

Gdańsk dnia 20 października 2023

dr hab. inż. Michał Wodtke
Instytut Mechaniki i Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
tel. 58 347 10 46; +48 698 186 330

RECENZJA

w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Piotra Wróblewskiego

Recenzję sporządziłem na podstawie pisma przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie z dnia 13.07.2023 roku informującego o powołaniu mojej osoby na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Piotrowi Wróblewskiemu. Do sporządzenia recenzji wykorzystałem dokumentację przekazaną przez Wojskową Akademię Techniczną. Postępowanie jest postępowaniem według ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 poz. 85 z późniejszymi zmianami).

1. Sylwetka Kandydata

Dr inż. Piotr Wróblewski jest absolwentem studiów magisterskich na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał tamże w 2018 roku w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn za pracę pt.: „Wpływ asymetrycznych kształtów powierzchni ślizgowych na sprawność mechaniczną tłokowego silnika spalinowego” zrealizowaną pod kierunkiem prof. Antoniego Iskry. Kandydat ukończył również studia podyplomowe na kierunkach: zarządzanie i marketing w administracji publicznej na Wyższej Szkole Kadr Menedżerskich w Koninie (2019), zarządzanie oświatą na Wyższej Szkole Pedagogiczno – Technicznej w Koninie (2016) oraz lotnictwo i kosmonautyka na Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie (2013). Obecnie (od 2020) dr inż. Piotr Wróblewski zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Zakładzie Budowy i Eksploatacji Statków Powietrznych Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa WAT a także pełni funkcję prodziekana ds. kierunku transport (od 2021 roku) w Uczelni Techniczno-Handlowej im. H. Chodkowskiej w Warszawie. Ponadto Kandydat pracował jako nauczyciel w Ośrodku Doskonalenia Zawodowego (2013-2021) i Zespole Szkół Zawodowych (2011-2023) w Słupcy oraz jako redaktor dla kilku miesięczników z m.in. branży motoryzacyjnej (od 2011).

2. Ocena osiągnięcia naukowego przedstawionego do oceny

Kandydat przedstawił do oceny osiągnięcie pod tytułem: **Teoretyczno-eksperymentalne studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości i ich wpływu na parametry filmu olejowego z uwzględnieniem nanopowłok wielowarstwowych i nanociecz w aspekcie redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego**. Na przedstawione osiągnięcie składa się cykl dziesięciu publikacji z lat 2020-2023:

- [P-1] Wróblewski P.: *Investigation of energy losses of the internal combustion engine taking into account the correlation of the hydrophobic and hydrophilic*, Energy, Elsevier, Volume 264, 2023, 126002, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126002>. IF = 8.857, 200 pkt., 9 cytowań (wg Scopus na dzień sporządzenia recenzji).
- [P-2] Wróblewski P.: *Reduction of friction energy in a piston combustion engine for hydro-phobic and hydrophilic multilayer nanocoatings surrounded by soot*, Energy, Elsevier, Volume 264, 2023, Energy, 2023, 126974, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.en-ergy.2023.126974>. IF = 8.857, 200 pkt., 5 cytowań.
- [P-3] Wróblewski P.: *The theory of the surface wettability angle in the formation of an oil film in internal combustion piston engines*, Scientific Reports, Materials, MDPI, vol. 16(11), 2023, 4092. <https://doi.org/10.3390/ma16114092>. IF = 3.400, 140 pkt., 2 cytowania (korekta wydawcy i numeru DOI zgłoszona do wniosku przez Kandydata zgodnie pismem z dnia 30.06.2023 załączonym do dokumentacji).
- [P-4] Wróblewski, P.: *Analysis of Torque Waveforms in Two-Cylinder Engines for Ultralight Aircraft Propulsion Operating on OW-8 and OW-16 Oils at High Thermal Loads Using the Diamond- Like Carbon Composite Coating*, SAE International Journal of Engines 15(1):2022, doi:10.4271/03-15-01-0005. USA, 2021. IF = 2.110, 100 pkt., 19 cytowań.
- [P-5] Wróblewski, P.: *Technology for Obtaining Asymmetries of Stereometric Shapes of the Sealing Rings Sliding Surfaces for Selected Anti-Wear Coatings*, Event: SAE Power-trains, Fuels & Lubricants Meeting, SAE Technical Paper 2020-01-2229, SAE International USA, 2020, <https://doi.org/10.4271/2020-01-2229>. IF = 0.615, 40 pkt., 17 cytowań.
- [P-6] Wróblewski P., Koszalka G.: *An Experimental Study on Frictional Losses of Coated Piston Rings with Symmetric and Asymmetric Geometry*, SAE International Journal of Engines,14(6): USA 2021, ISSN: 1946-3936, e-ISSN: 1946-3944, doi:10.4271/03-14-06-0051. IF = 2.110, 100 pkt., 24 cytowania.
- [P-7] Wróblewski P., Rogólski R.: *Experimental Analysis of the Influence of the Application of TiN, TiAlN, CrN and DLC1 Coatings on the Friction Losses in an Aviation Internal Combustion Engine Intended for the Propulsion of Ultralight Aircraft*. Materials, MDPI, 2021, 14, 6839. <https://doi.org/10.3390/ma14226839>. IF = 3.748, 140 pkt., 21 cytowań.
- [P-8] Wróblewski, P., Iskra, A.: *Problems of Reducing Friction Losses of a Piston-Ring-Cylinder Configuration in a Combustion Piston Engine with an Increased Isochoric Pressure Gain*, Event: SAE Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting, SAE Technical Paper 2020-01-2227, SAE International USA, 2020, <https://doi.org/10.4271/2020-01-2227>. IF = 0.615, 40 pkt., 30 cytowań.
- [P-9] Mubashar Arshad, Azad Hussain, Ali Hassan, Piotr Wróblewski, Ashraf Elfasakhany, Mohamed Abdelghany Elkotb, Mostafa A.H. Abdelmohimen, Ahmed M.Galal: *Thermal energy investigation of magneto-hydrodynamic nano-material liquid flow over a stretching sheet: comparison of single and composite particles*, Alexandria Engineering Journal, Elsevier, Volume 61, Issue 12, 2022, Pages 10453-10462, ISSN 1110-0168, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.069>. IF = 6.626, 70 pkt., 15 cytowań.

[P-10] Mubashar Arshad, Azad Hussain, Ali Hassan, Hanen Karamti, Piotr Wróblewski, Ilyas Khan, Mulugeta Andualem, Ahmed M. Galal: *Scrutinization of Slip Due to Lateral Velocity on the Dynamics of Engine Oil Conveying Cupric and Alumina Nanoparticles Subject to Coriolis Force*, *Mathematical Problems in Engineering*, Hindawi, vol. 2022, Article ID 2526951, 13 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2526951>. IF = 1.432, 40 pkt., 7 cytowań.

Spośród przedstawionych publikacji połowa jest samodzielnego autorstwa Kandydata (dwie w *Energy* 2023, dwie w *SAE International* 2020, 2022 i *Materials* 2023). W pozostałych pracach, jak wynika ze złożonych oświadczeń współautorów, merytoryczny udział dr inż. Piotra Wróblewskiego był wiodący (prace P6-P8) lub znaczny (P9-P10). Prace naukowe opublikowano w czasopiśmie naukowych o różnej renomie, w tym również bardzo prestiżowych (te wydane przez Elsevier). Zróżnicowana jest liczba cytowań poszczególnych artykułów (od 2 do 30), jednak uwzględniając czas ich publikacji średnią liczbę cytowań przedstawionych prac (~15) uznać należy za bardzo dobrą.

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe koncentruje się kompleksowo na różnych aspektach związanych ze stratami tarcia w smarowanym układzie tribologicznym tworzonym przez uszczelniający pierścień tłokowy i gładź cylindra. Obejmuje ono swoim zakresem zarówno problematykę technologii wykonania pierścieni ślizgowych dla uzyskania korzystnych kształtów powierzchni o wysokiej dokładności wymiarowej i powtarzalności jak i analizy teoretyczne takiego węzła tarcia oraz badania eksperymentalne realizowane w różnej skali (na tribometrach i stanowiskach badawczych).

