



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ MECHANICZNY

**Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kaliński, prof. zw. PG
Katedra Mechaniki i Mechatroniki**

Gdańsk, dnia 10.09.2019 r.

R E C E N Z J A

w postępowaniu habilitacyjnym **dr. inż. Pawła MARTYNOWICZA**
wraz z opinią w sprawie nadania lub odmowy nadania
stopnia doktora habilitowanego

Podstawa oceny: pismo nr WIMIR-b.511-7/19 z dnia 10. lipca 2019 r.
prof. dr. hab. inż. Antoniego Kalukiewicza,
Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH,
wraz z otrzymaną dokumentacją postępowania habilitacyjnego.

1. Sylwetka habilitanta

Dr inż. Paweł Martynowicz urodził się **14.09.1973** roku w Krakowie. Na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie ukończył w **1997** roku studia magisterskie, kierunku *Automatyka i robotyka*.

W dniu **30.06.2006** roku uzyskał na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Automatyka i robotyka*, specjalność *Sterowanie w układach mechanicznych*, na podstawie wyróżnionej rozprawy doktorskiej pt. „*Synteza algorytmów sterowania drganiami dla płaskiego modelu magnetoreologicznego zawieszenia pojazdu*”. Promotorem w przewodzie doktorskim był dr hab. inż. Bogdan Sapiński, prof. nadzw. AGH, natomiast recenzentami – prof. dr hab. inż. Zdzisław Gosiewski i prof. dr hab. inż. Janusz Kowal.

W **2007** roku ukończył *Smart Tech Expert School* (2003-2007), prowadzoną przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. Od **01.11.2001** roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym, zatrudnionym w Katedrze Automatykacji Procesów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na stanowisku asystenta, a od **01.10.2006** roku – na stanowisku adiunkta. W **2011** roku ukończył na Wydziale Humanistycznym Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie *Studium Doskonalenia Dydaktycznego dla Pracowników i Doktorantów AGH* (2010-2011).

Z powyższego przedstawienia kariery zawodowej habilitanta wynika, że posiada On wieloletnie doświadczenie naukowe i dydaktyczne, co umożliwi Mu szerokie spojrzenie na reprezentowaną tematykę badań.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

2.1. Wybór tematu, cel i zakres osiągnięcia

Dr inż. Paweł Martynowicz we wniosku z dnia **01.03.2019** r. do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów przedstawił osiągnięcie naukowe zatytułowane:

„*Redukcja drgań wież elektrowni wiatrowych z wykorzystaniem magnetoreologicznych tłumików masowych*”.

Habilitant wnioskował o przeprowadzenie postępowania w dziedzinie *nauk technicznych* w dyscyplinie *Budowa i eksploatacja maszyn*¹, przy czym jako jednostkę do przeprowadzenia postępowania wskazał Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Jako przedmiotowe osiągnięcie naukowe habilitant przedstawił cykl publikacji powiązanych tematycznie.

1. **Martynowicz P.:** *Development of laboratory model of wind turbine's tower-nacelle system with magnetorheological tuned vibration absorber.* Solid State Phenomena **2014**, 208, 40-51. Punktacja (lista B czasopism MNiSW, 2014) **10**.
2. **Martynowicz P., Szydło Z.:** *Wind turbine's tower-nacelle model with magnetorheological tuned vibration absorber: the laboratory test rig.* Proceedings of the 14th International Carpathian Control Conference ICCO 2013 (eds. Ivo Petráš et al.). Ryto, Poland, 26-29 May **2013**. Punktacja MNiSW (2013) **10**. Udział habilitanta **80%**.
3. **Martynowicz P.:** *Vibration control of wind turbine tower-nacelle model with magnetorheological tuned vibration absorber.* Journal of Vibration and Control **2017**, 23(20), 3468-3489. **IF=2,197**, punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2017) **30**.
4. **Martynowicz P.:** *Study of vibration control using laboratory test rig of wind turbine tower-nacelle system with MR damper based tuned vibration absorber.* Bulletin of the Polish Academy of Sciences – Technical Sciences **2016**, 64(2), 347-359. **IF=1,156**, punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2016) **20**.
5. **Martynowicz P.:** *Control of a magnetorheological tuned vibration absorber for wind turbine application utilising the refined force tracking algorithm.* Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control **2017**, 36(4), 339-353. **IF=1,491**, punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2017) **15**.
6. **Martynowicz P.:** *Nonlinear optimal-based vibration control for systems with MR tuned vibration absorbers.* Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control. Special Collection: Analytical methods for nonlinear vibration (editor: J. H. He) **2019**, 38(3-4), 1607-1628. **IF=1,491**, punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2017) **15**.
7. **Martynowicz P.:** *Real-time implementation of nonlinear optimal-based vibration control for a wind turbine model.* Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control. Special Collection: Analytical methods for nonlinear vibration (editor: J. H. He) **2019**, 38(3-4), 1635–1650. **IF=1,491**, punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2017) **15**.
8. **Martynowicz P., Szydło Z.:** *Sposób i stanowisko do modelowego badania sprężystych właściwości słupowej konstrukcji wsporczej, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej.* Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków. Polska. Opis patentowy, 227 628, Zgłosz. P. 411226 z 10.02.2015. Opubl. 31.01.**2018**. Punktacja MNiSW (2017) **30**. Udział habilitanta **60%**

