

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Instytut Silników Spalinowych i Napędów
Politechnika Poznańska

Recenzja

Dorobku naukowego dr. inż. Piotra Wróblewskiego w ramach postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Podstawa formalna i prawna recenzji:

pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, prof. dr. hab. inż. Jerzego Małachowskiego z dn. 13.07.2023 r., na podstawie uchwały nr 54/RDN IM/2023 z dnia 12.07.2023 r., do którego dołączono komplet dokumentów.

1. Informacje ogólne o Habilitancie

Pan dr inż. Piotr Wróblewski ukończył studia inżynierskie w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Gnieźnie w 2011 roku, na kierunku Transport w specjalności: infrastruktura transportu lądowego. Studia magisterskie ukończył w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu, w 2013 roku na kierunku Mechanika i budowa maszyn w specjalności silniki spalinowe.

W kolejnych latach ukończył studia podyplomowych, m.in. w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie w 2013 roku na kierunku Lotnictwo i kosmonautyka w specjalności eksploatacja statków powietrznych; w Wyższej Szkole Pedagogiczno-Technicznej w Koninie na kierunku Zarządzanie oświatą i w Wyższej Szkole Kadr Menedżerskich w Koninie na Wydziale Administracji na kierunku Zarządzenie i marketing w administracji publicznej.

Pan dr inż. Piotr Wróblewski uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu w 2018 roku. Tematem rozprawy doktorskiej był „Wpływ asymetrycznych kształtów powierzchni ślizgowych pierścieni uszczelniających na sprawność mechaniczną tłokowego silnika spalinowego” (praca wyróżniona).

Obecnie Pan dr inż. Piotr Wróblewski pracuje w Uczelni Techniczno-Handlowej, im. H. Chodkowskiej w Warszawie na stanowisku prodziekana Wydziału Inżynieryjnego ds. kierunku Transport (od 01.07.2021). Pracuje także w Wojskowej Akademii Technicznej na Wydziale Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa w Instytucie Techniki Lotniczej w Zakładzie Budowy i Eksploatacji Statków Powietrznych na stanowisku adiunkta (od 01.03.2020). W latach 2018–2021 pracował także w Wyższej Szkole Kadr Menadżerskich w Koninie.

2. Charakterystyka dorobku naukowo-badawczego

Działalność naukowo-badawcza dr. inż. Piotra Wróblewskiego jest powiązana tematycznie w znacznym stopniu z tribologią i nowymi technologiami stosowanymi w tłokowych silnikach spalinowych z szczególnym uwzględnieniem nowoczesnych materiałów. W tym obszarze zajmował się projektowaniem i zastosowaniem nowych konstrukcji tłokowych w układach hybrydowych w pojazdach samochodowych i ultralekkich statkach powietrznych. W zakresie tribologii silników spalinowych i nowych rozwiązań konstrukcyjnych układów napędowych pojazdów i statków powietrznych Opublikował szereg publikacji opartych nie tylko na wynikach badań symulacyjnych, ale także wynikach badań eksperymentalnych przy wykorzystaniu autorskich stanowisk badawczych w kooperacji z wieloma ośrodkami naukowymi na świecie i ośrodkami przemysłowymi. Jego główne publikacje skupiają się na zmniejszaniu strat tarcia tłokowych silników

spalinowych, układów napędowych i przeniesienia napędu pojazdów samochodowych i ultralekkich statków powietrznych za pośrednictwem olejów niskolepkościowych, nanocieczy hybrydowych, nanopowłok kompozytowych o cechach hydrofilowych lub hydrofobowych. Prowadził wiele badań w zakresie cech zwilżalności różnych powłok przeciwzużyciowych nałożonych na próbki badawcze i elementy silnika. Tworzył własne powłoki przeciwzużyciowe i budował stanowiska badawcze pozwalające zwiększyć dokładność prowadzonych badań z wykorzystaniem silnika spalinowego. W swojej działalności opracował i udoskonalił wiele modeli symulacyjnych, głównie wprowadzając funkcje odzwierciedlające kształt pierścieni tłokowych w tym chropowatość powierzchni ślizgowych i powierzchni współpracujących, warunki tarcia mieszanego i płynnego. Ponadto udoskonalił część obliczeniową dotyczącą zachodzących procesów termodynamicznych w silniku, w tym przedmuchu gazów przez labiryntowe przestrzenie pierścieniowe, wyprowadził równania matematyczne dotyczące rozszerzalności cieplnej materiałów, chropowatości, warunków tarcia mieszanego i płynnego, stosując je w programie symulacyjnym. W swojej działalności naukowej prowadził także badania charakterystyk przenikania ciepła dwufazowego i hybrydowego przepływu wirujących nanocieczy-hybrydowych w trzech wymiarach nad rozciągliwym arkuszem w przyłożonym polu magnetycznym, prowadził również badania trójwymiarowego przepływu nanopływu na bazie oleju silnikowego pod wpływem zjawiska obrotu i częściowego poślizgu po rozciągliwej powierzchni. Ta tematyka zdominowała Jego dalszą działalność naukowo-badawczą, o czym świadczy profil dorobku naukowego Habilitanta przedstawionego jako osiągnięcie naukowe i treści zawarte w pozostałych publikacjach, projektach technologicznych oraz opracowaniach.

