



Starszy Specjalista
ds. Administracji
[Signature]
mgr Maria Skory

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: „Modelling and control of device casing vibrations for active reduction of acoustic noise”

(„Modelowanie i sterowanie drganiami obudów urządzeń w celu aktywnej redukcji hałasu”)¹

Autor rozprawy: mgr inż. Stanisław Wrona

Promotor: prof. dr hab. inż. Marek Pawełczyk

RAU	Biuro Dziekana
	Wpłynęło dnia <u>14.09.2016</u> Nr <u>578</u> / zał.

I. Cel, zakres i charakter rozprawy

Celem rozprawy, zdefiniowanym na stronie 6 jest „rozwińnięcie koncepcji aktywnych obudów jako metody redukcji hałasu generowanego przez urządzenia i maszyny.”¹

Hałasem określa się wszystkie dźwięki, które w danych warunkach są szkodliwe, uciążliwe, niepożądane, nieprzyjemne lub dokuczliwe dla danej osoby. Narażenie na hałas o wysokim poziomie dźwięku A (lub C) może prowadzić do utraty słuchu lub innych problemów zdrowotnych. Oddziaływanie hałasu na organizm człowieka można podzielić na dwa rodzaje: wpływ hałasu na narząd słuchu oraz pozasłuchowe działanie hałasu na organizm (w tym na podstawowe układy i narządy oraz zmysły człowieka).

Skutki wpływu hałasu na organ słuchu dzieli się na:

- upośledzenie sprawności słuchu w postaci podwyższenia progu słyszenia w wyniku długotrwałego narażenia na hałas o równoważnym poziomie dźwięku A przekraczającym 80-85 dB,
- uszkodzenia struktur anatomicznych narządu słuchu (np. perforacje, ubytki błony bębenkowej) będące zwykle wynikiem jednorazowych i krótkotrwałych ekspozycji na hałas o szczytowych poziomach ciśnienia akustycznego powyżej 130-140 dB.

Z kolei pozasłuchowe skutki działania hałasu są uogólnioną odpowiedzią organizmu na działanie hałasu jako stresora przyczyniającego się do rozwoju różnego typu chorób, takich jak choroba ciśnieniowa, choroba wrzodowa i nerwice.

Wśród pozasłuchowych skutków działania hałasu o poziomie 80-90 dB należy podkreślić jego wpływ na pogorszenie zrozumiałości i maskowanie mowy oraz dźwiękowych sygnałów bezpieczeństwa, co nie tylko zwiększa uciążliwość warunków pracy i zmniejsza jej wydajność, lecz może również być przyczyną wypadków w pracy.

Dominującym źródłem hałasu tak w środowisku pracy jak i życia człowieka są maszyny i urządzenia. Do najczęściej stosowanych metod ograniczania narażenia człowieka na hałas należą pasywne metody ochrony hałasu obejmujące min. różnego rodzaju bariery i ekrany, obudowy

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

dźwiękochłonno-izolacyjne maszyn i urządzeń a po wyczerpaniu innych możliwości – ochronniki słuchu. Jednak większość tych rozwiązań ma szereg wad i ograniczeń co powoduje, że bardzo często lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie metod aktywnych, szczególnie w przypadkach występowania hałasu niskoczęstotliwościowego lub problemów z odprowadzaniem ciepła związanego z pracą urządzeń.

Podejmowany przez Autora rozprawy problem badawczy należy zatem uznać za aktualny a jednocześnie ważny społecznie.

Autor formułuje na stronie 6 następującą tezę:

„Możliwa jest redukcja drgań ścian obudowy urządzenia metodą pasywną dzięki optymalnemu rozmieszczeniu lokalnych wzmocnień oraz mas na ścianach obudowy a także zmniejszenie emisji hałasu globalnie do otoczenia metodą aktywną dzięki optymalnemu rozmieszczeniu wzbudników drgań i czujników”¹

Postawiona teza jasno i jednoznacznie definiuje zakres prac badawczych stanowiących zawartość rozprawy.

II. Zawartość i wyniki rozprawy

W rozdziale 1 Autor przedstawia w ogólnej formie zagadnienia związane z hałasem jako czynnikiem środowiska pracy i życia człowieka. Omawia skutki oddziaływania hałasu na człowieka i uzasadnia wagę podejmowania badań prowadzących do redukcji hałasu. Krótko omawia także pasywne i aktywne metody redukcji oraz przedstawia porównanie tych metod.

