

Lublin, 13.12.2022

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Litak  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 Lublin

Recenzja habilitacyjna osiągnięć naukowych, organizacyjnych oraz dydaktycznych  
dr. inż. Dominika Pisarskiego w postępowaniu habilitacyjnym  
w IPPT PAN, Warszawa (2022)  
z powołania przez Radę Doskonałości Naukowej

**Sylwetka naukowa Kandydata**

Pan Dominik Pisarski posiada dwa doktoraty: w zakresie dyscypliny Mechanika, uzyskany w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie (2012), oraz w zakresie Automatyki Przemysłowej, uzyskany na Université Grenoble Alpes we Francji (2014). Obecnie jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w IPPT PAN w Warszawie.

**Charakter osiągnięcia naukowego**

Osiągnięcia naukowe przedstawione do oceny są zawarte w cyklu 8 prac, które ukazały się w latach 2017–2022. Tytuł tego cyklu to: "Nowoczesne metody sterowania adaptacyjnego i rozproszonego do tłumienia drgań konstrukcji". Artykuły należące do cyklu ukazały się w wiodących periodykach naukowych: *Structural Control and Health Monitoring* (3 prace), *Journal of Sound and Vibration* (3 prace), *Automation in Construction* (1 praca), *Mechanical Systems and Signal Processing* (1 praca), *Optimal Control Applications and Methods* (1 praca). Jedna z przedstawionych opublikowanych prac jest samodzielną. Wszystkie prace mają charakter teoretyczny i dotyczą układu drgającego z rozproszoną strukturą sterowania i tłumienia. Na podstawie zaproponowanych procedur sterowania wykonane są odpowiednie symulacje. W rozważanych układach belkowych (i generalnie układach o wielu stopniach swobody) obciążenia mają charakter ruchomy lub losowy, a opracowane rozwiązania mają niekonwencjonalny charakter. W zaproponowanych schematach sterowania czujniki, sterowniki i tłumiki funkcjonują w architekturze rozproszonej. Taki układ gwarantuje optymalne sterowanie kształtem ugięcia oraz wielkoskalowym tłumieniem **drgań konstrukcji**. Autor wykonał teoretyczne i symulacyjne badania porównawcze zaproponowanej strategii sterowania rozproszonego oraz podejścia konwencjonalnego, a także innych wcześniejszych prób sterowania lokalnego, i wykazał przewagę swojej strategii. Podjęta przez Kandydata tematyka jest istotna w kontekście rozwoju dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

**Najważniejsze wyniki autora w poszczególnych artykułach**

Artykuł 1: Pisarski D., Szmidt T., Konowrocki R., *Decentralized semi-active structural vibration control based on optimal system modelling*, STRUCTURAL CONTROL AND HEALTH MONITORING 27(11): 1-20, 2020. DOI: 10.1002/stc.2624 <sup>1</sup>Impact Factor: 3.499 (Q1), Punktacja MEIN: 140

<sup>1</sup> Wskaźniki cytowań (Impact Factor) oraz punktację MEIN podano na podstawie danych obowiązujących w roku publikacji.

Tematem artykułu jest opracowanie sterowania rozproszonego bazującego na optymalnym modelu zastępczym. Jest to nowe podejście do problemu stabilizacji układu przez projektowanie sterowania rozproszonego przeznaczonego do tłumienia drgań półaktywnych konstrukcji nośnych. Głównym założeniem przy opracowaniu metody była architektura systemu sterowania, gdzie każdy ze sterowników korzysta z informacji o lokalnym stanie konstrukcji wyznaczonej przy pomocy sąsiadującego z nim czujnika drgań. System sterowania, który bazuje wyłącznie na lokalnych pomiarach stanu, często określany jest jako zdecentralizowany lub całkowicie zdecentralizowany. W porównaniu do wcześniej znanych rozwiązań Kandydat zaproponował zredukowany model zastępczy układu, ze specjalnie dobraną bazą funkcji własnych oraz optymalizacją jej parametrów, co zagwarantowało stabilizację układu z szybkością rozpraszania energii porównywalną do rozwiązania scentralizowanego. Na podstawie opracowanego modelu sformułowano oraz udowodniono warunek wystarczający istnienia zdecentralizowanego sterowania stabilizującego.

