

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
Profesor zwyczajny
Politechnika Poznańska
Instytut Silników Spalinowych i Transportu

OPINIA
o osiągnięciach naukowych i istotnej aktywności naukowej
dr. inż. Zbigniewa Stępnia

wraz z monografią pt. „Systemy filtracji spalin do samochodowych silników
z zapłonem samoczynnym – problemy regeneracji filtrów”

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Niniejsza opinia została opracowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr. inż. Zbigniewa Stępnia, zgodnie z pismem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów (BCK-VI-L-7264/17), na zlecenie Pana Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej (pismo nr L. dz. M.00.520.276/2017). Przedmiotem oceny są osiągnięcia naukowe i istotna aktywność naukowa wraz z monografią pt. „Systemy filtracji spalin do samochodowych silników z zapłonem samoczynnym – problemy regeneracji filtrów”.

2. OCENA DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO, ORGANIZACYJNEGO I DYDAKTYCZNEGO

2.1. Podstawowe dane o Habilitancie

Habilitant (lat 59) ukończył studia na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej. W roku 1985 obronił, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej, pracę doktorską pt. „Wpływ wielodyszowego dozownika paliwa w gaźniku o stałym podciśnieniu na jakość tworzenia mieszanki w silnikach spalinowych” (promotor: prof. dr hab. inż. Bronisław Sedyka). Od chwili ukończenia studiów doktoranckich, po odbyciu służby wojskowej, podjął pracę zawodową w Centrum Uczelniano-Przemysłowym na stanowisku konstruktora. Po kilku latach znalazł zatrudnienie w Instytucie Technologii Nafty. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym.

W swojej karierze naukowej Habilitant zajmował się m.in. zagadnieniami związanymi z wpływem paliw na niekorzystne zjawiska występujące podczas użytkowania tłokowych silników spalinowych oraz z mechanizmami tworzenia osadów w tych silnikach. Prowadził też liczne badania nad wpływem biokomponentów FAME (Fatty Acid Methyl Esters) na tworzenie się osadów i funkcjonowanie aparatury wtryskowej, a także nad wpływem paliw bioetanolowych na parametry eksploatacyjne i ekologiczne silników spalinowych oraz

stabilność mieszanin benzyna–etanol.

W dalszej kolejności dr inż. Zbigniew Stępień zajął się mechanizmami tworzenia cząstek stałych w silnikach o zapłonie samoczynnym, systemami filtracji gazów wylotowych, w tym w szczególności regeneracją filtrów DPF (Diesel Particulate Filter) oraz emisją wtórną PM występującą w wyniku regeneracji. W efekcie przeprowadzonych prac Habilitant opublikował w 2016 roku monografię pt. „Systemy filtracji spalin do samochodowych silników z zapłonem samoczynnym – problemy regeneracji filtrów DPF”.

2.2. Ocena monografii

Uwagi ogólne

Silnik spalinowy w swojej blisko 150-letniej historii był obiektem ciągłych modernizacji. W efekcie stał się jedną z najbardziej niezawodnych maszyn jaką zbudował człowiek, a niewątpliwie jest najbardziej sprawnym silnikiem cieplnym. Jednym z obszarów prac badawczych jest obecnie doskonalenie procesów cieplnych zachodzących w silniku, prowadzących do zwiększenia sprawności cieplnej i zmniejszenia jego toksyczności spalin. Zagadnieniu temu poświęca się bardzo dużo uwagi, co wymuszają ciągłe ograniczenia limitów przez międzynarodowe normy dotyczące emisji spalin. Zagadnienie ochrony środowiska jest traktowane w wymiarze globalnym i z tego powodu ograniczeniami ekologicznymi obejmowane są coraz to nowe grupy silników i ich zastosowań.

Przedstawiona do oceny monografia dotyczy bardzo ważnego i ciągle aktualnego problemu ochrony środowiska i już na wstępie warto podkreślić, że Autor podjął niezwykle ważny temat i bardzo ambitny zamiar przedstawienia opracowania, dotyczącego wybranych zagadnień ograniczania emisji toksycznych składników spalin silników spalinowych.