Metodykę wytwarzania powierzchni ślizgowych uszczelnień pierścieniowych o kształcie asymetrycznym powierzchni ślizgowej z różnym materiałem pokrycia opisano w pracy P5. Uzyskane wyniki badań pierścieni, po obróbce i nanoszeniu powłok, określające ich właściwości użytkowe (np. pomiar kształtu i luzu) uzyskano z wykorzystaniem m.in. profilometru kontaktowego natomiast analizę mikrostruktur przeprowadzono z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Korzyści stosowania niesymetrycznych kształtów powierzchni ślizgowych uszczelnień pierścieniowych zostały przeanalizowane teoretycznie w pracy P8. Do zrealizowania tego zadania Kandydat zmodyfikował istniejący program obliczeniowy, w celu symulowania wpływu zmienionej geometrii styku. Uzyskane wyniki potwierdziły korzyści stosowania niesymetrycznych kształtów powierzchni ślizgowej uszczelnień wyrażone poprzez np. mniejsze straty tarcia analizowanego układu. Wyniki badań teoretycznych zweryfikowano przeprowadzając badania eksperymentalne z wykorzystaniem dwóch stanowisk testowych odtwarzających działanie silnika spalinowego w szerokim zakresie temperatur i prędkości obrotowych (prace P6 i P7) a także w warunkach smarowania olejem o niskiej lepkości (P4). Uzyskane wyniki eksperymentalne wskazują na korzyści związane z redukcją strat tarcia badanego układu przy smarowaniu olejami o niskiej lepkości dla pewnych obszarów jego eksploatacji (P4). Z kolei wyniki kompleksowych pomiarów stanowiskowych (P6, P7) uzupełnione o testy przeprowadzone w mniejszej skali na tribometrze w konfiguracji kula – tarcza (P7) potwierdziły, że tarcie w uszczelnieniach pierścieniowych można ograniczyć kształtując odpowiednio geometrię ich powierzchni ślizgowych oraz pokrywając je powłokami przeciwzużyciowymi. Na tym etapie zauważono również, że wpływ na straty tarcia poślizgu pierścieni mogą mieć inne (nie rozważane wcześniej w naukowej literaturze światowej) parametry powłok takie jak hydrofilowość czy też hydrofobowość.

Zagadnienie wpływu efektu hydrofilowości i hydrofobowości powłok na parametry filmu smarowego, w szczególności strat tarcia, pomiędzy powierzchnią uszczelnienia pierścieniowego oraz gładzią cylindra było przedmiotem badań doświadczalnych kolejnych autorskich prac dr. Piotra Wróblewskiego (P1 – P3). Badania zależności grubości cienkich filmów smarowych (dla trzech

czynników smarowych) utworzonych pomiędzy różnymi powłokami hydrofobowymi i hydrofilowymi od kąta zwilżania (CA) oraz histerezy kąta zwilżania (CAH) opisano w pracy P3. Do pomiaru grubości filmu wykorzystano metodę interferometrii optycznej. Wyniki badań dla modelowego układu ślizgacza hydrodynamicznego potwierdziły zależność pomiędzy zmierzoną grubością warstwy smarowej od wartości CA i CAH, wskazując że histereza kąta zwilżania jest parametrem lepiej nadającym się do predykcji grubości filmu smarowego. Kompleksowe badania zjawisk towarzyszących działaniu uszczelnień pierścieniowych z różnymi powłokami o cechach hydrofilowych i hydrofobowych ze szczególnym uwzględnieniem strat tarcia opisano w pracach P1 i P2. W tym celu przeprowadzono badania eksperymentalne w małej skali z użyciem tribometru oraz na stanowisku badawczym z wykorzystaniem silnika tłokowego. Uzyskano potwierdzenie, że powłoki hydrofilowe pozwalają zredukować straty tarcia przy niższych prędkościach natomiast hydrofobowe dla wyższych zakresów prędkości silnika. Wyniki z przeprowadzonych badań wskazują na konieczność uwzględnienia właściwości hydrofobowych i hydrofilowych powłok przy określaniu strat energii takiego silnika, co jest oryginalnym, ważnym i innowacyjnym osiągnięciem Kandydata. Do tej pory nie było to tematem badań naukowych w literaturze światowej.

Pozostałe prace cyklu (P9 i P10) poświęcone są badaniom teoretycznym m.in. przenikania i przenoszenia ciepła przy specyficznych warunkach przepływu nanopłynów z różnymi dodatkami. Rozważanymi sytuacjami przepływu były m.in. przepływ nad rozciągliwą powierzchnią z uwzględnieniem jej obrotu czy też przepływ w obecności pola magnetycznego. Pewną wątpliwość sprawia bezpośrednie powiązanie badanych przepływów z głównym tematem cyklu. Uzyskane rezultaty tych prac pozwalają co najwyżej wyciągnąć ogólne wnioski o potencjalnej możliwości intensyfikacji odprowadzenia ciepła ze strefy tarcia przy zastosowaniu nanocięczy jako środek smarowy. Wymaga to z pewnością przeprowadzenia stosownej weryfikacji doświadczalnej oraz identyfikacji problemów takiej implementacji.

