

Prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin
Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

Gliwice, 27.02.2024

**RECENZJA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO ORAZ CAŁOKSZTAŁTU DOROBKU
NAUKOWEGO
DR INŻ. MICHAŁA PYRCA**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Kierownika Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej dr hab. inż. Janusza Szmidli, prof. PCz z dnia 3.01. 2024 r.

1. SYLWETKA KANDYDATA

Dr inż. Michał Pyrc uzyskał tytuł magistra inżyniera w roku 1997 na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika uzyskał w roku 2002 na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: „Wpływ zwężki w suwaku rozdzielacza na stabilizację serwomechanizmu hydraulicznego”. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Edward Palczak. Kandydat ponadto ukończył studia pedagogiczne w Międzywydziałowym Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli Politechniki Częstochowskiej, a także studia podyplomowe z zakresu Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie.

Pracę zawodową Kandydat rozpoczął w roku 1998 na Wydziale Budowy Maszyn Politechniki Częstochowskiej na stanowisku asystenta. Od roku 2003 zatrudniony był jako adiunkt w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej, a od 2019 roku jest adiunktem w Katedrze Maszyn Ciepłych na tym samym Wydziale.

Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadania stopnia doktora habilitowanego.

2. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Osiągnięciem naukowym zgłoszonym przez Habilitanta jest: **Analiza możliwości wykorzystania alternatywnych paliw węglowych i bezwęglowych do zasilania tłokowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym i iskrowym.**

Osiągnięcie naukowe zostało przedstawione w postaci cyklu dziesięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w okresie od roku 2016 do roku 2022:

- [1] Tutak W., Jamrozik A., Pyrc M., Sobiepański M., 2016, *Investigation on combustion process and emissions characteristic in direct injection diesel engine powered by wet ethanol using blend mode*, Fuel Processing Technology, 149, pp. 86-95, 35 Pkt. IF 3.847
- [2] Jamrozik A., Tutak W., Pyrc M., Sobiepański M., 2017, *Experimental investigations on combustion, performance and emission characteristics of stationary CI engine fuelled with diesel-methanol and biodiesel-methanol blends*, Environmental Progress & Sustainable Energy, 25 pkt. IF 1.631
- [3] Tutak W., Jamrozik A., Pyrc M., Sobiepański M., 2017, *A comparative study of co-combustion process of diesel-ethanol and biodiesel-ethanol blends in the direct injection diesel engine*, Applied Thermal Engineering, 117, pp.155-163, 40 pkt. IF 3.771
- [4] Jamrozik A., Tutak W., Pyrc M., Gruca M., Kočiško M., 2018, *Study on co-combustion of diesel fuel with oxygenated alcohols in a compression ignition dual-fuel engine*, Fuel, 221, 329-345, 40 pkt. IF 4.908
- [5] Juknelevicius R., Szwaja S., Pyrc M., Gruca M., 2019, *Influence of Hydrogen Co-Combustion with Diesel Fuel on Performance, Smoke and Combustion Phases in the Compression Ignition Engine*, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 44, 19026-19034, 140 pkt. IF 4.939
- [6] Gruca M., Pyrc M., Szwaja M., Szwaja S., 2020, *Effective Combustion of Glycerol in a Compression Ignition Engine Equipped with Double Direct Fuel Injection*, Energies, Vol. 13, DOI: 10.3390/en13236349, 140 pkt. IF 3.004
- [7] Szwaja S., Gruca M., Pyrc M., Juknelevicius R., 2021, *Performance and Exhaust Emissions of a Spark Ignition Internal Combustion Engine Fed with Butanol-Glycerol Blend*, Energies, Vol. 14, DOI: 10.3390/en14206473, 140 pkt. IF 3.542

[8] Pyrc M., Gruca M., Jamrozik A., Tutak W., Juknelevicius R., 2021, *An Experimental Investigation of the Performance, Emission and Combustion Stability of Compression Ignition Engine Powered by Diesel and Ammonia Solution (NH₄OH)*, International Journal of Engine Research, Vol. 22, DOI: 10.1177/1468087420940942. 100 pkt. IF 3.874

[9] Szwaja S., Gruca M., Pyrc M., 2022, *Investigation on Ethanol-Glycerol Blend Combustion in the Internal Combustion Sparkignited Engine. Engine Performance and Exhaust Emissions*, Fuel Processing Technology, Vol. 226, DOI: 10.1016/j.fuproc.2021.107085, 140 pkt. IF 8.129