W rozdziale 2 Autor omawia przygotowanie stanowiska laboratoryjnego do prowadzenia doświadczeń z aktywnym tłumieniem hałasu dla dwóch typów obudów: sztywnej (ciężkiej) i lekkiej. Obudowy te w sposób zasadniczy różnią się konstrukcją, rodzajem zastosowanych materiałów i technologią wykonania a przede wszystkim własnościami. Zamiarem Autora było zapewnienie możliwości prowadzenia szerokiego spectrum badań i analiz wibroakustycznych niezbędnych m.in. dla prowadzonego w dalszych etapach pracy modelowania matematycznego poszczególnych ścian obudów, jej modyfikacji pasywnych w postaci dodatkowych usztywnień i mas oraz optymalizacji rozmieszczenia elementów wykonawczych (wzbudniki elektrodynamiczne) i pomiarowych (akcelerometry i mikrofony) i syntezy układów sterowania. Opracowane stanowisko w pełni umożliwiło realizację tego zamiaru. Autor szczegółowo opisał i zilustrował konstrukcję obu obudów oraz podał parametry zastosowanego wyposażenia laboratoryjnego. Przedstawił także wyniki przeprowadzonych analiz wibroakustycznych badanych struktur oraz wnioski ukierunkowujące dalsze prace.

W rozdziale 3 Autor sformułował modele matematyczne rozpatrywanych obudów urządzeń. Wykazując bardzo dobrą znajomość zagadnienia i dużą biegłość w prowadzeniu analiz i obliczeń połączył w opracowanym modelu opis matematyczny wielu zjawisk, które do tej pory w literaturze tematu były rozpatrywane oddzielnie, a do których należą: teorie cienkich i grubych płyt, elastyczne warunki brzegowe, model tłumienia termoelastycznego i obciążenie płyty dodatkowymi elementami – masami, usztywnieniami, elementami wykonawczymi i pomiarowymi.

W rozdziale 4 Autor przedstawił wyniki weryfikacji opracowanego modelu. W tym celu, dla różnych konfiguracji ścian obudowy, porównał wyniki parametrów wibroakustycznych otrzymane za pomocą modelu z wynikami własnych badań eksperymentalnych. Parametrami, dla których przeprowadził weryfikację były częstotliwości i postaci drgań własnych oraz odpowiedzi częstotliwościowe ścian. Autor opisał również zastosowaną procedurę pomiarów laboratoryjnych a na podstawie uzyskanych wyników stwierdził wysoką zgodność modelu z zachowaniem rzeczywistych konstrukcji obudów: sztywnej i lekkiej.

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

Rozdział 5 jest jednym z zasadniczych rozdziałów rozprawy, w którym Autor przedstawił analizę opracowanego modelu pod kątem optymalizacji parametrów ścian prowadzących do zwiększenia efektywności rozpatrywanych pasywnych obudów urządzeń jak i przygotowania modeli ścian do wykorzystania w rzeczywistych rozwiązaniach obudów aktywnych. Do realizacji przedstawionych problemów optymalizacyjnych Autor użył algorytmu memetycznego. Kolejno przedstawił metody identyfikacji warunków brzegowych i lokowania wzbudników oraz czujników pomiarowych na ścianach obudów a także metodę modelowania odpowiedzi częstotliwościowej dla poszczególnych ścian. Dla ostatniej z wymienionych metod Autor przeprowadził szereg symulacji i badań a w ich wyniku stwierdził dużą przydatność praktyczną zaproponowanej metody dla modelowania obudów zarówno pasywnych jak i aktywnych.