Do cyklu publikacji powiązanych tematycznie, będących podstawą osiągnięcia naukowego, habilitant włączył **5** artykułów w czasopismach posiadających *Impact Factor* (**IF**, min. **1,156**, max. **2,197**,

¹ W myśl Rozp. Min. Nauki i SW z dnia 20 września 2018 r. wnioskowana dyscyplina będzie klasyfikowana w dziedzinie *nauk inżynierjno-technicznych*, jako nowa dyscyplina *Inżynieria mechaniczna*

łącznie 7,826), 1 – w czasopismach nieposiadających IF, 1 udzielony patent i 1 publikację w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym. Łączna punktacja MNiSW wszystkich publikacji wliczonych do osiągnięcia naukowego wynosi 145.

Osiągnięcie naukowe dr. inż. P. Martynowicza dotyczy bardzo ważnego zagadnienia minimalizacji drgań wież elektrowni wiatrowych z wykorzystaniem aktywnych i semiaktywnych metod redukcji drgań. Opracował On założenia, koncepcję oraz projekt modelu laboratoryjnego układu wieża-gondola elektrowni wiatrowej z magnetoreologicznym (MR) tłumikiem masowym (TVA – ang. *Tuned Vibration Absorber*), zachowującego częściowe podobieństwo dynamiczne z rzeczywistą konstrukcją elektrowni wiatrowej Vensys 82, przy ograniczeniach kinematycznych i dynamicznych. Istota przedmiotowego problemu wynika zarówno z ograniczonej wiedzy o badanych zjawiskach, jak też z niedostatecznych zasobów niezbędnych danych procesowych. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie ośrodków naukowych, biur konstrukcyjnych, producentów oraz użytkowników nowoczesnych elektrowni wiatrowych, podjęcie tematyki badań będącej przedmiotem osiągnięcia należy uznać za trafne. Przedmiotowa problematyka jest bowiem ważna zarówno z naukowego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Elektrownie wiatrowe są bowiem najszybciej rozwijającymi się rozwiązaniami z zakresu energetyki odnawialnej na świecie, a jednocześnie są obecnie największymi obracającymi się maszynami na Ziemi. Wieże i łopaty są produkowane z lekkich i wytrzymałych materiałów o wysokiej elastyczności i małym tłumieniu wewnętrznym. Z tego powodu są one podatne na drgania, zwłaszcza podczas pracy przy gwałtownych podmuchach wiatru. Obciążenia cykliczne wież prowadzą do zużycia zmęczeniowego, a niekiedy nawet do zniszczenia konstrukcji. Wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych habilitanta wykazały, iż zastosowanie odpowiednio sterowanych tłumików MR w układach TVA umożliwia nie tylko dostrajanie tłumików masowych do zmieniającej się dominującej częstotliwości drgań, ale prowadzi również do zmniejszenia amplitudy drgań w porównaniu do układów z pasywnymi tłumikami masowymi przy częstotliwości, do której tłumik pasywny jest optymalnie dostrojony.

Zakres tematyczny osiągnięcia naukowego, udokumentowanego 8. wyżej wymienionymi publikacjami, jak też – aktywność naukową habilitanta w tym zakresie, przedstawiam poniżej.