Dr inż. Piotr Wróblewski uczestniczył w **14 projektach naukowo-technologicznych dotyczących nowych rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych, które zostały wdrożone w przemyśle**. Jego prace skupiały się głównie na silnikach spalinowych o wysokiej sprawności dla ultralekkich pojazdów, powłokach na bazie nanocząstek dla lepszej wytrzymałości, materiałach przeciwkorozyjnych i wałach napędowych z materiałów nanostrukturalnych. Jego publikacje naukowe ściśle wiążą się z tymi tematami.

W ramach swojej działalności naukowej zrealizował **3 autorskie projekty zakończone wdrożeniami technologicznymi**, które zostały zrealizowane przez przedsiębiorstwo Lech Świątek „Świątek” Bydgoszcz, fabryka wałków rozrządu i przedsiębiorstwo Radiotechnika Marketing sp. z o.o. Należą do nich:

- stanowisko do testowania momentu oporu ruchu zespołu układu rozrządu silników lotniczych (P2-2021),
- innowacyjna konstrukcja bloku silnika o zwartej zabudowie dostosowanej do połączenia układu napędowego silnika spalinowego z elektrycznym,
- tłumik drgań skrętnych SH-10 przekładni śmigła samolotu ultralekkiego.

Dr inż. Piotr Wróblewski wykonał ponadto **17 ekspertyz dla przemysłu**, głównie w obszarze technologii maszyn i silników spalinowych.

Habilitant jest rzeczoznawcą w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Przemysłowym Instytucie Motoryzacji, w dziedzinie inżynierii mechanicznej i pojazdów; rzeczoznawcą Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, w dziedzinie silników i pojazdów; rzeczoznawcą Ministerstwa Edukacji Narodowej w sprawach podręczników dla zawodów związanych z pojazdami; współpracownikiem Komitetu ds. Architektury i Standaryzacji Inteligentnych Systemów Transportowych oraz członkiem kapituły konkursu miesięcznika AutoExpert.

Pan dr inż. Piotr Wróblewski, oprócz cyklu 10 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, które w myśl ustawy stanowią podstawę wniosku o wszczęcie procedury habilitacyjnej, napisał również **3 recenzowane monografie**, z czego 2 są zarejestrowane jako podręczniki w wykazie Ministerstwa Edukacji Narodowej. Autor **17 publikacji w renomowanych czasopiśmie naukowych** i **330 artykułów techniczno-naukowych w magazynach motoryzacyjnych**. Przeprowadził **127 recenzji dla magazynów w bazach Scopus i Web of Science**.

Dorobek naukowo-badawczy i technologiczny dr. inż. Piotra Wróblewskiego, zarówno

pod względem ilościowym, jak i również osiągniętych parametrów bibliometrycznych jest znaczący. Jego działalność naukowo-badawcza odznacza się istotnym wkładem w obszarze tribologii, nowych technologii dla tłokowych silników spalinowych i zastosowaniach w pojazdach hybrydowych oraz ultralekkich statkach powietrznych.

Na tej podstawie można zatem stwierdzić, że zaangażowanie Kandydata w obszar badań naukowych związanych z nowymi materiałami i technologiami wnosi wymierny wkład w dyscyplinę Inżynieria mechaniczna. Jego wkład w dziedzinę przejawia się zarówno przez intensywne badania eksperymentalne, jak i teoretyczne, których wyniki prezentowane są w licznych publikacjach. W swej pracy naukowej wykorzystał on specjalistyczną wiedzę i zaplecze badawcze pochodzące także ze znaczących ośrodków przemysłowych w Polsce i zagranicznych.

3. Ocena wskazanego osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, wskazane jako podstawa procedury habilitacyjnej dr. inż. Piotra Wróblewskiego nosi tytuł „**Teoretyczno-eksperymentalne studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości oraz ich wpływu na parametry filmu olejowego z uwzględnieniem nanopowłok wielowarstwowych i nanociecz w aspekcie redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego**” i składa się z następujących 10 artykułów naukowych:

- [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>.
- [P-2] Wróblewski P., Reduction of friction energy in a piston combustion engine for hydrophobic and hydrophilic multilayer nanocoatings surrounded by soot, Energy, Elsevier, Volume 264, 2023, Energy, 2023, 126974, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126974>.
- [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, Springer Nature, P-ISSN: 20452322. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4399029>
- [P-4] Wróblewski, P., Analysis of Torque Waveforms in Two-Cylinder Engines for Ultralight Aircraft Propulsion Operating on 0W-8 and 0W-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.
- [P-5] Wróblewski, P., Technology for Obtaining Asymmetries of Stereometric Shapes of the Sealing Rings Sliding Surfaces for Selected Anti-Wear Coatings, Event: SAE Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting, SAE Technical Paper 2020-01-2229, SAE International USA, 2020, <https://doi.org/10.4271/2020-01-2229>,
- [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.
- [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 2021, 14, 6839. <https://doi.org/10.3390/ma14226839>.
- [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>.
- [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, Elsevier, Volume 61, Issue 12, 2022, Pages 10453-10462, ISSN 1110-0168,

<https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.069>.

[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*, vol. 2022, Article ID 2526951, 13 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2526951>.

Tytuł osiągnięcia jest spójny z treścią załączonego dorobku. Wszystkie z przedstawionych pozycji dotyczą zagadnień redukcji strat tarcia mechanizmu tłokowo-korbowego tłokowych silników spalinowych za pośrednictwem wielowarstwowych powłok przeciwzużyciowych o cechach hydrofilowych lub hydrofobowych, cieczy niskolepkościowych i cieczy hybrydowych. Badania dotyczące współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości i ich wpływu na parametry filmu olejowego były realizowane za pomocą własnych i współautorskich programów symulacyjnych, w oparciu o modele matematyczne opisujące zjawiska tarcia płynnego i mieszanego oraz za pośrednictwem licznych urządzeń badawczych i kilku hamowni silnikowych.