Rozstrzygając powyższą wątpliwość na korzyść Kandydata stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie zawiera systematyczny, uporządkowany oraz spójny zbiór działań badawczych mających na celu zbadanie wpływu różnorodnych czynników na straty tarcia uszczelnień pierścieniowych silników tłokowych. Do realizacji celu wykorzystano szeroki wachlarz techniki badawczych i pomiarowych, m.in.: pomiary profilografometryczne, mikroskopia skaningowa SEM, interferometria optyczna, badania tribometryczne czy też złożone badania eksperymentalne na testowych stanowiskach silnikowych. Badaniom poddano wiele rodzajów powłok o różnych parametrach, w tym o silnych cechach hydrofilowych i hydrofobowych. Doprowadziły one do udokumentowania konieczności uwzględnienia hydrofilowości i hydrofobowości powłok przy rozważaniach strat tarcia badanego układu, co jest oryginalnym i nowatorskim osiągnięciem dr. inż. Piotra Wróblewskiego.

Poza wskazanym głównym osiągnięciem naukowym w postaci cyklu publikacji, warto zauważyć, że Kandydat uczestniczył także w kilkunastu pracach badawczych związanych z opracowaniem nowych rozwiązań technologicznych, projektowych i konstrukcyjnych. Znaczna ich część dotyczy problematyki silników spalinowych. Wymiernym efektem tych prac są udokumentowane wdrożenia technologiczne.

Podsumowując, stwierdzam że w przedstawionych do oceny pracach opisano badania i wyniki, które moim zdaniem stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna w szczególności w zakresie wpływu zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości nanopowłok stosowanych na pierścienie ślizgowe w kontekście redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego.

Za istotne osiągnięcia naukowe Kandydata uważam:

- zidentyfikowanie konieczności uwzględnienia właściwości hydrofobowych i hydrofilowych nanopowłok przy określaniu strat energii silnika spalinowego z wykorzystaniem złożonych badań eksperymentalnych na stanowisku badawczym odtwarzającym warunki działania rzeczywistego obiektu w czasie eksploatacji;
- porównanie właściwości użytkowych powłok hydrofobowych i hydrofilowych w aspekcie strat energii w odniesieniu do silnika spalinowego;
- określenie kąta zwilżania oraz histerezy kąta zwilżania dla cienkich warstw smarowych współpracujących z podłożem o cechach hydrofilowych i hydrofobowych oraz wskazanie histerezy kąta zwilżania jako wielkości istotniejszej do przewidywania parametrów filmu smarowego w tych warunkach działania;
- kompleksowe zbadanie wpływu geometrii kształtu pierścieni ślizgowych oraz zastosowanych powłok przeciwzużyciowych na straty tłokowego silnika spalinowego;
- opis i identyfikacja zjawisk związanych ze stratami tarcia lotniczego silnika spalinowego w warunkach smarowania olejami o niskiej lepkości i skrajnie wysokiej temperaturze;