W dotychczasowych rozdziałach rozprawy Autor przedstawił wyniki realizacji założonego programu badawczego, którego celem były wielopłaszczyznowe badania nad modelowaniem i sterowaniem drganiami ścian obudów pasywnych pod kątem docelowego zwiększenia efektywności całych obudów oraz możliwości ich wykorzystania do realizacji niezwykle nowatorskiej metody redukcji hałasu tj. aktywnej obudowy. Wyniki badań doświadczalnych nad syntezą układu aktywnej redukcji dla opracowanych struktur obudów Autor przedstawił w rozdziale 6. Wykorzystując wcześniejsze wyniki podane w rozprawie i zapewne wyniki pozostałych prac prowadzonych równoległe w ramach projektu², Autor przeprowadził syntezę systemów aktywnej redukcji w różnych konfiguracjach – zarówno dla obudowy sztywnej jak i lekkiej. Uzyskał wysoki poziom redukcji hałasu, a co szczególnie ważne, zmierzona w pomieszczeniu laboratoryjnym redukcja miała charakter globalny i nie wystąpiły strefy wzmacniania hałasu. Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników Doktorant sformułował także zalecenia odnośnie do realizacji dalszych prac nad skutecznym wdrożeniem aktywnych obudów.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie, w którym Autor przedstawia wnioski związane z realizacją poszczególnych etapów rozprawy – od matematycznego modelowania obudowy urządzenia rozpoczynając a na syntezie adaptacyjnego wielokanałowego systemu aktywnej redukcji kończąc. Przedstawia w sposób jasny elementy autorskie zawarte w rozprawie oraz ponownie, w skrótowej formie, prezentuje uzyskane wyniki. Podaje także, ważne w kontekście oceny rozprawy, informacje związane z faktem realizacji rozprawy jako wydzielonej części z dużego zakresu prac projektu². Na zakończenie Autor kreśli krótki program badań do podjęcia w celu kontynuacji prac nad zagadnieniami związanymi z rozprawą.

Bibliografia zawiera 95 właściwie dobranych pozycji, w tym 14 zespołowych prac Autora.

III. Uwagi ogólne

Rozprawa została opracowana w bardzo przemyślany i konsekwentny sposób. Nie zauważyłem w jej treści istotnych elementów, które wpływałyby niekorzystnie na jej wartość merytoryczną traktowaną całościowo. Przedstawione poniżej uwagi ogólne, nie mają charakteru zarzutu lecz dotyczą głównie uwypuklenia pozytywów opracowania oraz jego spójności.

1. Zgodnie z tytułem rozprawy dotyczy ona aktywnej redukcji hałasu wykorzystującej obudowę zamkniętą. W treści rozprawy Autor bardzo dużo uwagi poświęca optymalizacji obudowy z zastosowaniem elementów pasywnych. To nie jest zarzut, gdyż takie podejście jest konsekwencją sformułowanej na str. 6 tezie pracy. To co dla mnie stanowi pewien niedosyt to fakt, że Autor, po krótkim wstępie dotyczącym metod pasywnych (rozdział 1.3), w dalszej części rozprawy tylko w niewielkim stopniu odnosi się do korzyści wynikających z pasywnej optymalizacji parametrów obudowy. Prawdą jest, że optymalizacja parametrów obudowy

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

jako układu pasywnego w kontekście rozprawy służy przede wszystkim poprawie skuteczności systemu aktywnej redukcji, który na niej bazuje (rozdział 6). Zważywszy jednak na fakt, że optymalne rozmieszczenie wzmocnień i mas na ścianach obudowy umożliwia zmniejszenie drgań tych ścian, należałoby oczekiwać nieco więcej wyników umożliwiających ocenę poprawy skuteczności pasywnej redukcji w wyniku takich modyfikacji. Tego typu ocena byłaby łatwiejsza, gdyby Autor zamieścił w rozprawie np. wyniki pomiarów skuteczności redukcji w funkcji częstotliwości dla zastosowanych wariantów obudów przed i po modyfikacjach pasywnych, a następnie dopiero porównał wyniki z częstotliwościowymi charakterystykami pomierzonymi dla obudowy aktywnej. W ten sposób Autor w bardziej wyrazisty sposób uzasadniłby pierwszą część tezy pracy, dotyczącą poprawy skuteczności obudowy metodami pasywnymi.