Przedstawiony materiał powstał w latach 2020–2023, prezentując kolejne etapy badań prowadzonych przez dr. inż. Piotra Wróblewskiego. Sumaryczny Impact Factor publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe wynosi 38.370, a sumaryczna liczba ich cytowań do dnia 28.08.2023 wynosiła 90 wg bazy Web of Science i 150 wg bazy Google Scholar. Artykuły P1-P5 stanowią samodzielne prace Autora natomiast P6-P10 są pracami wieloautorskimi. W dokumentacji znajdują się oświadczenia współautorów opisujące ich wkład w artykuły, a udział Habilitanta wynosi ponad 80% w pozycjach P6–P8 i 40% w P9 i P10.

W pracy [P6] Habilitant przeprowadził całościowo badania eksperymentalne nad wpływem geometrii powierzchni ślizgowej przy zastosowaniu różnych powłok przeciwzużyciowych nałożonych na pierścieniu tłokowe. Przeprowadził testy z wykorzystaniem specjalnie przygotowanego do tego celu autorskiego stanowiska silnikowego wyposażonego w odpowiednie sterowanie, zwiększające dokładność pomiarów wszystkich istotnych parametrów w szerokim zakresie prędkości obrotowej wału korbowego i temperatur oleju silnikowego. Przygotował dziewięć zestawów pierścieni z trzema różnymi profilami powierzchni ślizgowej, na bazie chromu, molibdenu (Mo) i tytanu. W firmie Prima w Łodzi wykonał indywidualne profile pierścieni tłokowych z wykorzystaniem specjalnie sterowanych szlifierek profilowych przeznaczonych do produkcji pierścieni tłokowych. Nadzorował i ustalał samodzielnie parametry procesu technologicznego. Przeprowadził wszystkie pomiary dotyczące parametrów oleju smarującego. Dobrał odpowiednie parametry powłok, w celu określenia wymaganych tendencji zmian momentu oporu ruchu silnika. Opracował wyniki wszystkich pomiarów, technologii nakładania powłok, opisu stanowisk i urządzeń badawczych.

W publikacji [P7], dr inż. Piotr Wróblewski przeprowadził samodzielnie wszystkie badania tribologiczne przeciwzużyciowych powłok TiN, TiAlN, CrN i DLC1. Wykonał wszystkie pomiary parametrów materiałowych wybranych powłok. Przeprowadził proces ich nakładania. Zaprojektował i zbudował stanowisko badawcze pozwalające wykonać pomiary momentu oporu ruchu tłokowego silnika lotniczego. Wykonał wszystkie pomiary stanowiskowe z wykorzystaniem hamowni silnikowej. Wykonał samodzielnie wszystkie pomiary parametrów powłok przeciwzużyciowych, środków smarnych i momentu oporu ruchu silnika. Ustalił i dobrał samodzielnie wszystkie parametry niezbędne do przeprowadzenia badań stanowiskowych i wykonania próbek badawczych. Opracował samodzielnie wszystkie wyniki pomiarów i ocenę ich dokładności.

W publikacji [P8] Habilitant stworzył nowe moduły programów symulacyjnych oraz poprawił istniejący program, w celu uzyskania dokładniejszych wyników. Wprowadził głównie funkcje odzwierciedlające kształt pierścieni tłokowych w tym chropowatość powierzchni ślizgowych i powierzchni współpracujących, warunki tarcia mieszanego i płynnego, udoskonalili część obliczeniową dotyczącą zachodzących procesów termodynamicznych w silniku. Wyprowadził równania matematyczne dotyczące rozszerzalności cieplnej materiałów, chropowatości, warunków tarcia mieszanego i płynnego i wprowadził je do programu symulacyjnego. Sprawdzał dokładność i rzetelność prowadzonych symulacji. Wykonał pomiary eksperymentalne na podstawie,

których wprowadził dane do programu symulacyjnego, w tym geometrię wszystkich elementów silnika, chropowatość warstw wierzchnich powłok, parametry termodynamiczne i parametry oleju smarującego.

Ostatnie 2 publikacje [P9-P10] stanowią dzieło współautorskie. Dr inż. Piotr Wróblewski w pracy [P9] przeprowadził badania charakterystyki przenikania ciepła dwufazowego i hybrydowego przepływu wirujących nanocieczy w trzech wymiarach nad rozciągliwym arkuszem w przyłożonym polu magnetycznym. Wprowadził do modelu parametry nowego typu hybrydowej nanocieczy. Zaproponował wykorzystanie wody jako płynu bazowego, podczas gdy srebro (Ag) i dwusiarczek molibdenu (MoS_2) zostały wykorzystane jako nanocząsteczki. Zaprojektowany problem rozwiązał częściowo numerycznie za pomocą techniki problemu brzegowego, ten mechanizm numeryczny wymagał przekształcenia przepływów rządzących nieliniowymi równaniami różniczkowymi cząstkowymi w równania różniczkowe pierwszego rzędu wraz z powiązаныmi warunkami brzegowymi. Procedurę przeprowadził przez zastosowanie odpowiedniej transformacji podobieństwa. Wykonał częściowo obliczenia numeryczne w programie Matlab. Wyciągnął wspólnie wnioski, że wyższą szybkość przenikania temperatury ma hybrydowy nanopłyn $\text{Ag}=\text{MoS}_2$ -woda niż nanociecz Ag-woda, w kontekście istnienia efektu magnetycznego. Ustalił, że szybkość przenikania temperatury hybrydowego nanopłynu można osiągnąć dzięki zastosowaniu odpowiedniej kombinacji nanocząstek. Ustalił, że takie zjawiska mogą być rozpatrywane w przypadku właściwości hydrofobowych i hydrofilowych powłok i samej nanocieczy w różnych kombinacjach, w zastosowaniu dla tłokowych silników spalinowych. Ponadto w publikacji [P10] przeprowadził częściowo badania trójwymiarowego przepływu nanopłynu na bazie oleju silnikowego pod wpływem zjawiska obrotu i częściowego poślizgu po rozciągliwej powierzchni. Wykorzystał: nanopłyn tlenek miedzi-olej silnikowy i tlenek glinu-olej silnikowy. Kandydat przeprowadził częściowo procedurę obliczeń przez zastosowanie transformacji podobieństwa. Przeprowadził dokładną weryfikację poprawności modelu z dostępną literaturą.

