

Dr hab. inż. Leszek Sałbut, prof. uczelni  
Politechnika Warszawska  
Wydział Mechatroniki

Warszawa, 03.12.2019

## RECENZJA

**osiągnięcia naukowego pt. „Metody stabilizacji przestrzennej wiązki lasera”  
oraz opinii o istotnej aktywności naukowej dr inż. Olgi Iwasińskiej – Kowalskiej,  
sporządzona w związku z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego  
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn**

Recenzja została wykonana na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Mechatroniki, prof. dr hab. Natalii Golnik w związku z decyzją Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów nr BCK-VI-8867/2019 z dnia 6 września 2019 r.

### 1. Wstęp - dane ogólne

Dr inż. Olga Iwasińska – Kowalska ukończyła studia magisterskie na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej w 1999 r. na kierunku Mechanika i budowa maszyn w specjalności Metrologia i inżynieria jakości. W 2001 roku została zatrudniona na stanowisku asystenta w Zakładzie Metrologii i Inżynierii Jakości na Wydziale Mechatroniki PW. W 2005 r. obroniła rozprawę doktorską pt. „Interferencyjna bezstykowa metoda pomiaru długości wzorców końcowych” i uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn. W tym samym roku została zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Metrologii Współrzędnościowej.

W latach 2006-2007 kierowała projektem MNiSW w którym kontynuowała tematykę podjętą w ramach doktoratu. Do 2011 roku, poza pracami związanymi z pomiarami długości wzorców końcowych, brała także udział w pracach badawczych dotyczących sprawdzania układów referencyjnych metodami interferencyjnymi oraz pomiaru małych promieni i ich odchyłek metodami profilometrycznymi.

Po 2011 roku rozpoczęła badania związane z metodami stabilizacji kątowej wiązki lasera, które zostały wykazane jako osiągnięcie naukowe we wniosku habilitacyjnym i zostaną omówione w dalszej części recenzji. Jednocześnie zajmowała się zagadnieniami związanymi z budową i optymalizacją precyzyjnego interferometru do pomiaru rozszerzalności cieplnej

w elementach wag laboratoryjnych o ultra wysokiej rozdzielczości, w tym biernej stabilizacji wiązki w układzie optycznym interferometru oraz problemami powtarzalności i odtwarzalności pomiaru.

W 2018 roku została zatrudniona na stanowisku starszego wykładowcy w Zakładzie Metrologii Współrzędnościowej na Wydziale Mechatroniki PW, gdzie pracuje do dzisiaj.

Poza osiągnięciami o charakterze badawczo – naukowym, potwierdzonymi licznymi publikacjami, dr Olga Iwasińska-Kowalska ma także istotne osiągnięcia na polu dydaktycznym, i organizacyjnym. Aktywność habilitantki w tym zakresie zostanie omówiona w dalszej części recenzji.

## **2. Ocena wskazanego przez habilitantkę osiągnięcia naukowego**

Dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska jako osiągnięcie naukowe, wynikające z art. 16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789) i będące podstawą do przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego, przedstawiła cykl 7 publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: „Metody stabilizacji przestrzennej wiązki lasera” i składający się z czterech publikacji (trzech samodzielnych i jednej współautorskiej) opublikowanych w czasopismach z listy JCR, jednego patentu PAT.219676 (współautorski) i dwóch publikacji konferencyjnych (jedna samodzielna i jedna współautorska). Powiązany tematycznie cykl publikacji poszerzony został o 8 publikacji (trzy w czasopismach z listy JCR i pięć w czasopismach krajowych, w tym cztery samodzielne) pośrednio związanych z tematem habilitacji.

Przedstawione do oceny publikacje powstały w latach 2007 – 2019 to jest, po zakończeniu przez habilitantkę przewodu doktorskiego. Sumaryczny *impact factor* według listy *Journal Citation Reports (JCR)*, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi 10,446 (z uwzględnieniem udziałów 6,197), liczba cytowani według bazy *Web of Science (WoS)* – 4, a indeks *Hirscha* według bazy *Web of Science (WoS)* – 4.

