Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 2, 35-310 Rzeszów, Alt 822, 817, 713
Tel.: 17 872-85-77, email: wordzanek@ur.edu.pl

Rzeszów, dn. 14.12.2021 r.

prof. dr hab. inż. Wojciech Rdzanek
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
Uniwersytet Rzeszowski, ul. Prof. S. Pigonia 1, 30-310 Rzeszów

Recenzja dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Stanisława Wrony
w związku z wszczętym postępowaniem
w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego

1. Sylwetka habilitanta

Dr inż. Stanisław Wrona jest absolwentem kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej. Studia I stopnia ukończył w 2011 r. Uzyskując tytuł zawodowy inżyniera ze specjalnością Technologie informacyjne w automatyce i robotyce. Studia II stopnia na tym samym kierunku ukończył w 2012 r. uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera ze specjalnością Komputerowe Systemy Sterowania.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie automatyka i robotyka uzyskał 25 października 2016 r. również na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki PŚ w dyscyplinie automatyka i robotyka na podstawie rozprawy zatytułowanej „*Modelling and control of device casing vibrations for active reduction of acoustic noise*". Promotorem był Pan Prof. Marek Pawełczyk.

Z przedstawionej przez Kandydata dokumentacji wynika, iż ubiega się on o nadanie stopnia doktora habilitowanego po raz pierwszy. Dr Wrona w l. 2016-2017 był zatrudniony na stanowisku asystenta na Wydz. Automatyki, Elektroniki i Informatyki PŚ. Od 2017 r. jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na tym samym Wydziale.

2. Przepisy prawne dotyczące nadania stopnia doktora habilitowanego

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 października 2021 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. W rozdz. 3 Ustawy art. 219 napisano, że stopień naukowy doktora habilitowanego nadaje się osobie, która posiada stopień naukowy doktora. Kandydat spełnia ten warunek. Ponadto Kandydat powinien posiadać w dorobku osiągnięcia naukowe,

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny. Dalej w Ustawie sprecyzowano, że powinno to być co najmniej: autorstwo 1 monografii naukowej lub 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych lub 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne. W recenzji przedstawiona zostanie odpowiedź wraz z uzasadnieniem, czy Kandydat spełnia tak określone wymagania.

3. Informacja o ocenianych osiągnięciach naukowych

3.1. Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Osiągnięcie naukowe zatytułowane: **„Modelowanie, optymalizacja i sterowanie w systemach redukcji hałasu"**, stanowi podstawę ubiegania się Kandydata o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Osiągnięcie to stanowi cykl powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych. W 5 z tych artykułów Kandydat jest pierwszym współautorem z udziałem minimum 50%. W pozostałych pracach jego udział wynosi minimum 30%. Ustawa dopuszcza przedstawienie rozprawy habilitacyjnej w takiej postaci. Kandydat opublikował swoje wyniki w najlepszych czasopismach naukowych takich jak **„Mechanical Systems and Signal Processing" (if 6.471), „Journal of Sound and Vibration" (if 3.429), „Applied Acoustics" (if 2.440), „Control Engineering Practice" (if 2.232), „Applied Sciences" (if 2.474).** Współczynnik oddziaływania wymienionych czasopism jest wysoki i wynosi ponad 2. Tylko jeden artykuł z cyklu został opublikowany w czasopiśmie o współczynniku mniejszym niż 1, tj. w **„Archives of Acoustics" (if 0.618)**. Pod względem liczbowym oraz pod względem wkładu Kandydata są to wartości wystarczające. Ponadto Kandydat jest po doktoracie współautorem jeszcze 6-ciu innych prac naukowych.

3.2. Dane liczbowe dotyczące działalności naukowej Kandydata

Przed doktoratem Kandydat opublikował 5 artykułów naukowych. Pozwoliło mu to uzyskać **sumaryczny współczynnik wpływu 9.704** wg bazy WoS oraz 140 punktów MNiSW.

W okresie po doktoracie opublikował dalszych **15 artykułów** uzyskując **sumaryczny współczynnik wpływu 45.381. 3 z tych prac** zostały opublikowane do końca 2018 r. dając łączną liczbę **110 punktów MNiSW. 12 z tych prac** zostało opublikowanych począwszy od 2019 r. pozwalając uzyskać **1240 punktów MNiSW**. Rozdzielenie publikacji na te opublikowane przed 2019 r. i później jest uzasadnione około czterokrotną dewaluacją punktacji za publikacje sprzed

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, AG-BTI 317, 213
Tel.: 17 851 85-77, email: wordzanek@ur.edu.pl

2019 r. Bezpośrednie porównanie odpowiednich wartości punktów byłoby więc niemiarodajne. Uwzględniając tę informację i mnożąc punkty uzyskane przed 2019 r. przez 4 okaże się, że po doktoracie Kandydat uzyskał **około trzy razy więcej punktów MNiSW** niż przed doktoratem. Jest to dobry wskaźnik przyrostowy.

Liczba cytowań wynosi 84 (bez autocytowań). Współczynnik Hirscha 9.

Przedstawione wskaźniki można uznać za wystarczające w świetle starań Kandydata.

