



prof. dr hab. inż. Zdzisław Stelmasiak

Katedra Silników Spalinowych i Pojazdów  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
Akademia Techniczno-Humanistyczna  
w Bielsku-Białej

Bielsko-Biała, 11 grudnia 2017 r.

## Recenzja

osiągnięcia naukowego dra inż. Zbigniewa Stępnia  
p.t. „Opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych do silników o zapłonie samoczynnym” oraz pozostałej aktywności naukowej i organizacyjnej

**Podstawa opracowania:** pismo Pana Prodziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej, dra hab. inż. Marka Kozienia nr M.00.520.276/2017 z dnia 08.10.2017 r. oraz załączone dokumenty przewodu habilitacyjnego.

### 1. CHARAKTERYSTYKA SYLWETKI HABILITANTA

Dr inż. Zbigniew Stępień urodził się 26 lutego 1958 roku w Sosnowcu. Studia wyższe na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej ukończył w 1983 roku uzyskując stopień mgra inż. specjalność: transport. W latach 1983-1985 uczestniczył w studiach doktoranckich na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej. W latach 1986-1991 był zatrudniony w Centrum Uczelniano-Przemysłowym, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Zakład Silników z Zapłonem Iskrowym Politechniki Krakowskiej jako konstruktor. Od 05.08.1991 r. jest zatrudniony w Instytucie Technologii Nafty, obecnie Instytut Nafty i Gazu-Państwowy Instytut Badawczy, początkowo jako specjalista inżynierijno-techniczny, a od 05.05.1993 r. jako adiunkt kolejno na stanowiskach: kierownik Pracowni Badań Silnikowych i Tribologicznych, z-ca kierownika zakładu. W czasie swojej pracy zawodowej odbył liczne staże w takich instytucjach jak: Institute Ricardo –Wielka Brytania, AVL GmbH - Austria, University of Applied Science Biel-Bienne – Szwajcaria, Zöllner GmbH – Niemcy, Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji „Bosmal”, Politechnika Warszawska i inne.

W dniu 11 lipca 1985 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej obronił pracę doktorską pt. „Wpływ wielodyszowego dozownika paliwa w gaźniku o stałym podciśnieniu na jakość tworzenia mieszanki w silnikach spalinowych”. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Bronisław Sendyka.

W swojej dotychczasowej pracy zawodowej dr inż. Zbigniew Stępień zajmował się kolejno następującymi zagadnieniami naukowo-badawczymi:

- wpływ paliw na niekorzystne zjawiska występujące podczas eksploatacji tłokowych silników spalinowych,
- mechanizmy tworzenia osadów w silnikach spalinowych,
- wpływ biokomponentów FAME na tworzenie się osadów i funkcjonowanie aparatury wtryskowej,
- wpływ paliw bioetanolowych na parametry użytkowe i ekologiczne silników oraz stabilność mieszanin benzyna-etanol,
- mechanizmy tworzenia cząstek stałych PM w silnikach ZS, systemy filtracji spalin oraz regeneracji filtrów DPF i emisja wtórna podczas regeneracji.

Z zakresu filtracji spalin i eksploatacji filtrów DPF Habilitant opublikował monografię pt.: „Systemy filtracji spalin do samochodowych silników z zapłonem samoczynnym – problemy regeneracji filtrów DPF” wydaną przez Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy w 2016 roku. Recenzentem rozprawy był prof. dr inż. Jan Czerwiński, University of Applied Science Biel-Bienne.

Oprócz monografii Habilitant jest autorem lub współautorem ok. 75 prac opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych takich jak: SAE Paper, Fuel, Energy&Fuels, Processing Technology, Materials Science and Engineering, Przemysł Chemiczny, Combustion Engines, Journal of Kones, Czasopismo Techniczne PK, Biuletyn ITN, Czasopismo Nafta-Gaz, Wiadomości Naftowe i Gazownicze.

## **2. OCENA PODSTAWOWEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

### **2.1. Informacje ogólne**

Na osiągnięcie naukowe zatytułowane „Opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych do silników z zapłonem samoczynnym” składają się wg Habilitanta:

- monografia pt. „Systemy filtracji spalin do samochodowych silników z zapłonem samoczynnym – problemy regeneracji filtrów DPF”,
- zbiór 18 publikacji zawartych w wykazie [I-B] autoreferatu,
- dwa patenty: PL 208478 – Olej napędowy dla pojazdów wyposażonych w filtry cząstek stałych i PL 223033 – Uniwersalny dodatek o wysokiej stabilności do olejów napędowych, wspomagający procesy regeneracji filtra spalin silnika z zapłonem samoczynnym.

Wymieniona monografia została wytypowana przez Habilitanta jako podstawowe osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (wraz z późniejszymi zmianami) o stopniach naukowych i tytule naukowym. Stanowi ona zarówno kompendium wiedzy na temat cząstek stałych, systemów filtracji spalin i regeneracji filtrów DPF jak i chronologiczny opis prac Autora w dziedzinie dotyczącej tytułu osiągnięcia naukowego.

### **2.2. Wybór tematu cyklu**

Wymogi ochrony środowiska powodują istotne ograniczenia emisji toksycznych składników spalin przez źródła napędów samochodowych, w których w chwili obecnej dominują tłokowe silniki spalinowe o zapłonie iskrowym i samoczynnym. Międzynarodowe przepisy ograniczają emisję takich toksycznych składników jak CO, HC, NO<sub>x</sub> i PM oraz gazu cieplarnianego CO<sub>2</sub>.