Przedstawione w pracach problemy badawcze obejmują zakres wiedzy interdyscyplinarnej, w tym także zagadnienie hydrofilowości i hydrofobowości powłok, co jest innowacyjne dla implementacji w podzespołach tłokowych silników spalinowych. Zatem powyższa praca wnosi pewien wkład w rozwój tribologii tłokowych silników spalinowych i nowych technologii tworzenia oraz wykorzystania powłok przeciwzużyciowych i nanocieczy hybrydowych. Ponadto prace [P9-P10] powstały przy wsparciu finansowym z grantów międzynarodowych, opisanych w pkt 5, co świadczy o współpracy Habilitanta z międzynarodowym otoczeniem naukowym.

Analizując treść cyklu publikacji przedstawionych do oceny jako Osiągnięcie Naukowe Habilitanta, należy stwierdzić, że materiał ten zawiera obszerny zakres, **nawet zbyt obszerny i nie do końca spójny**, badań dotyczący technologii wyrobu próbek badawczych i podzespołów tłokowych silników spalinowych, tworzenia nowych wielowarstwowych powłok przeciwzużyciowych, budowy autorskich stanowisk badawczych, pomiarów parametrów fizykochemicznych materiałów bazowych, powłok przeciwzużyciowych, cieczy niskolepkościowych i cieczy hybrydowych, pomiarów momentu oporu ruchu mechanizmu głównego tłokowych silników spalinowych. Praca zawiera pewne osiągnięcia w dziedzinie tribologii tłokowych silników spalinowych. Studium teoretyczno-eksperymentalne zjawisk hydrofilowych i hydrofobowych w kontekście powłok wielowarstwowych i nanocieczy, umożliwiło zrozumienie oddziaływań molekularnych na interfejsie powłoka – ciecz, co ma istotne znaczenie dla charakterystyki smarowania mechanizmów tłokowych silników spalinowych. Analiza tych zjawisk pozwoliła zidentyfikować najważniejsze właściwości powłok wielowarstwowych, w celu zmniejszenia strat tarcia filmu olejowego w silnikach tłokowych. Odkrycie, że powłoki hydrofilowe zmniejszają moment oporu ruchu silnika w określonym zakresie prędkości obrotowej, a hydrofobowe w innym, może prowadzić do rozwoju nowych strategii projektowania powłok dla specyficznych zastosowań. Praca dostarcza także nowych wyników w zakresie powłok przeciwzużyciowych i ich interakcji z różnymi olejami, a także wpływu nanocieczy na procesy tarcia płynnego i mieszanego. Dodatkowym wnioskiem jest to, że histereza kąta zwilżania (CAH) jest bardziej precyzyjnym wskaźnikiem w przewidywaniu zachowania filmu olejowego niż kąt zwilżania CA. Uzyskane dane sugerują, że CAH

jest bardziej wrażliwym parametrem dla charakterystyki hydrofilowo-hydrofobowej niż tradycyjnie stosowany kąt zwilżania CA. W wyniku badań laboratoryjnych i na hamowni silnikowej z różnymi powłokami wielowarstwowymi i cieczami smarującymi udało się zidentyfikować kombinacje materiałowe, które znacząco redukują straty tarcia w głównym mechanizmie tłokowym. Te odkrycia mają potencjał do wprowadzenia w projektowaniu silników ukierunkowanych na redukcję tarcia płynnego i tarcia mieszanego. Badania tribologiczne nanopowłok pozwoliły na zrozumienie ich zachowania w warunkach ekstremalnych. Badania stereometrii i właściwości powłok w kontekście ich tworzenia oraz docierania dostarczyły ważnych informacji dla przemysłu motoryzacyjnego dotyczących poprawy procesów produkcyjnych. Kolejnym osiągnięciem jest potwierdzenie, że nanopłyny, zwłaszcza te hybrydowe, odgrywają istotną rolę w poprawie warunków smarowania, zwłaszcza w trudnych warunkach pracy, takich jak wysokie temperatury. Ta wiedza jest niezbędna do przeprowadzenia poprawnej implementacji nanocieczy w praktycznych zastosowaniach inżynierskich. Badania eksperymentalne w warunkach wysokich temperatur dostarczyły dowodów na to, że oleje niskolepkościowe mogą być wykorzystywane do zmniejszania strat tarcia tłokowych silników spalinowych, ale wyłącznie w określonych warunkach ich pracy i z wykorzystaniem odpowiednim powłok przeciwtarciowych.