Artykuł 2: Pisarski D., Konowrocki R., Jankowski Ł., *Scalable distributed optimal control of vibrating modular structures*, STRUCTURAL CONTROL AND HEALTH MONITORING 27(4): 1–21, 2020. DOI: 10.1002/stc.2502 Impact Factor: 3.499 (Q1), Punktacja MEIN: 140

Tematem publikacji jest opracowanie skalowalnej metody optymalnego tłumienia drgań aktywnych konstrukcji modułowych. Zaproponowany sterownik zdolny jest do pracy z konstrukcjami wielkoskalowymi przy zachowaniu modułowej aranżacji systemu sterowania. Metoda dedykowana jest liniowym konstrukcjom sterowanym aktywnie. Bazuje ona na podziale konstrukcji na zbiór sprzężonych dynamicznie podukładów, co pozwoliło na rozbięcie wielkoskalowego zadania sterowania optymalnego na zbiór zadań o stosunkowo niewielkiej złożoności obliczeniowej. Dzięki założonej rozproszonej architekturze sterowania zadania te rozwiązywane są równolegle, co umożliwia zastosowanie metody w układach o wielkiej liczbie stopni swobody. Jako przykład implementacji metody autorzy przedstawili belkę wspornikową sterowaną przy użyciu słowników elektromagnetycznych, gdzie pomiar stanu konstrukcji wykonywany jest przy wykorzystaniu odpowiednich czujników drgań.

Artykuł 3: Wasilewski M., Pisarski D., *Adaptive semi-active control of a beam structure subjected to a moving load traversing with time-varying velocity*, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION 481: 1–20, 2020. DOI: 10.1016/j.jsv.2020.115404 Impact Factor: 3.429 (Q1), Punktacja MEIN: 200

Tematem artykułu jest opracowanie praktycznej, wydajnej metody sterowania adaptacyjnego do zastosowania w konstrukcjach półaktywnych poddanych działaniu ruchomego obciążenia. Zaproponowana jest nowatorska metoda adaptacyjnego półaktywnego sterowania drganiami konstrukcji poddanych działaniu ruchomego obciążenia. Zakłada się, że prędkość obciążenia jest zmienna w czasie. Procedura adaptacji sterowania ma za zadanie takie dopasowanie parametrów prawa sterowania, by wydajnie zredukowane zostały całkowite ugięcia konstrukcji w trakcie przejazdu obciążenia. Sterownik bazuje na specjalnie opracowanym wewnętrznym modelu ruchomego obciążenia, a parametry tego modelu są cyklicznie aktualizowane w celu uwzględnienia zmiany prędkości obciążenia. Wykazano wysoką skuteczność metody w porównaniu do metody heurystycznej, gdzie sterowanie nie podlegało adaptacji. Stosunkowo niska złożoność obliczeniowa procedury sterowania pozwala na zastosowanie opracowanej metody do układów o wielu stopniach swobody.



Artykuł 4: Pisarski D., Myśliński A., *Suboptimal distributed state-feedback control of semi-active vibrating systems*, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION 443: 637–651, 2019. DOI: 10.1016/j.jsv.2018.12.009 Impact Factor: 3.123 (Q1), Punkcja MEiN: 200

Tematem publikacji jest opracowanie suboptymalnej metody sterowania rozproszonego do stabilizacji drgań konstrukcji półaktywnych. Metoda opiera się na rozproszonych wzorcach informacji o stanie i rozwiązaniu suboptymalnego problemu sterowania, gdzie minimalizowana funkcja celu związana jest z energią drgań konstrukcji. Założone prawo sterowania — zależne od stanu układu — zostało zdefiniowane tak, by jego działanie replikowało strukturę przełączników wynikającą z rozwiązania problemu sterowania optymalnego w pętli otwartej. Metoda została zweryfikowana numerycznie w przypadku belki wspornikowej wyposażonej w półaktywne bloki elastomerowe.

Artykuł 5: Wasilewski M., Pisarski D., Bajer C.I., *Adaptive optimal control for seismically excited structures*, AUTOMATION IN CONSTRUCTION 106: 102885 (18 stron), 2019. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102885 Impact Factor: 4.313 (Q1), Punkcja MEiN: 140

Publikacja dotyczy problemu opracowania wydajnej metody aktywnego sterowania adaptacyjnego dedykowanej konstrukcjom poddanym działaniu wymuszeń o charakterze okresowym lub losowym. Celem sterowania jest zapewnienie wysokiej wydajności stabilizacji przy ograniczonym obciążeniu obliczeniowym, jednocześnie pozwalając na częstą aktualizację decyzji sterującej w celu uwzględnienia zmian w charakterystyce wzbudzenia. Zaproponowane sterowanie oparte jest na wydajnym obliczeniowo rozwiązaniu problemu liniowego sterowania optymalnego z nieskończonym horyzontem czasu. Sterowanie wykorzystuje model autoregresyjny do prognozowania zmian sygnałów wzbudzenia. Potwierdzono skuteczność metody w przypadku modelu wielokondygnacyjnego budynku poddanego działaniu trzęsienia ziemi.