Spśród wymienionych składników  $\text{NO}_x$  i cząstki stałe PM były w ostatnich latach najsilniej ograniczane, a limity ich emisji wg obowiązującej normy EURO VI zdaniem wielu fachowców ograniczają dalszy rozwój silników o zapłonie samoczynnym. Wobec coraz szerszego wprowadzania wtrysku bezpośredniego w silnikach ZI limity emisji PM również w tych silnikach stanowią poważny problem techniczny.

Przeprowadzone badania i doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że najskuteczniejszym sposobem ograniczenia emisji PM jest zastosowanie filtrowania spalin przy pomocy filtrów DPF (*Diesel Particulate Filter*). W silnikach trakcyjnych, szczególnie podczasjazd miejskich i w okresach zimowych, stanowią one poważny problem eksploatacyjny, ulegając częstym zablokowaniom oraz awariom układu wylotowego i systemu sterowania. Stosowana aktywna regeneracja filtrów, przez dotrysk dodatkowej porcji paliwa, przy zwiększonej częstotliwości regeneracji wpływa na zwiększenie eksploatacyjnego zużycia paliwa. Nie bez znaczenia jest również dodatkowa emisja toksycznych składników spalin podczas tej regeneracji. Z tego powodu zwiększenie udziału pasywnej regeneracji, jako procesu samoczynnego wypalania osadów filtra DPF może przyczynić się do zmniejszenia problemów ich stosowania, a równocześnie zmniejszyć zagrożenia dla środowiska.

Oceniana monografia i pozostałe elementy cyklu w całości poświęcone są badaniom paliw silnikowych ze specjalnymi dodatkami zmniejszającymi temperatury początku samoistnego wypalania PM w filtrach DPF, co powinno istotnie ograniczyć emisję PM i zmniejszyć niekorzystne problemy eksploatacyjne systemów filtracji spalin.

Zagadnienia te są niedostatecznie zbadane, a ilość publikacji w międzynarodowej prasie technicznej jest niewielka. Wyniki badań w tym zakresie mogą być szeroko wykorzystane w praktyce przemysłowej przy komponowaniu olejów napędowych, co podnosi ich walor użytkowy.

Z tego powodu **temat rozpatrywanego cyklu uważam za bardzo aktualny, o dużej wartości naukowej i użytecznej.**

### 2.3. Ocena monografii

Monografia została wydana przez Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy w 2016 r., liczy ogółem 439 stron w tym 424 strony zasadniczego tekstu i 15 stron spisu literatury.

Zasadnicza część składa się z 4 rozdziałów zawierających 77 podrozdziałów. W tekście zamieszczono 247 rysunków i 87 tabel prezentujących przegląd stanu wiedzy oraz wyniki badań i analiz własnych. Uzupełnieniem jest spis literatury zawierający 217 pozycji, w tym: 201 zagranicznych. Znaczna część przytoczonych pozycji, ho aż 126 została opublikowana po 2000 r., co podkreśla ich aktualność.

Na początku monografii zamieszczono streszczenia w języku polskim i angielskim.

W rozdziale pierwszym omówiono zagadnienia związane z budową i właściwościami cząstek stałych, mechanizmami ich powstawania, oddziaływaniem na organizmy żywe (głównie ludzi) oraz ograniczeniami prawnymi emisji PM. Szkoda, że w rozważaniach szkodliwości oddziaływań PM nie uwzględniono cyklu przebywania w powietrzu cząstek PM o zróżnicowanych wielkościach, co uzupełniłoby zakres oddziaływań i uzasadniło potrzebę ograniczenia również ich liczby PN.

Rozdział drugi poświęcono technologiom wykonania filtrów DPF. Szczegółowo omówiono stosowane materiały monolitów filtrujących, mechanizmy filtracji oraz własności użytkowe. Na zakończenie rozdziału przedstawiono porównanie różnych systemów filtracji z uwypukleniem zalet i wad oraz skuteczności kontroli emisji cząstek stałych.

Rozdział ten stanowi przegląd wiedzy z zakresu aktualnie stosowanych technologii w budowie filtrów DPF, jest bogato ilustrowany najnowszymi pozycjami literatury, głównie zagranicznej. Zaprezentowany materiał jest przedstawiony w sposób uporządkowany, z autorską oceną materiałów filtrujących i konstrukcji filtrów DPF, co świadczy o dużej wiedzy i doświadczeniu Habilitanta w zakresie omawianych zagadnień. Rozdział ten uważam za bardzo wartościowy bowiem po raz pierwszy w literaturze krajowej w sposób uporządkowany i analityczny opisuje najnowsze osiągnięcia w zakresie oczyszczania spalin silników ZS. Materiał ten może być wykorzystany w eksploatacji samochodów, szczególnie w zakresie kontroli pojazdów, ale również w zakresie tworzenia przyszłych przepisów wykonawczych dotyczących toksyczności spalin.

W obszernym (liczącym 90 stron) rozdziale trzecim zatytułowanym „Regeneracja DPF” przedstawiono zagadnienia związane z regeneracją filtrów DPF, mechanizmami utleniania sadzy i związanych z nimi związków organicznych, wpływem warunków pracy na proces pasywnego oczyszczania filtra, dodatkami FBC (*Fuel Borne Catalyst*) i ich wpływem na pasywną regenerację, metodami pasywnej, aktywnej oraz pasywno-aktywnej regeneracji DPF oraz uszkodzeniami filtrów DPF podczas eksploatacji.

