

## RECENZJA

dorobku dr. inż. Piotra Wróblewskiego  
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Recenzja została przygotowana na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej z dnia 29 czerwca 2023 r. oraz uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej z dnia 12 lipca 2023 r., przekazanej pismem prof. Jerzego Małachowskiego, Przewodniczącego Rady Dyscyplina Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” WAT z dnia 12 lipca 2023 r.

Podstawę opinii stanowił zbiór dokumentów zawierający Autoreferat wraz z kompletem załączników.

### Charakterystyka ogólna Kandydata

Dr inż. Piotr Wróblewski tytuł zawodowy inżyniera uzyskał w 2011 r. na Wydziale Transportu Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Gnieźnie. Studia magisterskie ukończył w 2013 r. na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej. Na tym samym Wydziale w 2018 r., na podstawie rozprawy pt. „*Wpływ asymetrycznych kształtów powierzchni ślizgowych pierścieni uszczelniających na sprawność mechaniczną tłokowego silnika spalinowego*” uzyskał stopień doktora nauk technicznych.

Kandydat. ukończył studia podyplomowe:

- w 2013 r. w zakresie *Eksploatacja statków powietrznych* (Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych W Dęblinie),
- w 2016 r. w zakresie *Zarządzanie oświatą* (Wyższa Szkoła Pedagogiczno–Techniczna w Koninie),
- w 2019 r. w zakresie *Zarządzanie i marketing w administracji publicznej* (Wyższa Szkoła Kadr Menedżerskich w Koninie).

Po zakończeniu studiów doktoranckich (2014 r. - 2018 r.) w Politechnice Poznańskiej podjął pracę w Wyższej Szkole Kadr Menadżerskich w Koninie (Wydział Energetyki, od 2018 r. do 2021 r.).

Od 2020 r. jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego (Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej, Zakład Budowy i Eksploatacji Statków Powietrznych).

Od 2021 r. jest dodatkowo zatrudniony w Uczelni Techniczno-Handlowej im. H. Chodkowskiej w Warszawie; pełni funkcję prodziekana Wydziału Inżynieryjnego ds. kierunku transport.

Działalność naukowa Kandydata ukierunkowana jest głównie na problematykę tłokowych silników spalinowych. Wniosek o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego lokuje tematycznie w dyscyplinie naukowej *Inżynieria mechaniczna*.

### Ocena osiągnięć naukowych

Dr inż. Piotr Wróblewski jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria mechaniczna*, będące podstawą do wszczęcia postępowania habilitacyjnego zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, przedstawił cykl publikacji powiązanych tematycznie, który nazwał „*Teoretyczno-eksperymentalne studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości i ich wpływu na parametry filmu olejowego z uwzględnieniem nanopowłok wielowarstwowych i nanocięczy w aspekcie redukcji strat tarcia tłokowego silnika spalinowego*”.

Cykl ten stanowi 10 artykułów naukowych opublikowanych w latach 2020–2023:

1. Wróblewski P., Investigation of energy losses of the internal combustion engine taking into account the correlation of the hydrophobic and hydrophilic, *Energy*, Elsevier, Vol-ume 264, 2023, 126002, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126002>, Impact Factor – 8.857, Liczba punktów MEiN – 200,
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, 126974, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126974>. Impact Factor – 8.857, Liczba punktów MEiN – 200,
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> Impact Factor – 4.997, Liczba punktów MEiN – 140,
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, Impact Factor – 2.110, Liczba punktów MEiN – 100,
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>, Impact Factor – 0.615, Liczba punktów MEiN – 40,

6. Wróblewski P., Koszałka 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, Impact Factor – 2.110, Liczba punktów MEiN – 100,
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>, Impact Factor – 3.748, Liczba punktów MEiN – 140,
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>, Impact Factor – 0.615, Liczba punktów MEiN – 40,
9. Mubashar Arshad, Azad Hussain, Syed Amir Ghazi Ali Shah, Piotr Wróblewski, Ashraf Elfakhany, Mohamed Abdelghany Elkotb, Mostafa A.H. Abdelmohimen, Ali Hassan, 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>, Impact Factor – 6.626, Liczba punktów MEiN – 70,
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>, Impact Factor – 1.432, Liczba punktów MEiN – 40.