Oceniana monografia jest próbą syntezy, uogólnienia i poszerzenia dotychczasowego stanu wiedzy o zagadnienia dotyczące problemów regeneracji filtrów cząstek stałych stosowanych w układach wylotowych silników o zapłonie samoczynnym. Zagadnienia te stanowią bardzo istotne i aktualne zadania w zakresie projektowania filtrów cząstek stałych stosowanych w pojazdach z silnikami o ZS. Prezentowane w opracowaniu badania modelowe i eksperymenty laboratoryjne dostarczają wiele oryginalnych i naukowo wartościowych informacji przydatnych dla poprawienia sprawności działania filtrów. Podjęcie tych zagadnień przez Autora monografii jest uzasadnione. Opiniowane opracowanie, oprócz wartości naukowych, ma szeroki zakres wartości użytkowych.

Zalety monografii

1. Opracowanie autorskiej metody regeneracji filtrów cząstek stałych wykorzystującej regenerację aktywną i pasywną z FBC (Fuel Borne Catalyst). Zaletą metody jest możliwość zastosowania do silników HDV starszej generacji, jako wyposażenie ograniczające emisję PM (tzw. retrofitting). Opracowana metoda może mieć szerokie zastosowanie. Autor jako zastosowanie opracowanej technologii wskazuje silniki pojazdów samochodowych (ciężarowe, autobusy), jednak możliwe wydaje się także zastosowanie do silników pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych (NRMM – Non-Road Mobile Machinery). Metoda regeneracji bazuje na opracowanym katalitycznym dodatku do paliwa FBC wspomagającym pasywną regenerację filtrów DPF. Ponadto opracowano technologię wytwarzania dodatków FBC zawierających żelazo oraz dodatków z zastosowaniem innych związków: amin, potasu, kobaltu. Efektywność opracowanej metody regeneracji filtra DPF z wykorzystaniem dodatku FBC została potwierdzona wynikami badań eksploatacyjnych autobusów miejskich oraz

- badaniami wg bardzo rygorystycznych procedur VERT. Należy podkreślić, że opracowana autorska metoda regeneracji spełnia wymagania VERT.
2. Przeprowadzono badania wybranych właściwości fizykochemicznych i strukturalnych dodatków FBC. Badania te dostarczyły cennych informacji na temat fizykochemicznych właściwości struktury zsyntezowanych dodatków FBC, m.in.: powierzchni i porowatości, budowy mikrostruktury, wielkości cząstek. Wyniki badań pozwoliły wnioskować jak właściwości fizykochemiczne katalitycznych dodatków wpływają na efektywność utleniania sadzy.
 3. Opracowana technologia regeneracji DPF ma potencjał aplikacyjny. Opracowana metoda regeneracji filtrów DPF może być zastosowana do szerokiej grupy pojazdów o zastosowaniach drogowych i pozadrogowych bez konieczności istotnych zmian budowy i konstrukcji eksploatowanych silników.
 4. Autor przeprowadził bardzo obszerną analizę rozwiązań systemów filtracji gazów wylotowych silników ZS. Analiza ta dotyczy zarówno budowy, jak i sposobów regeneracji. Należy podkreślić, że w analizie tej uwzględniono większość obecnie spotykanych rozwiązań. Przeprowadzona analiza charakteryzuje się obszernymi opisami i bogatym materiałem graficznym. Cenną częścią przeprowadzonych analiz jest rozdział w którym opisano typowe, najczęściej spotykane uszkodzenia filtrów DPF.