Dr inż. Piotr Wróblewski stworzył modele komputerowe uwzględniające różne parametry pracy silnika, parametry fizykochemiczne cieczy smarujących i powłok wielowarstwowch. Po przeprowadzeniu odpowiednich badań ustalono, że wprowadzenie dużych wartości przyrostów ciśnienia roboczego w komorze roboczej silnika kosztem zmniejszenia prędkości obrotowej silnika znacznie zmniejsza straty tarcia pierścieni tłokowych, ale powoduje zmniejszenie grubości filmu olejowego i prowadzi do indywidualnych zmian ilości zagarnianego oleju do komory spalania. Wraz ze wzrostem wartości współczynnika wzrostu ciśnienia izochorycznego na ilość zgarzianego oleju do komory spalania ma również wpływ prędkość obrotowa silnika i lepkość dynamiczna oleju.

W praktyce powyższe wyniki mogą prowadzić do zwiększenia trwałości mechanizmów głównych silnika, przy równoczesnym ograniczaniu strat tarcia płynnego i mieszanego. Z kolei powoduje to zmniejszenie kosztów eksploatacji silników spalinowych i redukcję emisji substancji toksycznych do środowiska naturalnego.

Studium zjawisk hydrofilowych i hydrofobowych w powłokach wielowarstwowch i nanocieczach może prowadzić do kreowania bardziej wydajnych powłok i smarów. Takie podejście jest kluczowe, jeśli chce się stawić czoła wyzwaniom współczesnej motoryzacji, takim jak potrzeba redukcji emisji CO₂ czy zwiększenie trwałości komponentów. W świetle najnowszych badań, szczególną uwagę warto poświęcić nanocieczom hybrydowym.

Praca ta została nagrodzona kilkoma nagrodami i doceniona przez międzynarodowe środowisko naukowe. W tym zakresie dr inż. Piotr Wróblewski otrzymał wyróżnienie za działalność naukową od zespołu badawczego dr. inż. Mohamed Kamal Ahmed Ali, Associate Professor in Mechanical Engineering (Automotive and Tractors Engineering Department), Faculty of Engineering, Minia University, El-Minia 61519, Egypt. Kolejne wyróżnienie Kandydat otrzymał w tym zakresie od Irshad Hussain, Chief Organizer, TV UET 2022, Focal Person ICT R&D Projects, Faculty of Electrical & Computer Engineering, UET Peshawar, Pakistan. Wyróżnione prace badawcze dotyczyły zastosowania powłok wielowarstwowch i nanopłynów w aplikacjach mechanizmów tłokowych silników spalinowych.

W podsumowaniu można stwierdzić, że badania i analizy przedstawione w cyklu publikacji pt.: „Teoretyczno-eksperymentalne studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości i ich wpływu na parametry filmu olejowego z uwzględnieniem nanopowłok wielowarstwowch i nanocieczy w aspekcie redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego” są akceptowalne, mają charakter twórczy i wzbogacają wiedzę naukową w zakresie wykorzystania powłok wielowarstwowch o szczególnych parametrach zwilżalności oraz nanopłynów hybrydowych, w celu zmniejszenia strat tarcia głównych mechanizmów tłokowych silników spalinowych przy zachowaniu ich odpowiednich warunków smarowania. Pozwalają też na zaproponowanie nowych technologii stosowanych do wyrobu poszczególnych podzespołów tłokowych silników

spalinowych z uwzględnieniem szerokiej grupy powłok przeciwzużyciowych. Osiągnięcie naukowe dr. inż. Piotra Wróblewskiego prezentuje ciekawe podejście do problemu redukcji strat tarcia w silnikach spalinowych i wnosi wkład w obszar wiedzy związany z dyscypliną „Inżynieria mechaniczna”.

4. Działalność dydaktyczna i aktywność w zakresie kształcenia

Dydaktyczne osiągnięcia i aktywność w zakresie kształcenia dr. inż. Piotra Wróblewskiego na przestrzeni ostatnich lat są znaczące. Od 2021 roku zajmuje on stanowisko prodziekana do spraw kierunku Transport na Uczelni Techniczno-Handlowej im. Heleny Chodkowskiej w Warszawie. Nadzoruje planowanie i realizację zajęć na kierunku Transport i wspiera kierunkowe koła naukowe oraz ma znaczący wkład w rozwój tych organizacji. Aktywnie działa w 18 Kole SIMP, pełniąc funkcję prezesa od 2017 roku.

Jako nauczyciel akademicki, dr inż. Piotr Wróblewski był promotorem 18 prac inżynierskich a obecnie jest promotorem 39 prac inżynierskich, 6 prac magisterskich. Dodatkowo, jest promotorem pomocniczym w 1 rozprawie doktorskiej. Jego wkład jako recenzenta jest równie ważny – był recenzentem 40 prac inżynierskich i 10 prac magisterskich.

W ciągu swojej kariery pedagogicznej, dr inż. Piotr Wróblewski osiągnął kolejne stopnie awansu nauczyciela zawodowego w tym ostatni, nauczyciela kontraktowego uzyskanego 29 sierpnia 2012 r.

