

## **R E C E N Z J A**

osiągnięcia naukowego

**pt.**

**„Wpływ obniżonej grawitacji na dynamikę i sterowanie układami mechatronicznymi przewidzianymi do pracy w warunkach kosmicznych”**

oraz aktywności naukowej

**dra inż. Karola Seweryna**

przygotowana dla Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Podstawę do opracowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki nr WIMiR-b.511-10/16 z dnia 25 listopada 2016 r. oraz przekazana z tym pismem dokumentacja dotycząca postępowania habilitacyjnego dra inż. Karola Seweryna w dziedzinie nauki technicznych, w dyscyplinie automatyka i robotyka.

### **1. Informacje podstawowe**

Habilitant uzyskał dyplom magistra inżyniera w 2003 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej, na kierunku automatyka i robotyka. W tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie w Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK PAN). Stopień doktora nauk technicznych otrzymał w 2008 r. w dyscyplinie automatyka i robotyka ze specjalnością kosmonautyka na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, przedstawiając rozprawę pt. „Dynamika manewru zbliżania satelitów i ich

połączenia za pomocą manipulatora o więzach nieholonomicznych”. Po obronie pracy doktorskiej rozpoczął pracę w CBK PAN, gdzie od 01.12.2008 r. pracuje na stanowisku adiunkta prowadząc badania w zakresie technik kosmicznych.

## **2. Ocena osiągnięcia naukowego**

Osiągnięcie naukowe dra K. Seweryna stanowi cykl 20 publikacji poświęconych układom mechatronicznym i związanych z nimi układom sterowania, które są wykorzystywane w robotach kosmicznych pracujących w polu grawitacyjnym o obniżonej amplitudzie w porównaniu do pola grawitacyjnego Ziemi. Zredukowana lub zerowa grawitacja nastęrcza znacznych problemów, które muszą być uwzględnione na etapie projektowania i budowy urządzeń mechatronicznych. Te problemy dotyczą kinematyki i dynamiki swobodnie obracających się ciał, braku referencyjnego układu odniesienia w warunkach orbitalnych, względem którego dane urządzenie jest zamocowane, mniejszych sił i momentów niezbędnych do poruszenia obiektu oraz nietypowych zjawisk w zakresie mechaniki płynów. Różnice wynikające z pola grawitacyjnego wymuszają konieczność spełnienia dodatkowych wymagań. Przykładem może być tu synteza układu sterowania manipulatora satelitarnego, dobrze znana w przypadku gdy pracuje on na Ziemi, i znacznie komplikująca się przy pracy w środowisku orbitalnym gdyż wtedy zachodzi konieczność uwzględnienia więzów nieholonomicznych.

Problematyka przedstawionych do oceny publikacji jest kontynuacją tematyki podjętej przez Habilitanta w pracy doktorskiej, której zakres został rozszerzony o nowe obiekty dynamiczne i metody badawcze. Tematyka ta, inspirowana potrzebami nauki w zakresie technik kosmicznych, jest związana z dwoma obszarami badawczymi ważnymi dla agencji kosmicznych. Pierwszy obszar dotyczy robotyki orbitalnej, w szczególności opracowania manipulatora satelitarnego do realizacji manewru przechwycenia. Na uwagę zasługuje fakt, że prace z tego obszaru znajdują się w planach Europejskiej Agencji Kosmicznej (misja e.Deorbit- deorbitacja satelity Envisat) oraz Polskiej Agencji Kosmicznej (misja DePLiX). Natomiast drugi obszar dotyczy opracowania i budowy układów mechatronicznych do podpowierzchniowej eksploracji planet. Prace z obszaru sterowania są związane z badaniem stabilności afinicznych układów sterowania oraz systemów rozproszonych. W obu wyróżnionych obszarach bardzo duże znaczenie ma pole grawitacyjne.

Badania Kandydata, których udokumentowaniem są opiniowane artykuły opublikowane w międzynarodowych czasopismach naukowych związanych bezpośrednio z inżynierią kosmiczną, mechatroniką oraz robotyką były finansowane z funduszy projektów międzynarodowych i

krajowych. Niektóre z zaproponowanych rozwiązań technicznych zostały opatentowane, inne są na etapie trwającego procesu patentowego, a jeszcze inne zostały skomercjalizowane przy współpracy z partnerami krajowymi lub zagranicznymi.