Za szczególnie cenne uważam obszernie i bardzo wnikliwe przedstawienie stosowanych dotychczas metod regeneracji DPF ze szczegółową analizą zalet i wad stosowanych metod. Autor ocenia poszczególne metody nie tylko na podstawie wnikliwej analizy literatury, ale również na podstawie własnych doświadczeń z wieloletnich badań różnych dodatków FBC i ich oddziaływań na procesy regeneracji. Podnosi to wartość dokonywanych analiz i wskazuje dalsze kierunki rozwoju metod regeneracji.

Najwartościowszą częścią monografii jest rozdział czwarty pt. „Opracowanie systemu filtracji spalin z zastosowaniem pasywnej regeneracji DPF za pomocą nowego typu dodatków FBC ze wspomaganie aktywne” bowiem zawiera on głównie opis badań i dokonań Habilitanta w dziedzinie określonej w tytule głównego osiągnięcia naukowego. Rozdział ten jest bardzo obszerny, poza wnikliwym materiałem opisowym (210 stron) zawiera dużą ilość syntetycznych rysunków i tabel.

W rozdziale tym Autor przedstawił chronologicznie procesy opracowywania nowych dodatków FBC, wyniki badań stanowiskowych silnika i oceny systemu filtracji w eksploatacji miejskiej na podstawie długotrwałych badań trzech autobusów, w których zastosowano prototypowe układy wylotowe z filtrem DPF zaprojektowane przez Habilitanta. W budowie DPF wykorzystano doświadczenia z badań hamownianych oraz wnioski z analizy dostępnej literatury. Do wspomaganie pasywnej regeneracji DPF zastosowano dwa najlepsze dodatki FBC, spośród innych opracowanych w ramach realizowanego projektu badawczego KB/52/13510/TTI-B/U/08 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Pozytywne rezultaty badań eksploatacyjnych umożliwiają wykorzystanie zaprojektowanego systemu filtracji spalin i opracowanych dodatków do modernizacji starszych silników (eksploatowanych w autobusach komunikacji miejskiej, które aktualnie spełniają normę EURO II), w celu przystosowania ich do

spełnienia wymogów normy EURO IV. Powinno to przyczynić się do znacznego zmniejszenia emisji cząstek stałych PM.

W końcowej części rozdziału opisano badania weryfikacyjne dwóch wytypowanych dodatków oznaczonych jako FBC A i FBC B w celu ich certyfikacji i dopuszczenia do powszechnego stosowania. Badania przeprowadzono w dwóch szwajcarskich ośrodkach badawczych AFHB (University of Applied Science Biel-Bienne) i EMPA (Swiss Federal Laboratories for Science and Technology). Obydwa opracowane dodatki FBC uzyskały pozytywne oceny w zakresie wspomagania pasywnej regeneracji filtrów DPF, a jeden FBC A również w zakresie pozytywnego wpływu na emisję wtórną podczas procesu oczyszczania. Drugi z badanych dodatków FBC B wykazywał zwiększenie 30-krotne emisji PCDD/F i 400-krotne emisji 2.3.7.8-TCDF – toksycznych składników gazów w emisji wtórnej. W efekcie jedynie dodatek FCB A został wpisany na listę VERT dodatków skutecznych w procesie pasywnej regeneracji filtrów DPF i polecanych do szerokiego stosowania, co należy jednak uznać za duży sukces zespołu współpracującego z Habilitantem.

Na zakończenie rozdziału czwartego przedstawiono podsumowanie wyników realizowanego projektu i podstawowe wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

Konieczność prowadzenia badań stanowiskowych wymagała od Habilitanta budowy specjalnego stanowiska badawczego dla trakcyjnego silnika ZS, zastosowania nowoczesnej aparatury pomiarowej, opracowania specjalnych technik pomiarowych oraz metod analizy wyników. Wykonane badania i analizy znacznie poszerzyły umiejętności Habilitanta pozwalając zaliczyć go do grona specjalistów z zakresu emisji i oczyszczania spalin.

Szczególne uwagę w badaniach poświęcono ocenie skuteczności działania filtrów DPF, procesom pasywnej i aktywnej regeneracji oraz emisji toksycznych składników spalin, ze szczególnym uwzględnieniem emisji masowej cząstek stałych PM.

Wykonane badania są bardzo obszerne, przeprowadzone starannie z wykorzystaniem naukowych zasad oceny procesów tworzenia cząstek stałych, regeneracji pasywnej i aktywnej filtrów DPF, trwałości materiałów filtracyjnych i wpływu systemów filtrowania na parametry użytkowe i trwałościowe silników ZS. Pozwoliło to na stworzenie szerokiej bazy wyników, które mogą być wykorzystane przy modernizacji starszych, eksploatowanych silników ZS i poprawy ich własności ekologicznych.

Według mojej wiedzy, **opiniowana monografia jest dziełem całkowicie oryginalnym** o znacznej wartości poznawczej oraz można wyrazić nadzieję, że spotka się z pozytywnym zainteresowaniem pracowników przemysłu silnikowego i specjalistów z zakresu toksyczności spalin i ochrony środowiska.

### **Ocena merytoryczna monografii**

Praca prezentuje zarówno bogaty materiał przeglądowy jak i obszerny materiał badawczy z zakresu mechanizmów powstawania cząstek stałych, ich struktury, procesów ich wypalania oraz metod filtracji spalin, budowy filtrów DPF i ich regeneracji. Badania, których opis stanowi prawie połowę monografii, zostały wykonane w sposób planowy, a uzyskane wyniki wszechstronnie i czytelnie opisane. Z tego powodu oceniana praca ma dużą wartość użytkową i łatwo może być wykorzystana w modernizacji eksploatowanych silników trakcyjnych stosowanych w pojazdach HD i autobusach do poprawy ich własności ekologicznych

i przystosowania do spełniania norm EURO IV w zakresie emisji cząstek stałych. Powinno to istotnie wpłynąć na ochronę środowiska, szczególnie w centrach dużych miast. Opracowany dodatek FBC A, który został wpisany na listę VERT może być stosowany do wszystkich silników ZS, w tym tych najnowocześniejszych, co powinno przynieść znaczne korzyści ekonomiczne w transporcie krajowym.