Uwagi krytyczne, niektóre o charakterze dyskusyjnym

1. Tytuł pracy sugeruje, że dotyczy ona systemów filtracji silników samochodowych (LDV), natomiast główna część pracy, badawcza, dotyczy silników HDV, stosowanych w autobusach miejskich i pojazdach o zastosowaniach pozadrogowych (Liebherr).
2. W rozdziale 4.3.3. przedstawiono wyniki badań silnikowych wpływu dodatków FBC na proces regeneracji filtra DPF. Badaniom i analizie poddano kilka dodatków. Oceny procesu regeneracji filtra dokonano tylko na podstawie dwóch parametrów: ciśnienia i temperatury przed DPF. Wyniki takich badań nie dają pełnej informacji o regeneracji w filtrze DPF. Pomiar ciśnienia i temperatury przed DPF umożliwia tylko określenie chwili rozpoczęcia regeneracji oraz czasu jej trwania. W celu uzyskania pełnej informacji nt. regeneracji, efektywności tego procesu, powinny być wykonane badania emisji PM. W rozdziale 4.1.2 Autor opisuje aparaturę badawczą wykorzystaną do badań, wśród której jest urządzenie do pomiaru PM i zadymienia spalin (AVL Smart Sampler i dymomierze AVL DiGas i AVL 415S), ale w dalszej części pracy brakuje wyników pomiarów uzyskanych za pomocą tych urządzeń. Niewątpliwie takie wyniki wzbogaciłyby materiał badawczy i umożliwiły dokładniejszą ocenę wpływu dodatków FBC na regenerację DPF. Ponadto, interesującym uzupełnieniem byłyby wyniki pomiarów PN. Wyniki pomiarów emisji PM, a także PN, są tylko w ograniczonym zakresie, dla dwóch wybranych dodatków w rozdziale 4.5., w którym opisano badania certyfikacyjne dodatków wg wymagań i procedury VERT.
3. Również w odniesieniu do badań filtrów DPF zamontowanych w autobusach miejskich (retrofitting) oceny działania systemów dokonano tylko na podstawie pomiarów ciśnienia i temperatury przed DPF. W tym przypadku również badania emisji PM niewątpliwie byłyby interesującym uzupełnieniem. Badania te powinny być wykonane w rzeczywistych warunkach eksploatacji, z wykorzystaniem aparatury PEMS (Portable Emission Measurement System), zgodnie z najnowszymi tendencjami badań emisji związków toksycznych spalin. Wyniki tak przeprowadzonych badań pozwoliłyby na jednoznaczną ocenę efektywności działania opracowanego systemu regeneracji DPF.

4. W rozdziale 4.5.4., w którym opisano badania certyfikacyjne VERT, stwierdzono, że silnik z DPF emituje „o dwa rzędy wielkości mniej PN” w porównaniu do silnika bez DPF (str. 398). Podobnie dokonano analizy odnośnie do pomiarów PM (str. 387). Brakuje analizy porównawczej emisji zarówno PM, jak i PN z silnika wyposażonego w DPF z i bez dodatku FBC. W aspekcie tematyki pracy takie porównanie byłoby interesujące i wskazane; dodatki FBC są głównym przedmiotem opracowania.
5. Opisując metodykę badań i analizując wyniki Autor podaje zużycie (dawkowanie) dodatku FBC w ml/h, które zmieniano (zwiększano) w zależności od zmian parametrów przed DPF. Nie jest jednak opisane, czy dawkowanie FBC było w jakikolwiek sposób zależne od parametrów pracy silnika? Czy zmieniało się w zależności od M_o i n silnika?
6. Podczas badań wykorzystano silniki starszej generacji, np. silniki autobusów miejskich spełniały normę Euro II. Jest to w pełni uzasadnione w aspekcie rozpatrywanego zastosowania dodatku FBC jako retrofitting. Jednak interesującym uzupełnieniem byłyby badania wykonane na silnikach nowszej generacji i odpowiedź na pytanie, czy w tych silnikach zastosowanie FBC miałyby równie istotny wpływ na regenerację DPF.