Wkład dra K. Seweryna w przedstawione do oceny publikacje został określony zadaniami i oszacowany procentowo zgodnie z numeracją przyjętą w dostarczonej dokumentacji:

- artykuł P-1; opis koncepcji i zasady działania urządzenia PACKMOON oraz ocena sprawności działania na podstawie symulacji i eksperymentów, (100%),
- artykuł P-2; zdefiniowanie algorytmu planowania przy ograniczeniach wynikających z więzów nieholonomicznych oraz analiza wyników badań robota w warunkach orbitalnych, (39%),
- artykuł P-3; przygotowanie podstaw teoretycznych metody optymalizacji robota kosmicznego w przypadku gdy nie jest zachowany pęd i moment pędu, (39%),
- artykuł P-4; budowa stanowiska badawczego robotów kosmicznych w CBK PAN, (40%),
- artykuł P-5; opracowanie koncepcji, budowa stanowiska badawczego i wykorzystanie go do badania manipulatora kosmicznego WMS1 LEMUR w warunkach ziemskiej grawitacji, (30%),
- artykuł P-6; opracowanie modelu penetrometrów i ich symulacja, (42%),
- artykuł P-7; określenie zastosowania instrumentu CHOMIK jako urządzenia do pomiaru parametrów geotechnicznych regolitu przy zerowej grawitacji, (25%),
- artykuł P-8; budowa modelu MES do wyznaczania prądów wirowych pomiędzy poruszającymi się sferami, (20%),
- artykuł P-9; opracowanie kontenera na próbkę dla instrumentu CHOMIK na misje Phobos Grunt, (15%),
- artykuł P-10; opracowanie algorytmu do analizy dynamiki prostej i odwrotnej robota kosmicznego, (30%),
- artykuł P-11; budowa modelu ruchu statku kosmicznego realizującego manewr przechwycenia obiektu przy użyciu manipulatora, (40%),
- artykuł P-12; określenie zasad pracy wiertnicy rdzeniowej w warunkach obniżonej grawitacji i opracowanie koncepcji przewodu wiertniczego, (10%),
- artykuł P-13; określenie założeń konstrukcyjnych manipulatora WMS1 LEMUR i udział w budowie układu sterowania, (12 %),

- artykuł P-14; zdefiniowanie cech konstrukcyjnych pary kinematycznej manipulatora satelitarne, (35%),
- artykuł P-15; udział w analizie działania manipulatora kosmicznego pracującego w warunkach orbitalnych z działaniem manipulatora na helikopterze UAV oraz w budowie modelu dynamicznego manipulatora na tymże obiekcie, (35%),
- artykuł P-16; opracowanie modelu robota kosmicznego przy różnych wariantach konfiguracyjnych ramienia manipulatora, (30%),
- artykuł P-17; budowa modelu numerycznego manipulatora uwzględniającego elastyczność w członach, (5%),
- artykuł P-18; opracowanie koncepcji zastosowania rurek elastycznych do budowy rekonfigurowalnych manipulatorów kosmicznych, (30%),
- artykuł P-19; udział w symulacji ruchu robotów kosmicznych z różnymi strategiami sterowania, (20%),
- artykuł P-20; opracowanie założeń do konfiguracji manipulatora oraz do modelu referencyjnego opisującego dynamikę manipulatora, (40%).

Artykuły składające się na oceniany cykl zostały opublikowane m. in. w takich czasopismach naukowych jak: IEEE/ASME Transactions on Mechatronic Systems, IEEE Transactions on Magnetics, Acta Astronautica, Planetary and Space Sciences, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Astroparticle Physics, Journal of Instrumentation, Experimental Astronomy oraz Mechatronics.