Habilitant prowadził wiele autorskich wykładów w uczelniach:

- Uczelnia Techniczno-Handlowej im. H. Chodkowskiej w Warszawie; 7 przedmiotów; w zakresie mechaniki technicznej, nowoczesnych technologii w transporcie i mechatroniki samochodów.
- Wojskowa Akademia Techniczna, na Wydziale Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa; 9 przedmiotów, m.in: technologię napędów kosmicznych, wytrzymałość materiałów i konstrukcji, technologię wytwarzania konstrukcji lotniczych, mechanikę, zintegrowane systemy wytwarzania i inne.
- Wyższa Szkoła Kadr Menadżerskich w Koninie na Wydziale Energetyki; przedmioty takie jak: materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne, podstawy elektroniki i elektrotechniki oraz odnawialne źródła energii.
- Zespół Szkół Zawodowych im. Wł. Sikorskiego w Słupcy; przedmioty zawodowe, związane z diagnostyką, budową i naprawą pojazdów samochodowych.

Dydaktyczne osiągnięcia dr. inż. Piotra Wróblewskiego potwierdzają jego profesjonalizm i zaangażowanie w rozwój edukacji. Jest dobrym dydaktykiem, poświęcającym się promocji nauki i wsparciu studentów. W trakcie kariery zdobył liczne wyróżnienia, takie jak medal z okazji 80-lecia Oddziału SIMP w Poznaniu i wyróżnienie za działalność naukowo-dydaktyczną w Wojskowej Akademii Technicznej.

5. Krajowe lub zagraniczne staże naukowe oraz uczestnictwo w grantach i projektach

Dr inż. Piotr Wróblewski w ciągu swojej naukowej kariery współpracował z wieloma instytucjami naukowymi na świecie. **Do najważniejszych staży naukowych** należą m.in.:

- Staż w Uniwersytecie Erazma w Rotterdamie, Holandia.
- Laboratorio de Fenómenos de Superficie, Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo, w Brazylii.
- Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, w Brazylii.
- University of Engineering & Technology, Peshawar (Bannu Campus), w Pakistanie.

Uczestniczył w **5 projektach i grantach międzynarodowych**, co świadczy o jego zaangażowaniu w rozwijaniu międzynarodowej współpracy naukowej. Jego wkład w badania pozwolił na uzyskanie wyników, które zostały później zaprezentowane w formie publikacji naukowych.

- Grant Narodowego Planu Kluczowych Badań i Rozwoju Chin o numerze 2021YFB2600703; publikacja w „Mathematical Biosciences and Engineering”: „Prediction of slope stability using Tree Augmented Naive-Bayes classifier: modeling and performance evaluation”.

- Grant Deanship of Scientific Research na King Khalid University w Arabii Saudyjskiej i z Taif University; publikacja w “Alexandria Engineering Journal”: “Thermal energy investigation of magneto-hydrodynamic nano-material liquid flow over a stretching sheet: comparison of single and composite particles”.
- Grant z Princess Nourah bint Abdulrahman University w Arabii Saudyjskiej; publikacja w “Mathematical Problems in Engineering: “Scrutinization of Slip Due to Lateral Velocity on the Dynamics of Engine Oil Conveying Cupric and Alumina Nanoparticles Subject to Coriolis Force”.
- Projekt z dr. Tuan Anh Pham z University of Transport Technology w Wietnamie; publikacja w “Applied Sciences”: “Prediction of Pile Bearing Capacity Using XGBoost Algorithm: Modeling and Performance Evaluation”.

Uczestnictwo dr. inż. Piotra Wróblewskiego w międzynarodowych projektach i grantach naukowych jest dowodem jego wkładu w rozwijanie badań naukowych na arenie międzynarodowej. Liczba współautorów zagranicznych jego publikacji wynosi 26 osób z kilkunastu ośrodków badawczych.

Dr inż. Piotr Wróblewski uczestniczył także w **5 projektach krajowych w ośrodkach przemysłowych, m.in.:**

❖ 3 Projekty realizowane w Firmie Lech Świątek „Świątek” Bydgoszcz:

- „Wdrożenie innowacyjnej technologii produkcji wałków rozrządu jako wynik prac B+R” współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, POIR.03.02.02-00-1711/19,
- „Opracowanie nowatorskiej linii technologicznej wałków rozrządu w ilości małoseryjnej w ramach realizacji prac B+R” współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, lata 2014-2020. Numer wniosku: POIR.01.01.01-00-1129/18,
- „Opracowanie innowacyjnego silnika lotniczego zasilanego paliwem JET A1”. POIR.01.02.00-00-0015/15-03 INNOLOT.

oraz:

- ❖ Projekt realizowany przez Radiotechnika Marketing sp. z o.o. Kąty Wrocławskie i Lech Świątek „Świątek” Bydgoszcz, fabryka wałków rozrządu, pt.: „Napęd hybrydowy do ultralekkich statków powietrznych z możliwością zastosowania modułów jako range extender i do napędu dronów”. POIR.01.01.01-00-1304/19-00,
- ❖ Projekt w firmie Hydrapress sp. z o.o. Białe Błota, pt.: „Wdrożenie autorskiej technologii produkcji wstępnie naprężonych korpusów pras roboczych”, współfinansowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój: Działanie 3.2: Wsparcie wdrożeń wyników prac B+R Poddziałanie 3.2.2: Kredyt na innowacje technologiczne POIR. Numer umowy: POIR.03.02.02-00-1885/19.