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Poza elementami wskazanymi jako główne osiągnięcie naukowe Kandydata w Autoreferacie przedstawiono także pozostałą aktywność naukową w kraju i za granicą. Aktywność publikacyjna dr inż. Wróblewskiego jest dobra. Składa się na nią 17 pozycji angielskojęzycznych, wydanych w większości w czasopismach „Energies” oraz „Applied Sciences” (MDPI). Kandydat wskazał we wniosku 5 wystąpień na 3 konferencjach międzynarodowych (w tym 2 zagranicznych). Odbił również 3 tygodniowy stacjonarny staż naukowy (lipiec / sierpień 2022) w Uniwersytecie w Sao Paulo (Brazylia) pod opieką dr E. Tomanika, którego tematyką były problemy rozwoju silników spalinowych, w tym spalanie paliw odnawialnych oraz wpływ wybranych aspektów konstrukcyjnych na straty tarcia i zużycie paliwa. Jednym z elementów stażu było również wygłoszenie wykładu na Politechnice da Universidade de Pernambuco w Recife. Natomiast w 2021 roku zrealizował miesięczny staż w formule zdalnej w University of Engineering & Technology w Peshawar (Pakistan). W ramach tego stażu Kandydat wygłosił 3 wykłady oraz brał udział w konsultacjach oraz badaniach m.in. w zakresie tribologii. Namacalnym efektem stażu są dwie publikacje powstałe przy współudziale autorów z różnych instytucji naukowych z Malezji, Pakistanu oraz Chin. Ponadto we wrześniu 2022 roku odbył tygodniowy staż w Uniwersytecie Erazma w Rotterdamie (Holandia) organizowany dla kadr kierowniczych uczelni, którego celem było poznanie praktyk zarządzania uczelniami holenderskimi oraz wymiana doświadczeń w tym zakresie. W Autoreferacie dr inż. Wróblewski wykazał również współpracę z naukowcami z zagranicznych instytucji nauki w ramach grantów uzyskiwanych przez nich w swoich macierzystych krajach (w Chinach, Arabii Saudyjskiej oraz Wietnamie). Wymiernym efektem tej działalności były 4 publikacje naukowe napisane w międzynarodowym składzie autorów. Następstwem rozwijanej współpracy naukowej przez dr inż. Wróblewskiego oraz uznania jego potencjału i międzynarodowej pozycji naukowej jest także uzyskanie zaproszeń na staże w zagranicznych instytucjach naukowych (Chiny, Grecja).

Jeżeli chodzi o współpracę z naukowymi ośrodkami prowadzącymi działalność w kraju, dr inż. Wróblewski brał czynny udział w projektach badawczych, w tym kierując badaniami naukowymi, realizowanymi dla przedsiębiorstw. Zrealizował 2 długoterminowe (3 miesięczne) staże naukowe w

przedsiębiorstwach produkcyjnych prowadząc w nich również badania naukowe. Poza tym wśród współautorów jego publikacji są pracownicy Akademii Górniczo Hutniczej, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technicznego w Szczecinie, Uniwersytetu Szczecińskiego, Politechniki Poznańskiej i Politechniki Lubelskiej.

Oprócz powyższego, stwierdzić należy że aktywność akademicka Kandydata jest duża, a jej wymiernymi wyznacznikami mogą być:

- bardzo dobre parametry bibliometryczne - IH=12 oraz 371 cytowania (wg Scopus na dzień sporządzania recenzji), które ulegają ciągłej poprawie (wzrost o niemal 70 cytowań od chwili złożenia wniosku),
- recenzowanie artykułów w międzynarodowych czasopismach naukowych oraz pełnienie funkcji *guest editor* (MDPI)
- opieka nad dyplomantami,
- pełnienie funkcji promotora pomocniczego rozprawy doktorskiej (w toku),
- podnoszenie kompetencji poprzez uczestnictwo w kursach i szkoleniach,
- członkostwo Towarzystw Naukowych, w zespołach eksperckich i konkursowych,
- członkostwo komitetów organizacyjnych konferencji naukowych,
- autorstwo monografii w tym także podręczników będących w wykazie MEN oraz bardzo licznych publikacji technicznych z zakresu diagnostyki i napraw pojazdów samochodowych,
- aktywna współpraca z firmami z sektora gospodarczego,
- działalność ekspercka.

Podsumowując można stwierdzić, że Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną we współpracy z innymi ośrodkami, w tym z ośrodkami zagranicznymi.

4. Podsumowanie

Podsumowując moją opinię na temat wniosku dr inż. Piotra Wróblewskiego w postępowaniu habilitacyjnym, uważam że Habilitant spełnił warunki stawiane ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wymienione w par 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 poz. 85 z późniejszymi zmianami) ponieważ ma w swoim dorobku osiągnięcia stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna. Publikacje zawierające opis wymienionych w p. 2 osiągnięć są wystarczająco liczne i ukazały się w niebudzących wątpliwości czasopismach. Można także stwierdzić, że dr inż. Piotr Wróblewski wykazuje istotną aktywność naukową we współpracy z innymi uczelniami, w tym ośrodkami zagranicznymi i krajowymi, co zaowocowało m.in. kilkoma wspólnymi publikacjami.

5. Wniosek końcowy

Mając na uwadze powyższe stwierdzenia, na podstawie ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce wnioskuję o nadanie dr. inż. Piotrowi Wróblewskiemu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



dr hab. inż. Michał Wodtke