



AKADEMIA GÓRNICZO–HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki

POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
Rada Dyscypliny  
Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika  
wpłynęło dnia .....05.04.2022  
nr .....16..... zał. ....

Kraków, dn. 14.06.2022 r.

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Anny Chrapońskiej pt: „Noise and vibration reduction of a device enclosed in a thin-walled casing with the use of structural interactions” dla Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Śląskiej w Gliwicach,

#### 1. Podstawa prawna

Recenzję wykonano na podstawie zlecenia Przewodniczącej Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Śląskiej w Gliwicach, dr hab. inż. Moniki Kwoki, prof. PŚ, z dn. 14 kwietnia 2022 r. Recenzja została wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami zawartymi w Ustawie z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dziennik Ustaw z 2018 r. poz. 1668.

#### 2. Charakterystyka ogólna pracy

Oceniana praca doktorska została wykonana w Katedrze Pomiarów i Systemów Sterowania na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej pod kierunkiem Prof. dr. hab. inż. Marka Pawełczyka. Prace badawcze i laboratoryjne zostały wykonane w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki zatytułowanego „Modelowanie, optymalizacja i sterowanie dla celów strukturalnej redukcji hałasu urządzeń”, nr DEC-2017/25/B/ST7/02236. Praca liczy łącznie 137 stron i jest napisana w języku angielskim.

Ostatnie kilkadziesiąt lat przyniosło znaczący rozwój konstrukcji warstwowych, wielowarstwowych zwanych konstrukcjami inteligentnymi. Są to zazwyczaj konstrukcje cienkościenne zawierające na powierzchni lub wewnątrz części nośnej czujniki, elementy wykonawcze i elementy układu sterowania czy zasilania. Początki konstrukcji inteligentnych związane były między innymi z zagadnieniami sterowania i tłumienia drgań mechanicznych dużych stacji orbitalnych, wyciszeniem dużych obiektów pływających oraz z monitorowaniem stanu konstrukcji lotniczych i budowlanych.

Praca doktorska Pani mgr. inż. Anny Chrapońskiej dobrze wpisuje się w opisane zagadnienia. W pracy podjęto istotny problem redukcji hałasu i drgań urządzeń technologicznych a zwłaszcza redukcji hałasu i drgań urządzeń umiejscowionych

w cienkościennej obudowie z wykorzystaniem oddziaływań ośrodkiem i strukturą w zakresie niskich częstotliwości.

Rozprawa składa się z 5 rozdziałów, wykazu 155 pozycji bibliograficznych, 67 rysunków oraz 25 tabel oraz ze streszczenia w języku angielskim oraz w języku polskim, indeksu oznaczeń i spisów: treści, oznaczeń, tabel i rysunków.

We wstępie Autorka uzasadnia podjęcie wybranej tematyki podkreślając celowość realizowanych badań teoretycznych i doświadczalnych. W rozdziale tym Autorka formułuje również cel pracy i stawiając tezę, że "Wybrane oddziaływania w strukturze dwupanelowej, lub pomiędzy panelami obudowy urządzenia a powierzchniami odbijającymi pomieszczenia, mogą zostać wykorzystane w celu poprawy własności wibroakustycznych obudowy, a w konsekwencji – redukcji emitowanych drgań i hałasu."

W rozdziale drugim Doktorantka opisała stanowiska laboratoryjne wykorzystane w badaniach doświadczalnych. Były to stanowisko zawierające obudowę cienkościenną z wewnętrznym źródłem hałasu umiejscowione w narożu dwu i trójściennym. W drugim stanowisku laboratoryjnym w obudowie zastosowano dodatkowe usztywnienie w formie konstrukcji belkowej, do której śrubowo zamocowano cienkie płyty stanowiące poszycie obudowy. Następnie Autorka omówiła zastosowane elementy torów pomiarowych: wzbudniki elektromagnetyczne, sondy ciśnienia akustycznego, czujniki drgań oraz cewki wykorzystywane do sprzężeń elektromagnetycznych drgań w panelach dwupłytowych rozdzielonych warstwą powietrza.