Artykuł 6: Pisarski D., *Decentralized stabilization of semi-active vibrating structures*, MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING 100: 694–705, 2018. DOI: 10.1016/j.ymssp.2017.08.003. Impact Factor: 5.005 (Q1), Punkcja MEiN: 45

Tematem artykułu jest opracowanie rozproszonego heurystycznego prawa sterowania do stabilizacji drgań półaktywnych konstrukcji modułowych. Celem jest stabilizacja układu wibracyjnego z optymalnymi szybkościami rozpraszania energii. Sterownik opiera się na zdecentralizowanym prawie sterowania z pętlą sprzężenia zwrotnego o przełączanym stanie. System wykorzystuje sieć komunikacyjną do lokalnej wymiany informacji o stanie pomiędzy sąsiednimi podsterownikami. Przebadano układ belkowy wykorzystujący elementy elastomerowe o zmiennych parametrach sztywności oraz tłumienia. Wykazano, że w przypadku gdy dominują pierwsze postacie drgań, metoda sterowania zdecentralizowanego pozwala uzyskać skuteczność porównywalną do strategii scentralizowanej. W przypadku drgań o wyższych częstotliwościach zaproponowana metoda znacznie przewyższa strategię tłumienia pasywnego.

Artykuł 7: Pisarski D., Konowrocki R., Szmidt T., *Dynamics and optimal control of an electromagnetically actuated cantilever pipe conveying fluid*, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION 432: 420–436, 2018. DOI: 10.1016/j.jsv.2018.06.045 Impact Factor: 3.123 (Q1), Punkcja MEiN: 35

Celem artykułu jest sformułowanie warunku stabilizowalności oraz opracowanie sterowania optymalnego w problemie tłumienia drgań samowzbudnych typu flutter. Artykuł dotyczy problemu zastosowania sterowanych urządzeń elektromagnetycznych typu ruchowego w celu poprawy stabilności rury transportującej płyn. Gdy prędkość przepływu osiągnie wartość krytyczną, ustalona pozycja równowagi staje się niestabilna, co skutkuje występowaniem drgań samowzbudnych. Zademonstrowano urządzenia elektromagnetyczne typu transformatorowego, wysoce efektywne zarówno w zadaniu stabilizacji pasywnej takiego układu, jak i w przypadku stabilizacji aktywnej układów niezachowawczych. Sformułowano i udowodniono warunek stabilizowalności, co pozwala na właściwy dobór parametrów układu. Rozwiązano zadanie sterowania optymalnego, gdzie przełączająca strategia sterowania pozwala znacząco przyspieszyć redukcję drgań w obszarze stabilnym oraz ograniczyć amplitudy drgań układu w przypadku niestabilnym. Praktyczną zaletą proponowanego rozwiązania jest bezkontaktowy charakter siłownika elektromagnetycznego, co korzystnie wpływa na bezwładność układu transportującego płyn.

Artykuł 8: Pisarski D., Myśliński A., *Online adaptive algorithm for optimal control of structures subjected to travelling loads*, OPTIMAL CONTROL APPLICATIONS AND METHODS 38(6): 1168–1186, 2017. DOI: 10.1002/oca.2321 Impact Factor: 1.614 (Q2), Punktacja MNiSW: 30

Tematem publikacji jest opracowanie metody adaptacji czasów przełączeń w sterowaniu optymalnym konstrukcji półaktywnych poddanych działaniu wymuszenia o zmiennej charakterystyce. Zaprojektowany algorytm adaptacyjny wykorzystuje wzorcowe sterowanie optymalne obliczone dla stałych prędkości przejazdu obciążenia oraz zbiór funkcji opisujących wrażliwość dynamiki układu na mierzone parametry. Wynikiem działania zaproponowanego algorytmu jest modyfikacja schematu czasów przełączeń współczynnika tłumienia, który został przyjęty jako parametr sterowania. Ze względu na przyjęte funkcje wrażliwości, metoda może również zostać wykorzystana w przypadku działania zaburzeń losowych. Skuteczność zaproponowanej metody potwierdzono przy pomocy symulacji numerycznych przeprowadzonych w przypadku różnych trajektorii prędkości ruchomego obciążenia.

#### **Uwagi krytyczne**

1. Charakter prac przedstawionego cyklu jest bardzo teoretyczny. Zaproponowane są w nich metody uproszczone i odpowiednie algorytmy, potwierdzone symulacjami numerycznymi, ale brakuje fizycznych eksperymentów potwierdzających zarówno model, jak i zaproponowane metody sterowania i tłumienia drgań.
2. Zaproponowane modele drgań są liniowe, pomimo że sterowanie nie zawsze jest liniowe (np. wykorzystywane jest przełączanie sterowników itp.). Szkoda, że przypadek drgań nieliniowych np. w układach wielostabilnych nie był zbadany.
3. Autor koncentruje się na układach ciągłych, ale brakuje studium złożonych układów niejednorodnych, gdzie pewną rolę może odegrać synchronizacja drgań elementów składowych konstrukcji.
4. Kandydat nie podał specyfikacji, jaki był jego udział w osiągnięciach naukowych w artykułach wieloautorskich.