2. Opis zastosowanego algorytmu memetycznego jest dosyć skrótowy. W szczególności odczuwam pewien niedosyt związany z brakiem uzasadnienia przyjęcia zakończenia operacji mutacji jako miejsca hybrydyzacji zastosowanego w algorytmie ewolucyjnym oraz brakiem uzasadnienia zastosowanego algorytmu optymalizacji lokalnej (rozdział 5.2). Ten niedosyt potęguje fakt, że Autor zamieścił porównanie algorytmu hybrydowego z algorytmem genetycznym (rozdział 5.2.1), którego przecież nie wykorzystuje w opisanych zagadnieniach optymalizacji. Przy okazji tej uwagi, sądzę, że w ramach porównania korzystniejsze byłoby przyjęcie takiego samego rozmiaru populacji dla algorytmu genetycznego i memetycznego. Przy takiej samej liczbie generacji Autor uzyskałby jeszcze lepsze uzasadnienie wyboru algorytmu memetycznego. Większy czas trwania obliczeń stanowiący uzasadnienie zmniejszenia rozmiaru populacji algorytmu memetycznego nie ma tutaj znaczenia, na co zresztą Autor słusznie powołuje się kilkakrotnie omawiając praktyczne aspekty stosowanych rozwiązań.
3. W rozprawie w kilku miejscach (np. str. 96, rozdział 6.2) Autor uzasadnia zastosowanie w systemie sterowania algorytmu adaptacyjnego wyłącznie wolnozmiennymi zmianami parametrów modelu np. pod wpływem temperatury pomijając fakt, że algorytm ten służy przede wszystkim ustaleniu wartości filtra cyfrowego zastosowanego w systemie aktywnej redukcji drgań obudowy.
4. W rozprawie Autor przy okazji odnoszenia się do praktycznych aspektów stosowania obudowy aktywnej podaje, jako jej ważną zaletę mniejszy niż w przypadku tradycyjnych obudów lub wręcz pomijalny wpływ na wymianę ciepła z otoczeniem przez obiekt będący źródłem hałasu. O tym, że ta zaleta dotyczy urządzeń, które z racji swojej konstrukcji już są zamknięte w obudowie, a nie urządzeń, które pracują bez obudowy Autor wspomina tylko na początku rozprawy i fakt ten ignoruje w jej dalszej treści.
5. W rozdziale 1 rozprawy Autor omawia znaczenie i wpływ hałasu na człowieka oraz metody jego ograniczania powołując się na dokonania autorów zagranicznych. Warto jednak zauważyć, że w dziedzinie oceny i zwalczania hałasu również polscy naukowcy mają istotne osiągnięcia.

IV. Uwagi szczegółowe

W rozprawie zwróciłem uwagę na następujące niewielkie niedociągnięcia:

1. Na rys. 2.5 na str. 13 w danych technicznych dotyczących wzbudnika NXT EX-1 brakuje danych dotyczących zakresu częstotliwości. Ten parametr podany został dla stosowanych

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

detektorów (akcelerometry i mikrofony), nie ma go natomiast w odniesieniu do zastosowanych w eksperymentach wzbudników.

2. W rozdziałach 2.2 oraz 2.3 w podrozdziałach dotyczących analizy ścieżek wtórnych niezbyt jasno określono położenia akcelerometrów w stosunku do elementów wykonawczych. Rozumiem, że akcelerometry zostały umieszczone dokładnie po drugiej stronie ścianek, naprzeciwko elementów wykonawczych. Takie podejście nieco „ułatwia” analizę porównawczą pomiędzy ścieżkami bezpośrednimi i skrośnymi. Mimo, że wnioski wynikłe z analizy pozostałyby takie same, bardziej wskazane byłoby przeanalizowanie ścieżek wtórnych dla wybranego położenia elementów wykonawczych i pomiarowych zgodnego z położeniami tych elementów uzyskanymi w wyniku optymalizacji przedstawionej w rozdziale 5 i zastosowanymi w wybranej konfiguracji układu aktywnej redukcji z rozdziału 6.
3. W rozdziale 5 dotyczącym optymalizacji parametrów obudów zarówno jako układów pasywnych (dodatkowe elementy usztywniające, masy itd.), jak i aktywnych (rozmieszczenie wzbudników i detektorów błędu) nie podano parametrów algorytmu memetycznego, jakie zostały przyjęte w trakcie obliczeń. Czy te parametry były jednakowe niezależnie od zadania optymalizacji, czy też zmieniano je np. w zależności złożoności funkcji celu? Czy decydującym o parametrach algorytmu (np. o rozmiarze populacji) był czas trwania obliczeń, czy też wartość dopasowania?
4. W rozdziale 6.2 brakuje mi nieco bardziej szczegółowego opisu systemu sterującego w kontekście uwzględnienia wtórnej ścieżki sygnału i ewentualnego wpływu tej ścieżki na działanie zmodyfikowanego układu aktywnej redukcji z przełączanym detektorem sygnału błędu. Być może wynika to z przyjętej zasady wewnętrznego podziału prac w ramach projektu² i opis ten znajduje się w innym materiale.
5. Porównanie wyników obliczeń i pomiarów eksperymentalnych dotyczących modów drgań ścianek obudowy przedstawionych na rys.4.5-4.8 sprowadza się do stwierdzenia, że wyniki obliczeń są zgodne z wynikami pomiarów. Szczegółowa analiza wyników pokazuje jednak, że dla niektórych modów można zaobserwować stosunkowo duże rozbieżności. Dotyczy to modów wyższych rzędów, nie mających istotnego wpływu na skuteczność zaproponowanej przez Autora koncepcji aktywnej obudowy, ale kilka zdań komentarza odnoszących się do rozbieżności obliczeń i pomiarów zwiększyłoby zawartość informacyjną rozdziału 4.