W rozdziale trzecim Doktorantka opisała pierwszą grupę badań eksperymentalnych dotyczących oddziaływań strukturalnych pomiędzy źródłem hałasu oraz obudową wykonaną z lekkich cienkościennych paneli. W pierwszych fragmencie rozdziału zostają opisane podstawowe zagadnienia akustyki obszarów zamkniętych w tym wykorzystanie materiałów dźwiękochłonnych do redukcji amplitudy fali stojącej. oraz wprowadzono definicje współczynnika pochłaniania i impedancji akustycznej ścian. Następnie przeprowadzone są analizy wpływu ustawienia obudowy cienkościennej względem ścian na wytwarzane pole akustyczne oraz na możliwość redukcji amplitudy ciśnienia akustycznego. Przedstawia warunki wykorzystania wzbudników do redukowania amplitudy fali stojącej w przestrzeni pomiędzy obudową, a ścianą naroża, ograniczając rozważania dla odległość obudowa - ściana oraz obudowa - naroże mniejszych od  $1/6$  długości promieniowanej fali akustycznej. W kolejnych podrozdziałach Autorka analizuje ścieżki pierwotne i wtórne oraz wydajność systemu sterowania. Przez ścieżkę pierwotną jest zrozumiany tu tor sygnału od mikrofonu referencyjnego umieszczonego wewnątrz obudowy do

mikrofonu błędu umieszczonego na zewnątrz tej obudowy. Dla ścieżki wtórnej jest to tor sygnału od wejścia sterującego wzbudnikiem drgań do mikrofonu błędu. Przeprowadzone analizy zmierzonych sygnałów akustycznych pozwoliły na wyznaczenie sygnału błędu w układzie redukcji drgań i hałasu.

Opisano stanowisko do badań eksperymentalnych, w którym zastosowano algorytmu filtracji X najmniejszych średnich kwadratów do sterowania w układzie redukcji drgań i hałasu. A także opisano przeprowadzone eksperymenty badawcze, dla których uzyskano spadek wartości uśrednionego poziomu ciśnienia akustycznego (poziomu hałasu) zmierzonego przez mikrofony obserwacyjne znajdujące się w arbitralnie dobranych lokalizacjach w pomieszczeniu.

W rozdziale czwartym Autorka omówiła drugą grupę badań laboratoryjnych dotyczących w tym przypadku wpływ wprowadzenia solenoidów jako elementów sprzęgających panele struktury dwupanelowej na jej własności wibroakustyczne. Wprowadzenie dodatkowych zaworów elektromagnetycznych pozwolił na dodatkowe oddziaływania sterujące pomiędzy panelami przez wprowadzenie sił przyłożonych w punkcie. W badaniach wykorzystano obudowę sztywną, składająca się z ramy wykonanej z profili oraz z paneli (pojedynczych lub podwójnych) stanowiących poszycie obudowy. Przebadano doświadczalnie zachowanie wibroakustyczne z jednym połączeniem aktywnym umieszczonym centralnie oraz wielokrotnymi połączeniami. Rozważono działanie układu z pojedynczym połączeniem oraz z pięcioma połączeniami przyłożonymi w różnych punktach na panelach. Zawory elektromagnetyczne sterowane były poprzez modulację szerokości impulsu. Dodatkowo przeprowadzono analizy teoretyczne dla panelu izotropowego i ortotropowego oraz analizę postaci drgań paneli przy pomocy metody elementów skończonych. Do analizy skuteczność zaproponowanych rozwiązań zastosowano współczynnik izolacyjności akustycznej (STL) oraz widmową gęstość mocy.

Podsumowanie wyników przeprowadzonych analiz i badań, dyskusję i dalsze kierunki badań Autorka zawarł w rozdziale piątym kończącym merytoryczną część podjętego tematu.

## **2. Merytoryczna ocena pracy.**

Opracowanie skutecznej konstrukcji redukcji drgań i hałasu wraz z połączeniami aktywnymi sterowanymi automatycznie stało się celem ocenianej pracy. Oceniana rozprawa doktorska zawiera wszystkie niezbędne elementy składowe oraz wykorzystane pozycje literatury można uznać za prawidłowe.

