



dr hab. inż. Paweł Woś, profesor uczelni

Rzeszów; 26.11.2024 r.

POLITECHNIKA RZESZOWSKA
im. Ignacego Łukasiewicza
WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I LOTNICTWA
**Katedra Pojazdów Samochodowych
i Inżynierii Transportu**

Al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów
tel. 17 865 1355, pwos@prz.edu.pl

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Filipa Markiewicza
pt. „Analiza emisji związków toksycznych spalin silników maszyn
i urządzeń przenośnych w rzeczywistych warunkach eksploatacji”**

1. Formalna podstawa opracowania recenzji

Podstawę do opracowania i wydania niniejszej recenzji stanowi pismo z dnia 29.10.2024 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, Pana prof. dr. hab. inż. Jacka Pielechy (znak pisma RD/d/586/01/2024) w sprawie sporządzenia recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Filipa Markiewicza pod wymienionym tytułem.

2. Przedmiot i ocena istotności problemu naukowego rozprawy

Rozwój gospodarczy na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci, oparty na mechanizacji urządzeń i systemów wytwarzania, w tym na wykorzystaniu na wielką skalę napędów spalinowych, jest obecnie bardzo silnie obwarowany względami ochrony środowiska naturalnego i minimalizacji negatywnego oddziaływania na zdrowie publiczne i jakość życia społeczeństw. Wśród najistotniejszych zagrożeń generowanych przez silniki spalinowe wymienia się w pierwszej kolejności emisję szkodliwych składników spalin powstających w wyniku ich eksploatacji w różnego rodzaju pojazdach i maszynach roboczych. W wyniku coraz



bardziej obniżanych limitów emisji spalin oraz zużycia paliw naftowych rodzą się obecne trendy, polegające na elektryfikacji wszelkiego rodzaju napędów, nawet w zastosowaniach, gdzie napotyka się na poważne trudności w uzyskaniu wymaganego poziomu rezerw mocy napędowej, dopuszczalnej masy lub autonomii urządzeń mobilnych i pojazdów.

Spaliny samochodowe zawierają w swym składzie liczne związki i substancje chemiczne m.in. tlenek węgla (CO), węglowodory (HC), tlenki azotu (NO_x), cząstki stałe (PM) oraz wiele innych, które przyczyniają się do pogorszenia jakości powietrza, a w bezpośrednim oddziaływaniu mogą prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych u ludzi - schorzeń układu oddechowego, alergii, chorób nowotworowych. Z kolei emisja dwutlenku węgla (CO₂), jako wynik spalania paliw kopalnych uznawana jest za główną przyczynę globalnego efektu cieplarnianego.

W następstwie rozpoznania i ciągłego narastania skali problemu emisji spalin prowadzi się od wielu lat intensywne badania nad metodami skutecznego ograniczania tych niekorzystnych zjawisk powodowanych eksploatacją silników spalinowych. Głównym celem tych badań jest zrozumienie mechanizmów powstawania szkodliwych składników spalin, rozwój konstrukcyjny i technologiczny silników, opracowanie skutecznych technologii redukcji poziomu emisji spalin, wprowadzenie odpowiednich regulacji i norm dotyczących dopuszczalnych poziomów emisji spalin oraz metod i procedur pomiarowych w tym zakresie. Wynikiem tych działań są przyjęte w większości państw świata odpowiednie legislacje odnośnie specyfikacji metod pomiarowych i limitów emisji spalin. Szczególnie rozbudowane i doprecyzowane są normy emisji spalin dotyczące badań pojazdów samochodowych o dopuszczalnej masie całkowitej do 3500 kg oraz silników spalinowych do pojazdów o dopuszczalnej masie powyżej 3500 kg. Obecnie równoważnie stosowanymi procedurami pomiarowymi są tutaj metody badań emisji spalin na stanowiskach hamownianych (stacjonarne i dynamiczne) oraz w rzeczywistych testach drogowych (RDE). Natomiast jeśli chodzi o silniki o zastosowaniach pozadrogowych to podlegają one głównie badaniom na stanowiskach hamownianych, w większości w warunkach testów stacjonarnych. Nie odzwierciedlają one jednak rzeczywistych warunków pracy silników eksploatowanych w różnych urządzeniach i różnych warunkach pracy, stąd uzyskiwane wyniki mogą znacząco odbiegać od rzeczywistych wartości poziomów emisji spalin.