Uwagi szczegółowe i edytorskie

1. Brak spisu skrótów i oznaczeń. Nieuporządkowana forma opisu skrótów użytych w tekście, niektóre są kilkakrotnie wyjaśniane, inne nie są w ogóle objaśnione, np. testy str. 55. Brak konsekwencji w zapisie skrótów. Podobnie brak konsekwencji w nazewnictwie, np. pojawia się silnik ZS, silnik wysokoprężny, silnik z zapłonem samoczynnym.
2. Liczne rysunki są opisane w języku angielskim. Również liczna grupa rysunków jest nieczytelna, np. 189–199, 200–214, 218. Jest to ważna kwestia ponieważ niektóre z tych rysunków przedstawiają bardzo istotne dla opracowania wyniki badań.
3. Niektóre rysunki i informacje nie wnoszą istotnych wartości merytorycznych i mogłyby być pominięte, np. rys. 132 ze str. 222, szczegółowy opis czynności wykonywanych podczas badań laboratoryjnych (str. 235).
4. Szerszego wyjaśnienia wymagają informacje podane w rozdziale 2.1. „Konfiguracje systemów oczyszczania spalin i zachodzące w nich reakcje chemiczne”. Wyjaśnienia wymaga np. system przedstawiony na rys. 17, str. 66, z którego wynika, że regeneracja DPF zachodzi już w temp. 200°C. Dyskusyjne, czy w tak niskiej temperaturze, mimo katalitycznego pokrycia DPF, możliwa jest regeneracja?
5. Autor czasami używa nieprecyzyjnych stwierdzeń, np. katalizator zamiast reaktor katalityczny (str. 56), zadymienie spalin zamiast emisja PM (str. 49), określenie „następcza obróbka spalin” str. 34), wyrażanie emisji w % (str. 298),
6. Niektóre informacje zamieszczone w pracy są nieaktualne, np.:
 - str. 59, napisano, że spełnienie przyszłych limitów emisji będzie wymagało stosowania pozasilnikowych układów oczyszczania spalin (SCR, DPF, DOC), podczas gdy już od kilku lat takie układy są powszechnie stosowane. Informację tę zamieszczono na podstawie literatury z lat 2000–2003. Podobne stwierdzenie na str. 123.
 - str. 60, wyjaśnienie odnośnie do emisji PM i zmniejszenia zawartości siarki w paliwie z 500 do 350 ppm,
 - str. 46, napisano, że 21% PM to siarka. Obecnie w oleju napędowym zawartość siarki nie przekracza 10 ppm, dlatego tak duży udział w składzie PM wydaje się nieaktualny. Brak informacji skąd te dane.
7. Str. 42, trudno zgodzić się ze stwierdzeniem, że do niedawna uważano, że silniki ZS cechuje mniejsza ogólna toksyczność. Ze względu na emisję NO_x i PM silniki ZS raczej

