

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**Mgr inż. Borysa Adamiaka**

### ***Ocena mobilnych systemów badania emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej***

Recenzję opracowano na podstawie pisma  
Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport  
Politechniki Poznańskiej  
Prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy  
Pismo z dnia 29.10.2024

## **CHARAKTERYSTYKA I OCENA ROZPRAWY**

W rozprawie podjęto tematykę badań emisji spalin z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych w warunkach laboratoryjnych. Zasadniczy cel pracy, stanowiła ocena mobilnych systemów pomiarów emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej, głównym kryterium oceny była dokładność pomiaru. Wyniki z systemów laboratoryjnych stanowiły wartości odniesienia ze względu na swoją dużą dokładność pomiarową i powtarzalność. Przeprowadzono analizę aktualnego stanu wiedzy i techniki w zakresie podjętej problematyki rozprawy doktorskiej. Omówiono przepisy dotyczące wyznaczania emisji drogowej związków szkodliwych w spalinach. Dokonano przeglądu i scharakteryzowano również metody pomiarów emisji drogowej związków szkodliwych z samochodów w warunkach laboratoryjnych podczas badań na hamowni podwoziowej oraz w warunkach rzeczywistych na drodze z wykorzystaniem mobilnego systemu do wyznaczania emisji spalin. W badaniach własnych wykorzystano cztery systemy do pomiaru emisji spalin, dwa systemy laboratoryjne wykorzystujące hamownie podwoziowe do symulacji drogi oraz dwa systemy mobilne. Systemy różniły się budową, wykorzystywały różne metody pomiarowe poszczególnych składników szkodliwych w spalinach. Podczas prowadzonych badań skupiono się przede wszystkim na ocenie emisji drogowej węglowodorów, tlenu węgla, tlenków azotów, dwutlenku węgla oraz cząstek stałych. Otrzymane wyniki badań wykazały, że systemy mobilne do pomiarów związków szkodliwych w spalinach pozwalają na przeprowadzenie dokładnych pomiarów, a największe różnice w uzyskiwanych rezultatach wynikają z innych metod pomiarowych, wykorzystywanych przez systemy mobilne w porównaniu do systemów laboratoryjnych.

Obowiązujące przepisy dotyczące homologacji samochodów i pojazdów wymagają wykonanie badania w rzeczywistych warunkach jazdy w celu uzyskania homologacji dla danego typu pojazdu samochodowego. Podjęcie i kontynuowanie prac w zakresie oceny mobilnych systemów badania emisji spalin należy uznać za celowe i uzasadnione. Taki charakter i cel ma rozprawa doktorska Pana mgr inż. Borysa Adamiaka. Recenzowana praca ma charakter eksperymentalny. Badania zrealizowano w Instytucie Badań i Rozwoju

Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej w Pracowni Badań Emisji Spalin. Pracę wyróżnia wnikliwie przeprowadzona przez Autora analiza stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki rozprawy, autorska metoda badań w zakresie tematu rozprawy, bardzo duży zakres badań doświadczalnych, przygotowane stanowiska badawcze, postawione zadania badawcze, sposób opracowania wyników badań.

Całość podjętych i zrealizowanych działań wypełnia definicję oryginalnie rozwiązanego problemu naukowego.

Cel poznawczy pracy to analiza aktualnego stanu wiedzy i techniki z obszaru budowy oraz eksploatacji systemów pomiarowych emisji spalin pojazdów samochodowych.

Cel użyteczny pracy to ocena mobilnych systemów pomiarów emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej, przy czym głównym kryterium oceny była dokładność pomiaru.

Sformułowano następującą hipotezę badawczą: Systemy mobilne przeznaczone do pomiarów związków szkodliwych w spalinach pozwalają na przeprowadzenie wiarygodnych badań emisji, a otrzymane wyniki są porównywalne do tych uzyskiwanych podczas analiz z wykorzystaniem systemów laboratoryjnych.