Tematyka publikacji [1] dotyczy etapów rozwoju modelu laboratoryjnego systemu wieża-gondola turbiny wiatrowej z zainstalowanym u góry tłumikiem drgań. Dostrojony tłumik drgań jest wyposażony w tłumik magnetoreologiczny (MR), zamiast lepkiego tłumika pasywnego. W celu weryfikacji parametrów modelu przeprowadzono w środowisku *Comsol-Simulink* analizę w dziedzinie częstotliwości. Obiekt badań umożliwia analizę jednej i ewentualnie dwóch postaci drgań giętnych układu wieża-gondola, a także wdrożenie MR TVA (dostrojonego tłumika drgań). MR TVA może działać zgodnie z znaną zasadą Den Hartoga, gdzie tłumik MR emuluje tłumik pasywny, albo też tłumik MR może realizować jedną ze specjalnych strategii sterowania (np. *ground-hook*, LQR, SMC itp.).

W publikacji [2] opisano projekt laboratoryjnego stanowiska testowego modelu wieża-gondola turbiny wiatrowej z wyrównanym poziomo magnetoreologicznym dostrajającym tłumikiem drgań. Głównymi elementami stanowiska są: pionowy sztywny pręt (wieża) oraz system stalowych płyt i bloków, który jest sztywno zamocowany na górze pręta (gondoli) i połączony poziomo za pomocą sprężyny i tłumika MR z dodatkową masą tłumika drgań. Gondola jest wzbudzana poziomo, wymuszając postacie drgań giętnych wieży. Sam pręt może być albo sztywno przymocowany u dołu do podłoża i wzbudzony poziomo na dowolnej wysokości przez drugi wzbudnik, albo umieszczony na stalowej płycie wzbudzonej poziomo. Uruchomieniu laboratoryjnego stanowiska testowego było źródłem danych do dalszej identyfikacji i sterowania.

W pracy [3] habilitant rozważał dynamiczne obciążenie wieży turbiny wiatrowej, powiązane ze zmęczeniem i niezawodnością konstrukcji. W artykule opisał problem sterowania drganiami wieży za pomocą specjalnie zaprojektowanego i zbudowanego modelu numerycznego i laboratoryjnego. Wybrany model wieża-gondola z turbiną wiatrową składa się z pionowo ułożonego sztywnego pręta (reprezentującego wieżę) oraz sztywnego korpusu przymocowanego u góry, reprezentującego zespół gondoli, który jest wyposażony w wyrównany poziomo dostrojony tłumik drgań (TVA) z tłumikiem magnetoreologicznym (MR). Do modelowania dynamiki układu wieża-gondola zastosował środowisko metody elementów skończonych *Comsol Multiphysics*. Do analizy numerycznej w dziedzinie czasu i częstotliwości (w tym pierwszej i drugiej postaci drgań giętnych) systemu z modelami tłumików TVA

i MR zastosował środowisko MATLAB/Simulink z osadzonym modelem wieża-gondola. Uwzględnił siłę pobudzającą w kierunku poziomym do gondoli i samej wieży. Wyniki badań wykazały, iż tłumienie drgań w laboratoryjnym stanowisku testowym było większe, niż w przypadku modelu symulacyjnego. W celu uzyskania możliwości wykazania skuteczności redukcji drgań, w laboratoryjnym układzie testowym należało zwiększyć amplitudę siły pobudzającej drgania.

Rozważania przedstawione w pracy [4] stanowią kontynuację analizy stanu naprężeń dynamicznych wieży turbiny wiatrowej, powiązanych ze zużyciem zmęczeniowym i niezawodnością całej konstrukcji turbiny. Habilitant opisał problem sterowania drganiami wieży z wykorzystaniem modelu laboratoryjnego. Rozważany model wieża-gondola turbiny wiatrowej składał się z pionowo ułożonego sztywnego pręta (reprezentującego wieżę) oraz systemu stalowych płyt (reprezentujących zespoły gondoli i turbiny) przymocowanych u góry. Ustawiony poziomo dostrojony tłumik drgań (TVA) z tłumikiem magnetoreologicznym (MR) znajdował się również u góry pręta (w układzie gondoli). Wyniki sterowania drganiami układu z tłumikami MR TVA okazały się lepsze w stosunku do układu z emulowanym standardowym TVA z tłumikiem liniowym (lepkim) oraz z rozwiązaniami pasywnymi o stałym prądzie wejściowym tłumika MR. Ponadto, uwzględnienie histerezy w odwrotnym modelu tłumika MR generalnie poprawiło jakość algorytmów określających pożądaną siłę oddziaływania tłumika, w stosunku do zastosowania modelu odwrotnego bez histerezy.