- były traktowane za jednostki albo równie oddziaływujące na środowisko jak silnik ZI lub nawet bardziej. Wyjątkiem jest emisja CO₂, która jest mniejsza dla ZS.
8. Str. 48, wśród przyczyn powstawania PM wymienia się „niedobór tlenu w całym spalonym ładunku mieszanki lub lokalny”. Główną przyczyną są niedobory lokalne, trudno mówić o niedoborze globalnym w silniku ZS.
 9. Str. 81, co oznacza „przeciętna sprawność filtrowania”?
 10. Rysunek 82, str. 160 wymaga szerszego komentarza, wyjaśnienia. Jest nieczytelny, osie nie są opisane.
 11. Str. 167 (i kolejne) rozdział nie powinien zaczynać się rysunkiem.
 12. Pewne fragmenty monografii powtarzają się, np. str. 145 (2 akapit) i str. 170 (1 akapit), opis dotyczący regeneracji stochastycznej. Podobnie str. 286 i str. 47, opis tworzenia PM.
 13. Na str. 167 Autor stwierdza, że stosowanie dodatków FBC jest rozwiązaniem szeroko stosowanym. Stwierdzenie to jest dyskusyjne, większość producentów silników i pojazdów stosuje rozwiązanie regeneracji DPF bez dodatków FBC.
 14. Autor przedstawił obszerną analizę sposobów regeneracji DPF, ale czy konieczne jest osobny opis systemu CRT (str.179) i systemu CRT+SCR (str. 182)? Z punktu widzenia działania i regeneracji DPF systemy te w zasadzie nie różnią się.
 15. Na stronie 298 Autor stwierdza, że w skuteczności działania dodatku FBC bierze się pod uwagę jego wpływ na ograniczenie tworzenia zarodków sadzy podczas spalania oraz jego wpływ na wspomaganie dopalania sadzy w DPF. Dalej stwierdzono, że zjawiska te analizowano na podstawie zmian ciśnienia przed DPF. Stwierdzenie to jest nieco na wyrost, na podstawie wyników zaprezentowanych w monografii nie można jednoznacznie stwierdzić, że dodatek FBC ma wpływ zarówno na formowanie sadzy, jak i na wypalanie sadzy w DPF. Natomiast przyjmując słuszność tego stwierdzenia, przyjęta metodyka nie potwierdza wpływu dodatków FBC na regenerację DPF, zmniejszenie ciśnienia przed DPF może wynikać z mniejszej emisji PM jako efekt wpływu FBC na spalanie.
 16. Str. 299, stwierdzono, że wysoka temperatura zainicjowania regeneracji DPF wynika z „surowości przyjętych warunków testowania”. Co oznacza to stwierdzenie?
 17. Opis i analiza wyników badań w rozdziale 4.4.2.1. jest mało precyzyjna, np. stwierdzono, że proces regeneracji poprzedziło zbyt duże nagromadzenie PM w filtrze. Na jakiej podstawie to stwierdzono, jakie wyniki badań o tym świadczą?
Praca zawiera w sobie wiele razy tzw. teksty wiszące – tekst wprowadzający, zamieszczony między rozdziałem, a towarzyszącym mu podrozdziałem (np. 3.4–3.4.1; 3.7–3.7.1; 3.8–3.8.1; 4–4.1). Dla wyjaśnienia problemu **tekstu wiszącego** wskazuję, że:
 - Przy numeracji cyfrowej wielorzędowej po tytule rozdziału 1 powinien od razu następować tytuł podrozdziału 1.1 a tuż po tytule podrozdziału 1.6 powinien być tytuł podrozdziału 1.6.1 itd. Między nimi nie powinno być żadnych tekstów (zwanych wiszącymi),
 - Teksty te to z reguły ogólne wprowadzenia do rozdziałów, omówienia czy streszczenia,
 - Jeżeli tekst wiszący jest cennym i niezbędnym wprowadzeniem do tematu – powinien mieć numer i tytuł,
 - Jeśli tekst ten zawiera same ogólniki lub omówienie dalszej części rozdziału – powinien zostać usunięty przez Autora.

Podsumowanie

W moim przekonaniu monografia jest wartościową, z punktu widzenia nauki, publikacją i stanowi wystarczającą podstawę do ubiegania się Opiniowanego o nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego. **Zawarte w niej rezultaty przyczyniły się do rozwoju**

dyscypliny „Budowa i eksploatacja maszyn”.

Upoważnia mnie to zatem do stwierdzenia, że przedstawione w ocenianej monografii wyniki świadczą o znacznym wkładzie dr. inż. Zbigniewa Stępnia w rozwój przedmiotowej dyscypliny naukowej „Budowa i eksploatacja maszyn”.