Podczas realizacji pracy wykonano następujące zadania badawcze:

- analiza aktualnego stanu wiedzy i techniki w z zakresie badania emisji związków szkodliwych spalin pojazdów samochodowych,
- opracowanie metodyki oceny mobilnych systemów pomiarów emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej w tym dobór obiektów badań (dwa samochody osobowe),
- przeprowadzenie badań a następnie dokonanie oceny porównawczej wyników pomiarów otrzymanych podczas badań prowadzonych z wykorzystaniem dwóch systemów laboratoryjnych (Laboratorium 1 i Laboratorium 2) z wynikami pomiarów otrzymanych podczas badań prowadzonych z wykorzystaniem dwóch systemów mobilnych (PEMS A i PEMS B),
- analiza wyników pomiarów oraz sformułowanie wniosków i kierunków dalszych badań.

Do badań wykorzystano wyposażenie dwóch laboratoriów badawczych znajdujących się w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL. Laboratoriów wyposażone są w komory klimatyzowane i klimatyczne, w których przeprowadzane są wszystkiego typu badania wykonywane na hamowniach podwoziowych. W wykorzystanym do badań Laboratorium 1 można prowadzić analizy w zakresie temperatur od +14 °C do +28 °C. W Laboratorium 2 wszystkie czynności można wykonywać w temperaturach od -35 °C do +60 °C. Wyniki z systemów laboratoryjnych stanowiły wartości odniesienia ze względu na swoją dużą dokładność pomiarową i powtarzalność.

Praca doktorska mgr inż. Borysa Adamiaka zawiera 149 strony maszynopisu, składa się z 6 rozdziałów, wykazu literatury, 178 rysunków zawartych w tekście, 16 tabel, wykazu ważniejszych skrótów i oznaczeń, definicji oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Wykaz literatury zawiera 113 publikacji i wskazuje na bardzo dobrze przeprowadzoną przez Autora analizę stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki rozprawy.

W rozdziale pierwszym rozprawy (Wprowadzenie) Doktorant wskazuje, że wprowadzanie coraz bardziej restrykcyjnych norm zmusiło producentów samochodów do rozwoju systemów

spalania paliwa w silniku, wprowadzania skomplikowanych układów oczyszczania spalin, wyposażania samochodów w hybrydowe układy napędowe oraz w elektryczne układy napędowe. Nadal większość produkowanych samochodów na świecie jest wyposażona w silniki spalinowe, dlatego normy emisji spalin są coraz bardziej rygorystyczne. Początkowo badania były przeprowadzane na hamowniach silnikowych, gdzie sprawdzano emisje szkodliwych związków w spalinach z samego silnika, następnie samochody badano na hamowniach podwoziowych, z wykorzystaniem laboratoryjnych analizatorów spalin. Na hamowniach podwoziowych od 1970 r. samochody badano w teście łączącym testy UDC i EUDC, a ostateczną formę test badawczy przybrał w 2000 r. jako test jezdny NEDC. Test NEDC został zastąpiony testem WLTC, który obowiązuje do dziś. Przez wiele lat samochody były badane wyłącznie w warunkach laboratoryjnych. Wraz z wprowadzaniem we wrześniu 2019 r. europejskiej normy emisji spalin Euro 6d-TEMP emisja spalin z samochodu musi być badana również podczas jazdy, w teście drogowym RDE (Real Driving Emissions). Oznacza to, że każdy nowo zarejestrowany samochód musi spełniać normy emisji spalin także w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Badania te odbywają się na publicznych drogach z wykorzystaniem mobilnego systemu do pomiaru emisji spalin PEMS (Portable Emissions Measurement System). Mają one na celu badanie emisji związków szkodliwych spalin tlenku węgla, tlenków azotu, dwutlenku węgla oraz cząstek stałych zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym badań RDE, w normalnych warunkach jazdy dla samochodów osobowych. W związku z powyższym jako zasadne uznano dokonanie oceny mobilnych systemów pomiarów emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej.