Praca [5] obejmuje wybrane zagadnienia sterowania, w tym udoskonalony algorytm śledzenia siły, dotyczący laboratoryjnego modelu wieża-gondola turbiny wiatrowej wyposażonego w dostrojony tłumik drgań bazujący na tłumiku magnetoreologicznym. Celem badań było opracowanie i eksperymentalna implementacja algorytmu sterowania, który łączy podstawowe rozwiązanie adaptacyjnej sztywności ze standardową koncepcją śledzenia siły magnetoreologicznej tłumika, w celu uzyskania wysokiej jakości systemu redukcji drgań wieży. Eksperymenty przeprowadzono przy założeniu monoharmonicznego, poziomego wzbudzenia zastosowanego do zespołu modelującego gondolę. Zakres częstotliwości obejmował sąsiedztwo pierwszej postaci drgań giętych układu wieża-gondola. Wyniki potwierdziły skuteczność przyjętego algorytmu, w porównaniu z innymi wysokowydajnymi rozwiązaniami.

W artykule [6] habilitant zaproponował kilka podejść dotyczących rozwiązania problemu nieliniowego sterowania optymalnego. I tak, układ drgający wyposażony w dwa dostrojone tłumiki drgań (TVA) jest analizowany w stosunku do układu z jednym TVA. Do sterowania stosuje się tłumiki MR zamiast pasywnych lepkich tłumików TVA. Głównym osiągnięciem tych badań jest opracowanie i weryfikacja numeryczna trzech koncepcji nieliniowego optymalnego sterowania drganiami, tj. jednoetapowego sterowania optymalnego, sterowania quasi-optymalnego oraz sterowania optymalnego bazującego na optymalnym zmodyfikowanym prawie *ground-hook*. Zmodyfikowane prawo wzupoziomowego przesunięcia *ground-hook* okazało się w rzeczywistości prostą implementacją sterowania optymalnego dla przypadku, gdy należy zminimalizować tylko amplitudę przemieszczeń układu pierwotnego. Proponowane (jednoetapowe) rozwiązania w zakresie sterowania optymalnego i quasi-optymalnego są jednak bardziej ogólne, ponieważ przyjęty wskaźnik jakości może obejmować minimalizację np. skoku lub prędkości tłumika MR, przyspieszenia konstrukcji pierwotnej lub siłownika, czy siły tłumienia MR lub prądu sterującego.

W artykule [7] przedstawiono implementację opracowanej uprzednio metody optymalnego sterowania drganiami nieliniowymi w czasie rzeczywistym. Analizie poddano układ drgający, tj. model laboratoryjny wieża-gondola turbiny wiatrowej wyposażony w dostrojony tłumik drgań, z ograniczeniem nieliniowym siły oddziaływania tłumika magnetoreologicznego. Celem badań było bowiem eksperymentalne zbadanie wpływu współczynników wagowych wskaźnika jakości sterowania drganiami na skuteczność procesu tłumienia drgań. Proponowany sposób sterowania wykazał istotną zaletę, w porównaniu z układami pasywnymi o stałych wartościach parametrów magnetoreologicznych, oraz zmodyfikowanym sterowaniem bazującym na prawie *ground-hook*.

Pozycja [8] ocenianego osiągnięcia naukowego dotyczy opisu patentowego sposobu i stanowiska do modelowego badania sprężystych właściwości słupowej konstrukcji wsporczej, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej. Zastrzeżeniu patentowemu podlega:

- sposób modelowego badania sprężystych właściwości słupowych konstrukcji wsporczych, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej, polegający na siłowym wymuszaniu drgań w dowolnie wybranym przekroju