Indeks Hirscha (wg. Web of Science): 10. Uwzględnia on tylko jedną pracę indywidualną, i nie obejmuje publikacji stanowiących główne pozycje (3 pierwsze) wyżej przytoczonego cyklu, przedstawionego do postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego, nazwanego jako powiązane tematycznie problematyką hydrofilowości i hydrofobowości w aspekcie procesów tarcia w tłokowym silniku spalinowym.

Pozostały dorobek publikacyjny Kandydata stanowi 17 prac. Wykaz ujmuje tylko 5 wystąpień na międzynarodowych konferencjach (3 za granicą - 2 w Hiszpanii, 1 Łotwa).

Indeks Hirscha (wg. Scopus): 12. Sumaryczna liczba punktów wg listy MNiSW: 2740 Sumaryczny IF: 68,464.

Dokumentacja zawiera wykaz niespotykanej dużej liczby 330. opracowań o charakterze techniczno-popularno-naukowo-szkoleniowo-promocyjnym, dowodzących dużego zaangażowania w działalność „wokół naukowej”.

### **Charakterystyka dorobku naukowego**

Przedstawiony dorobek publikacyjnych dowodzi tego, że Kandydat zajmuje się głównie problematyką silników spalinowych, w której główna część dotyczy wykorzystania powłok PVD do redukcji tarcia w układzie pierścienie tłokowe - cylinder. Jest ona treścią 7. z 10. przedstawionych prac cyklu, nb. nie potwierdzając adekwatności nazwy cyklu publikacji, bowiem tylko 3 z nich dotyczą zagadnień wpływu hydrofilowości i hydrofobowości powłok na proces smarowania. Wszystkie ukazały się w okresie niecałego roku przed złożeniem wniosku o wszczęcie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego; żadna nie miała wpływu na przytoczone dane bibliograficzne ( $H_{inex}$ ).

Autoreferat, odnoszący się do nazwy przedstawionego cyklu publikacji, oparty jest głównie o wspomniane trzy pierwsze prace z wykazu. W jego przygotowaniu widoczny jest pośpiech, co wpłynęło na jakość zapisów, zarówno w odniesieniu do jednoznaczności merytorycznej, jak i samej strony językowej. Utrudnia do lekturę tego opracowania (np.: „*Największą ilość energii wynikającą z oporów ruchu pochłaniają pierścienie tłokowe i tłok*” – s. 9; „*Najważniejsze badania ... podano poniżej*” – s. 12; „*udział tarcia mieszanego w tarciu płynnym*” – s.51.; „*Wskaźnik tarcia suchego*” – s. 52 (co to jest?); „*...profile prędkości zwiększają się*” – s. 52. Niejednoznaczności mają nie tylko charakter redakcyjny, ale dotyczą też pojęć – poczynając od tytułu cyklu publikacji powiązanych tematycznie: „*...studium współzależności zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości* – s. 5, 12 i dalej (żadnej takiej współzależności nie badano); „*Powłoki A4-20/30 o dobrych właściwościach hydrofilowych mają najniższy współczynnik tarcia*” – s.51 (błąd pojęciowy: współczynnik tarcia nie jest indywidualną cechą materiałową; charakteryzuje parę trącą i zależy od warunków tarcia) etc.

Podjęcie problematyki wykorzystania powłok PVD do redukcji tarcia w silnikach spalinowych poprzez zastosowanie powłok cienkowarstwowych, o grubości mieszczącej się w polu tolerancji wymiarowej, jest uzasadnione aktualnością i powszechnością w pracach rozwojowych i technice, stanowiąc ich główny nurt rozwojowy. Stosowanie nowoczesnych powłok, szczególnie PVD, pozwala na znaczące obniżenie strat energii na tarcie, szacowanych w silnikach spalinowych pojazdów samochodowych na 11,5 % energii uzyskiwanej ze spalania paliwa, z czego 45% przypada na parę tłok-cylinder (wg Holmberg K. et al., DOI.org/10.1016/j.triboint.2011.11.022). Umożliwia także zmniejszenie intensywności zużycia, szczególnie w punktach zwrotnych tłoka, gdy zanika mechanizm hydrodynamicznego smarowania i dochodzi do tarcia mieszanego.