4. Ocena cyklu publikacji przedstawionych jak praca habilitacyjna

Jednym z wymogów ustawowych uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego jest posiadanie stopnia doktora. Przedstawiona dokumentacja dowodzi, iż Kandydat spełnia to kryterium. Kolejnym istotnym wymogiem są osiągnięcia naukowe Kandydata uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora stanowiące znaczny wkład do określonej dyscypliny naukowej. Dr inż. Wrona wskazał **nauki inżynieryjno-techniczne jako dyscyplinę oraz automatykę, elektronikę i elektrotechnikę jako dyscyplinę, w których ubiega się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego**. W celu oceny, czy drugi z ustawowych wymogów został spełniony, skoncentruję się w pierwszej kolejności na głównym osiągnięciu naukowym Kandydata.

4.1. Prace cyklu publikacji, które uznałem za najważniejsze

SW01: Stanisław Wrona (55%), Marek Pawelczyk, Li Cheng, *Semi active links in double panel noise barriers*, Mechanical Systems and Signal Processing, 154 (2021), 107542, pp. 1-19. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107542.

W części teoretycznej autorzy wykorzystują postaci drgań płyt umieszczonych w próżni. Ponadto w opisie matematycznym pomijają tłumienie wewnątrz materiału płyty. Zaletą takiego podejścia jest fakt, że tak otrzymane funkcje własne mają jedynie składową rzeczywistą. Często są określane jako mody próżniowe (ang. in-vacuo modes). Niekiedy również używa się określenia mody suche dla podkreślenia faktu, że pominięte są oddziaływania płyn-struktura. Również częstotliwości własne dla tak wyidealizowanej płyty są rzeczywiste. Podejście takie pozwala wykorzystać postaci o składowej wyłącznie rzeczywistej do otrzymania rozwiązań przybliżonych dla płyty z uwzględnieniem różnych rodzajów tłumienia. Prędkość drgań płyty jest wtedy aproksymowana szeregiem funkcji własnych próżniowych. Wykorzystując taki szereg do rozwiązania równania niejednorodnego z wymuszeniem siłą lub układem sił zewnętrznych, tłumienia akustycznego (ang. fluid-structure interactions) oraz tłumienia wewnątrz materiału

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

płyty, otrzymujemy rozwiązanie przybliżone zagadnienia drgań płyty. Do rozwiązania zagadnienia drgań własnych płyty wykorzystaną klasyczną metodę wyznaczania równań Lagrange'a 2-go rodzaju. Wprowadzenie szeregu przewidywanych modów próżniowych prowadzi do jednorodnego układu równań. Następnie częstotliwości własne oraz funkcje własne są otrzymywane przy użyciu znanych metod. Tak otrzymane postaci drgań własnych są dalej użyte do rozwiązania równania niejednorodnego drgań. W równaniu tym wprowadzono tłumienie akustyczne w postaci całki powierzchniowej z różnicy ciśnień akustycznych po obu stronach płyty bezpośrednio na jej powierzchni. Całka ta jest obliczana po całej powierzchni płyty. Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze względu na występowanie źródła zaburzenia powietrza w jednej z komór, tak wprowadzone oddziaływanie słupa powietrza z powierzchnią płyty stanowi zewnętrzne wymuszenie drgań po stronie nadawczej. Jednocześnie analogiczne oddziaływanie słupa powietrza po stronie odbiorczej stanowi tłumienie drgań płyty. Po stronie odbiorczej w słupie powietrza nie ma bowiem dodatkowych źródeł zaburzenia. Następnie po stronie odbiorczej umieszczona jest kolejna płyta tworząc rodzaj poduszki powietrznej pomiędzy dwiema płytami. Drgania pierwszej płyty powodują drgania powietrza w tej poduszce, które są następnie źródłem drgań drugiej płyty. Oddziaływanie słup powietrza z 2-gą płytą po jej drugiej stronie zostało pominięte. Biorąc pod uwagę fakt, że po tej stronie 2-giej płyty nie mam dodatkowych źródeł zaburzenia płynu, jest to uzasadnione.

Tak przedstawiony system drgań sprzężonych 2 płyt, 1 słupa powietrza oraz 1 poduszki powietrznej jest uzupełniony o tzw. semiaktywne połączenia. Do tego dołożono jeszcze wymuszenie dodatkowe drgań w postaci połączeń semiaktywnych pomiędzy dwiema płytami układu. Wymuszenia pochodzące od tych połączeń należy rozumieć jako niezależne bezpośrednio od sił zewnętrznych. Są one sterowane układem elektrycznym, który mierzy wybrane sygnały. Zadaniem tych linków jest przenoszenie drgań pomiędzy płytami w taki sposób, aby minimalizować amplitudy tych drgań. Siły pochodzące od tych linków są następnie wprowadzone do niejednorodnych równań drgań obu płyt.

Można powiedzieć, że drgania każdej z płyt są wzbudzane na 2 różne sposoby. Jednym z tych sposobów jest wzbudzenie akustyczne, drugim przez siły skupione pochodzące od połączeń semiaktywnych. Od strony przedstawienia rozwiązania analitycznego otrzymujemy układ 4 równań różniczkowych sprzężonych w równaniach (19a)-(19d) z wymuszeniem akustycznym oraz w postaci sił skupionych. Są to równania Helmholtza oddzielnie dla 2 obszarów wypełnionych powietrzem oraz 2 równania drgań płyt. Dodatkowo wymuszenie drgań układu jest złożone. Otrzymujemy więc złożony układ, którego rozwiązanie analityczne i numeryczne

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, tel. 17 851 85 77, email: wordzinek@ur.edu.pl

wymaga dużych umiejętności oraz sporego doświadczenia.