- poprzecznym słupa sztywno utwierdzonego dolnym końcem w podłożu oraz wykonaniu pomiarów czujnikami przemieszczeń i przyspieszeń w wybranych przekrojach słupa w warunkach obciążenia górnego końca słupa masą równoważną masie podpieranej słupem oraz w warunkach tłumienia drgań górnego końca słupa przez zespół tłumienia drgań w postaci masowego absorbera energii ukierunkowany prostopadłe do osi słupa w płaszczyźnie wymuszania drgań, **znamienny tym**, że siła wytwarzana przez zespół tłumienia drgań zmienia się w czasie rzeczywistym według zadanego algorytmu sterowania wbudowanego w elektronicznej jednostce analizującej, w oparciu o dane z czujników pomiarowych, a pomiary przemieszczeń, przyspieszeń i sił prowadzi się dla drgań wymuszonych lub w fazie drgań swobodnych słupa, po odłączeniu zespołu wymuszania drgań;
- stanowisko do modelowego badania właściwości sprężystych słupowych konstrukcji wsporczych, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej, zawierające ramę fundamentową z tuleją utwierdzenia oraz płytą, stanowiącymi elementy utwierdzenia dolnego końca słupa, a także zawierający zespół wymuszania drgań sztywno połączony przez uchwyt ze słupem, posiadającym na swym górnym końcu zamocowaną poziomą płytę platformy z zabudowanym na niej zestawem mas nieruchomych i zespołem tłumienia drgań w postaci masowego absorbera energii, a ponadto wyposażone w czujniki pomiarowe połączone z elektroniczną jednostką analizującą, **znamiennie tym**, że masowy absorber energii zawiera zestaw mas ruchomych posadowionych na wózku masy absorbera, mającym możliwość przemieszczania po prowadnicach liniowych w kierunku prostopadłym do osi słupa i w płaszczyźnie drgań zespołu wymuszania, oraz który połączony jest z pionową płytą platformy przez element sprężysty i sterowany element tłumiący;
 - stanowisko do modelowego badania właściwości sprężystych słupowych konstrukcji wsporczych, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej, **znamiennie tym**, że zespół wymuszania drgań połączony jest z uchwytem słupa poprzez szybkorozłączny rygiel elektromagnetyczny wbudowany w układ ciągnowy ukierunkowany prostopadłe do osi słupa;
 - stanowisko do modelowego badania właściwości sprężystych słupowych konstrukcji wsporczych, zwłaszcza masztu turbiny wiatrowej, **znamiennie tym**, że zespół wymuszania drgań zamocowany jest na ramie fundamentowej poprzez kątownik oraz podpory kątownika, umożliwiające zmianę jego pionowego położenia.

2.2. Oryginalność osiągnięcia

Prowadzone przez habilitanta badania na przeskalowanych modelach symulacyjnych i laboratoryjnych umożliwiają, na bazie wyników analizy podobieństwa dynamicznego, bezpośrednio wyznaczenie optymalnego lub suboptymalnego sygnału sterującego tłumikami MR TVA w pełnej skali. Dotyczą one zagadnień naukowych i inżynierskich, głównie z zakresu redukcji drgań rzeczywistych konstrukcji wsporczych elektrowni wiatrowych. O oryginalności przedmiotowego osiągnięcia naukowego świadczy:

- opracowanie modelu laboratoryjnego układu wieża-gondola elektrowni wiatrowej z tłumikiem MR TVA, przy uwzględnieniu podobieństwa dynamicznego ruchu wierzchołków wież z rzeczywistą konstrukcją elektrowni wiatrowej Vensys 82, dostępnej przestrzeni laboratoryjnej, dostępnych tłumików MR i aparatury pomiarowo-kontrolnej;
- opracowanie algorytmu odtwarzania siły oporu tłumika MR, na bazie modelu prostego tłumika (zamiast modelu odwrotnego), środowiska czasu rzeczywistego oraz sterownika prądowego i dostrojenia układu MR TVA do aktualnej dominującej częstotliwości drgań;
- opracowanie oraz weryfikacja symulacyjna i eksperymentalna bazujących na zasadzie maksimum optymalnych i suboptymalnych układów redukcji drgań układów i struktur dyskretno-ciągłych z nieliniowymi tłumikami MR TVA. Proponowane rozwiązania charakteryzuje znacznie większa skuteczność redukcji drgań, w porównaniu z bardziej popularnymi w zastosowaniach praktycznych układami pasywnymi;
- analiza porównawcza (w odniesieniu do standardowej reguły *ground hook*) wybranych typowych rozwiązań z zakresu redukcji drgań wież elektrowni wiatrowych z tłumikami MR TVA, na bazie symulacji oraz badań laboratoryjnych w środowisku czasu rzeczywistego. Powyższe dotyczy optymalnej i suboptymalnej metody sterowania tłumikami MR (w tym, zmodyfikowanej reguły *ground*

hook), algorytmu odtwarzania siły oporu tłumika MR z minimalizacją siły rezydualnej oraz predykcją zmiany znaku siły.

Należy podkreślić, że oryginalność przedstawionych osiągnięć wychodzi naprzeciw zapotrzebowaniu na wykorzystanie uzyskanych wyników badań w rzeczywistych konstrukcjach elektrowni wiatrowych, czego dowodzi wnioskowanie o finansowanie prac ze źródeł programu Unii Europejskiej ITN, w ramach międzynarodowego konsorcjum naukowo-przemysłowego (Wielka Brytania, Hiszpania, Grecja i Belgia).