Niniejsza praca mgr inż. Filipa Markiewicza zatytułowana *„Analiza emisji związków toksycznych spalin silników maszyn i urządzeń przenośnych w rzeczywistych warunkach eksploatacji”*, realizowana pod opieką naukową promotora prof. dr. hab. inż. Piotra Lijewskiego oraz przy wsparciu merytorycznym i metodycznym promotora pomocniczego dr inż. Michała Dobrzyńskiego dotyczy sedna powyższych zagadnień. Jej tematyka wpisuje się bowiem w obszary problemowe z zakresu implementacji i oceny procedur pomiarowych emisji spalin realizowanych w warunkach rzeczywistych dla urządzeń przenośnych, tj. silników o zastosowaniach pozadrogowych. Sformułowany przez Doktoranta cel naukowy i badawczy

pracy obejmuje „*identyfikację emisji związków toksycznych spalin i parametrów pracy silników urządzeń i maszyn przenośnych w rzeczywistych warunkach ich eksploatacji*” oraz „*opracowanie autorskich wytycznych dla realizacji takich procedur*”. W szczególności praca ta jest próbą wykorzystania narzędzi pomiarowych, normatywnie stosowanych do badań emisji spalin pojazdów w rzeczywistych testach drogowych (RDE), uzupełniając niejako lukę poznawczą w zakresie adekwatności obecnych procedur homologacyjnych silników do urządzeń przenośnych wobec rzeczywistych poziomów emisji szkodliwych składników spalin.

Można zatem stwierdzić, że przedstawiona praca doktorska Pana mgr inż. Filipa Markiewicza wpisuje się swoją tematyką i zrealizowanym zakresem prac w interesujące i aktualne obszary badań poznawczych i aplikacyjnych nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, w szczególności dotyczących oceny i propozycji uaktualnienia procedur homologacyjnych dla małych silników spalinowych, powszechnie wykorzystywanym m.in. w urządzeniach budowlanych, z uwzględnieniem rzeczywistych warunków eksploatacji i celem redukcji ich oddziaływania środowiskowego jako emiterów zanieczyszczeń.

3. Charakterystyka rozprawy i ocena strony metodycznej – uwagi o charakterze redakcyjnym

3.1. Problematyka i struktura rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska zawiera w swojej treści część studialną, opartą na analizie dostępnego zasobu wiedzy i stanu techniki w obszarze problematyki pracy oraz część eksperymentalną wraz z analizą i syntezą uzyskanych wyników badań emisji spalin małych silników w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Na tej podstawie dokonano identyfikacji zasadniczych problemów pomiarowo-badawczych w realizacji założonego celu pracy i wskazano niezbędne i uzasadnione zmiany w procedurach badawczych i homologacyjnych, dotyczących określania i redukcji emisji szkodliwych składników spalin dla badanych obiektów.

Całość opracowania zawiera 104 strony tekstu skonfigurowanego w formacie A4, łącznie ze spisem treści, streszczeniem w języku polskim i angielskim, wykazem ważniejszych skrótów i oznaczeń oraz źródeł bibliograficznych. W pracy przedstawiono łącznie 127 rysunków, wykresów i fotografii oraz 15 tabel. Rozprawa jest podzielona na 7 rozdziałów, w większości rozbudowanych o kilka podrozdziałów.

Treść pracy rozpoczynają dwustronne streszczenia w językach polskim i angielskim, w których w sposób syntetyczny określono tematykę pracy, jej cel i zakres merytoryczny oraz najważniejsze osiągnięcia poznawcze i aplikacyjne wynikające z przeprowadzonych badań

i analiz. **Rozdział 1** pt. „Wprowadzenie i geneza pracy” stanowi wprowadzenie do tematyki pracy, w którym omówiono genezę problemu badawczego, jakim jest rosnący udział eksploatowanych maszyn przenośnych wyposażonych w małe silniki spalinowe, przeważnie o prostej konstrukcji i sterowaniu. Wykazują one przez to wyraźnie negatywny wpływ na środowisko naturalne. Podkreślono konieczność badania emisji toksycznych składników spalin w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, znacząco odbiegających od warunków badań stanowiskowych.

W **rozdziale 2** pt. „Maszyny i urządzenia przenośne” przedstawiono klasyfikację urządzeń i maszyn przenośnych, podając konkretne przykłady ich budowy i konstrukcji. Opisane zostały m.in. urządzenia do prac leśnych (piły łańcuchowe, rębaki, pojazdy kołowe technologiczne do prac załadowczo-wyładowczych, zrywki, wstępnej obróbki surowca), do prac w gospodarstwie domowym i upraw małorolnych (kosiarki, kosy i podkaszarki spalinowe, traktory ogrodowe, glebogryzarki, dmuchawy) oraz do prac budowlanych (zagęszczarki, agregaty prądotwórcze, frezarki i przecinarki do betonu). Wybrane z nich będą stanowić obiekty dalszych badań i dyskusji.