Z analizy artykułów P-1–P-20 wynika co następuje. Artykuł P-4 (2 autorów) jest poświęcony opracowaniu i budowie stanowiska do badania robotów kosmicznych w CBK PAN, artykuł P-5 (5 autorów) - projektowi i budowie dwóch manipulatorów stanowiących kluczowy element stanowiska do testowania robota kosmicznego, a artykuł P-9 (10 autorów) - opracowaniu systemu na misję Phobos Grunt. Wkład Kandydata w te artykuły ma w większości charakter analityczny lub koncepcyjno-projektowy. W pozostałych pracach, z wyjątkiem artykułu P-1, Jego wkład polegał na przygotowaniu, opracowaniu lub zdefiniowaniu: idei, podstaw teoretycznych, modelu (teoretycznego, numerycznego, referencyjnego), cech konstrukcyjnych urządzenia, zasad pracy układu sterowania, metody optymalizacji trajektorii robota, założeń konfiguracji manipulatora, modyfikacji algorytmu, itp. Ponadto, Kandydat był zaangażowany (w przygotowanie prawie każdej z publikacji) w dyskusje i analizy wyników badań oraz ocenę możliwości zastosowania opracowanych rozwiązań.

Zastanawiająca jest dokładność oszacowania wkładu pracy Habilitanta w opiniowane publikacje. Na przykład, w przypadku artykułów P-2 i P-3 jest to 39%, w przypadku P-6 oraz P-13 jest to odpowiednio 42% i 12%. Uwagę zwraca również to oszacowanie w przypadku artykułów: P-8 (7 współautorów), P-9 (10 współautorów), P-12 (14 współautorów), P-13 (15 współautorów), P-17 (11 współautorów), P-18 (8 współautorów). Moim zdaniem trudno jest ocenić, czy faktycznie ten wkład odpowiada szacunkom gdyż nie są określone zadania wykonane przez pozostałych autorów, a ich wkład w większości wynosi kilka procent. Należy także zaznaczyć, że cyklu publikacji składającym się na osiągnięcie naukowe znajduje się tylko 1 artykuł autorski (P-1).

Na podstawie analizy publikacji, o których mowa można stwierdzić, że tematyka badań Habilitanta dotyczy głównie inżynierii satelitarnej w ścisłym powiązaniu z zagadnieniami mechatroniki, robotyki i sterowania. Skupia się na projektowaniu, konstrukcji i badaniu penetratorów gruntów kosmicznych oraz sterowaniu i badaniu robotów kosmicznych pracujących w warunkach obniżonej grawitacji. Zrealizowanie podjętych przez Kandydata zadań wymagało stosownej wiedzy i wniesienia dużego wkładu twórczego w szczególności zakresie dynamiki obiektów nieliniowych i sterowania nieliniowego obiektów nieholonomicznych. Należy zauważyć, że większość spośród opiniowanych publikacji jest poświęcona budowie i badaniu układów mechatronicznych, natomiast w mniejszym stopniu dotyczy sterowania.

Uważam, że podjęta tematyka jest oryginalna i stawia przed naukowcami duże wyzwania badawcze. Należy mieć nadzieję, że plany badawcze różnych instytucji i grup, a także indywidualne naukowców doprowadzą w niedalekiej przyszłości do takiego rozwoju inżynierii satelitarnej w kraju, że stanie się ona odrębną dyscypliną naukową. Biorąc to pod uwagę uważam, że osiągnięcie naukowe dra K. Seweryna mieści się w dyscyplinie automatyka i robotyka i wnosi wkład w rozwój tej dyscypliny. W moim przekonaniu Kandydat powiększył swój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych i zdobył kwalifikacje umożliwiające samodzielne prowadzenie badań naukowych.

Uważam, że pomimo wyżej przedstawionych uwag, osiągnięcie naukowe dra K. zasługuje na pozytywną ocenę.

### **3. Ocena aktywności naukowej**

Aktywność naukowa dra K. Seweryn przejawia się w obszarach inżynierii kosmicznej i lotniczej oraz automatyce i robotyce. Z dostarczonej dokumentacji wynika, iż Kandydat opublikował łącznie 33 prace, z których 27 posiada IF. Sumaryczna wartość IF wynosi 37,39,

a liczba punktów MNiSW wynosi 613. Według bazy WoS, liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) wynosi 418, a indeks H=6. Warto zauważyć, że największa liczba cytowań występuje latach 2011-2016 (w szczególności w 2016 r.), przy czym gwałtowny wzrost cytowań ma miejsce od 2012 roku. Natomiast według tejże bazy, w dniu datowania recenzji, liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) wynosi 545, a indeks H=7.