2.3. Podsumowanie

Habilitant wykazał się wszechstronnym opanowaniem metodyki badań procesów sterowania optymalnego (w tym, nieliniowego) w aktywnych i semiaktywnych układach redukcji drgań. Autor opracował trzy podejścia, właściwe problematyce badań układów/struktur z tłumikami MR TVA, a mianowicie:

- procedurę rozwiązywania dwupunktowego problemu brzegowego w każdym kolejnym kroku i z horyzontem czasowym równym długości jednego kroku próbkowania sygnału sterującego, z uwzględnieniem aktualnych wartości współrzędnych stanu, współrzędnych sprzężonych (tzw. *kosztanu*) i sygnałów zewnętrznych. Jest to tzw. *jednokrokowe sterowanie optymalne*;
- procedurę uproszczoną, niewymagającą rozwiązywania dwupunktowego problemu brzegowego, lecz jedynie implementację warunku maksymalizacji hamiltonianu. Jest to tzw. *sterowanie quasi-optymalne*;
- procedurę uproszczoną, niewymagającą rozwiązywania dwupunktowego problemu brzegowego. W przypadku sterowania dwustanowego, nie wymaga ona implementacji warunku maksymalizacji hamiltonianu, ani modelu dynamiki układu i równania sprzężonego. Podstawowe sformułowanie dotyczy jedynie minimalizacji przemieszczeń układu drgającego, lecz możliwe jest dostosowanie metody do optymalizacji innych istotnych wielkości eksploatacyjnych, np. przyspieszeń drgań. Jest to tzw. *zmodyfikowana reguła „ground-hook”*.

Efektywność opracowanych rozwiązań wykazał weryfikując powyższe procedury symulacyjnie i eksperymentalnie, w odniesieniu do klasycznej reguły „*ground-hook*” oraz rozwiązań ze stałymi wartościami natężenia prądu w uzwojeniach tłumików MR, czyli optymalnie dostrojonych i pasywnych układów TVA. Z pełnym przekonaniem stwierdzam przeto, że dr inż. P. Martynowicz wniósł istotny wkład do rozwoju dyscypliny *Inżynieria mechaniczna*.

W recenzowanym postępowaniu nie sposób nie dostrzec wysokiego poziomu merytorycznego prezentowanych rezultatów, postrzegalnej efektywności publikowania i rozpoznawalności w skali międzynarodowej. Chociaż zaliczone przez habilitanta do osiągnięcia naukowego publikacje nie dokumentują wysokich wartości IF (tylko w jednym przypadku jest powyżej **2,0**), to należy podkreślić jego wyłącznie indywidualny udział aż w **6** pracach, przy czym w pozostałych udział ten jest również znaczący (**80** i **60** %). Inną mocną stroną ocenianego osiągnięcia jest to, iż dr. P. Martynowicz zadbał o ochronę własności intelektualnej wyników badań, o czym świadczy przyznany patent.

Stwierdzam zatem, że opiniowany dorobek **dokumentuje** na **dobrym** poziomie jakości osiągnięcia naukowego, wymaganą w celu uzyskania **stopnia doktora habilitowanego**.

3. Ocena pozostałego dorobku naukowo-badawczego

Oprócz **8** prac zgłoszonych do osiągnięcia habilitacyjnego, dr P. Martynowicz, po uzyskaniu stopnia doktora, zgromadził znaczący pod względem ilościowym i jakościowym dorobek naukowy. Dotyczy on modelowania układów dynamicznych, analizy i syntezy systemów sterowania drganiami oraz ich implementacji do przypadków złożonych modeli fizycznych. Specjalizuje się On m.in. w redukcji drgań układów dyskretnych, ciągłych i dyskretno-ciągłych, zwłaszcza z wykorzystaniem technologii cieczy MR. Habilitant aktywnie uczestniczył w wielu projektach naukowo-badawczych, badawczo-rozwojowych bądź zadaniach implementacyjnych prowadzonych w macierzystej Katedrze Automatyzacji Procesów AGH w Krakowie, jak również – we współpracy z Politechniką Śląską, Centralnym Instytutem Ochrony Pracy

Państwowym Instytutem Badawczym, Politechniką Krakowską, czy *The University of Sheffield*. W przedmiotowym dorobku zauważa się:

- **2** artykuły w czasopismach o zauważalnej rozpoznawalności na skalę światową *Smart Materials and Structures* oraz *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, indeksowanych w bazie *Journal Citation Report*. Czasopisma posiadają *Impact Factor* odpowiednio **2,024 (2012)** i **0,683 (2016)**, oraz punktację MNiSW – **35 (2012)** i **15 (2016)**. Łączny **IF=2,707**, a punktacja MNiSW – **50**. Liczby współautorów publikacji wynoszą odpowiednio **4** i **2**, a oświadczone przez habilitanta udziały – **25%** i **50%**;
- **1** udzielony patent krajowy. Punktacja MNiSW wynosi **25**, liczba współautorów wynalazku – **4**, a oświadczony przez habilitanta udział – **25%**;
- **11** rozdziałów w monografiach i artykułów w czasopismach nieposiadających IF (w tym, **6** o zasięgu międzynarodowym). Liczba współautorów publikacji wynosi od **1** do **4**, a habilitant oświadczył swój udział od **20 (1x)** do **100% (1x)**. Łączna punktacja MNiSW – **67**;
- **12** opracowań zbiorowych oraz dokumentacji prac badawczych, w tym **8** w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych. Liczba współautorów wynosiła od **1 (4x)** do **4 (1x)**, deklarowany udział habilitanta – **50%**).

Liczba cytowań w bazie *Web of Science* wszystkich prac habilitanta (łącznie z zaliczonymi do osiągnięcia naukowego), według stanu na dzień **10.09.2019**, wynosiła **46** (bez autocytowań **25**), a Indeks Hirscha – **4**.

Oceniając dorobek publikacyjny dr. P. Martynowicza należy podkreślić dużą liczbę publikacji o zasięgu międzynarodowym (również w czasopismach z listy JCR), a także – ochronę własności intelektualnej wyników badań, udokumentowaną udzielonym patentem. W przeważającej większości prac habilitant jest współautorem o znacznym udziale własnym, co świadczy o umiejętności formułowania i rozwiązywania złożonych problemów naukowo-badawczych w zakresie *Inżynierii mechanicznej*. Natomiast zespołowość prac wynika stąd, iż tematyka prac badawczych habilitanta jest w dużym stopniu powiązana z działalnością naukową Katedry Automatykacji Procesów AGH, w której jest on zatrudniony od blisko **18**. lat. W okresie swojej pracy w AGH w Krakowie, aktywnie uczestniczył w realizacji **6**. (w tym, w **1**. w charakterze kierownika) projektów badawczych i rozwojowych finansowanych ze środków MNiSW (2x), NCN (3x) i NCBiR (1x) oraz **4**. prac statutowych.

Za osiągnięcia naukowe otrzymał **2**-krotnie Nagrodę Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (**2007**, **2018**). Wygłosił **12** referatów (**4** indywidualne) na konferencjach tematycznych, w tym – **8** o zasięgu międzynarodowym.

Dorobek naukowy habilitanta **jest wystarczający** do uzyskania **stopnia doktora habilitowanego**.

4. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Habilitant, jako wieloletni pracownik naukowo-dydaktyczny Katedry Automatykacji Procesów Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, zgromadził znaczny i udokumentowany dorobek dydaktyczny i organizacyjny. Na szczególne podkreślenie zasługuje:

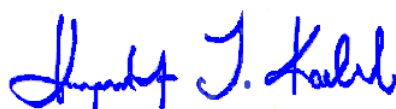
- uczestnictwo w **3**. programach międzynarodowych i krajowych, tj. w Programie Wieloletnim MNiSW „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (**2009-2010**) w charakterze wykonawcy, w *The Royal Society International Joint Project* (Wielka Brytania, **2009-2011**) w charakterze wykonawcy, oraz w *Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Networks* (Komisja Europejska, **2011-2019**) jako osoba odpowiedzialna ze strony AGH w Krakowie;
- wygłoszenie referatu plenarnego podczas otwarcia *10th Conference on Active Noise and Vibration Control Methods* (MARDiH), Wojanów, Polska (**2011**);
- **5**-krotny udział w pracach związanych z cykliczną *International Carpathian Control Conference* (członek Komitetu organizacyjnego – **2009**, recenzent – **2013**, **2014**, **2015**, **2019**);