Kandydat sprostał tym wyzwaniom umiejętnie wykorzystując dostępne narzędzia modelowania analitycznego oraz numerycznego.

W dalszej pracy przedstawione jest stanowisko oraz układ do badań eksperymentalnych. Najpierw dokonano weryfikacji modeli drgań płaskich paneli. Wyznaczono za początkowych częstotliwości rezonansowych uzyskanych teoretycznie oraz na podstawie pomiarów dla paneli. Uwzględniono przypadek bez sprzężenia przy pomocy połączeń semiaktywnych oraz ze sprzężeniem z uwzględnieniem takich połączeń. Uzyskano dobrą zgodność w obu przypadkach.

Następnie wykonano pomiary składowej normalnej prędkości drgań na panelach oraz ciśnienia akustycznego. Pozwoliło to wyznaczyć poziomy decybelowe średniego kwadratu prędkości drgań oraz ciśnienia akustycznego. Wybór tych wielkości do oceny redukcji drgań i hałasu jest korzystny, gdyż dostarcza informacji dotyczącej całej przestrzeni otaczającej układ drgający, a nie tylko jakiś wybrany jej obszar.

Pomiary wykonano dla gęstej siatki odpowiednio na powierzchni panelu oraz w polu bliskim. Rozpatrzono przypadek z uwzględnieniem włączonego sterowania semiaktywnego oraz przy jego wyłączeniu. Przedstawiono wyniki w funkcji częstotliwości. Jest to korzystne z punktu widzenia określenia częstotliwości przy których układ sterujący zapewnia redukcję drgań i hałasu oraz przy których należy go wyłączyć. Jest to istotne, gdyż np. włączenie układu sterującego pozwala praktycznie wyeliminować maksimum rezonansowe dla około 80 Hz zarówno dla drgań jak i hałasu. Natomiast dla częstotliwości około 130 Hz w układzie drgającym występuje silny antyrezonans i wtedy korzystnie jest wyłączyć układ sterujący. Zebranie takich wstępnych informacji pozwoliło następnie zaprojektować i zrealizować odpowiedni cyfrowy układ sterowania połączeniami semiaktywnymi. Układ ten umożliwia sterowanie optymalne z punktu widzenia redukcji drgań i hałasu. Dla najniższych częstotliwości rezonansowych sprzężonego układu paneli tj. poniżej 150 Hz uzyskano redukcję poziomów zarówno drgań jak i ciśnienia akustycznego w rezonansie o 16 dB i więcej. Trzeba dodać, że dla tak niskich częstotliwości jest to dobry wynik.

Generalnie wybór układu semiaktywnego do redukcji drgań i hałasu w zakresie częstotliwości poniżej 500 Hz jest uzasadniony. Z jednej strony dla takich częstotliwości układ mikroprocesorowy o niewygórowanych parametrach będzie odpowiedni do wypracowania sygnałów sterujących. Z drugiej strony redukcja bierna w tym przedziale częstotliwości nastręcza najwięcej trudności i dlatego metody aktywne i semiaktywne są wtedy szczególnie pożądane.

Przedstawione przez Kandydata oraz współautorów wyniki teoretyczne i eksperymentalne

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

wskazują na solidność wyboru metod analitycznych, zaprojektowania stanowiska pomiarowego, prawidłowy dobór narzędzi oraz metod pomiarowych dotyczących drgań. Na uwagę zasługuje fakt umiejętnego wykorzystania metod z różnych obszarów nauki takich jak metody matematyczne rozwiązywania układów równań różniczkowych sprzężonych, opis analityczny zagadnień drgań struktur oraz promieniowania dźwięku, projektowanie i realizacja układów eksperymentalnych oraz cyfrowych układów sterowania w czasie rzeczywistym.

Kandydat deklaruje swój udział w pracy na 55%, to jest ponad połowę. Z samego artykułu dowiadujemy się, że jego praca obejmuje: konceptualizację, metodologię, oprogramowanie, walidację, analizę formalną, przeprowadzenie badań, zarządzenie zasobami i danymi, przygotowanie pierwotnej wersji maszynopisu oraz edycję i korektę poprawionej wersji pracy. Można uznać, że udział Kandydata w tej pracy jest znaczny.

SW02: Stanislaw Wrona (55%), Marek Pawelczyk, Jordan Cheer, *Acoustic radiation-based optimization of the placement of actuators for active control of noise transmitted through plates*, Mechanical Systems and Signal Processing, **147** (2021), 107009, pp. 1-18, https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107009.