Brał udział także w **2 stażach krajowych przemysłowych:**

- w dniach od 1 lipca 2019 roku do 30 września 2019 roku w trzymiesięcznym stażu naukowym w przedsiębiorstwie produkcyjnym TOOLE w Łodzi. Celem programu stażu naukowego było zdobycie wiedzy teoretycznej oraz praktycznych umiejętności związanych z procesami nakładania powłok molibdenowych i chromowych na elementy silników spalinowych, w celu zwiększenia trwałości, wydajności oraz redukcji tarcia i zużycia tych elementów.
- w dniach od 1 lipca 2020 roku do 30 września 2020 roku odbył również trzymiesięczny staż naukowy w przedsiębiorstwie produkcyjnym TOOLE w Łodzi. Staż ten obejmował badania nad technologią produkcji narzędzi specjalnych oraz procesami inżynierskimi i projektowymi realizowanymi przez przedsiębiorstwo.

6. Ocena aktywności Kandydata na rzecz popularyzacji nauki

Dr inż. Piotr Wróblewski ma znaczący wkład w rozwój międzynarodowej współpracy naukowej w Uczelni Techniczno-Handlowej w Warszawie. Jego inicjatywa w zakresie organizacji wykładów gościnnych zaowocowała zaproszeniem czołowych ekspertów międzynarodowych, takich jak: dr M. Kamal Ahmed Ali z Minia University z Egiptu i dr E. Tomanika z University of São Paulo Escola Politécnica da USP z Brazylii, prof. Z. Xie z Northwestern Polytechnical University z Chin, dr M. Arschada z University of Gujrat z Pakistanu. Działalność dr. inż. Piotra Wróblewskiego w zakresie organizacji wykładów gościnnych i nawiązywania międzynarodowych współprac naukowych stanowi ważny element jego dorobku.

Habilitant jest także członkiem kilku towarzystw międzynarodowych i krajowych: Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego przy Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych, Polskiego Towarzystwa Naukowego Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, Polskiego Towarzystwa Inżynierów Lotnictwa oraz Polskiego Towarzystwa Rakietowego.

W ramach swojej pracy naukowej i popularyzatorskiej napisał 3 monografie w tym 2 podręczniki przeznaczone dla studentów i uczniów szkół średnich

Ponadto od 31 marca 2023 roku, dr inż. Piotr Wróblewski pełni funkcję Rzecznawcy w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji w Warszawie. Specjalizuje się tam w inżynierii mechanicznej, konkretnie w zakresie budowy maszyn, działania urządzeń mechanicznych i inżynierii pojazdów samochodowych oraz ciężarowych. Jego specjalność obejmuje zarówno teorię, jak i praktykę związane z diagnostyką mechaniczną i elektroniczną pojazdów, projektowaniem, produkcją oraz badaniem właściwości materiałów używanych w pojazdach.

Dr inż. Piotr Wróblewski jest również Rzecznawcą Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich w obszarach takich jak silniki spalinowe, silniki lotnicze, pojazdy samochodowe i ciągniki. Jest także konsultantem w Ministerstwie Edukacji Narodowej do spraw podręczników dla zawodów technik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych i elektromechanik pojazdów samochodowych. Jest także współpracownikiem Komitetu ds. Architektury i Standaryzacji Inteligentnych Systemów Transportowych działającym przy Stowarzyszeniu ITS Polska.

Dr inż. Piotr Wróblewski od 1 czerwca 2011 roku jest aktywnym redaktorem magazynów motoryzacyjnych. W ciągu 12 lat wydał 104 publikacje techniczne o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Wiele z jego artykułów skupia się na diagnostyce i naprawie podzespołów mechanicznych i elektronicznych w pojazdach samochodowych. W ramach różnych konferencji międzynarodowych i targów motoryzacyjnych wygłosił łącznie 226 prelekcji technicznych skierowanych do inżynierów, praktyków oraz studentów.

7. Podsumowanie oceny dorobku

W nawiązaniu do wymagań dla oceny kandydatów ubiegających się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, należy stwierdzić, że dr inż. Piotr Wróblewski w stopniu wystarczającym spełnia większość wymienionych kryteriów.

Wprowadzenie coraz bardziej rygorystycznych norm emisji związków toksycznych spalin i powszechny nacisk na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej kieruje prace badawczo-rozwojowe na rozwój konstrukcji nowych, niskoemisyjnych pojazdów, używanie paliw alternatywnych, rozwój konstrukcji nowych typów silników i zwiększanie sprawności obecnie produkowanych jednostek napędowych.

Szczególnie kontrowersyjny jest pakiet Fit for 55, przyspieszający transformację energetyczną i realizację polityki klimatycznej Unii Europejskiej, w którym zawarte były propozycje zakazu sprzedaży nowych samochodów z silnikami spalinowymi od 2035 roku. Z kolei plano-

wane wprowadzenie normy emisyjnej Euro 7 stanowi wyzwanie dla producentów pojazdów. Dotyczy ona ograniczenia o co najmniej 50% emisji spalin i emisji CO₂ (zużycia paliwa), co zmusza producentów do poniesienia znaczących kosztów na rozwój i doskonalenie swoich pojazdów.

Ponadto, Komisja Europejska nie może się porozumieć co do zależności pomiędzy Fit for 55 i Euro 7. Jeśli byłaby utrzymana propozycja „likwidacji” samochodów z silnikami spalinywymi od 2035 r., to dyskusyjny byłby sens wprowadzania surowych przepisów Euro 7 tylko na parę lat. Producenci aut i silników nie byłoby zapewne w tej sytuacji skłonni do zaakceptowania wysokich kosztów adaptacji do normy Euro 7.