Materiał przeglądowy podany w rozdziałach 1-3 opisuje w sposób uporządkowany i analityczny wiedzę dotyczącą emisji cząstek stałych, ich szkodliwości na organizmy żywe oraz metod eliminacji PM ze spalin. Przegląd wskazuje na celowość rozwoju pasywnej regeneracji filtrów DPF, która ma charakter ciągły podczas eksploatacji silników. W warunkach eksploatacji miejskiej, w autobusach pracujących głównie na częściowych obciążeniach, powinno to przyczynić się do zwiększenia czasu między kolejnymi regeneracjami ze wspomaganie aktywnym. Mniejsza masa cząstek, która osadzana jest w filtrze DPF i mniejsza liczba gwałtownych regeneracji zainicjowanych przez podanie dodatkowego paliwa powinna również zwiększyć trwałość materiałów filtracyjnych i żywotność filtrów DPF. Autor w przeglądzie uzasadnia przekonująco, że regeneracja pasywna zmniejsza pierwotną toksyczność spalin i ogranicza znacząco emisję wtórną szkodliwych związków powstających podczas burzliwej regeneracji aktywnej.

Autor swoje analizy bogato uzasadnia najnowszymi wynikami badań publikowanych w literaturze światowej i własnych. Z tego powodu przegląd może być cennym materiałem dla specjalistów silnikowych i organów zarządczych firm transportu publicznego i towarowego przy podejmowaniu decyzji o modernizacji eksploatowanych pojazdów i zasad ich eksploatacji.

W analizie obszernego materiału badawczego Habilitant skupił się głównie na ocenie różnorodnych dodatków FBC na procesy regeneracji pasywnej w filtrach DPF. Oceny dokonywane były zarówno na podstawie wyników badań stanowiskowych nowoczesnego silnika ZS średniej wielkości, jak i w rzeczywistej eksploatacji na trzech autobusach komunikacji miejskiej w Krakowie i dwóch badaniach certyfikacji opracowanych dodatków przeprowadzonych w szwajcarskich ośrodkach badawczych AFHB i EMPA. Długotrwała eksploatacja autobusów wykazała przydatność opracowanych przez Habilitanta systemów filtracji spalin, ich systemów sterowania oraz korzystnego wpływu zastosowanych dodatków FBC na procesy regeneracji, co wyraźnie wskazują wyniki rejestrowane w sposób ciągły. Przedstawione wyniki pokazują wyraźnie, że realizowany projekt badawczy od początku był nastawiony na praktyczne jego zastosowanie w gospodarce. Jest to rzadkość w krajowej praktyce naukowo-badawczej i dlatego tym bardziej dokonania Habilitanta są godne podkreślenia.

Przedstawione badania prowadzono w sposób planowy z wykorzystaniem najnowszych technik pomiarowych i naukowych zasad eksperymentu. Przeprowadzone analizy cechuje duża wnikliwość oraz zastosowanie nowoczesnego aparatu obliczeniowego.

Z tego powodu zarówno pod względem merytorycznym jak i metodologicznym monografię oceniam pozytywnie, ponieważ jej treść odpowiada postawionemu przez Autora celowi i spełnia obowiązujące w tym zakresie wymogi formalne.

**Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta zawartych w monografii zaliczam:**

- osiągnięcie podstawowego celu wieloletnich badań, to jest opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych do silników z zapłonem samoczynnym, który został zweryfikowany w długotrwałych badaniach w rzeczywistej

eksploatacji autobusów miejskich, a pozytywne wyniki potwierdzone w dwóch zagranicznych ośrodkach badawczych AFHB i EMPA w Szwajcarii,

- opracowanie technologii wytwarzania dodatku FBC (z pakietem żelazowo-aminowym i zastosowaniem po raz pierwszy na świecie składnika bezpopiołowego w postaci aminy alifatycznej), który uzyskał międzynarodowe certyfikaty skuteczności działania i został wpisany na listę VERT dodatków polecanych do olejów napędowych. Technologia wytwarzania dodatku została opatentowana i uzyskała liczne medale i nagrody na wystawach międzynarodowych i krajowych.,
- nowoczesną tematykę naukowo-badawczą, ważną z poznawczego i aplikacyjnego punktu widzenia, związaną z badaniami rzeczywistych procesów tworzenia cząstek stałych, filtracji i regeneracji pasywno-aktywnej, oraz możliwościami jej wspomagania,
- udowodnienie tezy, że procesy pasywnej regeneracji filtrów DPF mogą być istotnie wspomagane przez niewielkie dodatki stymulatorów FBC, które zmniejszają temperatury początku utleniania cząstek stałych i zapoczątkowują procesy regeneracji, w materiałach filtrujących zarówno pokrytych katalizatorami jak i nie, co może być wykorzystane w różnych systemach filtrowania spalin silników tłokowych,
- doświadczalne wykazanie, że w warunkach miejskich przy długotrwałej jeździe i małych obciążeniach temperatura spalin jest mniejsza od 200°C i regeneracja pasywna DPF musi być wspomagana regeneracją aktywną z całkowitym wypaleniem składników organicznych PM,
- wykonanie bardzo obszernych badań stanowiskowych i eksploatacyjnych na silnikach o zapłonie samoczynnym z opracowaną własną technologią filtracji spalin, z wykorzystaniem naukowych zasad eksperymentu, co pozwoliło na stworzenie szerokich baz danych z zakresu emisji cząstek stałych PM (ciągły monitoring regeneracji w różnych porach roku, w tym w zimie),
- opracowanie oryginalnej silnikowej metodyki badawczej procesów pasywnej regeneracji,
- wieloetapowe badania różnych kompozycji dodatków i ocena oddziaływań różnych pierwiastków i ich związków na proces pasywnego wypalania PM: badania fizykochemiczne, silnikowe, trakcyjne oraz wg testów VERT,
- weryfikacja opracowanego systemu filtracji z własnym, opatentowanym dodatkiem FBC w dwóch niezależnych szwajcarskich ośrodkach badawczych, która wykazała 98,8% skuteczność systemu w zakresie ograniczenia ilości emitowanych PM,
- oryginalne co do formy i treści zbiorcze przedstawienie wyników badań pokazane w rozdziale czwartym zawierające syntetyczne wskazówki dotyczące metod postępowania przy doborze dodatków FBC wspomagających pasywną regenerację i w zakresie konstrukcji systemów filtracji spalin,
- staranna edycja pracy i poprawny, zrozumiały język techniczny.