W tej pracy autorzy koncentrują się na takim rozmieszczeniu aktuatorów, aby redukować przenoszenie fali akustycznej przez przegrodę w postaci pojedynczej cienkiej płyty prostokątnej. W wyniku przeprowadzonych badań teoretycznych i doświadczalnych zauważają, że w zakresie częstotliwości poniżej 250 Hz duże amplitudy drgań normalnych na płycie niekoniecznie oznaczają duże wartości poziomów ciśnień akustycznych po stronie odbiorczej płyty. Jest tak dlatego, że pomiędzy drgającą płytą oraz współdrgającym słupem powietrza zachodzą złożone oddziaływania. Istotną rolę odgrywają tu zależności amplitudowe i fazowe, co powoduje, że przekazywanie energii drgań płyty do słupa powietrza jest silne dla pewnych modów drgań płyty oraz słabe dla innych. Autorzy przeprowadzili identyfikację obu grup modów i skoncentrowali się na tych dla których sprawność przekazywania energii jest duża. Pozwoliło im to uzyskać znaczną minimalizację liczby aktuatorów przy zachowaniu dużej aktywnej redukcji hałasu w analizowanym przedziale niskich częstotliwości.

Ta praca również ma charakter wysoce interdyscyplinarny. Autorzy skonstruowali układ aktywnego sterowania drganiami płyty. Przeprowadzili optymalizację położenia aktuatorów. Przeprowadzili modelowanie matematyczne układ sprzężonego struktura-płyn, a następnie wykonali badania eksperymentalne. Otrzymane wyniki mają zastosowanie w aktywnej redukcji przenoszenia hałasu przez przegrody. Udział Kandydata w tej pracy wynosi 55% i jest analogiczny

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, AD BIL 317, 213
Tel.: 17 851 83 77, email: wordzanek@ur.edu.pl

jak w poprzedniej.

SW03: Stanisław Wrona (55%), Marek Pawelczyk, Xiaojun Qiu. *Shaping the acoustic radiation of a vibrating plate*, Journal of Sound and Vibration, 476 (2020), 115285. pp. 1-23, https://doi.org/10.1016/j.jsv.2020.115285.

W tej pracy autorzy koncentrują się na kształtowaniu odpowiedzi wibroakustycznej płaskiej przegrody w postaci płyty. Wykorzystują w tym celu 3 różne mechanizmy. Po pierwsze badają wpływ dodania mas punktowych oraz ich lokalizacji na płycie. Do drugie analizując wpływ usztywnień płyty w postaci dodania użebrowań. Po trzecie dokładają aktuatory jako elementy aktywnego wzbudzenia drgań. Ten ostatni element wymaga wykorzystania oraz odpowiedniego zlokalizowania układu czujników, skonstruowania układu cyfrowego zbierania i przetwarzania danych pomiarowych, ułożenia i zaimplementowania algorytmów sterowania.

Autorzy opracowali 6 różnych funkcji kosztów. Dwie pierwsze z nich pozwalają odpowiednio minimalizować lub maksymalizować promieniowanie fali akustycznej w szerokim przedziale niskich częstotliwości. W tym celu wykorzystano wyłącznie metody pasywne modelowania odpowiedzi układu. W przypadku minimalizacji mamy redukcję hałasu. Natomiast w przypadku maksymalizacji otrzymujemy wskazówkę iż niewłaściwe rozmieszczenie elementów biernych może prowadzić do niepożądanej maksymalizacji hałasu. Kolejne dwie funkcje kosztów pozwoliły uzyskać podobne wyniki, ale nakierowane na wąskie przedziały wokół częstotliwości rezonansowych, dla których przenoszenie energii drgań płyty do ośrodka płynnego jest duże. Również wykorzystano metody pasywne. W piątym wskaźniku kosztów wykorzystano aktuatory wraz z aktywnym ich sterowaniem. Zaś w szóstym rozwiązanie hybrydowe łączące zarówno metody pasywne jak i pasywne. To ostatnie rozwiązanie pozwoli zredukować poziom transmitowanej mocy akustycznej do 10 dB w całym analizowanym przedziale niskich częstotliwości.

SW05: Stanisław Wrona (50%), Krzysztof Mazur, Jarosław Rzepecki, Anna Chrapońska, Marek Pawelczyk, *Sound Transmission Through a Thin Plate with Shaped Frequency Response*, Archives Of Acoustics, 44(4) (2019), pp. 731–738, https://doi.org/10.24425/aoa.2019.129728.

W tej pracy autorzy przebadali możliwość modelowania odpowiedzi wibroakustycznej układu paneli prostokątnych tworzących prostopadłościenną zamkniętą obudowę. Zastosowali masy dodane do paneli. Uzyskali w ten sposób minimalizację do 20 dB poziomu ciśnienia akustycznego dla wybranych częstotliwości rezonansowych. W odpowiedzi wibracyjnej

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

zaowocowało to zmniejszeniem częstotliwości rezonansowych wskutek tłumienia drgań. Uzyskano dobrą zgodność wyników teoretycznych i eksperymentalnych.

SW08: Stanislaw Wrona (55%), Maria de Diego, Marek Pawelczyk, *Shaping zones of quiet in a large enclosure generated by an active noise control system*, Control Engineering Practice, **80** (2018), pp. 1–16, https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.08.004.

W tej pracy autorzy przebadali możliwość wytwarzania stref ciszy w dużych pomieszczeniach w wykorzystaniem metod aktywnych. Tematyka tej pracy nieco odbiega od pozostałych pod względem badanego obiektu. Natomiast częścią wspólną są wykorzystane metody teoretyczne oraz eksperymentalne. Autorzy wykorzystali macierz głośników z możliwością wielokanałowego sterowania amplitudą i fazą każdego z głośników tak by modelować pole akustyczne. W tym celu opracowali funkcję kosztów, algorytmy sterowania oraz odpowiedni układ cyfrowy do akwizycji danych pomiarowych z układu mikrofonów oraz wypracowania odpowiednich sygnałów sterujących głośnikami. Uzyskali lokalny spadek poziomu ciśnienia akustycznego o -10 dB po upływie czasu ok. 15 s.