[10] Pyrc M., Gruca M., Tutak W., Jamrozik A., *Assessment of the Co-Combustion Process of Ammonia with Hydrogen in a Research VCR Piston Engine*, 2023, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 48, 2821-2834, 140 pkt. IF 7.139

Wszystkie wymienione prace są pracami wieloautorskimi i tylko w 2 z nich Habilitant jest pierwszym autorem, a w żadnej nie jest autorem korespondencyjnym. Tym niemniej z opisów merytorycznych udziałów poszczególnych autorów w/w publikacji wynika, że w każdej z nich udział merytoryczny Kandydata był istotny i obejmował m.in. budowę lub modernizację stanowiska badawczego, planowanie badań, udział w badaniach, udział w opracowaniu wyników oraz opracowanie wniosków.

Osiągnięcie opisane w cyklu w/w publikacji obejmuje wyniki badań eksperymentalnych, które Habilitant zrealizował na trzech stanowiskach silnikowych: dwóch z silnikami o zapłonie samoczynnym i jednym z silnikiem o zapłonie iskrowym. Habilitant biorąc pod uwagę wykorzystane rodzaje paliw alternatywnych i zmodyfikowane układy zasilania seryjnych silników spalinowych (Andoria 1CA90, Andoria S320 i UIT 85) podzielił główne osiągnięcie na trzy części obejmujące:

- spalania mieszanin oleju napędowego lub biodiesla z alkoholem metylowym lub etylowym i współspalania oleju napędowego lub biodiesla z alkoholem metylowym lub etylowym ale w układzie zasilania dwupaliwowego. Badania prowadzono na zmodernizowany przez Habilitanta wysokoprężnym silniku Andoria 1CA90 z mechanicznym wtryskiem i z dodatkowym niskociśnieniowym wtryskiwaczem elektromagnetycznym zabudowanym w kolektorze ssącym tego silnika opisane w artykułach [1 – 4].

Podsumowanie wyników badań tej grupy prowadzą Kandydata do wniosku, że mieszanina o udziale do 30% objętości etanolu z olejem napędowym może być stosowana jako paliwo do silnika o zapłonie samoczynnym, a parametry pracy silnika zasilanego mieszaniną oleju napędowego z etanolem nie odbiegają znacząco od pracy na samym oleju napędowym. Ze względów ekologicznych wzrost znaczący emisji tlenków azotu przy małym spadku emisji tlenków węgla może ograniczyć możliwość wykorzystywania tego typu mieszaniny jako paliwa do silnika o zapłonie samoczynnym.

Po analizach z przeprowadzonych badań silnika zasilanego mieszaniną metanolu z olejem napędowym Habilitant stwierdza, że podobnie jak dla mieszaniny z etanolem można określić górną granicę na 30% udziału objętościowego metanolu. Do tej wyznaczonej wartości silnik pracuje poprawnie, a emisje toksycznych związków spalin poza tlenkami azotu mogą być akceptowalne.

Badania spalania w/w alkoholi z biodieslem pozwala stwierdzić, że mieszanina biodiesla z etanolem obniża emisję tlenków azotu podczas spalania, a z metanolem podwyższa w porównaniu do mieszanin z olejem napędowym. Biodiesel w mieszaninie z metanolem, etanolem wykazuje niższe ciśnienie indykowane i sprawność indykowaną podczas spalania w porównaniu do mieszanin z olejem napędowym. Biodiesel w mieszaninie z metanolem, etanolem wykazuje lepszą stabilność pracy silnika nawet powyżej 30% udziału objętościowego alkoholu w mieszaninie w porównaniu z mieszaniną z olejem napędowym.

Podsumowując przeprowadzone badania współspalania w silniku dwupaliwowym Kandydat stwierdza, że jest możliwe współspalanie paliw alkoholowych metanol, etanol, propanol, butanol na poziomie udziału energetycznego do 55% całej dawki energetycznej z olejem napędowym w silniku dwupaliwowym i ma to korzystny wpływ na parametry pracy silnika. Dwupaliwowy silnik o zapłonie samoczynnym współspalający paliwa alkoholowe z olejem napędowym ma niższą emisję tlenku węgla ale wyższą emisję tlenków azotu i węglowodorów w stosunku do silnika spalającego sam olej napędowy.