Aplikacja różnych powłok w tym newralgicznym silnikowym układzie: pierścienie tłokowe – cylinder - była treścią badań Kandydata; w przedstawionym cyklu ich wyniki ujmują 7 z 10 publikacji.

Zwrócenie przez Kandydata uwagi na zjawiska hydrofilowości i hydrofobowości jest również zasadne, w związku z tym, że typowe powłoki mają odmienne właściwości od klasycznych



materiałów konstrukcyjnych stosowanych w budowie układów trących; praktycznie nie pozwalają na uzyskanie trwałej warstwy granicznej smaru z powodu słabej fizykochemicznej interakcji z powierzchniowymi dodatkami smarnymi, znajdującymi się w typowych olejach smarowych przeznaczonych do maszyn i urządzeń, przystosowanych na ogół do elementów stalowych.

Opublikowane przez Kandydata artykuły zawierają wyniki bogatych badań stanowiskowych, prac technologicznych oraz pomiarów „instrumentalnych”, dobrze zaplanowanych – w szczególności w przypadku 3-ch pierwszych artykułów z wykazu - w kontekście przyjętej tezy dot. hydrofilowości i hydrofobowości. Omówienie tych wyników w Autoreferacie nadaje im spójną ciągłość, wpisując tytułowe określenie przedstawionego do oceny dorobku, odnoszonego stricte do treści pierwszych 3. artykułów, w kontekst wcześniejszych badań (następne artykuły z wykazu, zwłaszcza kolejne 4), stanowiące jego genezę.

Spośród uzyskanych wyników wymienionych przez Autora jako oryginalne, przytoczyć można:

- przeprowadzone studium wpływu hydrofilowości i hydrofobowości powłok stosowanych w tłokowych silnikach spalinowych tworzenie filmu olejowego, z wykorzystaniem obiektów rzeczywistych,
- ustalenie różnicy w przydatności histerezy kąta zwilżania (CAH) oraz kąta zwilżania (CA) do oceny wpływu właściwości hydrofilowych i hydrofobowych powłok i cieczy smarujących na film olejowy,
- oceny możliwości wykorzystania tzw. nanocieczy hybrydowych jako czynnika smarującego w tłokowych silnikach spalinowych,
- udoskonalenie modelu symulacyjnego do określania parametrów filmu olejowego: rozkładu grubości i pokrycia filmem olejowym pierścieni tłokowych, ilości zgarnianego oleju, mocy (siły) tarcia pierścieni o powierzchnię cylindra, grubości warstwy oleju między poszczególnymi pierścieniami w pakiecie, a także wprowadzenie modelu odzwierciedlającego zmianę mikrogeometrii powierzchni oraz warunki tarcia mieszanego, lokalne zmiany lepkości dynamicznej oleju spowodowane procesem spalania, przechyłów pierścieni tłokowych w rowkach tłoka.

Autor w swoich rozważaniach abstrahuje od hydrodynamicznego efektu procesu smarowania – tworzenia nośnej warstwy smarowej rozdzielającej elementy trące, który dla danego środka smarowego – wg dobrze opisującego proces, klasycznego równania Reynoldsa - zależy od prędkości poślizgu i temperatury. Nie uwzględnia też klasycznej warstwy granicznej, szczególnie istotnej w punktach zwrotnych tłoka, gdzie zanika hydrodynamiczne tworzenie warstwy smaru. Przyjął – domyślnie – rozumowanie, iż w tym miejscu korzystne jest uzyskanie efektu hydrofilowości, co sprzyja tworzeniu warstwy smaru rozdzielającej powierzchnie trące, natomiast w centralnej części układu tłok-cylinder - uzyskanie efektu hydrofobowości, co ma ułatwić poślizg smaru względem powierzchni smarowanych. Zgodnie z tym rozumowaniem ograniczyć to powinno straty energii na lepkie ścinanie smaru w warstwie przyściennej. Uzyskanie obu tych efektów wymagałoby złożonych technologii pokrywania różnymi powłokami różnych miejsc elementów trących, co przy wykazywanych z badań własnych (zakładając poprawność pomiarową i interpretacyjną) efektach kilkuprocentowego



ograniczania strat tarcia może nie być uzasadnione w aspekcie technicznym i ekonomicznym. Nb. jest to jeden z powodów niepodjęcia tego sposobu w technice.