We wszystkich wymienionych pracach udział kandydata wynosi od 50% do 55%. Jest więc wiodący, a Kandydat pełni rolę lidera. Pracuje on w zespołach badawczych złożonych z kilku osób. Oznacza to, że potrafi dobrze zdefiniowania zadania dla każdego z członków zespołu, a następnie je egzekwować. W badaniach Kandydat podchodzi do problemu metodycznie. Rozpoczyna od modelowania teoretycznego. Definiuje cele. Przeprowadza badania symulacyjne. Projektuje i realizuje stanowisko do badań eksperymentalnych, a następnie przeprowadza takie badania. Uzyskuje przy tym zwykle dobrą zgodność wyników teoretycznych i eksperymentalnych.

4.2. Pozostałe prace cyklu publikacji

Pozostałe prace są powiązane tematycznie z tymi wcześniej wymienionymi. Dotyczą one problematyki aplikacyjnej. Podejmowana jest tematyka redukcji hałasu emitowanego przez obudowę pralki. Obudowa taka jest traktowana jako w przybliżeniu prostopadłościenna. Jest to uzasadnione, gdyż przeważają w niej duże prostokątne powierzchnie wykonane z cienkiej blachy. Pracująca pralka jest tu przykładem urządzenia generującego niepożądane pole akustyczne. Opracowane wcześniej metody wykorzystano teraz do redukcji hałasu w zakresie niskich częstotliwości. Zastosowane metody aktywne z wykorzystaniem czujników, aktuatorów oraz

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, AC B1L 317, 213
Tel.: 17 851 85 77, email: wordzanek@ur.edu.pl

układu akwizycji danych i sterowania. Uzyskane wyniki mogą mieć zastosowanie w dowolnej obudowie przemysłowej o podobnej charakterystyce wibroakustycznej. Dwie kolejne prace dotyczą aktywnego sterowania drganiami i polem akustycznym obudowy prostopadłościennej. W jednej z prac skoncentrowano się na wpływie naroża trójściennego na działanie sterowania aktywnego. W drugiej przebadano wielokanałowy układ sterowania takiej obudowy.

W tych pracach cyklu Kandydat jest drugim autorem. Odgrywa więc rolę wspomagającą. Jego udział w tych pracach jest znaczy i wynosi od 30 do 35%. Oznacza to, że sprawdza się on nie tylko w roli lidera, ale również w roli wykonawcy w projektach grupowych.

4.3. Uwagi krytyczne i polemiczne

- Można było dodatkowo uwzględnić wpływ słupa powietrza po drugiej stronie drugiej płyty. Wymagałoby to wprowadzenia 5-go równania do sprzężonego układu równań różniczkowych. Można to było zrobić wykorzystując metody analogiczne do tych użytych dla pozostałych obszarów wypełnionych powietrzem. Rozwiązanie nieco by się skomplikowało. Za to można byłoby zbadać dodatkowo transmisję akustyczną przez układ dwóch płyt równoległych. Biorąc pod uwagę wyniki przedstawione w pracy jestem przekonany, że Kandydat posiada wymagane kwalifikacje, aby taką modyfikację wprowadzić. [SWot]
- W rozwinięciach amplitud drgań i ciśnienia akustycznego pojawiają się współczynniki tych rozwinięć w równaniu (20). Są one przedstawione w postaci całek obliczanych po powierzchniach płyt. Można było spróbować znaleźć i przedstawić rozwiązania analityczne dla tych całek. Pozwoliłoby to zwiększyć sprawność obliczeń numerycznych. [SWot]
- W równaniu (24) przedstawiono gęstość widmową sprzężonej funkcji własnej drugiej płyty. Również i w tym przypadku jest to całka podwójna obliczana po powierzchni i można było spróbować przedstawić jej rozwiązanie analityczne. [SWot]
- W równaniu (25) przedstawiono wyrażenie uśrednionej w czasie akustycznej mocy czynnej. Brakuje informacji, że jest to wzór słuszny pod warunkiem, że powierzchnia po której odbywa się całkowanie znajduje się w polu dalekim. W praktyce pomiary ciśnienia akustycznego zwykle odbywają się w skończonej odległości od źródła zaburzenia i wtedy otrzymujemy wyrażenie przybliżone mocy akustycznej. Do zwiększenia dokładności wyznaczenia mocy akustycznej można wykorzystywać sondę natężenia dźwięku do pomiaru składowej normalnej do powierzchni całkowania. Teoretycznie otrzymujemy wtedy wyrażenie dokładne bez względu na wybór powierzchni całkowania. Zagadnienia te są opisane w podręcznikach akustyki w tym np. w monografii Fahy'ego i Gardenio „Sound and Structural Vibration.