V. Uwagi redakcyjne

Rozprawa została napisana w języku angielskim. Nie czuję się upoważniony do oceny poprawności językowej. Mogę jednak z całą stanowczością stwierdzić, że z mojego punktu widzenia ma ona poprawną konstrukcję, zachowana jest zasada kompatybilności rozdziałów i jest napisana językiem technicznie zrozumiałym, umożliwiającym w całej rozciągłości przeanalizowanie zawartych w niej informacji.

Autor bardzo starannie przygotował rozprawę od strony redakcyjnej. Nie zauważyłem w treści błędów edytorskich. Mimo dużej liczby rysunków, odnośników i złożonych wzorów matematycznych przedstawiona numeracja i indeksy są w całym tekście poprawne. Dużym plusem jest przeniesienie części opisu matematycznego do załączników.

Biorąc pod uwagę nie tyle obszar merytoryczny i stylistyczny rozprawy, co bardziej wygodę jej czytania miałbym dwie szczegółowe uwagi redakcyjne:

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

1. Byłoby wskazane, aby konfiguracje obudów były opisane w osobnym podrozdziale i odpowiednio oznaczone np. układ A, układ B itp. W treści pracy, w opisach dotyczących wyników badań symulacyjnych i eksperymentów zastosowanie wspomnianych oznaczeń ułatwiłoby czytającemu powiązanie wyników z konfiguracjami obudów. Ponieważ Autor rozprawy w wielu miejscach powtarza informacje dotyczące konfiguracji obudowy, wnioskuję, że zdaje sobie sprawę z zaistniałego problemu. Są jednak miejsca w rozprawie, w szczególności dotyczy to podpisów powiązanych z rysunkami i tabelami zawartymi w rozdziałach 4.2 i 4.3, w których analiza wykresów i danych tabelarycznych wymaga dodatkowego „wysiłku” związanego z przyporządkowaniem wykresu do konfiguracji obudowy.
2. W rozdziale 6 rozprawy na wszystkich wykresach obrazujących skuteczność redukcji w funkcji częstotliwości brakuje poziomych linii dla wartości 0 [dB], stanowiącej odniesienie rozróżniające efekt redukcji od niekorzystnego efektu wzmocnienia zredukowanego sygnału. Wprowadźcie Autor określa dla każdego wykresu zakres częstotliwości, w ramach którego mamy do czynienia z redukcją a nie wzmocnieniem, ale dla bardziej szczegółowej analizy wykresów taka linia odniesienia byłaby bardzo pomocna.

VI. Podsumowanie i wnioski końcowe

W rozprawie nie znalazłem żadnych istotnych uchybień merytorycznych, które podważałyby postawioną tezę lub uzyskane wyniki. Pracę oceniam wysoko, zakres przeprowadzonych analiz, symulacji i badań jest imponujący, wnioski ważne, jasne i jednoznaczne. Wymienione w punkcie III i IV recenzji uwagi nie dotyczą istotnych elementów rozprawy i nie mają wpływu na przedstawioną wyżej jednoznacznie pozytywną ocenę zrealizowanego przez Doktoranta programu badawczego dla osiągnięcia postawionego celu i udowodnienia tezy.

W podsumowaniu mojej recenzji stwierdzam:

1. Przedstawiona w rozprawie hipoteza badawcza została dobrze zbudowana i zweryfikowana na dobrym poziomie na drodze wieloetapowego procesu badawczego obejmującego analizy, symulacje i badania empiryczne. Opracowany w rozprawie problem badawczy dotyczy ważnych społecznie zagadnień a jego ujęcie przez Doktoranta ma charakter oryginalny i nowatorski. Stwierdzam z całą pewnością, że osiągnął postawiony w rozprawie cel oraz udowodnił przyjętą tezę.
2. Ważną zaletą recenzowanej rozprawy jest różnorodność badań, metod i narzędzi badawczych, w tym wielu autorskich, zastosowanych przez Doktoranta, wskazujących na wysoki poziom jego warsztatu badawczego i bardzo dobre przygotowanie do prowadzenia złożonych prac badawczych oraz wyciągania właściwych wniosków.