Słabością bardzo mnogich, głównie w zakresie eksperymentalnym, wykonanych prac jest aspekt metodologiczny. W studiowanych procesach (wpływu hydrofilowości i hydrofobowości powłok na procesy smarowania) mały jest zakres badań modelowych, w uproszczonych warunkach, pozwalających na jednoznaczne identyfikowanie fizycznych zależności pomiędzy wymuszeniami i odpowiedzią badanych skojarzeń. Główny nurt badań to eksperymenty silnikowe – bardzo przydatne w testach weryfikacyjnych, mniej do wspomnianego identyfikowania. Efektem takiego podejścia są konkluzje szczegółowe, nie pozwalające na uogólnienia, nie wnoszące scientific added value do wiedzy poznawczej i niewiele do wiedzy praktycznej. Przykład z wniosków końcowych: *„Właściwości hydrofilowe powłok A<sub>4-30</sub> powodują zmniejszenie momentu oporu ruchu w stosunku do hydrofobowej powłoki CrN<sub>4-ref-30</sub> do prędkości obrotowej wału do około 2400 obr./min. Efekt hydrofobowy zmniejsza moment obrotowy dla powłok CrN<sub>4-ref-30</sub> po 2800 obr./min.”*. Zakładając poprawność metodologiczną (zdefiniowane wszystkie kluczowe (liczne) parametry określające warunki eksperymentów, precyzję pomiarów, odpowiednią licznosc, akceptowalną powtarzalność etc.) stwierdzenie to odnosi się tylko do badanych obiektów (silników) i materiałów (olejów smarowych, a nawet paliwa) i ma jedynie wartość przykładu, niekoniecznie egzemplifikacji.

Podjęcie głównego wątku – *współzależności (co to znaczy?) zjawisk hydrofobowości i hydrofilowości i ich wpływu na parametry filmu olejowego* powinno się oprzeć na wiedzy z obszaru chemii fizycznej, by zjawiska te uwzględniać zarówno w odniesieniu do powierzchni elementów smarowanych, jak i samych środków smarowych. Mają bowiem one często charakter hydrofobowy, co pozwala im utrzymywać się na powierzchniach hydrofobowych, ditto – hydrofilowy; efekty te mogą też działać przeciwnie.

Słuszny jest postulat modyfikowania powierzchni materiałów, aby osiągnąć pożądany stopień hydrofilowości w kontekście smarowania w strefie zwrotnej układu tłok – cylinder, w której z uwagi na spadek prędkości poślizgu do zera zanika tworzenie hydrodynamicznej warstwy smarowej (opisane równaniem Reynoldsa). Powoduje to największą „bólączkę tribologiczną” silników spalinowych - przejście do tarcia mieszanego z bezpośrednim kontaktem materiałów elementów trących. Nakładanie cienkich, mieszczących się w granicach tolerancji wymiarowej różnych powłok, zwłaszcza PVD, ogranicza opory ruchu (tarcie) oraz intensywność zużycia czy to na skutek zmniejszenia powinowactwa fizykochemicznego, czy kompozytowej struktury z komponentami zmniejszającymi wytrzymałość na naprężenia ścinające (e.g. fullereny, grafeny). Może to być też osiągnięte, jak postuluje Kandydat, poprzez nadawanie powłokom powierzchniowych właściwości hydrofilowych. Może też być zrealizowane poprzez zastosowanie specjalnych środków smarnych, które działają dobrze na hydrofilnych powierzchniach.

Prace w tych kierunkach są podejmowane w odniesieniu do wielu różnych węzłów trących; w przypadku silników spalinowych również, rozwiązując np. problem optymalizowania układu pierścieni tłokowy – cylinder tak, by poprzez zwiększanie trwałości pierścieni nie spowodować negatywnych skutków tarcia mieszanego (większej intensywności zużycia) w strefie zwrotnej w odniesieniu do cylindrów. Brak badania zużycia (intensywności zużycia)



cylindrów jako skutku współpracy z pierścieniami tłokowymi, wykonanymi różnorodnymi technologiami, o różnych właściwościach materiałowych i powierzchniowych, nie daje możliwości stworzenia podstaw merytorycznych do opracowania i zweryfikowania założeń takiej optymalizacji.