Należy zauważyć, że największą liczbę cytowań (307) ma artykuł znajdujący się w załączniku 6 dokumentacji (Wykaz innych opublikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowych – Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, łącznie 8 artykułów) i oznaczony jako A-5 (Design concept for the Cheronkov Telescope Array CTA: an advanced facility for ground-based high-energy gamma-ray astronomy – Experimental Astronomy). Według informacji znajdującej się w załączniku 6, ta praca ma ona ok. 700 współautorów, a udział Kandydata jest oszacowany na 0.1%. Podobnie rzecz wygląda w przypadku artykułu A-3 (Introducing the CTA concept - Astroparticle Physics), w którym uczestniczyło ok. 800 osób (druga w kolejności praca pod względem liczby cytowań (171). Jeśli wziąć pod uwagę kolejne artykuły wieloautorskie odpowiednio z udziałem procentowym tzn. A-7 (14; 1%), A-6 (13; 5%) i A-8 (9; 2%), to te prace mają łącznie 514 cytowań. Wynika z tego, że pozostałe artykuły z listy wraz tymi, które zostały przedstawione do oceny mają na chwilę obecną 31 cytowań. Prowadzi to do wniosku, że główny udział w aktualnych wskaźnikach bibliometrycznych mają prace, które nie znajdują się w przedstawionym do oceny cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe. Przyjmując, że dokumentacja została przekazana przez Habilitanta na początku 2-go półrocza 2016 r. okazuje się w okresie półrocznym, liczba cytowań (bez autocytowań) wzrosła o 124.

Kandydat jest współautorem 8 innych artykułów opublikowanych w międzynarodowych i krajowych czasopismach naukowych, z których 5 znajduje się na liście B MNiSW. W wykazie tychże prac brak jest Jego szacunkowego procentowego udziału. Habilitant jest autorem 2 i współautorem 15 referatów wygłoszonych na międzynarodowych oraz krajowych konferencjach tematycznych. Ponadto jest współautorem/autorem ponad 100 raportów z prac badawczych.

Dr inż. K. Seweryn jest współtwórcą 2 udzielonych i 2 zgłoszonych patentów p.t.:

- „Mechanizm zaciskowy, układ blokujący oraz sposób operowania manipulatorem rekonfigurowalnym”,
- „Układ prowadzenia głowicy wiercącej, mechanizm rozporowy oraz sposób wiercenia”
- „Napęd taśmy zwijanej oraz manipulator”,

- „Analog gruntu księżycowego”.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora, Kandydat brał udział w 10 krajowych i międzynarodowych projektach badawczych:

- „Small Helicopter as a Test-bed Solution for Satellite Robots” (kierownik),
- dotyczącym opracowania instrumentu CHOMIK na misję PHOBOS Grunt (menadżer),
- Charentov Telescope Array (kierownik zespołu CBK PAN),
- „Opracowanie i budowa prototypu manipulatora satelitarnego jako kluczowego elementu orbitalnych systemów serwisujących - LIDER” (kierownik),
- dotyczącym opracowania instrumentu STIX dla misji ESA Solar Orbiter (współkierujący zespołem),
- „European Levitation Spherical Actuator” (wykonawca),
- Opracowanie modelu automatycznej wiertnicy do pracy w ekstremalnych warunkach, w szczególności w środowisku kosmicznym” (kierownik),
- „Opracowanie i walidacja modelu laboratoryjnego robota kosmicznego zawierającego układ silników resistojet” (kierownik),
- StarTiger (kierownik polskiej części projektu),
- „Mobilność nieholonomicznych robotów kosmicznych w obecności przestrzennie rozległych przeszkód posiadających moment pędu” (główny wykonawca).

Habilitant jest także autorem konstrukcji urządzenia do pobierania próbek regolitu w warunkach mikrogravitacji PACKMOON, konstrukcji manipulatora satelitarnego przeznaczonego do przechwytywania satelitów i śmieci kosmicznych oraz współautorem urządzenia CHOMIK do pobierania próbek regolitu w warunkach mikrogravitacji.