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

Radiation, Transmission and Response", wyd. 2, Academic Press 2007, str. 148-150. [SW01]

- Z zaprezentowanych danych dotyczących stanowiska pomiarowego wynika, że ciśnienie akustyczne mierzone było w polu bliskim w zakresie częstotliwości poniżej 500 Hz. Jest to w pełni uzasadnione z punktu widzenia aktywnej redukcji drgań i hałasu. Natomiast można było rozważyć pomiary mocy akustycznej przy pomocy sondy natężenia dźwięku zamiast sondy ciśnienia akustycznego. [SW01]
- Brak jest informacji w jaki sposób zostały otrzymane wyniki eksperymentalne w funkcji częstotliwości oraz jakie oprogramowanie w tym celu wykorzystano. Można się więc tylko domyślać, że wykorzystano szybką transformację Fouriera. [SW01]
- W równaniu drgań płyty można było uwzględnić tłumienie akustyczne co pozwoliłoby zwiększyć dokładność otrzymanych częstotliwości rezonansowych układu. [SW01], [SW03].
- Na rys. 5 dla niektórych częstotliwości rezonansowych można zauważyć nienaturalne nieciągłości wyników eksperymentalnych np. dla 88.0 Hz, 95.5 Hz, 207.5 Hz i kilku innych. Można było skomentować czym to jest spowodowane i czy wymaga korekty. [SW01], [SW03].
- Generalnie w opisie badań eksperymentalnych brakuje wzmianki dotyczącej aparatury pomiarowej. Wprawdzie wspomniano mikrofon a na rys. 2 przedstawiono wibrometr laserowy. Jednakże podając wartości decybelowe poziomu ciśnienia akustycznego oraz poziomu prędkości drgań na rys. 4–6 należało podawać wykorzystane wartości referencyjne, zwykle odpowiednio 20 μPa oraz 50 nm/s. Dopiero wtedy podana jest pełna informacja. Można się domyślać, że wartość referencyjna dla poziomu prędkości drgań była duża, skoro wartości decybelowe są ujemne. [SW05]

Na uwagę zasługuje fakt, że przeprowadzone badania mają charakter wysoce interdyscyplinarny **oraz, że Kandydat biegle porusza się w obszarach nauki jak inżynieria mechaniczna, automatyka, elektronika i informatyka. Należy zaznaczyć, że** uwagi krytyczne i polemiczne zamieszczone w recenzji nie umniejszają wartości przedstawionej rozprawy habilitacyjnej.

4.4. Podsumowanie oceny cyklu publikacji

Kandydat wykorzystuje szeroki wachlarz metod i technik badawczych. W rozważaniach teoretycznych rozwiązuje układy równań różniczkowych liniowych wzajemnie sprzężonych. Równania te opisują drgania płaskich płyt prostokątnych. Do opisu tworzenia i rozchodzenia się fal akustycznych wykorzystywane jest równanie Helmholtza. Rozwiązania przewidywane są w postaci szeregów funkcji własnych dla płyt i wnęk wypełnionych powietrzem. Rozwiązania

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. S. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, 40-811 317, 210
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzan@ur.edu.pl

analityczne wykorzystuje do przeprowadzenia obliczeń teoretycznych. Otrzymane wyniki porównuje następnie z wynikami otrzymanymi eksperymentalnie otrzymując dobrą zgodność.

Do redukcji drgań oraz wytwarzanych ciśnień akustycznych wykorzystuje zarówno metody bierne jak i aktywne. W obu przypadkach koncentruje się na przedziale niskich częstotliwości. W pierwszym przypadku wykorzystuje masy dodane oraz usztywnienia drgającej powierzchni płyty. W drugim wprowadza czujniki i aktuatory, które pozwalają na zbieranie sygnałów z drgającej powierzchni i mikrofonów. Sygnały te są niezbędne do prawidłowego działania układu realizującego algorytm sterujący. Wypracowane są sygnały sterujące są następnie przekazywane do aktuatorów.

Kandydat prowadzi badania interdyscyplinarne. Umiejętnie wykorzystuje narzędzia badawcze z zakresu mechaniki struktur drgających, akustyki, teorii sterowania, techniki cyfrowych i mikroprocesorowych. W dorobku Kandydata nie ma prac samodzielnych. Biorąc pod uwagę znaczy wkład i wiodącą rolę w większości prac cyklu (5 prac z 9-ciu) nie należy tego uważać za przeszkodę. Duża interdyscyplinarność prowadzonych badań niejako wymusza pracę w zespole. Kandydat skutecznie działa w wieloosobowych zespołach badawczych, gdzie sprawdza się zarówno w roli lidera jak i wykonawcy.

Wkład **Kandydata do dyscypliny naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika** można podsumować jako **„Rozwój hybrydowych pasywnych i aktywnych metod redukcji hałasu przenoszonego przez przegrody prostokątne”. W zakresie modelowania** układów wibroakustycznych Kandydat położył nacisk na kształtowanie właściwości wibroakustycznych przegród z jedną płytą lub układem płyt. Umiejętnie rozdzielił zagadnienie redukcji drgań oraz generowanego pola akustycznego. Zauważył przy tym, że szczególnie w zakresie niskich częstotliwości istotną rolę odgrywają zależności fazowe. Powodują one, że względnie duże amplitudy drgań niekoniecznie przekładają się na dużą moc akustyczną ze względu na małą sprawność przenoszenia energii drgań ze struktury do ośrodka gazowego dla wybranych przedziałów częstotliwości. **W zakresie optymalizacji** przedstawił i praktycznie zastosował wskaźniki jakości sterowania (tzw. funkcja kosztów), rozmieszczenia elementów aktywnych takich jak aktuatory, czujników oraz elementów biernych. **W zakresie sterowania** opracował i zastosował odpowiednie algorytmy sterowania oraz skonstruował układy cyfrowe realizujące takie algorytmy.