Niewątpliwie za szczególnie istotny należy tu uznać wkład własny Autora obejmujący:

- sformułowanie matematycznego modelu ściany obudowy urządzenia, integrującego teorię płyt cienkich i grubych, elastycznie ograniczanych warunków brzegowych, model termoelastycznego tłumienia strukturalnego oraz dodatkowe elementy mocowane do powierzchni obudowy – masy, żebra, wzbudniki i czujniki pomiarowe,
- opracowanie metody optymalizacji lokowania wzbudników inercyjnych i akcelerometrów na powierzchni ścian obudowy urządzenia, z użyciem opracowanego modelu,
- rozszerzenie metod optymalizacji parametrów wibroakustycznych ścian obudowy - opracowanie metody modelowania odpowiedzi częstotliwościowej ściany, zgodnie z dokładnie określonymi założeniami,

¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN

- opracowanie metody identyfikacji parametrów opracowanego modelu, w oparciu o pomiary eksperymentalne i algorytm optymalizacji,
- opracowanie i weryfikacja eksperymentalna wielokanałowego systemu aktywnej redukcji, obejmujące równoczesne sterowanie procesem redukcji dla każdej ściany badanej obudowy.

Osiągnięcia te wskazują na dużą wiedzę Doktoranta z zakresu wibroakustyki, modelowania matematycznego, sterowalności i obserwowalności drgających konstrukcji, informatyki, przetwarzania sygnałów oraz systemów pomiarowych.

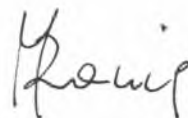
3. Dorobek publikacyjny Doktoranta jest znaczący. W rozprawie odwołuje się do dziewięciu prac, których jest współautorem, a także do wielu opublikowanych w materiałach znanych konferencji międzynarodowych. Na podkreślenie zasługuje fakt opublikowania kilku z wymienionych publikacji w czasopiśmie z listy JCR. Aktywność ta procentuje, widoczną w rozprawie, bardzo dobrą orientacją Doktoranta w zasobach wiedzy z dziedzin związanych z realizacją rozprawy tak w skali krajowej jak i międzynarodowej.
4. Wykonana rozprawa doktorska istotnie wzbogaca wiedzę z obszaru ochrony człowieka przed hałasem i ma duże znaczenie użytkowe. Zaproponowane opracowanie, określone przez Doktoranta jako "metoda aktywnej obudowy" może być podstawą do opracowania i wprowadzenia do praktyki nowego rozwiązania ochrony zbiorowej przed hałasem, o dużym potencjale zastosowań, w tym w szczególnie trudnych przypadkach jakim jest ochrona przed hałasem niskoczęstotliwościowym. Co ważne, Doktorant nakreślił propozycję programu prac prowadzących do osiągnięcia tego celu.

Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę, omówione wyżej rezultaty rozprawy doktorskiej mgr inż. Stanisława Wrony stwierdzam, że rozwiązał on szereg istotnych, naukowych zadań badawczych ukierunkowanych na opracowanie nowatorskiego rozwiązania w dziedzinie zwalczania hałasu jakim jest metoda aktywnej obudowy. Można tym samym uznać, że rezultaty rozprawy stanowią istotny wkład mgr inż. Stanisława Wrony w rozwój aktualnej wiedzy z zakresu metod redukcji hałasu generowanego przez maszyny i urządzenia.

Na podstawie przedstawionej wyżej opinii stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Stanisława Wrony pt. "Modelling and control of device casing vibrations for active reduction of acoustic noise" spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą *Ustawę o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r (Dz.U. nr65, poz. 595 z późniejszymi zmianami)*. W związku z powyższym wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Wysoka ocena pracy, przedstawiona szczegółowo w niniejszej recenzji, oraz jej bardzo duża wartość użytkowa i wdrożeniowa skłania mnie również do wnioskowania o wyróżnienie rozprawy.



dr hab. inż. Wiktor M. Zawieska,
prof. nadzw. CIOP-PIB



¹ - tłumaczenie przyjęte przez Autora rozprawy;

² - projekt pt. „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów” sfinansowany ze środków NCN