Konsekwencją tego faktu jest konieczność zintensyfikowania prac nad opracowaniem nowych rozwiązań dla zmniejszenia zużycia paliw do silników spalinywymi. Jedną z dróg jest zmniejszenie tarcia wewnętrznego w silniku spalinywym (zwłaszcza w węzle tłokowym), a także zintensyfikowanie prac nad olejami o obniżonej lepkości (np. 10W/15).

Mając to na uwadze można uznać, że tematyka podjęta przez Autora pracy jest uzasadniona pod względem poznawczym, a ponadto ma istotny wymiar aplikacyjny.

Dr inż. Piotr Wróblewski jest aktywnie zaangażowany naukowo w obszarze istotnej i aktualnej dziedziny inżynierii. Zagadnienia prezentowane w przedstawionych materiałach badawczych mają zakres wiedzy interdyscyplinarnej. Kluczową problematykę, dotyczącą hydrofilowości i hydrofobowości powłok, można uznać za innowacyjną. Prezentowane badania stanowią istotny wkład w dziedzinę tribologii tłokowych silników spalinywymi i nowatorskich metodologii tworzenia oraz wykorzystywania powłok przeciwzużyciowych i nanociecz hybrydowych. Warto również zaakcentować, że pewne segmenty badawcze były realizowane przy wsparciu międzynarodowych funduszy badawczych. Analizując zakres badań, przedstawiony w omawianym cyklu publikacji, można zidentyfikować zaawansowane studia dotyczące technologii produkcji specjalistycznych próbek badawczych oraz komponentów tłokowych silników spalinywymi, tworzenia innowacyjnych powłok przeciwzużyciowych, a także konstrukcji autorskich stanowisk badawczych. Badania uwzględniają również analizy parametrów fizykochemicznych materiałów bazowych, powłok przeciwzużyciowych oraz interakcje nanociecz w kontekście procesów tarcia.

Zagadnienie opisywane w pracy jest skomplikowane ze względu na dużą liczbę czynników mających wpływ na badane zjawiska. Trudne jest zdecydowane wydzielenie wpływu jednego czynnika (tzw. analiza pierwiastkowa), ponieważ należy liczyć się z interakcją innych. W związku z tym Autor nie ustrzegł się błędów i nieścisłości.

Uzyskane przez Kandydata wskaźniki bibliometryczne są wysokie i w zupełności wystarczające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych.

Dane na dzień złożenia wniosku przez Kandydata 27.04.2023 r.				
Baza	H - index	Liczba Publikacji	Liczba cytowań	Liczba cytowań bez autocytowań
Web of Science	10	19	246	231
Scopus	12	21	302	276
Google Scholar	15	33	459	412
Sumaryczny Impact Factor wynosi 68,464				
Sumaryczna punktacja MEiN 2740				
Dane na dzień 18.09.2023 r.				
Web of Science	11	19	301	286
Scopus	12	21	365	339
Google Scholar	16	33	542	495
Sumaryczny Impact Factor wynosi 70,005				
Sumaryczna punktacja MEiN 2 864				

Po analizie powyższych baz danych na dzień 18.09.2023 roku można zauważyć, że liczba cytowań prac Kandydata wzrasta, co świadczy o Jego rozwoju.

Zaprezentowane osiągnięcie i całość dorobku naukowego Kandydata oceniam jako oryginalne oraz rozwojowe i wystarczające do uzyskania samodzielności naukowo-badawczej, a Jego rozwój naukowy ma konsekwentny oraz spójny charakter. Dr inż. Piotr Wróblewski jest doświadczonym i cenionym nauczycielem akademickim, a za swą działalność dydaktyczną otrzymał liczne nagrody. Kandydat przedstawił udokumentowane relacje naukowe i badawcze z innymi placówkami akademickimi oraz przemysłowymi, zajmującymi się podobną tematyką badawczą i jest on aktywny na polu współpracy naukowej i technicznej. Aktywność Kandydata w zakresie popularyzacji nauki jest duża, potwierdzona wieloma przykładami uczestnictwa w konferencjach, debatach, prezentacjach i oficjalnych gremiach, mających wpływ na rozwój nauki dotyczącej eksploatacji środków transportu w Polsce oraz na świecie.

8. Wniosek końcowy

Po analizie osiągnięcia naukowego, przedstawionego w postaci monotematycznego cyklu 10 publikacji zatytułowanego: „**Teoretyczno-eksperymentalne studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości oraz ich wpływu na parametry filmu olejowego z uwzględnieniem nanopowłok wielowarstwowych i nanociecz w aspekcie redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego**” oraz całokształtu dorobku dr. inż. Piotra Wróblewskiego, opisanego w udostępnionej dokumentacji stwierdzam, że Habilitant spełnia wymagania, Działając na podstawie wart. 219 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.). Dr inż. Piotr Wróblewski wykazał się umiejętnością posługiwania się nowoczesnym warsztatem badawczym z zakresu analiz i badań symulacyjnych oraz doświadczalnych. Wykazał się także dużym doświadczeniem badawczym, zdolnością do współpracy w zespołach badawczych i w mojej opinii jest przygotowany do podjęcia samodzielnej pracy naukowej.

W związku z powyższym uważam, że przedstawiony do oceny dorobek naukowo-badawczy, dydaktyczny i organizacyjny, który zgromadził dr inż. Piotr Wróblewski w pełni spełnia kryteria ustawowe oraz może być podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. **Wnioskuje o dopuszczenie dr. inż. Piotra Wróblewskiego do dalszego postępowania przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej i nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria mechaniczna.**