Przestrzenna stabilizacja wiązki lasera jest niezwykle istotna w wielu technikach pomiarowych i produkcyjnych, m.in. w metodach interferometrycznych (pomiaru prostoliniowości, długości, przemieszczenia), triangulacji laserowej (pomiaru kształtu), detekcji ugięć mikrobilki (kantilewera) w mikroskopii sił atomowych, litografii laserowej, wytwarzaniu światłowodowych czujników z siatkami Bragga i wielu innych. W interferometrach odchylenia kątowe wiązki lasera powodują przypadkowe zmiany kąta interferujących wiązek, co prowadzi do pogorszenia kontrastu, zwiększenia błędów interpolacji i błędów kosinusowych. Te losowe zmiany kątowego położenia osi wiązki mogą być zminimalizowane przez dodatkowy system przestrzennie stabilizujący wiązkę składający się z czujnika mierzącego odchylenie wiązki i układu sterującego kątowym położeniem wiązki. Wymagania dla takich układów są bardzo wysokie: zakres działania jest rzędu 0,1 mrad,



a dokładność i rozdzielczość pozycjonowania powinna być lepsza niż odpowiednio 0,1 i 0,01 zakresu działania. Warunki takie spełniają metody sterowania przez zmianę właściwości elementu optycznego lub przez obrót elementu optycznego. Czujniki odchylenia budowane są z zastosowaniem zjawiska interferencji, dyfrakcji lub całkowitego wewnętrznego odbicia. Istniejące rozwiązania mają szereg wad, np. w deflektorach siatkowych występują duże straty energii a układy z pryzmatami Risleya działają zbyt wolno. Podobnie w przypadku czujników, znane rozwiązania mają zbyt duże wymiary gabarytowe uniemożliwiające ich wprowadzenie do konstrukcji lasera w aktywnych systemach stabilizacji wiązki.

Dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska przyjęła za swój cel opracowanie nowych metod sterowania oraz nowych czujników odchylenia nie mających wymienionych wad lub je minimalizujące i zastosowanie wybranych rozwiązań w systemie stabilizacji. W autoreferacie w jasny sposób przedstawiła cel i zakres przeprowadzonych badań oraz uzyskane najważniejsze wyniki i wnioski. Warto zaznaczyć, że wszystkie zaproponowane rozwiązania zostały sprawdzone eksperymentalnie. Dodatkowym efektem prac nad interferometrycznym czujnikiem odchylenia było uzyskanie patentu „Sposób pomiaru odchyłeń kątowych wiązki laserowej i interferometr do pomiaru odchyłeń kątowych wiązki laserowej” w którym jej wkładem było opracowanie koncepcji możliwych realizacji układu optycznego.

**Zaproponowana metoda pomiaru kątowych odchyłeń wiązki laserowej pozwala na budowę układu o rozdzielczości co najmniej o rząd wyższej niż rozdzielczość obecnie stosowanych metod, przy wielkości zespołu pomiarowego mieszczącego się w kilku centymetrach sześciennych, co predestynuje go do zastosowania w układzie stabilizacji kierunku wiązki lasera. Opracowane rozwiązania stanowią nowość w skali światowej i wnoszą istotny wkład w dyscyplinę naukową Budowa i eksploatacja maszyn.**

Do najważniejszych, szczegółowych osiągnięć przedstawionych w cyklu publikacji będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego należy zaliczyć:

- w zakresie opracowania nowych i rozwoju metod odchylenia wiązki
  - Opracowanie nowej, oryginalnej metody sterowania wiązką lasera za pomocą klina powietrznego o zmiennym współczynniku załamania kontrolowanym przez zmianę ciśnienia powietrza. Główne zalety metody to wysoka rozdzielczość odchyłeń osiągnięta przez niewymagające precyzji sterowanie ciśnieniem i zmienność czułości realizowana przez zmianę objętości początkowej sprężanego powietrza.
  - Opracowanie metody sterowania wiązką przez odchylenie zwierciadła za pomocą sterowanego niskim napięciem wybaczanego elementu piezoelektrycznego. Zaletą układu jest duży zakres odchyłeń (0.2 mrad), bardzo wysoka rozdzielczość (25 nrad) i brak histerezy.