- udział w konsorcjach i sieciach badawczych krajowych (2) i międzynarodowych (2) w charakterze wykonawcy (3) oraz osoby odpowiedzialnej ze strony AGH w Krakowie (1);
- opracowanie programu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych nowo prowadzonego przez habilitanta przedmiotu *Control theory* (2008-2009);
- współpraca przy opracowaniu programów przedmiotów: *Automatyka w energetyce, Automatyka i pomiar wielkości fizykochemicznych, Automatyka, sterowanie i regulacja, Control theory fundamentals* (2007-2019). Habilitant prowadził z tych przedmiotów ćwiczenia audytoryjne i/lub laboratoryjne;
- opracowanie i prowadzenie nowych ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotów *Automatyka w energetyce, Automatyka i pomiar wielkości fizykochemicznych, oraz Automatyka, sterowanie i regulacja* (2007-2019);
- promotorstwo 20 obronionych prac inżynierskich i magisterskich na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki oraz Wydziale Energetyki i Paliw AGH w Krakowie (2007-2018);
- odbycie 4. staży zagranicznych i krajowych w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki, PAN w Warszawie (*Smart Tech Expert School*, 2003-2007), w *The University of Sheffield*, Wielka Brytania (maj/czerwiec 2010, listopad 2011, grudzień 2012), oraz w *CISM International Centre for Mechanical Sciences*, Udine, Włochy (*New Trends in Structural Health Monitoring advanced school* – czerwiec 2011, *Differential-Geometric Methods in Computational Multibody System Dynamics advanced school* – wrzesień 2013);
- wykonanie 2. ekspertyz dla: Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego („Opracowanie wersji terenowej systemu sterowania semiaktywnego układu redukcji drgań. Wykonanie badań weryfikacyjnych opracowanego układu”, 2010), oraz Katedry Mechaniki Stosowanej Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej („Model symulacyjny wozu bojowego zbudowanego na platformie PT-91”, 2010);
- recenzowanie publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym: *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* (2017-2018, 5 recenzji), *Journal of Sound and Vibration* (2018-2019, 4 recenzje), *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* (2018, 3 recenzje), *Journal of Vibration and Control* (2017-2018, 2 recenzje), *Advances in Mechanical Engineering* (2016, 1 recenzja), *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (2016, 1 recenzja), *Journal of Zhejiang University SCIENCE A* (2018, 1 recenzja).

Uważam, że habilitant posiada **wystarczający** dorobek dydaktyczny i organizacyjny, niezbędny do uzyskania **stopnia doktora habilitowanego**.

5. Informacja o dotychczasowym przebiegu postępowania habilitacyjnego

Dr inż. Paweł Martynowicz dotychczas nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w jakiegokolwiek dziedzinie nauk oraz dyscyplinie naukowej.



Opinia w sprawie nadania dr. inż. Pawłowi Martynowiczowi stopnia naukowego doktora habilitowanego

Osiągnięcia naukowo-badawcze i dydaktyczne, jak również osiągnięcie habilitacyjne dr. inż. Pawła Martynowicza, znacznie pomnożone po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, są wystarczające w świetle wymagań stawianych kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych. Osiągnięcia te wymagały bardzo szerokiej i wszechstronnej wiedzy i umiejętności z zakresu modelowania i dynamiki układów mechanicznych, a zwłaszcza – sterowania optymalnego w aktywnych i semiaktywnych układach liniowych i nieliniowych. Dr inż. P. Martynowicz prezentuje wyraźnie zarysowaną sylwetkę naukową, osobiste zaangażowanie w uprawianym kierunku badań, szerokie horyzonty i dojrzałość naukową.

Przedłożony do oceny cykl publikacji powiązanych tematycznie pt.: „*Redukcja drgań wież elektrowni wiatrowych z wykorzystaniem magnetoreologicznych tłumików masowych*”, w pełni dokumentuje osiągnięcie naukowe kandydata, a jakość tego osiągnięcia potwierdzają wartości wskaźników bibliometrycznych. Pozostały dorobek naukowy jest również znamienny swoją rozpoznawalnością w skali międzynarodowej.

Wyrażam opinię, że dorobek zgromadzony po uzyskaniu stopnia doktora, w tym – przedłożone do oceny osiągnięcie naukowe, wnoszą znaczny wkład do rozwoju dyscypliny *Inżynieria mechaniczna*, a sam habilitant wykazuje istotną aktywność naukową. Spełnia On zatem wszystkie wymagania, jakie kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego stawia aktualnie obowiązująca Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z uwzględnieniem późniejszych zmian). Wnoszę przeto o dopuszczenie **dr. inż. Pawła Martynowicza** do dalszych czynności postępowania habilitacyjnego, związanych z nadaniem stopnia naukowego **doktora habilitowanego** w dyscyplinie **Inżynieria mechaniczna**.