W **rozdziale 3** opisano międzynarodowe standardy dotyczące emisji szkodliwych składników spalin przez silniki pozadrogowych, tj. normy i regulaminy obowiązujące w krajach Unii Europejskiej, Stanach Zjednoczonych i Japonii. Bardzo szczegółowo i wyczerpująco podano i porównano limity emisji spalin oraz metody testowe. Zwrócono uwagę, że działania mające na celu znaczące ograniczenie emisji spalin oraz rozwój technologii proekologicznych w małych silnikach do urządzeń przenośnych są dopiero sygnalizowane do przyszłościowych wdrożeń.

W **rozdziale 4** zatytułowanym „Przegląd literaturowy” dokonano prezentacji i krytycznej analizy badań i wyników zawartych w wybranych publikacjach naukowych z zakresu emisji szkodliwych składników spalin przez silniki stosowane w urządzeniach przenośnych i pozadrogowych. Podkreślono brak wspólnych i uznanych metod badawczych, realizowanych w rzeczywistych warunkach eksploatacji i jednocześnie zwrócono uwagę na występowanie istotnych różnic zmierzonych poziomów emisji spalin w stosunku do limitów ustalonych przez normy bazujące na stacjonarnych testach hamownianych. Stanowiło to główny przyczynek i podstawę do sformułowania w **rozdziale 5** podstawowego celu rozprawy jakim są **badania identyfikacyjne emisji szkodliwych składników spalin i parametrów pracy silników urządzeń i maszyn przenośnych w rzeczywistych warunkach ich eksploatacji oraz opracowanie zaleceń dla opracowania tego rodzaju procedur i regulaminów badań**. Ich przewaga nad standardowymi procedurami polegałaby na uwzględnieniu wpływu indywidualnego sposobu zadawania obciążenia przez operatora, specyficznych i zmiennych warunków pracy urządzenia oraz zastosowaniu zaawansowanej, mobilnej aparatury pomiarowej typu PEMS.

Rozdział 6 opisuje zasadniczą część eksperymentalną pracy. Zawiera on charakterystykę obiektów badań, opis zastosowanych narzędzi i realizowanych procedur

badawczych w rzeczywistych, typowych dla danego urządzenia warunkach eksploatacji. Do celów dalszej analizy i porównania wyników, z uwagi na praktyczną niemożność ich odniesienia do jednostki wykonanej przez silnik pracy, wprowadzono tzw. wskaźnik emisji wyrażony jako iloraz masy danego składnika spalin i masy emitowanego dwutlenku węgla CO₂. Szczegółowe wyniki pomiarów, przebiegi zmian emisji chwilowej danego składnika i obliczone wskaźniki emisyjności przedstawiono na licznych i czytelnie opracowanych wykresach. Opracowana metodyka badawcza i analityczna pozwoliła Doktorantowi na porównania wyników uzyskanych w warunkach rzeczywistej eksploatacji silników do wartości odniesienia określonych w testach homologacyjnych. Zaobserwowano, że homologacyjne testy badawcze nie w pełni odwzorowują rzeczywiste parametry pracy badanych silników. Stąd jako wniosek rozwojowy, wskazano potrzebę i zakres zmian w obecnych procedurach homologacyjnych, które stały by się dzięki temu bardziej adekwatne dla danego typu urządzeń.

Podsumowanie pracy, syntetyczna prezentacja wyników i najważniejszych osiągnięć oraz określenie kierunków dalszych badań jest przedmiotem ostatniego, **siódmego rozdziału**, po którym zamieszczono wykaz materiału źródłowego. Spis literatury zawiera 102 pozycje uporządkowanych alfabetycznie, z czego 9 pozycji to rozporządzenia i regulaminy, 2 źródła internetowe. Autorskie lub współautorskie cytowania dzieł Doktoranta obejmuje 12 pozycji bibliograficznych.