### **Osiągnięcia dodatkowe**

Poza zgłoszonymi osiągnięciami naukowymi związanymi bezpośrednio z cyklem habilitacyjnym Kandydat opublikował wiele innych artykułów naukowych oraz prezentacji konferencyjnych. Był recenzentem szeregu prac w wydawnictwach naukowych oraz recenzentem wniosków o projekty badawcze. Autor otrzymał też siedem patentów.

### **Aktywność w projektach badawczych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, aktywność organizacyjna**

Kandydat uczestniczył w wielu projektach badawczych w charakterze wykonawcy i w budowie unikalnych stanowisk badawczych znajdujących się w IPPT PAN. W chwili składania wniosku był też kierownikiem projektu Sonata 13 (Narodowe Centrum Nauki). Wcześniej był kierownikiem projektu finansowanego przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach programu HOMING PLUS (2014-2015). Kandydat brał udział w organizacji i prowadzeniu sesji na czterech zagranicznych konferencjach naukowych.

### **Aktywność dydaktyczna oraz w zakresie popularyzacji nauki**

Kandydat był opiekunem pomocniczym doktoranta, który obronił rozprawę doktorską z wyróżnieniem w IPPT PAN, oraz opiekunem pracy przejściowej i pracy magisterskiej na Politechnice Warszawskiej. Jego działalność popularyzacyjna koncentrowała się na aktywnym udziale w trzech Festiwalach Nauki (2019, 2020, 2021) oraz Piknikach Naukowych (2018) w Warszawie.

### **Współpraca naukowa z zagranicą po doktoracie**

Kandydat prowadził współpracę naukową z Université de Picardie Jules Verne, Amiens we Francji. W wyniku tych kontaktów, w tym obustronnych wizyt, przygotowano wspólną publikację. Prowadzono też dyskusje na temat praktycznych zastosowań wcześniejszych wyników. Kandydat uczestniczył również w wielu zagranicznych konferencjach naukowych i aktywnie przedstawiał swoje prace. W przypadku jednej z nich było to wystąpienie na zaproszenie ("invited speaker").

### **Podsumowanie**

W podsumowaniu stwierdzam, że Autor przedstawił unikatowy system rozproszonego sterowania układów ciągłych. Uzyskane przez niego wyniki oceniam jako bardzo wartościowe. Przedstawione powyżej uwagi krytyczne nie wpływają na pozytywną ocenę wartości pracy. Pomimo że prace przedstawianego cyklu mają charakter teoretyczny, zaproponowane procedury i strategie mają potencjalnie duże zastosowanie w praktyce. Prace były wielokrotnie cytowane (liczba cytowań oraz indeks Hirscha wg bazy Scopus w dniu złożenia wniosku, tj. 19 stycznia 2022 r., wynosiły odpowiednio 305 oraz 12) przez innych autorów, w tym autorów z ośrodków zagranicznych. Warto zwrócić uwagę na to, że wśród prac cytujących wyniki Kandydata są też artykuły naukowe o charakterze doświadczalnym, w których wykorzystano jego strategię sterowania. Autor posiada też na swoim koncie patenty odwołujące się do przedstawionych procedur. Oprócz tego kandydat pochwalił się dobrym doświadczeniem w kształceniu i popularyzacji nauki, co było trudne w jego przypadku, ponieważ pracuje w instytucie badawczym (IPPT PAN), w którym prowadzenie zajęć dydaktycznych nie jest wymagane. Jego doświadczenie we współpracy naukowej oceniam bardzo dobrze. Na uwagę zasługuje fakt, że Autor — bazując na współpracy zagranicznej — przygotował wspólną publikację. Drugi doktorat zagraniczny również należy ocenić jako bezsporne osiągnięcie. Kandydat udzielał się w pracy organizacyjnej, kierując projektami badawczymi oraz sesjami na konferencjach zagranicznych.

Wobec powyżej przytoczonych argumentów stwierdzam, że osiągnięcia naukowe, aktywność naukowa, organizacyjna i dydaktyczna dr. inż. Dominika Pisarskiego spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.). W związku z tym pozytywnie oceniam jego wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

KIEROWNIK KATEDRY AUTOMATYZACJI



*prof. dr hab. Grzegorz Litak*