W trakcie czytania pracy nasunęły się również pewne wątpliwości wymagające wyjaśnienia, które nie mają charakteru ocen ostatecznych, a wynikają raczej z odmiennego poglądu na omawiane zagadnienia. Być może będą one pomocne w dalszej pracy naukowej Habilitanta. W moim przekonaniu nie obniżają one jednak mojej pozytywnej oceny pracy.

1. W pracy nie podano jakie przesłanki kierowały Autorem monografii przy doborze komercyjnego dodatku FBC stanowiącego punkt odniesienia do własnych badań. Nie podano również jego składu, co uniemożliwia określenie czy dobór był prawidłowy i jakie różnice występują między dodatkami opracowanymi przy udziale Autora.
2. Jaki sens mają opisy technologii wytwarzania dodatku żelazowego, rozdz. 4.2.4 str. 246-262, skoro dane podawane w tabelach są zaszyfrowane. Opisy te są niejasne nie tylko dla specjalistów z dyscypliny budowa i eksploatacja maszyn, ale jak sądzę również dla chemików.
3. Stosowanie wtrysku FBC przed filtrem PDF, co stosowano w badaniach hamownianych i eksploatacyjnych, komplikuje sterowanie całego układu oczyszczania spalin (oddzielny wtrysk FBC i oddzielny oleju napędowego do regeneracji aktywnej, a dodatkowo AdBlue do reaktora FCR). W pracy nie podano wyraźnie zużycia FCB odniesionego do przebiegu samochodu (g/100 km) lub rozwijanej mocy, nie określono również rzeczywistych kosztów stosowania tego dodatku.
4. W pracy nie określono celu opracowania nowych, własnych dodatków FBC. Czy u podstaw były względy ekonomiczne, czy chęć opracowania skuteczniejszych dodatków pod względem regeneracji pasywnej w stosunku do aktualnie stosowanych? Jeżeli tak, to w pracy niezbyt przekonująco, przez porównanie ilościowe, udokumentowano przewagę dodatków własnych FBC A i FBC B nad dodatkami powszechnie stosowanymi.

Mimo przedstawionych wyżej uwag krytycznych w podsumowaniu należy podkreślić, że przedstawione w monografii wyniki badań są cenne z naukowego punktu widzenia oraz zastosowań praktycznych. Autor poprawnie przeprowadził bardzo szerokie badania i dokonał właściwej oceny wyników. Sposób i wnikliwość przeprowadzonych analiz świadczy o dużym doświadczeniu, znacznym zasobie wiedzy i dużej inwencji twórczej Autora.

#### **2.4. Ocena publikacji i patentów związanych z podstawowym osiągnięciem naukowym**

Do materiałów związanych z podstawowym osiągnięciem naukowym Habilitant dołączył 18 artykułów opublikowanych w recenzowanych czasopismach i na konferencjach zarówno zagranicznych jak i krajowych. Szczegółowy wykaz tych prac podano w pkt. 4.2 załącznika 3 pt. „Autoreferat”.

Przedstawione publikacje są uzupełnieniem treści podanych w ocenianej monografii habilitacyjnej, gdzie poszczególne zagadnienia związane z emisją cząstek stałych starano się uogólnić. W typowanych artykułach podane są szczegółowe wyniki wybranych etapów prac nad opracowaniem systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów DPF i opracowaniem różnych dodatków FBC wspomagających regenerację. Warty podkreślenia jest fakt, że wyniki swoich prac Habilitant od początku weryfikował z pracami jednostek zagranicznych poprzez publikacje w czasopismach i wystąpienia na konferencjach w Niemczech, Szwajcarii, Włoszech.

Ocena merytoryczna materiałów zawartych w wytypowanych publikacjach jest zasadniczo zbieżna z merytoryczną oceną monografii. Z tego powodu szczegółową ocenę poszczególnych pozycji wykazu pkt.4.2 „Autoreferatu” pominięto, bowiem ich ocena nie zmieniłaby końcowej oceny osiągnięcia naukowego.

Również dwa patenty PL 208478 – „Olej napędowy dla pojazdów wyposażonych w filtry cząstek stałych” i PL 223033 – „Uniwersalny dodatek o wysokiej stabilności do olejów



napędowych, wspomagający procesy regeneracji filtra spalin silnika z zapłonem samoczynnym”, są ściśle związane z opracowaniem oryginalnych, własnych dodatków FBC możliwych do zastosowania w proponowanym systemie pasywno-aktywnej regeneracji filtrów PDF.