- współspalania oleju napędowego lub biodiesla z wodorem, wodnym roztworem amoniaku oraz mieszaniną glicerolu z etanolem. Badania prowadzono na zmodernizowanym wysokoprężnym silniku Andoria S320 z podwójnym wysokociśnieniowym wtryskiem paliwa i niskociśnieniowym

elektromagnetycznym wtryskiwaczem zabudowanym w kolektorze ssącym tego silnika opisane w artykułach [5, 6, 8].

W podsumowaniu wyników badań tej grupy Kandydat stwierdza, że wzrost udziału energetycznego wodoru w paliwie silnika dwupaliwowego o zapłonie samoczynnym, powoduje skrócenie opóźnienia czasu zapłonu i głównej fazy spalania. We wszystkich badaniach wraz ze wzrostem udziału energetycznego wodoru emisje węglowodorów i tlenku węgla jak i zawartość sadzy w spalinach maleje. Ze względu na pojawiające się spalanie stukowe przy pełnym obciążeniu, granica energetycznego udziału wodoru w dawce energetycznej paliwa może wynosić maksymalnie 35%.

Spalanie mieszaniny glicerolu z etanolem w stosunku objętościowym 1:1, w dwupaliwowym silniku o zapłonie samoczynnym z pilotującą dawką oleju napędowego jest możliwą metodą na wykorzystanie energetyczne glicerolu i etanolu. Mieszanina glicerolu z etanolem jest stabilna fazowo i może być wykorzystana w nowoczesnych wysokociśnieniowych układach wtryskowych paliwa. Współspalanie mieszaniny glicerolu z etanolem przy udziale pilotującej dawki oleju napędowego powoduje znaczny spadek ilości sadzy w spalinach.

Podsumowując badania spalania oleju napędowego z wodnym roztworem amoniaku w silniku badawczym Kandydat stwierdza, że w porównaniu ze spalaniem samego oleju napędowego w silniku badawczym, spalanie z udziałem wodnego roztworu amoniaku powodowało pogorszenie stabilności pracy silnika, ale nie przekroczyło dopuszczalnego wskaźnika stabilności. Dodanie wodnego roztworu amoniaku doprowadziło do zmniejszenia emisji tlenków azotu, zwiększenia emisji tlenku węgla i węglowodorów i nie spowodowało znaczących zmian w emisji dwutlenku węgla. Istotnym wnioskiem Habilitanta jest stwierdzenie, że wodny roztwór amoniaku nie można traktować jako paliwo niekonwencjonalne czy alternatywne tylko jako ewentualny dodatek (np. anty stukowy) do procesu spalania lub współspalania różnych paliw i mieszanin paliw gazowych, ciekłych w silnikach spalinowych.

- spalania paliw alternatywnych, ciekłych lub gazowych, mieszanin glicerolu z etanolem lub butanolem, mieszanin amoniaku z wodorem. Badania prowadzono na zmodernizowanym tłokowym silniku badawczym UIT-85 o zapłonie iskrowym opisane w artykułach [7, 9, 10].

Podsumowując przeprowadzone badania Kandydat stwierdza, że spalanie mieszaniny gliceryny z alkoholami (etanołem, butanołem) w silniku o zapłonie iskrowym jest możliwe technicznie, uzasadnione energetycznie i ekologicznie. W porównaniu wyników spalania mieszaniny glicerolu z etanołem lub butanołem w silniku o zapłonie iskrowym do osiągniętych wyników spalania samej benzyny, etanolu, butanolu, nie różnią się znacząco i umożliwiają wykorzystanie mieszanin gliceryny z alkoholami jako paliwa do zasilania silników o zapłonie iskrowym.

Podsumowując badania współspalania amoniaku z wodorem Habilitant stwierdza, że silnik o zapłonie iskrowym może być zasilany gazowym amoniakiem pod warunkiem niewielkiego udziału energetycznego wodoru. Odpowiedni do stopnia kompresji udział energetyczny wodoru pozwala uzyskać stabilną pracę silnika.

Najkorzystniejszy przebieg procesu spalania i najwyższą sprawność cieplną, silnik uzyskuje dla 12% udziału energetycznego w mieszance paliwowej z amoniakiem. Dalszy wzrost udziału energetycznego wodoru (powyżej 12%) powoduje skrócenie czasu opóźnienia zapłonu, pogorszenie parametrów spalania, wzrost temperatury spalin i wzrost emisji tlenu azotu.