- Opracowanie metody zastosowania klina cieczowego do stabilizacji przestrzennej lasera. Badania wykazały, że klin cieczowy o zmiennym kącie pozwala na osiągnięcie zakładanego zakresu (0,1mrad) i rozdzielczości (100 nrad), co pozwala na jego zastosowanie do sterowania wiązką.
- Opracowanie metody zastosowania klina uchylnego do sterowania wiązką stabilizowanego częstotliwościowo lasera, Klin taki zapewnia dokładne odchylenie kątowe wiązki w założonym zakresie i z oczekiwaną rozdzielczością oraz nie wymaga precyzyjnego zadawania obrotu.
- w zakresie rozwiązań optycznych czujnika interferometrycznego
  - Opracowanie koncepcji układu optycznego czujnika odchyłeń kątowych wiązki w postaci kompaktowego zespołu z przestrzennym biegiem wiązek. Interferometr został zbudowany z kostki światłodzielącej i pryzmatów narożnego i prostokątnego, co ograniczyło wymagania justerskie do dwóch kierunków liniowych. Dodatkowo w układzie zrealizowana została praktycznie zerowa różnica dróg optycznych, co ma znaczenie na ograniczenie wpływu warunków otoczenia. Koncepcja ta została użyta do opracowania całkowicie nowego czujnika mikro-odchyłeń wiązki.
- Opracowanie i realizacja systemu stabilizacji kątowej wiązki lasera z zastosowaniem opracowanego czujnika interferometrycznego i zaproponowanych układów do odchylenia wiązki. Przeprowadzone laboratoryjne badania systemu stabilizacji, zbudowanego z użyciem niezoptymalizowanych zespołów elektronicznych, wykazały możliwość znacznego, dziesięciokrotnego wytlumienia wprowadzanego zaburzenia kątowego. Potwierdza to jakość opracowanych metod i urządzeń.

Na podstawie przedłożonego przez dr inż. Olę Iwasińską-Kowalską cyklu publikacji i przedstawionego autoreferatu stwierdzam, że w sposób twórczy zastosowała Ona techniki analityczne i eksperymentalne do opracowania nowych i modyfikacji istniejących metod odchylenia wiązki oraz nowych układów interferometrycznych czujników o parametrach przekraczających istniejące rozwiązania, a także ich wykorzystania w systemach stabilizacji przestrzennej wiązki laserowej. Jej osiągnięcia naukowe potwierdzają samodzielne publikacje w renomowanych czasopismach indeksowanych w bazie JCR oraz uzyskanie patentu. Pewien niedosyt wzbudza brak wskazania dalszych kierunków prac w prezentowanej tematyce.

**Ostatecznie uważam, że osiągnięcia naukowe zawarte w przedstawionym do recenzji tematycznym cyklu publikacji, stanowią oryginalny wkład w dyscyplinę Budowa i eksploatacja maszyn i wobec tego Habilitantka spełnia wymagania stawiane kandydatowi do stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych.**



### 3. Ocena istotnej aktywności naukowej – pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska ma w swoim dorobku naukowym 21 publikacji i 2 patenty, w tym 13 publikacji po uzyskaniu doktoratu, z których 7 opublikowała w czasopismach z bazy JCR i 6 w czasopismach krajowych znajdujących się na liście B MNiSW. Wygłosiła także 4 referaty na konferencjach krajowych w tym 1 referat zaproszony. Warty podkreślenia jest fakt, że 8 publikacji jest tylko Jej autorstwa, w tym 3 w czasopismach z bazy JCR. Sumaryczny współczynnik wpływu *impact factor* wynosi 10,446, liczba cytowań - 35, a indeks Hirscha - 4 (według bazy Web of Science).

Swoją pracę naukową Habilitantka rozpoczęła w 2001 roku realizując pracę doktorską pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Dobosza. Tematykę pracy dotyczącą interferencyjnych pomiarów długości wzorców końcowych kontynuowała także po uzyskaniu doktoratu, m.in. w ramach projektu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Urządzenie do interferencyjnego bezstykowego pomiaru długości wzorców końcowych”, którego była kierownikiem i głównym wykonawcą. Zajmowała się m.in. problemami związanymi ze stabilizacją termiczną układu pomiarowego oraz ograniczeniem koherencji czasowej wielomodowej diody laserowej przeznaczonej do detekcji zerowej różnicy dróg optycznych w interferometrze do pomiaru płytek wzorcowych. Nowym rozwiązaniem było użycie tylko jednego dodatkowego źródła światła wraz z laserem, w odróżnieniu od dwóch dodatkowych źródeł proponowanych wcześniej w pracy doktorskiej.

Równocześnie brała udział w projektach KBN i MNiSW dotyczącymi opracowania metod badania dokładności uniwersalnych urządzeń do pomiaru odchyłek kształtu i położenia elementów mechanicznych, głównie w zakresie sprawdzania układów referencyjnych metodami interferencyjnymi i profilometrycznymi, zwłaszcza w zakresie pomiaru małych promieni i ich odchyłek.