#### **Podsumowanie oceny podstawowego osiągnięcia naukowego**

Na podstawie szczegółowej oceny monografii habilitacyjnej, wytypowanych publikacji i patentów mogę stwierdzić, że zagadnienia naukowe postawione w podstawowych celach osiągnięcia naukowego zostały rozwiązane prawidłowo. Tym samym uważam, że **opracowany przez dra inż. Zbigniewa Stępnia temat badawczy pt. „Opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych do silników o zapłonie samoczynnym” jest osiągnięciem naukowym spełniającym wymogi przepisów ustawy z dnia 14.03.2003 r., ze zmianami z dnia 18.03.2011 r. i późniejszymi o stopniach i tytule naukowym wymagane przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.**

### **3. OCENA DOROBKU I ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ**

Zainteresowania naukowe dra inż. Zbigniewa Stępnia po rozpoczęciu pracy w Instytucie Technologii Nafty w 1991 roku dotyczyły następujących zagadnień:

- wpływu paliw na niekorzystne zjawiska występujące podczas eksploatacji silników tłokowych, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania dodatków specjalnych do paliw i olejów silnikowych,
- mechanizmów tworzenia osadów w silnikach spalinowych ZI i ZS oraz czynników wpływających na ich formowanie, oddziaływań osadów na funkcjonowanie silników i metod przeciwdziałania ich wpływom na zużycie części silnikowych. Szczególnie dużo badań wykonanych przez Habilitanta dotyczy koksowych osadów zewnętrznych i wewnętrznych w układach wtryskowych typu *Common Rail*, co związane było z sygnalizowaną dużą liczbą awarii i problemów eksploatacyjnych tych systemów.,
- wpływu bio-komponentów na tworzenie się osadów i stabilność olejów napędowych zawierających FAME oraz funkcjonowanie aparatury wtryskowej,
- wpływu paliw bioetanolowych na parametry użytkowe i ekologiczne silników oraz stabilność mieszanin benzyna-etanol,
- mechanizmów tworzenia cząstek stałych PM w silnikach ZS, emisji PM w zmiennych warunkach pracy silników trakcyjnych, sposobów filtracji spalin z użyciem filtrów DPF oraz sposobów ich regeneracji i ich wpływu na tzw. emisję wtórną podczas regeneracji.

Badania były wykonywane w trakcie realizacji projektów badawczych finansowanych przez KBN i NCBiR, grantów europejskich finansowanych przez UE i tzw. Programu Norweski oraz grantów statutowych, w których Habilitant był kierownikiem lub wykonawcą. Efektem zrealizowanych badań były cztery patenty krajowe, siedem wynalazków (zgłoszonych do opatentowania) oraz liczne publikacje. Patenty i wynalazki uzyskały szereg medali na światowych i krajowych wystawach oraz dyplomy na forach gospodarczych, co bardzo dobrze świadczy o ich znaczeniu i wysokiej przydatności praktycznej. Uzyskane wyniki były systematycznie publikowane w recenzowanych czasopismach i przedstawiane na międzynarodowych konferencjach silnikowych.

W moim przekonaniu Habilitant posiada znaczący i różnorodny dorobek uzyskany po doktoracie. Obejmuje on ogółem 75 publikacji w tym:

- 11 współautorskich artykułów w czasopismach cytowanych przez Journal Citation Reports, tzw. Lista Filadelfijska (Fuel, Energy&Fuels, Processing Technology, Materials Science and Engineering, Przemysł Chemiczny),
- 1 monografia i 7 rozdziałów w monografiach,
- 4 artykuły w czasopismach zagranicznych (SAE Technical Paper, ENERGY & POWER),
- 45 prac w czasopismach krajowych punktowanych w wykazie MNiSzW lista B (Combustion Engines, Journal of Kones, Czasopismo Techniczne PK, Biuletyn ITN, Czasopismo Nafta-Gaz, Wiadomości Naftowe i Gazownicze),
- 7 artykułów w innych recenzowanych wydawnictwach.

Uzupełnieniem podanych wyżej osiągnięć są 4 patenty krajowe PL 208478, PL 208474, PL 223033 i PL 215447 (udział Habilitanta odpowiednio 23%, 5%, 11% i 6%), siedem zgłoszeń patentowych w latach 2013-2016 (udział Habilitanta 4÷18%) oraz opracowania niepublikowane: 3 sprawozdania z międzynarodowych projektów badawczych, 3 sprawozdania z projektów własnych finansowanych przez KBN i NCBiR, 5 sprawozdań z grantów finansowanych przez KBN i NCBiR, 61 sprawozdań z projektów badawczych prowadzonych w ramach Działalności Statutowej, w których Habilitant był kierownikiem, koordynatorem, głównym wykonawcą bądź wykonawcą, 21 sprawozdań z prac badawczych i ekspertyz wykonanych na zlecenie jednostek przemysłowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje również uczestnictwo w wysokobudżetowych projektach międzynarodowych i krajowych:

- "Influence of bio-components content in fuel on emission of diesel engines and engine oil deterioration, budżet 888.790 Euro, Norweski Mechanizm Finansowy i Mechanizm Finansowy EOG, kierownik projektu,
- „Development of Diesel Exhaust gases filtration technology with application of fuel additives enabling continues regeneration of filter to minimize the particulate emission of city buses”, budżet 905.000 Euro w ramach 5 – Programu Ramowego Badań Rozwoju Technicznego i Prezentacji, główny wykonawca,
- "Nowy dodatek uszlachetniający do paliwa silnikowego przeznaczonego do nowoczesnych silników z zapłonem samoczynnym, spełniającym wymagania EURO IV: Opracowanie systemu filtracji spalin z zastosowaniem pasywnej regeneracji filtra (DPF) za pomocą nowego typu dodatków FBC do olejów napędowych”, budżet 2.278.280 zł, finansowanie Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, kierownik projektu.