Rozdział drugi (Analiza aktualnego stanu wiedzy i techniki z zakresu pracy) zawiera omówienie aktów prawnych dotyczących badania emisji związków szkodliwych spalin, zasadność badań emisji spalin w rzeczywistych warunkach jazdy oraz metody badań laboratoryjnych emisji związków szkodliwych z wykorzystaniem hamowni podwoziowej, metody badań emisji związków szkodliwych w warunkach rzeczywistych z wykorzystaniem systemu mobilnego. Prawidłowo dobrana metodyka pomiaru i oceny emisji pozwala na uzyskanie danych eksperymentalnych, użytecznych w opracowaniu sposobu ograniczenia wpływu procesu spalania paliw motoryzacyjnych na jakość powietrza atmosferycznego. Powyższe informacje wykorzystano w dalej opisanych badaniach własnych, przy formułowaniu celu i zakresu pracy oraz planu i zakresu badań doświadczalnych.

W rozdziale trzecim (Cel, problem i hipoteza badawcza) Autor rozprawy omówił cel poznawczy pracy, cel użyteczny pracy oraz cele szczegółowe pracy wymagające realizacji zadań badawczych. Doktorant sformułował następującą hipotezę badawczą: Systemy mobilne przeznaczone do pomiarów limitowanych związków szkodliwych w spalinach pozwalają na przeprowadzenie wiarygodnych badań emisji, a otrzymane wyniki są porównywalne do tych uzyskiwanych podczas analiz z wykorzystaniem systemów laboratoryjnych.

Rozdział czwarty (Metodyka badań własnych) Doktorant przedstawił obiekty badań, aparaturę wykorzystaną do badań laboratoryjnych, aparaturę wykorzystaną do badań mobilnych, porównanie systemów pomiarowych, metodykę badań. Podczas badań wykorzystano dwa samochody: Fiat 500 i Volkswagen Golf VI. Doktorant przedstawił metody pomiaru wszystkich analizatorów spalin systemów laboratoryjnych i mobilnych, które były wykorzystane do badań. Analizatory laboratoryjne wykorzystują takie same metody pomiaru dla wszystkich badanych składników czyli dwutlenku węgla, tlenku węgla, tlenków azotu, węglowodorów oraz cząstek stałych. Ponieważ systemy te są różnych producentów, budowa poszczególnych analizatorów różni się od siebie. Porównując metody pomiarów

systemów mobilnych można zauważyć, że dla systemu PEMS A różnica występuje w pomiarach stężenia tlenku azotu i tlenków azotu, w tym przypadku wykorzystywana jest metoda NDUV (Nondispersive Ultra Violet Spectroscopy - niedispersyjny analizator ultrafioletu), natomiast pozostałe trzy systemy wykorzystują metodę CLD (Chemiluminescence Detector - analizator chemiluminescencyjny). Pomiar stężenia węglowodorów we wszystkich systemach wykorzystuje metodę FID (Flame Ionization Detector – detektor płomieniowo-jonizacyjny). Liczniki cząstek stałych wykorzystują metodę kondensacyjną w systemach laboratoryjnych i systemie PEMS B, natomiast w systemie PEMS A wykorzystywana jest metoda elektrostatyczna. Badania przeprowadzono w dwóch różnych laboratoriach (Laboratorium 1 i Laboratorium 2) wyposażonych w systemy do badania emisji związków szkodliwych spalin. Wykonano po kilka testów w dwóch różnych temperaturach otoczenia 14°C i 23°C. Testy były wykonywane dla zimnego i gorącego rozruchu silnika. Analizatory mobilne były podłączone równolegle do układu wylotowego spalin w kolejności system PEMS A, następnie system PEMS B i system aparatury laboratoryjnej, przez Mixing–T (element systemu do rozcieńczania gazów spalinowych z samochodu z przefiltrowanym powietrzem). Systemy mobilne pobierały część spalin do analizy, a następnie spaliny te zostawały wyprowadzone do zewnętrznego wyciągu spalin. Spaliny, które zostały pobrane przez systemy mobilne nie wracały już do systemu stacjonarnego, dlatego została zastosowana korekta dla systemu stacjonarnego, która uwzględniała pobór spalin przez systemy mobilne. W systemie PEMS B do obliczeń również została uwzględniona ilość pobranych spalin przez system PEMS A.