Obecne priorytety badawcze w rozwoju silników w aspekcie ograniczania strat na tarcie oraz zwiększania ich trwałości obejmują również – przeciwnie do stwierdzenia Kandydata jako coś mniej istotnego od podjętego przez niego problemu hydrofobowości i hydrofilowości – strukturę geometryczną powierzchni smarowanych. Niezależnie od klasycznego nadawania odpowiednio ukierunkowanych śladów obróbki wzmagających procesy smarowania hydrodynamicznego, obecnie silnie rozwijanym kierunkiem – dzięki nowoczesnym technologiom obróbki powierzchni - jest teksturowanie powierzchni, pozwalające na tworzenie tzw. mikroklinów smarowych, wzmagających efekt nośności hydrodynamicznej, a także pozwalających na zmniejszenie grubości hydrodynamicznej warstwy smarowej, co zmniejsza straty energii na tarcie wewnętrzne środka smarowego (nieporuszone przez Kandydata lepkie ścinanie smaru). Jednoczesne planowe zwiększanie hydrofilowości może pozwalać na uzyskanie efektu synergii, rekompensując trudności w generowaniu klasycznych mechanizmów tworzenia warstwy granicznej.

Problem różnicowania hydrofobowości/hydrofilowości powłok wielowarstwowych nie jest tu komentowany, z uwagi na fizykalnie niezrozumiałe uzależnianie tych efektów od liczby warstw.

Prezentację i analizę wyników badań przedstawione w Autoreferacie kończą 22 wnioski. Mają one charakter sprawozdania technicznego zawierającego wyniki testów i analiz technicznych, o charakterze raportu laboratoryjnego. Brak jest – odpowiednich dla opracowań typowych w naukowych postępowaniach kwalifikacyjnych - stwierdzeń o charakterze uogólnień, reguł, które – jak powiedziano wyżej – „przemycane” są kontekstowo. Dotyczą szczegółowych rozwiązań, ich aspektów i ilustrują potrzebę opanowania przez Autora techniki syntezy materiału i wypowiedzi.

Podsumowując aspekt naukowy przedstawionego dorobku: podjęta przez Kandydata problematyka jest aktualna naukowo i technicznie. Uzyskane przez niego efekty stanowią znaczący wkład nauki i techniki, pomimo iż konkluzje wynikające (pośrednio) z przedstawionych opisów nadmiarowo podnoszą znaczenie zagadnień hydrofobowości i hydrofilowości w ograniczaniu strat tarciovych w silnikach spalinowych w stosunku do innych sposobów. Mowa o kontekstowych konkluzjach ogólnych, bo niestety żadne uogólnienia nie zostały sformułowane, nie mówią o określeniu zakresu ich stosowalności.

Energetyczna efektywność pracy silników spalinowych (przekształcania energii spalania paliwa w energię mechaniczną) jest tym większa, im wyższa jest jego temperatura. Podstawowym ograniczeniem są tribologiczne aspekty węzła tarcia tłok-cylinder, a właściwie: pierścienie tłokowe – cylinder. Pomijając sprawę technologicznych zmagania chemików ze zwiększaniem odporności termicznej środków smarowych, eksploatacyjne priorytety ujmują badania dot. optymalizowania procesów smarowania w kontekście oporów ruchu oraz zużywania elementów trących w układzie: warstwa smarowa hydrodynamiczna (WHD) (jak



najcieńsza) – trwała smarowa warstwa graniczna (WG) oraz warstwa wierzchnia (WW) elementów trących („poślizgowa” i odporna na zużywanie w tarciu mieszanym).

Największe opory ruchu wynikają z lepkiego ścinania w HD warstwie smarowej. Ich redukcja przez stosowanie smarów o mniejszej lepkości prowadzi do zmniejszania grubości WHD i przez to do przyspieszenia wystąpienia tarcia mieszanego, zwłaszcza w punktach zwrotnych ruchu tłoka, gdy prędkość poślizgu spada do zera. Rolę warstwy HD przejmuje warstwa graniczna, której trwałość zależy od składu chemicznego smaru i materiału WW. Bardzo intensywny w ostatnich dziesięcioleciach rozwój w tym kierunku, poprzez chemiczną modyfikację dodatków powierzchniowych, wyczerpuje swój potencjał, głównie ze względów ekologicznych z powodu dużej szkodliwości środowiskowej wciąż powszechnie stosowanych przeciwzatarciowych (EP) i przeciwzuzyciowych (AW) dodatków smarnościowych. Uwaga badaczy skierowana została na warstwę wierzchnią cylindrów i pierścieni, stanowiąc obecnie najsilniejszy trend rozwojowy. Umożliwia to dynamiczny rozwój technologii powierzchniowych. Najogólniej dotyczy to dwóch kierunków: materiałowego oraz obróbczego (kształtowania powierzchni).