Generalnym osiągnięciem Habilitanta są zatem kompleksowe badania nad zastosowaniem nowych paliw lub dodatków do paliw węglowodorowych do zasilania tłokowych silników spalinowych. Silniki spalinowe przeszły w okresie swego istnienia spektakularny rozwój i stanowią dzisiaj jeden z najdoskonalszych silników charakteryzujący się bardzo wysoką sprawnością i dobrymi parametrami emisji substancji szkodliwych. Przyczyniły się także znacząco do rozwoju cywilizacyjnego i komfortu życia ludzi. Istniejące obecnie tendencje rozwojowe dążą do wyeliminowania silników spalinowych zasilanych paliwami węglowodorowymi i zastąpienie ich np. silnikami elektrycznymi. Zaprezentowane przez Habilitanta paliwa alternatywne mogą pozwolić na dalszą eksploatację silników spalinowych, a także ich dalszy rozwój. Przedstawione w pracy wyniki badań współspalania paliw alternatywnych w tłokowych silnikach spalinowych pozwoliły w sposób znaczący uzupełnić i poszerzyć dotychczasową wiedzę nad wykorzystaniem niekonwencjonalnych paliw do zasilania tłokowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym i iskrowym. Wskazując na zalety i wady stosowania paliw alternatywnych mają istotne znaczenie poznawcze jak i użytkowe.

3. OCENA POZOSTAŁEJ ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Zainteresowania naukowo-badawcze Kandydata w początkowym okresie jego pracy dotyczyły zagadnień hydrauliki siłowej a jego praca doktorska dotyczyła zagadnień napędów i sterowania elektrohydraulicznego maszyn.

Po uzyskaniu stopnia doktora zainteresowania badawcze Kandydata skupiły się na zagadnieniach budowy, modernizacji i eksploatacji tłokowych silników spalinowych. Kandydat prowadził badania w tym zakresie zarówno w macierzystej Uczelni jak i wspólnie z ośrodkami zagranicznymi. W ramach projektu Horyzont 2020 MSCA-RISE KNOCKY 691232, Knock prevention and increase of reliability and efficiency of high power gaseous internal combustion engine Kandydat współpracował z Michigan Technological University, USA na którym odbył 3 miesięczny staż (07.06–08.09.2017). W ramach stażu prowadził wspólne badania na wielopaliwowych silnikach spalinowych. Badania dotyczyły spalania i współspalania paliw ciekłych i gazowych na silnikach stosowanych w transporcie i jednostkach stacjonarnych pracujących w kogeneracji. Miały one na celu sprawdzenia przydatności wybranych paliw alternatywnych i ich wdrożeniu do przemysłu motoryzacyjnego. Wyniki badań były publikacją w Energy Conversion and Management.

Habilitant prowadził również wieloletnią współpracę naukowo-badawczą z Wileńskim Uniwersytetem Technicznym im. Giedymina na Litwie. W ramach tej współpracy w latach 2017-2018 prowadzono wspólne badania spalania w silnikach na stanowiskach badawczych opracowanych przez Habilitanta w Częstochowie jak i badania na Litwie. Efektem współpracy były publikacje m.in. w czasopiśmie International Journal of Hydrogen Energy, International Journal of Engine Research, Energies, Journal of KONES a także referaty konferencyjne. Odbył także wyjazdy studyjne do firmy MOTORTECH w Niemczech oraz Wartsila OY w Finlandii.

Kandydat był również współwykonawcą prac naukowo-badawczych realizowanych na potrzeby przemysłu, a dotyczących m.in. projektowania, budowy prototypowych maszyn i urządzeń z wykorzystaniem napędu i sterowania hydraulicznego i pneumatycznego, napędu i sterowania elektrycznego. Badania te dotyczyły m.in. urządzeń do ładowania samochodowych akumulatorów gazowo-hydraulicznych, modernizacji kotłowni z wykorzystaniem biomasy, sterowania hydraulicznego do napędu podajnika paliwa, sterowania napędem hydraulicznym wtryskarki. Wyniki

tych prac były publikowane w czasopismach branżowych np. Hydraulika i Pneumatyka, Napędy i Sterowania, Czysta Energia, Przetwórstwo Tworzyw i innych. Od wielu lat Kandydat współpracuje z producentem strunobetonowych żerdzi energetycznych. W ramach tej współpracy opracował m.in. technologie spęczniania prętów zbrojeniowych żerdzi wykonanych w technologii betonu sprężonego dla elektroenergetyki. Opracował także prototypową hydrauliczną prasę spęczającą oraz cały ciąg technologiczny wykorzystywany do seryjnej produkcji energetycznych żerdzi wirowanych. Efektem tej współpracy były m.in. publikacje w czasopismach Logistyka, Mechanika a także patent.