Całość opracowania zredagowana jest poprawnym językiem w sensie stylistycznym i terminologicznym. Strona redakcyjna i dbałość o jakość przekazu czytelniczego nie budzi zastrzeżeń. Materiał ilustracyjny zamieszczony w pracy i dotyczący danych będących przedmiotem analiz oraz opracowanych wyników (tabele, wykresy), pomimo często niewielkich rozmiarów, jest w większości czytelny, co pozwala na prawidłową interpretację wartości oraz tendencji zmian analizowanych parametrów. Pod względem metodycznym praca stanowi dzieło naukowe bez większych zastrzeżeń - struktura podziału treści na poszczególne rozdziały i podrozdziały oraz układ logiczny pracy odpowiada wymaganiom prac badawczych, w tym rozprawom doktorskim o profilu technicznym.

3.2. Uwagi redakcyjne i mające charakter szczegółowy

Jak wspomniano powyżej, sposób zredagowania pracy za pomocą ogólnie poprawnej składni i norm językowych pozwala na pełne zrozumienie treści, zarówno w sensie ogólnotechnicznym jak i specjalistycznym. Znaczniejszych uwag o charakterze redakcyjnym nie wnosi się, poza nielicznymi spostrzeżeniami, wychwyconymi błędami, które jednak w żadnym stopniu nie umniejszają wartości merytorycznej oraz pozytywnego odbioru pracy. Nie wymagają też szczególnej dyskusji, a jedynie ewentualnej korekty w przypadku wykorzystania treści pracy jako materiału źródłowego dla potrzeb dalszych publikacji. Są to między innymi wymienione niżej uwagi:

- znikoma celowość cytowania pozycji bibliograficznych nie mających praktycznie żadnego związku merytorycznego z powiązаныmi treściami w pracy – chodzi o współautorskie dzieła Doktoranta – poz. 59, 75, 87-89 w wykazie literatury – dotyczące ogólnie mówiąc zagadnień konstrukcji i ruchu pojazdów,
- częste używanie określeń potocznych w rodzaju „czterosuw”, „dwusuw” (tab. 6.1) – właściwym jest oczywiście określenie „silnik czterosuwowy”, „silnik dwusuwowy”; w innym miejscu spotykamy frazy typu „udało się wykonać” co oznaczałoby, że przeprowadzone badania, osiągnięte wyniki, wnioski były bardziej wynikiem szczęśliwego zbiegu okoliczności niż zaplanowanego eksperymentu,
- częste skróty myślowe, wykorzystujące zapożyczenia, np. „w Axionie R/S+ wykorzystywany jest analizator...”, „wykorzystywana jest metoda bazująca na Laser Scatter”,
- używanie niezbyt precyzyjnych określeń, np. w streszczeniu fraza „jeszcze lepsze wyniki”,
- podobnie, stosowanie powtórzeń znaczeniowych typu: „W **kolejnych** rozdziałach pracy zostały zamieszczone oraz opisane **kolejno** przeprowadzane badania”,
- błędna terminologia, np. na str. 58: „wyznaczono wskaźnik emisji *kj* jako iloraz masy danego związku **do** masy CO₂” – jeśli „iloraz” to jednej „i” drugiej wartości,
- podobnie na str. 42 błędne pojęcie „transmisja Fouriera” – chodzi oczywiście o „transformację Fouriera” lub ewentualnie „transformatę Fouriera”.

4. Ocena merytoryczna rozprawy i uwagi dyskusyjne

Rozpatrywany w recenzowanej rozprawie doktorskiej problem dotyczy złożonych zagadnień oceny parametrów ekologicznych przenośnych urządzeń i maszyn z napędem spalinowym na podstawie wartości emisji spalin uzyskanych w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Głównym i też zarazem niosącym pokaźny potencjał aplikacyjny celem pracy było opracowanie sposobu określania emisji spalin na podstawie wyników uzyskanych z wykorzystaniem mobilnych systemów pomiarowych i ich odniesienie do wartości homologacyjnych, zgodnych z procedurami stanowiskowymi. Istnieje bowiem pomiędzy tymi dwiema metodami badawczymi dosyć duża rozbieżność, zarówno pod względem metodologii, wymagań aparaturowych, kosztochłonności i dostępności operacyjnej a przede wszystkim pod względem uzyskiwanych wyników. Natomiast możliwość skorelowania tych procedur mogłaby wpłynąć na dostosowanie obecnych testów badawczych w procesie homologacji z uwzględnieniem specyficznych dla danego urządzenia/maszyny stanów obciążeń i zakresów prędkości obrotowej silnika.