W pierwszym przypadku (materiałowym) dotyczy to twardych powłok nakładanych na pierścienie (ograniczeniem jest ścieranie nimi dużo droższych cylindrów), a także powłok o małych wartościach granicznych naprężeń ścinających, tzw. poślizgowych: kompozytowych, DLC (w których struktury diamentopodobne węgla  $sp^3$  pod wpływem tarcia przekształcają się w grafitowe struktury  $sp^2$ ) etc. Drugi kierunek to intensywnie rozwijane obecnie techniki obróbczego kształtowania powierzchni poprzez odpowiednie (zdefiniowane) kształtowanie ich chropowatości oraz teksturowania.

Oba ostatnie z wymienionych kierunków rozwoju - materiałowego oraz teksturowania - należą do najintensywniej rozwijanych w tribologicznych badaniach dotyczących silników spalinyowych, szczególnie dlatego, że są pasywne w aspekcie tarciowo-zużyciowego oddziaływania na cylinder, a także jako dające się coraz precyzyjniej modelować teoretycznie oraz realizować praktycznie, dzięki zarówno rozwojowi metod obliczeniowych, jak i technologicznych.

Nie można też nie dostrzec konstrukcyjnych możliwości poprawy tribologicznych charakterystyk pracy układu pierścienie – cylinder. Promowane są rozwiązania polegające na znaczącym zmniejszeniu grubości pierścienia (20% - katalogi InterCars SA), co umożliwia skuteczniejsze wykorzystanie właściwości sprężystych pierścieni i lepsze dopasowanie ich do powierzchni cylindra przy zmniejszonym nacisku (wg źródła do 40%), redukując siłę tarcia (do 28%).

Podjęty przez Kandydata wątek świadomego kształtowania warstwy przyściennej (granicznej) smaru poprzez odpowiednie właściwości hydrofobowe i hydrofilowe powierzchni smarowanych ma znaczenie tribologiczne, dopełnia inicjatywy rozwiązań materiałowych, chociaż w żadnym stopniu nie uprawnia to Kandydata do stwierdzenia, że „*właściwości te mają znacznie większy wpływ na straty tarcia w warunkach tarcia płynnego i mieszanego niż chropowatość powierzchni, mikro- i makrotopografia oraz twardość powierzchni*”. Cienka warstewka adhezyjnego (niezbyt silne oddziaływania Van der Waalsa) filmu smarowego jako skutek hydrofilowości powierzchni (przy odpowiednich właściwościach smaru) zapobiega



w pewnym stopniu kontaktom wierzchołków mikrochropowatości, ale nieporównanie słabiej, od chemisorpcyjnych warstw granicznych. Właściwości hydrofobowe też w niewielkim stopniu wpływają na opory poślizgu smaru względem powierzchni smarowanej w warunkach tarcia płynnego (centralna strefa położenia tłoka), ponieważ redukuje to tylko niewielkie opory, wynikające z lepkiego ścinania w cienkiej warstwie przyściennej (w tym przypadku niewystępującej).

Przedstawione powyżej uwagi mają charakter komentujący, wyjaśniający lub dyskusyjny; nie umniejszają one ogólnej, pozytywnej oceny przedstawionego dorobku Kandydata, którego niektóre aspekty zostały dostrzeżone m.in. w kompleksowym opracowaniu „*A review on preparation process and tribological performance of coatings for internal combustion engine piston ring*” - artykule dot. postępu w badaniach nt. aplikacji powłok do poprawy efektywności silników spalinowych w aspekcie środowiskowym (AIME, 2023, doi.org/10.1177/16878132231175752, SAGE Publishing).