2.3. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

❖ W obszarze układów filtracji spalin z DPF

- Wielokierunkowe badania poznawczo-rozwojowe w zakresie krytycznej analizy stosowanych już strategii regeneracji DPF wraz ze wskazaniem dotychczas niedostatecznie wykorzystywanego potencjału stosowanych systemów regeneracji pasywnej DPF – opracowania naukowe.
- Opracowanie własnej, stanowiskowej, silnikowej metodyki badawczej procesów pasywnej regeneracji DPF w oparciu o analizy, nieznormalizowanych metodyk stosowanych w innych ośrodkach badawczych z uwzględnieniem wprowadzonych modyfikacji wg własnego pomysłu.
- Kompleksowe oceny wielu znanych, jak i własnych kompozycji dodatków popiołowych typu FBC w zakresie ich skuteczności i przydatności do wspomagania pasywnej regeneracji DPF wraz z dodatkami zawierającymi związki bezpopiołowe (wg własnego pomysłu) – opracowania naukowe.
- Kierowanie zespołem badawczym, który opracował nowatorski pakiet dodatków żelazowo-aminowych do oleju napędowego. W pakiecie dodatków zastosowano po raz pierwszy na świecie składnik bezpopiołowy w postaci aminy alifatycznej. Przedmiotowy dodatek zyskał pozytywną ocenę w przeprowadzonym w niezależnym, specjalistycznym ośrodku badawczym w Szwajcarii testach VERT i VSET, dotyczących oceny zagrożeń wynikających z emisji wtórnej.
- Kierowanie zespołem badawczym, który opracował dodatek do oleju napędowego do pasywnego wspomagania procesów regeneracji DPF o strukturze koloidu, zawierający związki żelaza. Dodatek ten spełnił wszelkie surowe kryteria i wymagania VFT 1k (VERT Filter Test Part 1k) oraz VERT secondary emission test (VSET). W konsekwencji zyskał rekomendacje pozwalające na ubieganie się o wprowadzenie na listę VERT (o zasięgu ogólnoswiatowym) dodatków skutecznych i polecanych do szerokiego stosowania do regeneracji DPF.
- Opracowanie strategii kombinowanej regeneracji pasywno-aktywnej DPF przy wykorzystaniu własnego pomysłu dodatku typu FBC.
- Kompleksowe opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych przeznaczonego do retrofitingu silników ZS autobusów i samochodów typu HD. System uzyskał pozytywne oceny zarówno w badaniach przeprowadzonych na silnikowych stanowiskach badawczych, jak i w rzeczywistej eksploatacji autobusów komunikacji miejskiej.

❖ W obszarze użytecznego wykorzystania badań w przemyśle

- Ponad dwudziestoletni udział w pracach Międzynarodowych Grup Roboczych CEC (Co-ordinating European Council for the Development of Performance Tests for Transportation Fuels, Lubricants and Other Fluids).
Habibant brał i do dnia dzisiejszego bierze udział w opracowywaniu, a następnie rozwoju ogólnoeuropejskich procedur badania paliw na silnikowych stanowiskach badawczych. Sukcesywnie zdobywaną wiedzę i doświadczenie wykorzystywał w kraju budując początkowo w Instytucie Technologii Nafty, a następnie w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym silnikowe stanowiska badawcze

do badania i oceny paliw, a następnie był prekursorem we wdrażaniu silnikowych procedur badawczych CEC w Polsce. W rezultacie utworzył jedyne, nie tylko w Polsce, ale i w państwach dawnego bloku krajów wschodnich, tego typu laboratorium silnikowych badań i ocen właściwości użytkowych paliw.