W mojej opinii przedstawiony cykl publikacji oraz wkład Kandydata w rozwój dyscypliny naukowej Automatyka, elektronika i elektrotechnika wystarczający do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

5. Ocena aktywności naukowej Kandydata

Poza cyklem publikacji przedstawionym jako rozprawa habilitacyjna Kandydat legitymuje się 6 publikacjami z listy JCR o współczynniku wpływu if z przedziału od 0.618 do 5.138. W 1 z tych prac udział Kandydata wynosi od 10 do 50%. Prace te nie są związane bezpośrednio z rozprawą habilitacyjną. Dotyczą one takich zagadnień jak ocena niepewności pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego, drgania własne paneli kompozytowych, inne nie omawiane w rozprawie algorytmy aktywnej redukcji hałasu obudowy złożonej z układu płyt prostokątnych.

Ponadto jest on współautorem **rozdziału w 1 monografii naukowej przed doktoratem oraz w 4 rozdz. po doktoracie**. Posiada on **osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne** takie jak zaprojektowanie, realizacja i oprogramowanie:

- zautomatyzowanego stanowiska do pomiarów wibroakustycznych (udział 100%),
- stanowiska laboratoryjnego do pomiarów impedancji akustycznej z użyciem tuby impedancyjnej zgodnej z normą PN-EN ISO 10534-2 (udział 70%),
- szeregu stanowisk do badania aktywnej redukcji hałasu obudów pralek automatycznych i zmywarek (udział 70%).

Warto zaznaczyć, że stanowiska te były bardzo pomocne w realizacji rozprawy habilitacyjnej.

Kandydat ma na swoim koncie **7 wystąpień konferencyjnych** po doktoracie na dużych konferencjach krajowych i zagranicznych oraz 11 przed doktoratem. **W 2021 r. przewodniczył sesji regularnej „Semi-active control"** na konferencji 27th International Congress on Sound and Vibration w Pradze.

Przed doktoratem był wykonawcą w 1 **projekcie NCN w ramach konkursu OPUS** w l. 2013-2016. Po doktoracie był wykonawcą w **1 zakończonym projekcie OPUS** w 2017 r. Ponadto jest wykonawcą w **1 projekcie OPUS**, którego realizacja przewidziana jest na l. 2018-2021. Tematyka tych projektów jest związana z przedstawioną rozprawą habilitacyjną.

Kandydat jest członkiem Komisji Metrologii Oddziału PAN w Katowicach w kadencji 2019-2022, Polskiego Towarzystwa Metod Komputerowych Mechaniki od 2016 r. oraz International Institute of Acoustics and Vibration od 2013 r.

Ponadto Kandydat wykazuje dużą aktywność we współpracy z naukowymi ośrodkami zagranicznymi. Przed doktoratem odbył staż na Universitat Politecnica de Valencia pod kierownictwem prof. Gonzaleza w zakresie wytwarzania lokalnych stref ciszy. Współpraca ta jest kontynuowana co zaowocowało przygotowanie wniosku o finansowanie dużego projektu międzynarodowego na temat „Innovative Noise Barriers". Choć projekt nie uzyskał finansowania,

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, AD-BIL 317, 213
Tel. 17 851 85 77, email: wordzarek@ur.edu.pl

planowane jest jego powtórzenie. Od 2018 r. współpracuje z University of Technology in Sydney. Uczelnia ta uczestniczy w wymienionym wyżej projekcie na zasadach konsorcjum. Kandydat współpracuje ponadto z University of Southampton od 2018 r., Nanyang Technological University w Singapurze od 2018 r., Hong Kong Polytechnic University od 2020 r. oraz z Shanghai Ciao Tong University od 2017 r. Efektem współpracy jest wymiana doświadczeń dotyczących badań eksperymentalnych, wspólne publikacje w renomowanych czasopismach naukowych oraz starania o uzyskanie finansowania dużego projektu międzynarodowego.

6. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego, oddziaływania na otoczenie gospodarcze oraz innej działalności

Kandydat prowadził zajęcia dydaktyczne ze studentami z ponad 20 przedmiotów na 3 kierunkach studiów. 30% godzin dydaktycznych prowadził w języku angielskim. Był promotorem 4 prac dyplomowych. Wielokrotnie recenzował prace dyplomowe. Był opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Spektrum. Pełnił funkcję wykładowcy, kierownika przedmiotu, kierownika laboratorium. Utworzył wiele stanowisk laboratoryjnych wykorzystywanych do celów dydaktycznych.

Był członkiem Wydziałowej Komisji ds. Pasu Zajęć. Czynnie uczestniczył w działaniach mających na celu promocję Wydziału. Reprezentował kierunek studiów Automatyka i Robotyka na targach edukacyjnych. Uczestniczył w spotkaniach z uczniami szkół średnich na których przestawiał prezentację multimedialną promującą ten kierunek studiów.

Dwukrotnie otrzymał nagrodę zespołową Rektora Politechniki Śląskiej za osiągnięcia naukowe w l. 2018 i 2019.