O docenieniu wiedzy i doświadczenia dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej w środowisku świadczy jej udział jako eksperta w projekcie „Monitorowanie i prognozowanie (Foresight) priorytetowych, innowacyjnych technologii dla zrównoważonego rozwoju województwa mazowieckiego”, w którym opiniowała analizy w obszarze techniki pomiarowej: Metrologia, analizy i diagnoza stanu obecnego (2008), Krzyżowa analiza wpływów, scenariusze rozwoju, priorytetowe technologie (2010) i Badanie metodą delficką (2010).

Po roku 2011 rozpoczęła prace w zakresie metod stabilizacji kątowej wiązki lasera związane ze wskazanym we wniosku habilitacyjnym osiągnięciem naukowym. Jednocześnie w latach 2013 – 2016 zajmowała się badaniami nad układami precyzyjnego interferometru do pomiaru rozszerzalności cieplnej w elementach konstrukcyjnych wag laboratoryjnych o ultra wysokiej rozdzielczości. W pracach tych zajmowała się zagadnieniami biernej stabilizacji wiązki lasera i problemami powtarzalności i odtwarzalności pomiaru, w tym optymalizacją układu

optycznego interferometru i analizą czynników związanych z kompensacją współczynnika załamania, zachowania wiązki w powietrzu oraz czynnikami niepewności mających źródło w oddziaływaniach mechanicznych. Za badania prowadzone nad metodą interferencyjną do badania rozszerzalności elementów konstrukcyjnych wag została wyróżniona Nagrodą zespołową Rektora II stopnia (udział 15%).

Wymienione wyżej badania realizowała jako główny wykonawca w 3 projektach badawczych finansowanych przez NCBiR:

- „Zastosowanie nowej ultra precyzyjnej metody pomiarowej do budowy kompaktowego czujnika mikro-odchyłeń kątowych oraz systemu stabilizacji kierunku wiązki światła emitowanej przez laser”. Wyniki badań zostały przedstawione w osiągnięciu naukowym we wniosku habilitacyjnym i omówione w punkcie 2 recenzji.
- „Opracowanie i zastosowanie wysokiej dokładności metod pomiarowych do optymalizacji konstrukcji wag laboratoryjnych o ultra wysokiej dokładności”.
- „Opracowanie przenośnego przyrządu do badań charakterystyk metrologicznych głowic stykowych stosowanych we współrzędnościowych maszynach pomiarowych i obrabiarkach”.

O pozycji dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej w środowisku świadczy także jej udział w komitetach organizacyjnych konferencji: WESIC'07, International Conference, 5th Workshop on European Scientific and Industrial Colaboration on Promoting Advanced Technologies in Manufacturing (2007) i Metrologia w Technikach Wytwarzania (2011) oraz recenzowanie publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych, w tym: Applied Optics, Metrology and Measurement Systems, Review of Scientific Instruments, Optics amd Lasers in Engineering i Science Asia. W latach 2007 – 2010 była członkiem sekcji Inżynierii Jakości i Diagnostyki Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej.

Dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska poza działalnością naukowo – badawczą, w latach 2007 – 20018, zrealizowała także szereg prac dla otoczenia gospodarczego, w tym:

- badania i ekspertyzy w zakresie pomiarów profilometrycznych dla firm Warsaw Numeric Control, Metrolab i Konsberg;
- ekspertyzę wzorców chropowatości dla firmy Oberon;
- pomiary i analizy małych promieni z proszków metali i narzędzi formujących dla POLMO;
- pomiary odchyłek okrągłości dla GE;
- pomiary i analizy małych promieni dla POLMO;
- opracowanie metod, badania i analizy odchyłek kształtu i chropowatości zwierciadeł dla Centrum Badań Kosmicznych;
- ekspertyzę zużycia wzorców do mikrogeometrii dla LotAMS;



- badania i opracowanie metod pomiaru małych wymiarów elementów z tworzyw sztucznych dla Konsberg
- badania i analizy dotyczące pomiarów promieni ostrz skrawających dla firmy Westa Works;
- ekspertyzę dla PZL WZM dotyczącą mikrogeometrii elementów mechanicznych.

Podsumowując aktywność Habilitantki uważam, że dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska znajduje duże uznanie w środowisku naukowym oraz gospodarczym. O jej umiejętnościach i pozycji naukowej świadczą publikacje w renomowanych czasopismach, zwłaszcza samodzielne; recenzje artykułów w czasopismach z bazy JCR; udział w konferencjach, w tym wygłoszenie referatu zapraszanego; udział w komitetach organizacyjnych konferencji; udział w pracach eksperckich Foresight; członkostwo w sekcji Inżynierii Jakości i Diagnostyki Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej; udział w 6 projektach badawczych, w tym kierowanie jednym z nich oraz szeroka współpraca z otoczeniem gospodarczym. W dostarczonych do opinii materiałach brak jest niestety informacji o stażach i współpracy z ośrodkami zagranicznymi oraz o członkostwie w krajowych i międzynarodowych towarzystwach naukowych.