Działalność badawcza Habilitanta niezwiązana bezpośrednio z ocenianym osiągnięciem naukowym dotyczy: współpracy z zespołami astrofizyków, którzy pracują nad tworzeniem obserwatorium wysokich energii CTA, budową spektrometru STIX dla misji Solar Orbiter (ESA) do Słońca oraz prac nad zbudowaniem sensorów przewodnictwa termicznego dla przyszłych misji planetarnych.

Za działalność naukową dr inż. K Seweryn uzyskał 2 nagrody Dyrekcji CBK PAN (2013 r. i 2015 r.) oraz wyróżnienie Dyrektora CBK PAN za udział w misji Phobos Grunt.

Należy zaznaczyć szeroką współpracę Habilitanta z zagranicznymi ośrodkami naukowo-badawczymi. Moim zdaniem zasługuje ona na ocenę wyróżniającą. Wyrażam nadzieję, że

będzie to miało znaczenie nie tylko w dalszej karierze naukowej Kandydata, ale pozwoli też przyczynić się do rozwoju inżynierii satelitarnej w kraju.

Na podstawie powyższej analizy działalność naukową dra inż. K. Seweryna oceniam pozytywnie.

#### **4. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego.**

W ramach działalności dydaktycznej Kandydat:

- nadzorował grupę studentów z Politechniki Warszawskiej opracowujących system termiczny satelity oraz prowadził zajęcia seminaryjne i projektowe,
- prowadził wykłady poświęcone podsystemom statków kosmicznych na Politechnice Warszawskiej, Politechnice Łódzkiej i w Akademii Górniczo-Hutniczej (w latach 2010-2013),
- był promotorem 2 prac inżynierskich i 1 magisterskiej na Politechnice Warszawskiej,
- prowadził praktyki i staże studenckie w Laboratorium CBK PAN,
- był promotorem pomocniczym w 1 pracy doktorskiej realizowanej na Politechnice Warszawskiej.

W zakresie działań organizacyjnych Habilitant aktywnie uczestniczył w pracach na rzecz rozwoju interdyscyplinarnego instytutu naukowego PAN i regionu oraz w popularyzacji, promocji i rozwoju inżynierii satelitarnej jako dyscypliny naukowej w kraju. Może o tym świadczyć m. in. uczestnictwo w takich wydarzeniach jak: European Rover Challenge, Konferencji Poland in Space o Forum Innowacji Kosmicznych. Kandydat prowadzi również działania jako członek XVII grupy Krajowej Inteligentnej Specjalizacji oraz członek Sekcji Astronautyki i Technologii Kosmicznych Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN. Bierze również czynny udział w Advisory Board programu PERAPSERA.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny dra inż. K. Seweryna, który jest pracownikiem jednostki zorientowanej przede wszystkim na działalność naukowo-badawczą a, nie dydaktyczną, uznaję za wystarczający.

#### **5. Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że przedstawione i ocenione osiągnięcie naukowe pt. „Wpływ obniżonej grawitacji na dynamikę i sterowanie układami mechatronicznymi przewidzianymi do pracy w warunkach kosmicznych”, opisana aktywność naukowa Habilitanta, Jego zaangażowanie w międzynarodowe i krajowe projekty badawcze, działalność dydaktyczna i organizacyjna, a także działalność na rzecz rozwoju inżynierii satelitarnej spełniają kryteria do wystąpienia z

wnioskiem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie automatyka i robotyka, zgodnie z wymogami odnośnie do przewodu habilitacyjnego, określonymi w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku (z późniejszymi zmianami) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

W związku z tym wyrażam pozytywną opinię w sprawie nadania doktorowi inżynierowi Karoli Sewerynowi stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych. Z uwagi na fakt, że działalność naukowo-badawcza Habilitanta jest związana z dwiema dziedzinami, t. j. inżynierią kosmiczną i lotniczą oraz automatyką i robotyką, a tylko ta druga jest dyscypliną naukową w kraju, wskazuję jako dyscyplinę automatykę i robotykę.