### **Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**

Kandydat odbył jeden, wartościowy w sensie uprawianej przez siebie problematyki badawczej, dotyczącej silników spalinowych, trzytygodniowy stacjonarny staż w okresie 24.07.2022 r. do 15.08.2022 r. odbył stacjonarny staż naukowy w Brazylii, w Laboratório de Fenómenos de Superfície, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Staż dotyczył zagadnień spalania paliw odnawialnych w silnikach tłokowych oraz wpływu parametrów konstrukcyjnych tłokowych silników spalinowych na straty tarcia i zużycie paliwa.

W dniach 18-24.09.2022 roku odbył tygodniowy stacjonarny staż w Uniwersytecie Erazma w Rotterdamie Holandia w ramach projektu „Liderzy w zarządzaniu uczelnią w ramach POWER”.

W okresie od 1.07.2021 do 3.08.2021 roku odbył w trybie online staż w University of Engineering & Technology, Peshawar w Pakistanie. Staż obejmował problematykę tribologii, materiałów zużywających się i teksturowanych, konstrukcji mechanicznych, obliczeń konstrukcji nośnych i wytrzymałościowych oraz analiz prognostycznych.

### **Inne aspekty działalności naukowej**

#### Kierowanie i udział w projektach badawczych

Dokumentacja zawiera informację o współpracy Kandydata (1.01.2022 do 01.06.2022 r.), wraz z częściowym finansowaniem badań, z grantu Narodowego Planu Kluczowych Badań i Rozwoju Chin. Problematyki stażu nie podano; tytuł wynikającej z tego publikacji: *Prediction of slope stability using Tree Augmented Naive-Bayes classifier: modeling and performance evaluation*. W: Mathematical Biosciences and Engineering, 2022. doi: 10.3934/mbe.2022209.

Kandydat odnotowuje w tym czasie równoległą współpracę z King Khalid University, Abha, Arabia Saudyjska, w okresie 1.01.2022 do 01.12.2022 r. w ramach grantu międzynarodowego

Deanship of Scientific Research. Tematyka: badania energii cieplnej magneto hydrodynamicznego przepływu cieczy nanomateriału po rozciąganych materiale: porównanie cząstek pojedynczych i złożonych. Efektem była wspólna publikacja na ten temat w Alexandria Engineering Journal, Elsevier, 2022.

Również równolegle, w okresie 1.06.2022 do 01.12.2022 r, współpracował z Princess Nourah bint Abdulrahman University, Riyadh, Arabia Saudyjska, Efektem tej współpracy było uzyskanie częściowego finansowania badań i wydanie wspólnej publikacji w Mathematical Problems in Engineering, 2022.

Kandydat informuje o wspólnych publikacjach z autorami Bliskiego i Dalekiego Wschodu: Egiptu, Etiopii, Pakistanu, Malezji, Chin, Arabii Saudyjskiej oraz Indii.

Tak ukierunkowaną aktywność, jak też to, czy określenie „współpraca w ramach grantu” oznacza autorski udział w projekcie, są trudne do skomentowania.

Jako konsultant naukowy („ekspertyzy na zlecenie”) odnotowuje udział w 5 projektach krajowych POIR, realizowanych przez firmę Lech Świątek „Świątek” Bydgoszcz, fabryka wałków rozrządu, Radiotechnika Marketing sp. z o.o. Kąty Wrocławskie oraz Hydrapress sp. z o.o. Białe Błota. Nie kierował żadnym projektem, ani nie był członkiem zespołu pozyskującego finansowanie projektu na drodze postępowania konkursowego.

#### Ocena osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych

W ramach działalności na rzecz firmę Świątek w Bydgoszczy Kandydat informuje o trzech autorskich wdrożeniach technologicznych zrealizowanych w 2021 r.: Stanowiska do testowania momentu oporu ruchu zespołu układu rozrządu silników lotniczych, konstrukcji bloku silnika o zwartej zabudowie dostosowanej do połączenia układu napędowego silnika spalinowego z elektrycznym oraz tłumika drgań skrętnych przekładni śmigła samolotu ultralekkiego.

Komunikuje również o udziale w 14. pracach dot. tworzenia nowych rozwiązań projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych, obejmujących m.in.:

- Silniki spalinowe o wysokiej sprawności energetycznej, układy hybrydowe z silnikami spalinowymi i elektrycznymi, oraz systemy oczyszczania spalin i recyrkulacji dla ultralekkich samolotów,
- Powłoki przeciwzwarciowe na bazie nanocząstek i nanokompozytów o wyższej wytrzymałości,
- Nowe materiały powłokowe do ochrony przed korozją i zużyciem elementów silników spalinowych,
- Automatyzację i kontrolę procesów obróbki skrawaniem za pomocą sztucznej inteligencji.