Zaś teza pracy mówi, że redukcja taka jest możliwa przy dodatkowym uwzględnieniu oddziaływania w strukturze dwupanelowej, lub pomiędzy panelami obudowy urządzenia a powierzchniami odbijającymi pomieszczenia. Jako metodę badawczą w pracy przyjęto eksperyment laboratoryjny, obliczenia numeryczne oraz techniki uczenia maszynowego. Zastosowane przez Doktorantkę Kandydatkę metody badawcze są interdyscyplinarne, wymagają wiedzy między innymi z zakresu mechaniki, akustyki i automatyki.

Przeprowadzone badania pozwoliły Autorce osiągnąć cel pracy oraz dowieść słuszności postawionej tezy. Doktorantka uzyskała oryginalne rozwiązanie dotyczące redukcja hałasu i drgań urządzenia zamkniętego w cienkościennej obudowie.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki można zaliczyć:

- Zaprojektowanie i zbudowanie oryginalnych stanowisk badawczych do analizy możliwości redukcja hałasu i drgań urządzenia zamkniętego w cienkościennej obudowie.
- Opracowanie koncepcji konfiguracji mikrofonów błędów i jej walidacja dla obudowy umiejscowionej w układzie dwuściennym i trójściennym.
- Zaprojektowanie koncepcji połączeń pasywnych, semi-aktywnych i aktywnych struktur warstwowych oraz walidacja eksperymentalna i analityczna wprowadzonych sprzężeń półaktywnych pomiędzy panelami o konstrukcji dwupłytywowej pod kątem redukcji poziomów drgań.
- Opracowanie model analityczny do obliczeń izolacyjności akustycznej utwierdzonej struktury dwupanelowej w nieskończonym sztywnym ekranie zgodnie z koncepcją zaproponowaną przez Xina i innych.
- Opracowanie i implementacja techniki uczenia maszynowego do modelowania utraty transmisji dźwięku struktury dwupanelowej wraz z połączeniami semi-aktywnymi.

### **3. Edytorska ocena pracy i uwagi dyskusyjne**

Ogólna dobra ocena recenzowanej pracy nie zwalnia jednak recenzenta z obowiązku wypunktowania uchybień zawartych w tekście.

- str. 75, 76, 77, 79 jak jest całkowity zakres częstotliwości?
- str. 103, 105, 106 powinny występować takie same wartości na osi rzędnych,
- należy uzasadnić zastosowanie algorytmu FxLMS (wady i zalety) sama „popularność” jest nie wystarczająca.
- str. 45,46,50 na wszystkich zamieszczonych wykresach można wyodrębnić dwa zakresy częstotliwości 5-200 Hz , 200-400 Hz. Dla pierwszego z nich występuje

znacząca redukcja poziomu hałasu dla drugie z nich niewielka. Jak jest fizyczna przyczyna takiego zjawiska?

- str. 80, 81 zostały pominięte mody(3,1), (1,3) oraz zjawisko sumowania modów dla płyt kwadratowych.

- wraz z czasem działania aktywnych układów zwiększa się wytwarzanie energii cieplnej, w jaki sposób można ją wyprowadzić z układu?

#### 4. Podsumowanie

Opracowaną i zweryfikowaną doświadczalnie konstrukcję obudowy dwupanelowej wraz z połączeniami aktywnymi sterowanymi automatycznie można uznać w pełni za oryginalny wkład Kandydatki do dyscypliny naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika. Rozwiązane zagadnienia mogą zostać wykorzystane użytecznie i praktycznie.

Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego wyboru i sformułowania naukowego celu pracy. Następnie konsekwentnie, z dobrą znajomością zagadnienia, cel ten zrealizowała. Pozwala to stwierdzić zdolność doktorantki do prowadzenia efektywnej, samodzielnej pracy naukowej. Warto również podkreślić, że Pani mgr. inż. Anna Chrapońska jest współautorką trzech zgłoszeń patentowych.

Stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w artykule 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę oryginalne osiągnięcia Autorki o istotnej wartości naukowej i użytecznej, wnoszę o wyróżnienie pracy.

*Prof. dr hab. inż. Jerzy Wiciak*

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

l  
e  
í  
h