Wykonał 35 recenzji dla czasopism naukowych z listy JCR takich jak „Mechanical Systems and Signal Processing", „Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control", „Engineering Structures". „IEEE Transaction on Industrial Electronics" i innych. Wykonał 10 recenzji prac dla konferencji międzynarodowych. Od 2019 r. pełni funkcję Assistan Editor dla czasopisma „International Journal of Acoustics and Vibration". Od 2020 r. pełni funkcję Journal Topic Bard Member dla czasopisma „Actuators".

Reprezentował Priorytetowy Obszar Badawczy Politechniki Śląskiej o nazwie „Sztuczna inteligencja i przetwarzanie danych". Był jednym z pięciu wybitnych młodych naukowców. Jego dorobek naukowy pomógł Uczelni odnieść sukces w konkursie „Inicjatywa Doskonałości Uczelnia Badawcza".

Kierował projektem nr NR/123/RAU1/2019 o nazwie „Active noise reduction of a washing

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

machine". Zleceniodawcą była włoska firma S.P.M. Engineering Srl. Środnik przyznane na realizację projektu wyniosły 12.5 tys. Euro. Projekt był realizowany w 2019 r.

Jest autorem patentu nr. P.426875 o nazwie „Półaktywny elektromagnetyczny tłumik drgań poprzecznych elementów powierzchniowych". Patent przyznano w 2020 r.

Kierował 3 projektami przeznaczonymi na działalność badawczą młodych naukowców Politechniki Śląskiej o nazwie:

- „Badanie półaktywnych elementów wykonawczych kształtujących odpowiedź częstotliwościową ścian dwupanelowych", w 2020 r.
- „Analiza efektywności energetycznej w układach aktywnej redukcji hałasu", w 2019 r.
- „Strukturalna redukcja hałasu", w 2018 r.

Kandydat aktywnie oddziałuje na otoczenie społeczne i gospodarcze poprzez:

- Stworzenie prototypu układu aktywnej redukcji hałasu pralki automatycznej w ramach projektu badawczego nr NB/123/RAU1/2019 o nazwie „Active Noise Reduction of a Washing Machine" w 2019 r., udział Kandydata 40%.
- Przeanalizowanie właściwości wibroakustycznych zmywarki w ramach projektu nr NB/366/RAU1/2018 o nazwie „Analysis of acoustic and vibration signals generated by the dishwasher" w 2018 r., Kandydat deklaruje udział we wszystkich czynnościach projektu nie precyzując udziału procentowego.
- Zaprojektowanie mebli i innych elementów wyposażenia hotelowego poprawiających komfort akustyczny pomieszczeń w ramach projektu badawczego nr NB/326/RAU1/2017 o nazwie „Development of a new service – arrangement of a hotel room with improved acoustic komfort, including the development of a new product – firniture with sound-absorbing properties" w l. 2017-2019, udział Kandydata 70%.
- Opracowanie metod identyfikacji modeli temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych/chłodzonych w systemie HVAC w ramach projektu nr NB/229/RAU1/2017 o nazwie „Research and development of an inteligent system for managing HVAC devices" w l. 2017-2019, Kandydat deklaruje opracowanie identyfikacji modeli, układu sterowania, przygotowanie dokumentacji patentowej, rekomendacji oraz raportu z wykonanych prac nie podając udziału procentowego.
- Zaprojektowanie części akustycznej przemysłowego sygnalizatora przeciwwybuchowego w ramach projektu NB/185/RAU1/2017 o nazwie „Design of explosion-proof audible signalling device for safety In hazardous areas" w r. 2017, udział Kandydata 100%.

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych
ul. Prof. St. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów, A0-B1L 317, 213
Tel.: 17 851-85-77, email: wordzanek @ ur.edu.pl

7. Podsumowanie oceny i konkluzja

Dr inż. Stanisław Wrona posiada znaczący i wszechstronny dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny. Wkład Kandydata do dyscypliny naukowej **automatyka, elektronika i elektrotechnika** poprzez „Rozwój hybrydowych pasywnych i aktywnych metod redukcji hałasu przenoszonego przez przegrody prostokątne" w zakresie modelowania, optymalizacji i sterowania układów wibroakustycznych jest w **mojej opinii wystarczający** do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Oceniana rozprawa habilitacyjna ma charakter interdyscyplinarny. Należy to ocenić pozytywnie, gdyż przekłada się na liczne publikacje w bardzo dobrych czasopismach, ale również na oddziaływania z otoczeniem gospodarczym oraz współpracę z licznymi naukowymi ośrodkami zagranicznymi. Ustawa przewiduje wybór jednej dyscypliny. Kandydat wskazał dyscyplinę **automatyka, elektronika i elektrotechnika** w obszarze nauk technicznych.

Kandydat wykazał wymaganą przez Ustawę istotną aktywność naukową w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej. Posiada stopień naukowy doktora inżyniera. Ponadto Kandydat wykazał wszechstronną aktywność we wszystkich ocenionych rodzajach działalności. Tym samym spełnia On wszystkie wymagania ustawowe w przewodzie habilitacyjnym. W mojej ocenie dr inż. Stanisław Wrona w stopniu wystarczającym spełnia warunki uzyskania stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Reasumując, gorąco popieram starania Kandydata o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego oraz wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.