Działalność aplikacyjną Kandydata należy ocenić jako mnogą, różnorodną, w sporej części związaną z obszarem silników spalinowych, w którym zawiera się jego podstawowa działalność naukowa.



## Ekspertyzy i inne opracowania na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

Kandydat wymienia wykonanie 17. ekspertyz na zlecenie wymienionych wyżej firm Lech Świątek „Świątek” Bydgoszcz, fabryka wałków rozrządu oraz Hydrapress sp. z o.o. Białe Błota.

## Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i w zakresie popularyzacji nauki

Dydaktyczna działalność Kandydata obejmowała zajęcia z zakresu licznych przedmiotów związanych z szeroko pojętą inżynierią mechaniczną na różnych poziomach edukacji – jako nauczyciel w technikum samochodowym oraz jako nauczyciel akademicki. Realizował zajęcia w Wojskowej Akademii Technicznej (Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa, Zakład Budowy i Eksploatacji Statków Powietrznych), Uczelni Techniczno-Handlowej im. H. Chodkowskiej w Warszawie, Wyższej Szkole Kadr Menadżerskich w Koninie, Wydział Energetyki.

Był/jest promotorem 18. prac inżynierskich, 39. prac inżynierskich, 6. prac magisterskich a także promotorem pomocniczym jednej rozprawy doktorskiej.

Jest Rzecznikiem Ministerstwa Edukacji Narodowej do spraw podręczników w zawodach: technik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych.

Działalność organizacyjna - od 2021 roku pełni funkcję prodziekana ds. kierunku Transport na Uczelni Techniczno-Handlowej im. Heleny Chodkowskiej w Warszawie. Od 2017 roku jest prezesem Koła Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich (SIMP).

Jestem członkiem licznych towarzystw naukowych, m.in. Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych (od 2012 r.), Polskiego Towarzystwa Naukowego Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (od 2014 r.), Polskiego Towarzystwa Inżynierów Lotnictwa (od 2014 r.), Polskiego Towarzystwa Rakietowego (od 2021 r.).

Wykonał 127 recenzji w 17. czasopismach międzynarodowych indeksowanych w bazach Scopus i Web of Science. Był edytorem gościnnym w czasopismach MDPI „Energies” oraz „Materials”.

Podaje udział w licznych (7.) organizowanych w 2023 r. konferencjach - międzynarodowych: “Scholars World Congress on Material Science and Nanotechnology” MatScience 2023, Francja, 5<sup>th</sup> EuroMediterranean Conference for Environmental Integration, 2023 roku, Włochy, The 9th International Conference on Economics & Social Sciences, 2023 roku, Cypr, 7th World Congress on Materials Science & Engineering. 2023 r. Valencia, Hiszpania, a także krajowych: VI i VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Współczesne problem zarządzania, bezpieczeństwa i nowoczesnej inżynierii”, Zakopane (2022 r. oraz 2023 r.; członek komitetu organizacyjnego), oraz XIV Ogólnopolska Konferencja Kół Naukowych „Współczesne wyzwania nauk społecznych, logistyki i nowoczesnej inżynierii” (2023; komitet naukowy).

## **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że dr inż. Piotr Wróblewski ma uznany dorobek naukowy w obszarze stanowiącym ważny obszar tematyczny dyscypliny Inżynieria mechaniczna. Jego osiągnięcia stanowią znaczący wkład do rozwoju metod zwiększania jakości eksploatacyjnej silników spalinowych.

Zgromadzony dorobek potwierdza zasadność ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Pozytywną ocenę wzmocniłaby aktywność w zakresie budowania trwałego zespołu badawczego, pozyskiwania finansowania projektów na drodze konkursowej, a także większe skupienie na podejmowanej problematyce naukowej i mniejsze rozpraszanie na działalności „wokół naukowej”.

Na podstawie dokonanej oceny dorobku dr. inż. Piotra Wróblewskiego stwierdzam, że odpowiada on warunkom stawianym ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ((Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).

Wnoszę o nadanie dr inż. Piotrowi Wróblewskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Inżynieria mechaniczna.