**Ostatecznie uważam, że dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska osiągnęła cechy samodzielnego i dojrzałego pracownika naukowego.**

#### **4. Działalność dydaktyczna i organizacyjna**

Działalność dydaktyczna dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej jest związana z uprawianą tematyką naukową. Na Wydziale Mechatroniki prowadzi wykłady, zajęcia projektowe i laboratoryjne z 11 przedmiotów, w tym samodzielnie: Czujniki w sterowaniu procesem, Systemy zapewnienia jakości i Normalizacja.

Była promotorem 35 prac dyplomowych i sprawowała opiekę nad czterema osobami studiującymi w trybie tzw. Indywidualnego toku studiów.

Sprawowała opiekę naukową nad 2 doktorantami w charakterze promotora pomocniczego w przewodach doktorskich prowadzonych i pozytywnie zakończonych na Wydziale Mechatroniki PW:

- dr inż. Marka Ściuby pt. „Ultradźwiękowa kompensacja wpływu temperatury powietrza na interferencyjny pomiar długości”;
- dr inż. Olega Petruka pt. „Metoda kompensacji niezrównoważenia hallotronów cienkwarstwowych z wykorzystaniem tomografii rezystancyjnej”.

Dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska aktywnie uczestniczy w dydaktycznych działaniach organizacyjnych na Wydziale Mechatroniki. Od 2018 r. jest opiekunem specjalności Współrzędnościowe Systemy Pomiarowe i Przewodniczącą Komisji egzaminów dyplomowych w tej specjalności. Jest także kierownikiem Laboratorium Laserowych Technik Pomiarowych.

Od 2012 jest pełnomocnikiem Dziekana ds. Jakości Kształcenia na Wydziale Mechatroniki PW i członkiem Uczelnianej Rady ds. Jakości Kształcenia, a od 2014 r. członkiem Wydziałowej Komisji ds. Organizacji i Jakości Kształcenia.

W latach 2011 – 2014 kierowała Laboratorium Zaawansowanych Technik Pomiarów Wielkości Geometrycznych. Pełniła także funkcję sekretarza w Komisji ds. Przewodów Doktorskich w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn.

Za swoją działalność związaną z dydaktyką i organizacją dydaktyki została wyróżniona:

- Nagrodą Rektora Indywidualną III stopnia w 2012 r. – za opracowanie ćwiczeń do przedmiotu Interferometria przemysłowa;
- Medalem Komisji Edukacji Narodowej w 2017 r.

**Uważam, że dr inż. Olga Iwasińska-Kowalska z olbrzymim zaangażowaniem realizuje zadania dydaktyczne i organizacyjne w sposób zasługujący na uznanie.**

## **5. Podsumowanie**

Oryginalne i wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny Budowa i eksploatacja maszyn osiągnięcia naukowe i organizacyjne dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej to:

- Opracowanie nowych metod stabilizacji kątowej wiązki lasera stosowanego do interferencyjnych pomiarów długości oraz przemieszczeń liniowych i kątowych, w tym opracowanie nowych i modyfikacja istniejących metod odchylenia wiązki oraz optycznych układów interferencyjnych czujników odchylenia wiązki (osiągnięcia są omówione w pkt.2 tej recenzji).
- Dorobek publikacyjny, w tym samodzielne publikacje w czasopismach z bazy JCR.
- Twórczy sposób podejmowania skomplikowanych tematów i stawiania celów badań oraz ich realizacja tak w teoretycznym jak i doświadczalnym aspekcie.
- Udział w projektach badawczych, w tym kierowanie jednym z nich.
- Szeroka i aktywna współpraca z otoczeniem gospodarczym.
- Wyróżniająca działalność dydaktyczna i organizacyjna.



### Wniosek końcowy

Stwierdzam, że zarówno osiągnięcia naukowe dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej, jak i jej pozostała aktywność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna spełniają wymagania stawiane kandydatowi do stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych zawarte w art. 16 2 ustawy z dnia 14 mqrca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.).

Jednocześnie wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Olgi Iwasińskiej-Kowalskiej do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. M. A.', is located in the lower right quadrant of the page.