Osiągnięcie założonego celu pracy Doktorant zrealizował poprzez konsekwentne rozwinięcie i szczegółową analizę problematyki z wykorzystaniem eksperymentów badawczych i metod analitycznych. Podbudowę teoretyczną i prezentację aktualnego stanu wiedzy w aspekcie tematyki pracy zawarto w rozdziale trzecim i czwartym. Wykorzystano tutaj

i przedyskutowano informacje na temat metod pomiarowych emisji spalin, wymagań legislacyjnych w krajach Unii Europejskiej i na świecie odnośnie dopuszczalnych limitów emisji oraz postępu prac naukowo-badawczych dotyczących niedoskonałości, modyfikacji i dostosowania metod badawczych w procedurach homologacyjnych w odniesieniu do rzeczywistych warunków pracy. Wobec stwierdzenia istotnych braków poznawczych w tym obszarze sformułowano cel naukowy dysertacji.

W dalszej kolejności opisano przebieg prac badawczo-obliczeniowych. Obiektami badań były różnego rodzaju maszyny i urządzenia z napędem spalinowym, wykorzystywane do prac ogrodniczych, leśnych i budowlanych, w tym przenośne generatory energii elektrycznej.

Badania poziomu emisji zanieczyszczeń realizowano w rzeczywistych warunkach pracy tych urządzeń z wykorzystaniem mobilnych systemów pomiarowych emisji spalin PEMS. Rejestracji i analizie podlegały składniki spalin, które są wielkościami limitowanymi w testach stacjonarnych – węglowodory HC, tlenek węgla CO, dwutlenek węgla CO₂, tlenki azotu NO_x oraz masa cząstek stałych PM. Jako miarę obciążenia silnika maszyny (wykonanej pracy) przyjęto całkowitą emisję CO₂ w teście. Jedynie w przypadku generatorów energii elektrycznej można było bezpośrednio rejestrować rzeczywistą wartość obciążenia (pracy). Na podstawie danych pomiarowych wyznaczano emisję jednostkową poszczególnych zanieczyszczeń w całym cyklu pomiarowym dla każdego urządzenia.

Wnioski z przeprowadzonych w analiz potwierdziły istnienie istotnych rozbieżności pomiędzy widmem obciążenia badanych silników w rzeczywistych warunkach eksploatacji a zakresem ich obciążeń realizowanych według testów stacjonarnych, jak również pomiędzy wynikami emisji spalin dla obu tych procedur badawczych. Pozwoliło to na sprecyzowanie zakresu aplikacyjnego opracowanych metod badawczych i rekomendacji dla przyszłego ich rozwoju, jeśli chodzi o pomiary emisji spalin dla urządzeń przenośnych w warunkach rzeczywistych.

Oceniając wartość merytoryczną rozprawy można zatem stwierdzić, że podjęta problematyka i uzyskane efekty końcowe są istotne zarówno z naukowego punktu widzenia jak i pod względem praktycznym dla obecnego i przyszłego systemu badań homologacyjnych. Głównym walorem opracowania jest przetestowanie i dostarczenie metod pozwalających na pomiary rzeczywistej emisji szkodliwych składników spalin w urządzeniach przenośnych, dla których określone są jedynie wartości emisji wg stanowiskowych procedur homologacyjnych. W szczególności na pozytywne podkreślenie zasługuje m.in.:

- wnikliwa i rzeczowa analiza stanu wiedzy z zakresu problematyki pracy oparta na materiale źródłowym wymienionym w spisie literatury, potwierdzająca istotę i wagę badań emisyjności spalin dla maszyn i urządzeń przenośnych,
- trafne zdefiniowanie problemu naukowego i podjęcie tematu pracy: problem pomiaru emisji związków szkodliwych spalin z silników, które są przedmiotem pracy zasadniczo nie jest

przedmiotem dyskusji w literaturze światowej, recenzowana praca jest udaną próbą kompleksowego opisanie i rozwiązania tego problemu,

- realizacja badań celem określenia rzeczywistej emisji związków szkodliwych spalin z wykorzystaniem zaawansowanej aparatury i złożonych, mobilnych systemów pomiarowych emisji spalin PEMS,
- uwzględnienie w procedurach badawczych dynamicznych zmian obciążenia silników celem pełniejszej analizy ich warunków pracy w zmieniających się scenariuszach pracy,
- dogłębna analiza wyników pomiarowych oraz ich graficzna prezentacja,
- wykazanie przez Doktoranta, że obowiązujące przepisy, w szczególności testy badawcze nie odzwierciedlają rzeczywistych warunków eksploatacji, a zatem wartości emisji jednostkowej związków szkodliwych wyznaczone w tych testach nie są reprezentatywne.