Spśród wymienionych wyżej prac monografia, 12 publikacji w czasopismach i 21 sprawozdań z projektów badawczych i ekspertyz dla przemysłu to prace samodzielne, a 41 współautorskie o deklarowanym znacznym udziale własnym. Duża ilość prac współautorskich oraz kierowanie większością prac badawczych dobrze świadczy o umiejętności współpracy Habilitanta z zespołami badawczymi, a równocześnie, że publikowane prace są wynikiem szerszych badań zespołowych.

Wyniki prac badawczych Habilitanta były publikowane w prestiżowych wydawnictwach, do których należą przykładowo: SAE Technical Paper, Fuel, Energy&Fuels, Processing Technology, Materials Science and Engineering, Przemysł Chemiczny, HAUS DER TECHNIK\_Berichte zur Energie, Combustion Engines, Journal of KONES, Czasopismo Nafta-Gaz, Biuletyn ITN, Wiadomości Naftowe i Gazownicze.

Ogólna ilość punktów za publikacje wg wykazu MNiSzW z grudnia 2016 r. zgodnie z deklarowanymi udziałami wynosi 214,40 pkt.

Sumaryczny Impact Factor wg listy JCR wynosi 21,176. Liczby cytowań wg różnych baz wynoszą odpowiednio:

- wg Web of Science na dzień 30.11.2017 liczba cytowań 16, a indeks Hirscha 3,0;
- wg bazy Google Scholar liczba cytowań 147, a indeks Hirscha 6,0.

Jak widać wskaźnikowy dorobek publikacyjny dra inż. Zbigniewa Stępnia wg różnych baz danych jest duży, a jego prace są często cytowane.

Dr inż. Zbigniew Stępień uczestniczył aktywnie w wielu konferencjach naukowych o zasięgu międzynarodowym prezentując wyniki swoich prac. Należą do nich: International Conference on Future Worldwide Emission Requirements for Passenger Cars and Light Duty Vehicles on EURO V – Milano 10-11 December 2003, 8<sup>th</sup> ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles, 5<sup>th</sup> International Colloquium Fuels – Technische Akademie Esslingen - Germany, PTNSS Congress, Autoprogress-Konmot, European KONES.

Przedstawiony publikacyjny dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora jest w zasadniczej części monotematyczny, związany z zagadnieniami dotyczącymi wpływu paliw na parametry użytkowe i ekologiczne silników ZI i ZS, mechanizmami tworzenia się osadów i ich wpływem na zużycie części silnikowych, tworzeniem cząstek stałych PM, filtracją spalin i regeneracją filtrów DPF oraz badaniami stanowiskowymi silników spalinowych. Dorobek publikacyjny i naukowo-badawczy mieści się w **dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn**. Publikacje po doktoracie powstawały w sposób systematyczny, dotyczą wielu ważnych zagadnień współczesnych silników, a większość charakteryzuje się dobrym poziomem merytorycznym. Świadczy to o dużej aktywności naukowej Habilitanta w całym okresie 32 lat po uzyskaniu stopnia doktora.

Zestawienie zbiorcze osiągnięć Habilitanta przedstawiono w tabeli poniżej.

Lp.	Kryterium wg §3 i 5 rozporządzenie z dnia 01.09.2011 r.	Czy kandydat spełnia kryterium/liczba
1.	Autorstwo i współautorstwo publikacji w czasopismach z bazy JCR	Tak/11
2.	Patenty międzynarodowe i krajowe	Tak/4
3.	Uczestnictwo w programach europejskich, innych programach międzynarodowych i krajowych	Tak/5
4.	Kierowanie i udział w projektach badawczych	Tak/10
5.	Wygłaszanie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych	Tak/44
6.	Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych lub krajowych konferencji naukowych	Nie/0
7.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia	Tak/27
8.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	Nie/0
9.	Udział w komitetach redakcyjnych i rad naukowych czasopism	Nie/0
10.	Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	Tak/2
11.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	Tak/11
12.	Stáže w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	Tak/10
13.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	Nie/0
14.	Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	Nie/0
15.	Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	Nie/0
16.	Wykonanie ekspertyzy lub innego opracowania	Tak/16
17.	Opieka naukowa nad studentami	Tak/2

Na podstawie przedstawionej wyżej oceny ilościowej i jakościowej osiągnięć naukowych dra inż. Zbigniewa Stępnia mogę stwierdzić, że **spełnia on wymogi określone w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych oraz w Rozporządzeniu MNiSzW z dnia 01.09.2011 r. na poziomie bardzo dobrym.**

#### 4. OCENA POPULARYZACJI NAUKI I DOROBKU ORGANIZACYJNEGO

Dr inż. Zbigniew Stępień uczestniczy aktywnie w działalności Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie. Jego aktywność w okresie po uzyskaniu stopnia doktora dotyczyła:

- pełnienia funkcji kierownika Pracowni Badań Silnikowych i Tribologicznych (nieprzerwanie od roku 1993) oraz zastępcy kierownika Zakładu Oceny Własności Eksploatacyjnych – od roku 2014,
- kierowania i udziału w wysokobudżetowych międzynarodowych i krajowych projektach realizowanych w macierzystym Instytucie,
- kierowania większością projektów badawczych w ramach działalności statutowej i zleceń badawczych z przemysłu,
- rozwoju bazy laboratoryjnej (udział w akcji ofertowej, szkoleniach, nadzór nad budową stanowisk – hamownie silnikowe, aparatura do pomiarów toksyczności spalin, zużycia olejów silnikowych),
- ponad dwudziestoletniego udziału w pracach CEC (Co-ordinating European Council Development of Performance Tests for Transportation Fuels, Lubricants and Other Fluids), jako jedyny przedstawiciel Instytutu Nafty i Gazu,
- wdrażania silnikowych procedur CEC w macierzystym Instytucie i w Polsce,
- inspirowania projektów badawczych i pozyskiwania funduszy na ich realizację, co umacniało pozycję Instytutu jako wiodącej jednostki naukowo-badawczej w kraju w zakresie badań paliw i smarów,
- ożywionej współpracy z jednostkami naukowo-badawczymi zagranicznymi i krajowymi: University of Applied Science w Szwajcarii, Stiftinga Vestlandsforskning/Western Norway Research Institute, Politechnika Krakowska, Politechnika Warszawska, Instytut Badań i rozwoju Motoryzacji „Bosmal” w Bielsku-Białej, Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie i innymi,
- ożywionej działalności w zakresie ochrony patentowej wynalazków (4 patenty i 7 zgłoszeń patentowych).

Habilitant popularyzuje wyniki swoich prac i wiedzę silnikową realizując następujące działania:

- wygłaszając referaty na konferencjach międzynarodowych (8 wystąpień na konferencjach zagranicznych, 15 wystąpień na konferencjach międzynarodowych w kraju),
- wygłaszając referaty na konferencjach krajowych – 18 referatów,
- prowadząc szkolenia dla pracowników różnych instytucji i podmiotów gospodarczych zarówno krajowych jak i zagranicznych – 11 szkoleń,
- wykonując ekspertyzy dla przemysłu i sądów – 16 ekspertyz,
- sprawując opiekę nad studentami odbywającymi praktyki w latach 2014-2016 w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych INiG – PIB.

Habilitant jest członkiem stowarzyszeń i organizacji naukowych:

- CEC (Co-ordinating European Council Development of Performance Tests for Transportation Fuels, Lubricants and Other Fluids) – od 1996 r.,
- PTNSS (Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych) – od 2006 r.

Habilitant od wielu lat jest osobą znaną w środowisku przemysłowym związanym z produkcją paliw i olejów silnikowych, produkcją silników i samochodów oraz w motoryzacyjnym środowisku akademickim gdzie jest oceniany jako wybitny specjalista z zakresu paliw i smarów.

W oparciu o przedstawione powyżej dane zaangażowanie Habilitanta w działalność popularyzatorską i organizacyjną w macierzystej jednostce, Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym, oraz w organizacjach naukowych i społecznych **ocenię jako bardzo dobre.**

## 5. PODSUMOWANIE

Po zapoznaniu się z monografią habilitacyjną i pozostałymi materiałami składającymi się na osiągnięcie naukowe dra inż. Zbigniewa Stępnia pt. **„Opracowanie systemu pasywno-aktywnej regeneracji filtrów cząstek stałych do silników z zapłonem samoczynnym”** stwierdzam, że w przedstawionych wieloletnich pracach naukowo-badawczych rozwiązano kompleksowo ważne problemy związane z emisją cząstek stałych silników o zapłonie samoczynnym. Opracowany system pasywno-aktywnej regeneracji filtrów PDF i zaproponowane dodatki zostały zweryfikowane w wieloetapowych badaniach silnikowych i eksploatacyjnych oraz uzyskały pozytywne oceny i certyfikaty w dwóch niezależnych ośrodkach zagranicznych. Potwierdzono zarówno wysoką skuteczność oczyszczania spalin jak i trwałość eksploatacyjną systemu i nowych dodatków. Z tego powodu wykonane przez Habilitanta badania i opracowany system regeneracji oraz nowe dodatki FBC mają bardzo duże znaczenie praktyczne i niosą z sobą istotny aspekt ekologiczno-ekonomiczny.

Dr inż. Zbigniew Stępień posiada wystarczający i tematycznie ukierunkowany w zakresie rozpatrywanych zagadnień dorobek publikacyjny po doktoracie. Zawiera on szereg oryginalnych i ważnych wyników badań.

Monografia habilitacyjna i publikacje związane z podstawowym osiągnięciem naukowym oraz pozostały dorobek naukowo-badawczy **wnoszą istotny wkład do rozwoju silników spalinowych i dyscypliny *Budowa i Eksploatacja Maszyn*.**

Pozytywnie ocenię również dorobek popularyzatorski i organizacyjny dra inż. Zbigniewa Stępnia.

Z tego powodu jestem przekonany, że rozprawa habilitacyjna, dorobek naukowy i organizacyjny dra inż. Zbigniewa Stępnia spełniają warunki określone w Ustawie z o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 14 marca 2003 r. wraz ze zmianami z dnia 18.03.2011 r. i późniejszymi, do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie ***Budowa i Eksploatacja Maszyn*.**

Kandydat spełnia także wszystkie kryteria oceny osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, poz. 1165), w tym § 3 pkt. 4 ust. a) oraz wymagania § 4 pkt. 1-8.

**Wnioskuje zatem o nadanie dr. inż. Zbigniewowi Stępniewi stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie naukowej *Budowa i Eksploatacja Maszyn*.**