- Badania i identyfikacja związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy wybranymi właściwościami paliwa, a konstrukcyjno-technologicznymi cechami układów wtrysku paliwa typu common rail, które prowadzą do powstawania różnych przyspieszonych form zużycia i uszkodzenia materiałów, z których wykonane są przedmiotowe układy.
- ❖ **W obszarze badań różnych szkodliwych osadów w tłokowych silnikach spalinowych ZI i ZS, w tym mechanizmów ich tworzenia i środków przeciwdziałających ich powstawaniu**
 - Wielokierunkowe, poznawcze badania różnorodnych czynników i mechanizmów powstawania zarówno zewnętrznych, koksowych osadów wtryskiwaczy paliwa silników ZS, jak i osadów wewnętrznych typu IDID, wraz z usystematyzowaniem i podziałem przedmiotowych czynników – opracowania naukowe.
 - Kierowanie silnikowymi badaniami w zakresie weryfikacji i optymalizacji różnych, opracowanych w INIG – PIB pakietów dodatków detergentowo-dyspergujących przeciwdziałających procesom tworzenia zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych osadów wtryskiwaczy silników ZS. Kilka z opracowanych pakietów dodatków zostało opatentowanych i znalazło zastosowania utylitarne.
- ❖ **W obszarze biopaliw i ich współdziałania z tłokowymi silnikami spalinowymi**
 - Współdziałł w opracowaniu laboratoryjnej metodyki oceny stabilności biopaliw uwierzytelnionej w symulacyjnych badaniach silnikowych.
 - Kierowanie pracami, których wynikiem końcowym było opracowanie nowatorskiego, wielofunkcyjnego pakietu dodatków uszlachetniających, dedykowanego do paliw stanowiących mieszaniny benzyny z wysoką zawartością etanolu, aż do 85% (v/v). Wymagało to między innymi przeprowadzenia wszechstronnych weryfikująco-optymalizacyjnych badań przedmiotowego pakietu dodatków w stanowiskowych testach silnikowych.
 - Obszerne badania wpływu zawartości biokomponentów w oleju napędowym na emisje regulowanych i nieregulowanych składników gazów wylotowych silników ZS – opracowania naukowe.
 - Obszerne badania i oceny możliwości zmniejszania emisji silników ZS przy zasilaniu paliwami bez i z zawartymi biokomponentami, w wyniku regulacji stopnia recykulacji spalin, stosowania różnych układów oczyszczania spalin, optymalizacji regulacji silnika itp. – opracowanie naukowe.
- ❖ **W obszarze badań procesów degradacji smarowych olejów silnikowych**
 - Obszerne badania wpływu różnych czynników (i ich interakcji) związanych z konstrukcją silników (zarówno ZI, jak i ZS), składem paliw i warunkami eksploatacji na procesy wielokierunkowej degradacji smarowych olejów silnikowych – opracowania naukowe.
 - Obszerne badania poznawcze w zakresie wpływu biokomponentów zawartych w paliwach (zarówno w benzynach silnikowych, jak i w olejach napędowych) na przyspieszenie procesów degradacji smarowych olejów silnikowych – opracowania naukowe.

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora:

- jest autorem lub współautorem 75 publikacji naukowych, wśród których:
 - jest 1 monografia i 7 rozdziałów w monografiach,

- jest 11 publikacji w czasopismach wyróżnionych w Journal Citation Reports (*Fuel, Energy&Fuels, Processing Technology, Materials Science and Engineering, Przemysł Chemiczny*),
- jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu recenzowanych referatów opublikowanych w materiałach z międzynarodowych konferencji naukowych,
- uczestniczył w realizacji wielu projektów naukowo-badawczych – wielokrotnie w roli kierownika.

Z powyższych danych wynika, że Kandydat prowadzi aktywną działalność publikacyjną a jego dorobek w zakresie naukowo-badawczym jest znaczący i różnorodny. Wyniki obliczeń i badań eksperymentalnych upowszechnia w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym i krajowym. Należy też podkreślić Jego aktywne uczestnictwo w realizacji projektów badawczych i konferencjach naukowych.

Za swoją działalność (współautorstwo 2 patentów) Habilitant otrzymał m.in. następujące nagrody i wyróżnienia:

- Genius Medal – GENIUS-EUROPE International Invention Fair (Budapeszt, 2009 r.),
- Medal M. Skłodowskiej-Curie – Międzynarodowa Wystawa Wynalazków IWIS (Warszawa, 2011 r.),
- Srebrny Medal – Międzynarodowe Targi „Ideas – Invention – New Products” (Norymberga, 2013 r.),
- Srebrny Medal – SALONUL INTERNATIONAL DE INVENTICA „PRO INVENT” (Cluj-Napoca, Rumunia, 2013 r.),
- Złoty Medal – 9 Międzynarodowy Salon Wynalazków i Nowych Technologii „New Time” (Sewastopol, 2013 r.),
- Złoty Medal – Międzynarodowa Wystawa Innowacji IWIS (Warszawa, 2013 r.),
- Złoty Medal – XVI Międzynarodowy Salon Wynalazków i Innowacyjnych Technologii ARCHIMEDES (Moskwa, 2013 r.),
- Złoty Medal – 12 Międzynarodowa Wystawa Wynalazków i Innowacji „MALAYSIA TECHNOLOGY EXPO” (Kuala Lumpur, 2013 r.).