Szczegółowa analiza rozprawy, biorąc pod uwagę opracowaną problematykę, w niektórych fragmentach, tezach i sformułowaniach nasuwa jednak pewne wątpliwości o charakterze dyskusyjnym, wobec których oczekuje się stosownego odniesienia Doktoranta podczas publicznej obrony pracy doktorskiej, a mianowicie:

1. W pracy zdefiniowano parametry określające emisję związków toksycznych jako iloraz masy danego związku i masy dwutlenku węgla CO_2 – dlaczego nie wyznaczono emisji jednostkowej, wyrażonej w $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$. Doktorant wprowadzie wskazuje na trudności wyznaczenia wartości obciążenia silnika, jednak w pracy nie ma informacji o próbie opracowania takiej metodyki pomiaru. Jak można byłoby ten problem rozwiązać.
2. W ostatnim rozdziale, po analizie wyników badań Autor sformułował wnioski – wytyczne odnoszące się do procedury badań. Wytyczne te należy traktować jako propozycje do przyszłych regulacji prawnych, jednak wytyczne te mają bardzo ogólny charakter, brakuje szczegółowych propozycji rozwiązań, np. bardziej szczegółowego opracowania testu dynamicznego.
3. Szeroki opis regulacji prawnych silników o zastosowaniach pozadrogowych wydaje się zbędny w aspekcie tematu pracy. Autor z dużą dokładnością opisał regulacje, które wykraczają poza grupę silników, które są przedmiotem badań w pracy.
4. Dokładniejszej analizy i komentarza wymaga współczynnik k_{CO} wyznaczony dla silnika kosi spalinowej (rys. 6.47). Wartość tego współczynnika znacznie odbiega od współczynników wyznaczonych dla innych silników, co świadczy o dużej zawartości CO w spalinach.
5. W metodyce badań opisanej w rozdziale 6.3 brakuje jednoznacznej informacji co do stanu cieplnego badanych silników, czy pomiary i analizy uwzględniają zimny rozruch?
6. W rozdziale 6.2 Autor napisał o wstępnych badaniach wykonanych dla silnika kosiarki do trawy. Jednak w pracy brak jest opisu tych badań, wniosków wynikających z tych badań. Jaki był cel tych badań i jakie wnioski ustalono na ich podstawie?

8. Przyjęta metodyka badawcza dla akwizycji danych pomiarowych wymaga mniej lub bardziej inwazyjnej ingerencji w elementy konstrukcyjne obiektów badawczych, głównie silnika. Czy zatem jednym z zaleceń dla przyszłościowego systemu homologacji nie powinno być uwzględnienie takich modyfikacji jako standardowego wyposażenia (na kształt tego jak np. w pojazdach samochodowych jest znormalizowane gniazdo i protokół diagnostyczny OBD).

Wymienione powyżej niejasności i uwagi nie wpływają jednak znacząco na pozytywny odbiór i ogólnie pozytywną ocenę całości rozprawy, jaka skłania recenzenta do postawienia wniosku do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie rozprawy do jej publicznej obrony.

5. Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej i wnioski końcowe

Zrealizowana praca doktorska mgr inż. Filipa Markiewicza pt. „*Analiza emisji związków toksycznych spalin silników maszyn i urządzeń przenośnych w rzeczywistych warunkach eksploatacji*” wpisuje się w prorozwojowe tendencje dotyczące badań homologacyjnych urządzeń mobilnych. Stanowi oryginalne opracowanie naukowe i jednocześnie istotne rozwiązanie aplikacyjne. Sformułowany problem badawczy i założone cele zostały osiągnięte - efektem użytecznym pracy jest zaproponowanie nowych narzędzi i procedur badawczych do określania emisji szkodliwych składników spalin w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

Doktorant wykazał się znajomością podjętej problematyki, umiejętnością prowadzenia eksperymentów dotyczących badań emisji spalin wg opracowanych procedur, analizy wyników oraz poprawnym formułowaniem wniosków. Świadczy to o posiadaniu ugruntowanej wiedzy teoretycznej i kompetencjach Autora rozprawy do samodzielnego prowadzenia prac badawczych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Podsumowując stwierdzam zatem, że **rozprawa doktorska mgr inż. Filipa Markiewicza pt. „*Analiza emisji związków toksycznych spalin silników maszyn i urządzeń przenośnych w rzeczywistych warunkach eksploatacji*” spełnia warunki zapisane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2018r., poz. 1668 z późn. zm.) i na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej.**

Rzeszów, 26 listopada 2024 r.

