa doktorska mgr inż. Grzegorza Szczepańskiego pt. „Badania emisji hałasu maszyn z zastosowaniem mobilnego systemu pomiarowego” jest ważnym opracowaniem naukowym, ma duże znaczenie przede wszystkim aplikacyjne i wdrożeniowe.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca jest oryginalnym i samodzielnym dorobkiem Doktoranta i spełnia wymagania określone w art.187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami, stawiane rozprawom doktorskim. Praca wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo

i Energetyka i wskazuje na umiejętności prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Wnioskuje o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Szczepańskiego i wnoszę o dopuszczenie Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



.....
dr hab.inż. Janusz Piechowicz, prof. Uczelni