4. OCENA OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH I POPULARYZATORSKICH ORAZ WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ

Pracując jako nauczyciel akademicki na etacie adiunkta w Katedrze Maszyn Ciepłych dr inż. Michał Pyrc prowadził zajęcia dydaktyczne na kierunkach: Mechanika i Budowy Maszyn, Energetyka, Mechatronika w formie wykładów, seminariów, ćwiczeń, projektów i laboratoriów, w tym m.in.: Transport samochodowy, Budowa samochodu, Dynamika pojazdu, Sprężarki i turbosprężarki, Doładowanie tłokowych silników, Układy automatyki przemysłowej, Podstawy automatyki, Napęd i sterowanie elektrohydrauliczny maszyn i urządzeń, Bezpieczeństwo i higiena pracy, Układy elektroniczne i technika pomiarowa, Miernictwo i systemy pomiarowe, Metrologia i systemy pomiarowe, Maszyny i napęd elektryczny, Elektrotechnika i elektronika. Kandydat jest współautorem 3 skryptów dla studentów. Był promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Mariusza Chwista, a także promotorem ponad 30 prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich. Od wielu lat opiekuje się Kołem Naukowym Techniki Motoryzacyjnej. Angażuje się w działania promocyjne Uczelni oraz zajęcia pokazowe dla uczniów szkół średnich.

Był członkiem komitetów organizacyjnych konferencji naukowych: „Silniki Gazowe”, Int. Scientific Congres on Powertrain and Transport Means European KONES 2018, konferencji poświęconej technologii upraw mikrogolonów.

Był pełnomocnikiem Dziekana ds. praktyk, członkiem komisji rekrutacyjnych, komisji wyborczej, a także Społecznym Inspektorem Pracy na rodzimym Wydziale. Jest członkiem PTMTiS.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Dr inż. Michał Pyrc rozpoczął pracę naukową w Politechnice Częstochowskiej w roku 1998 i pracuje tam do chwili obecnej. Przez cały okres swej aktywności zawodowej prowadził badania zarówno teoretyczne jak i eksperymentalne w obszarze spalania oraz silników spalinowych.

Opublikował łącznie 46 artykułów (43 po uzyskaniu stopnia doktora), 13 rozdziałów w monografiach. Uczestniczył w konferencjach krajowych i zagranicznych, w których łącznie przedstawił 23 referaty. Uczestniczył w realizacji 7 projektów badawczych krajowych oraz projekcie europejskim Horyzont 2020 MSCA-RISE KNOCKY. Był członkiem zespołów badawczych realizujących kilka innych prac naukowo badawczych, w tym na zlecenie PKN Orlen. Jest współautorem 3 patentów krajowych i jednego zagranicznego. Liczba cytowań Jego publikacji wg bazy Web of Science wynosi 378 (358 b.a.), indeks Hirscha 10, (wg bazy Scopus liczba cytowani 442 (423 b.a.), indeks Hirscha 10). Sumaryczny IF Jego publikacji wynosi 54.71. Pozytywnie oceniam zatem zarówno jego główne osiągnięcie naukowe jak i całość jego działalności naukowej wnoszącej wkład w rozwój wiedzy z zakresu spalania, a w szczególności spalania paliw alternatywnych w silnikach spalinowych oraz wiedzy dotyczącej konstrukcji i eksploatacji silników spalinowych napędzanych paliwami alternatywnymi.

Jego działalność dydaktyczną, organizacyjną, a także działalność w zakresie popularyzacji nauki i współpracy międzynarodowej także oceniam pozytywnie. Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że dr inż. Michał Pyrc jest pracownikiem naukowym posiadającym dobry dorobek naukowy potwierdzony zarówno publikacjami naukowymi w uznanych czasopismach takich jak: Applied Thermal Engineering, International Journal of Hydrogen Energy, Fuel Processing Technology, a także wdrożeniami do praktyki przemysłowej. Stwierdzam zatem, że spełnia On wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej o dopuszczenie dr inż. Michała Pyrca do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego i nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.