2.4. Ocena działalności dydaktycznej

- W aspekcie dorobku dydaktycznego należy przede wszystkim wskazać, że Habilitant:
- przez kilka lat był opiekunem grupy studentów odbywających obowiązkowe praktyki w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych INIG – PIB, w tym z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz z Politechniki Krakowskiej oraz studentów realizujących pracę dyplomową w ramach studiów I i II stopnia (z AGH z Wydziału Energetyki i Paliw),
 - prowadził kilkanaście szkoleń pracowników różnych instytucji i podmiotów gospodarczych, zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

Nieco mniejszy dorobek dydaktyczny Kandydat z pewnością rekompensuje pozostałymi osiągnięciami naukowo-badawczymi, zwłaszcza mającymi wymiar praktyczny w zastosowaniach przemysłowych.

2.5. Ocena działalności organizacyjnej

Analizując działalność organizacyjną Habilitanta należy w głównej mierze powiedzieć, że:

- pełnił i pełni funkcje kierownicze: w Pracowni Badań Silnikowych i Tribologicznych oraz Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych (jako zastępca),

- kierował i brał udział w krajowych i międzynarodowych projektach realizowanych w macierzystej jednostce,
- kierował projektami badawczymi realizowanymi w ramach działalności statutowej i zleceń zewnętrznych,
- brał udział w rozwoju bazy laboratoryjnej INIG-u,
- jak już wspomniano przez kilkadziesiąt lat bierze udział w pracach CEC jako jedyny przedstawiciel INIG-u; brał ponadto udział we wdrażaniu silnikowych procedur CEC w macierzystej jednostce i ogólnie w całej Polsce,
- jest członkiem CEC – od 1996 r.,
- jest członkiem PTNSS (Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych) – od 2006 r.

2.6. Podsumowanie oceny dorobku:

- dr inż. Zbigniew Stępień zgromadził dostateczny dorobek naukowy, wzbogacony po doktoracie, a Jego działalność naukowo-badawcza jest ukierunkowana na zagadnienia dotyczące produkcji paliw i olejów silnikowych, a także produkcji silników i samochodów. Jego publikacje w czasopismach wyróżnionych w Journal Citation Reports były cytowane **16** razy, co przekłada się na **indeks-H = 3** według bazy Web of Science, a według bazy Scopus: cytowania **11** i indeks Hirscha = **2**,
- prace badawcze Habilitanta wiążą się zarówno z zagadnieniami naukowymi, jak i praktycznymi,
- Habilitant uczestniczy w organizacji badań naukowych,
- dr inż. Zbigniew Stępień jest znany w środowisku naukowym i inżynierskim, zajmującym się zagadnieniami technicznymi, a zwłaszcza technologiami związanymi z paliwami i smarami; jest oceniany jako wybitny specjalista z tego zakresu,
- Kandydat przejawia też spore doświadczenie dydaktyczne i wychowawcze.

3. KONKLUZJA

W świetle wyżej omówionych osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych stwierdzam, że dr inż. Zbigniew Stępień spełnia wymagania wobec osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego zawarte w Ustawie z dnia 14.03.2003 r. ze zmianami z dnia 18.03.2011 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” oraz Rozporządzeniu MNiSW z dnia 1 września 2001 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Rekomenduję zatem Radzie Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej podjęcie uchwały o nadaniu dr. inż. Zbigniewowi Stępniewi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie „Budowa i eksploatacja maszyn”.