Rozdział piąty (Wyniki i ich analiza) zawiera ocenę porównawczą wykorzystywanych do analiz systemów laboratoryjnych a w szczególności wyniki badań własnych Doktoranta dotyczących zastosowania systemu Laboratorium 1, systemu Laboratorium 2, systemu mobilnego PEMS A, systemu mobilnego PEMS B. W trakcie realizacji pracy zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17043 obliczono następujące parametry statystyczne:

- obciążenie laboratorium (D),
- względne obciążenie laboratorium (D%),
- wskaźnik z,
- niepewność typu A - niepewność pomiaru obliczona za pomocą analizy statystycznej serii pojedynczych obserwacji.

W rozdziale szóstym (Podsumowanie i wnioski) Autor rozprawy doktorskiej przedstawił podsumowanie, wnioski ogólne, wnioski szczegółowe, wnioski merytoryczne, wnioski perspektywiczne, kierunki dalszych działań.

### **Główne osiągnięcia pracy doktorskiej mgr inż. Borysa Adamiaka:**

1. W części opisowej pracy usystematyzowano wiedzę na temat metod pomiarów emisji związków szkodliwych z pojazdów samochodowych w warunkach laboratoryjnych podczas badań na hamowni podwoziowej oraz w warunkach rzeczywistych na drodze, a także usystematyzowano wiedzę na temat przepisów dotyczących ww. pomiarów. Bardzo szczegółowo omówiono metody pomiarowe wykorzystywane przez poszczególne analizatory służące do pomiaru konkretnych składników spalin (węglowodorów, tlenku węgla, tlenków azotów, dwutlenku węgla oraz cząstek stałych) wchodzące w skład zarówno systemów laboratoryjnych, jak i systemów mobilnych.

2. Opracowano odpowiednią (autorską) metodykę badań, na podstawie której została przeprowadzona szczegółowa ocena dokładności pomiarów emisji związków szkodliwych spalin (zarówno gazowych, jak i cząstek stałych) przez mobilne systemy badania emisji spalin (PEMS) w odniesieniu do bardzo dokładnych, laboratoryjnych systemów pomiarów emisji spalin. Pomiary zostały starannie przeprowadzone w powtarzalnych warunkach laboratoryjnych na sprzęcie pomiarowym objętym certyfikowanym nadzorem metrologicznym w ramach posiadanej przez Pracownię Badań Emisji Spalin w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL akredytacji na badania emisji spalin zarówno na hamowni podwoziowej w warunkach laboratoryjnych, jak i na drodze w rzeczywistych warunkach jazdy. Zastosowano autorską metodę badań i omówiono otrzymane wyniki. Badaniom poddano dwa mobilne systemy PEMS A i PEMS B w dwóch różnych laboratoriach (Laboratorium 1 i Laboratorium 2) podczas badań dwóch pojazdów doświadczalnych w testach WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycles - światowe zharmonizowane testy do badania pojazdów lekkich). Badania były przeprowadzane w różnych warunkach temperaturowych (14°C i 23°C) oraz w różnych stanach cieplnych silnika, tj. z zimnego rozruchu oraz z ciepłego rozruchu. W czasie testów mierzono zawartość następujących składników spalin: węglowodorów, tlenku węgla, tlenków azotu, dwutlenku węgla oraz cząstek stałych. Ocenie poddano wyniki emisji drogowej oraz przebiegi ciągle z pomiarów spalin rozcieńczonych i nierozcieńczonych. W ramach systemów laboratoryjnych wykorzystano dwie metody pomiarowe: pomiar z worków pomiarowych oraz pomiar ciągły spalin rozcieńczonych. W ramach systemów mobilnych możliwym było zastosowanie jednej metody pomiaru - metody pomiaru ciągłego spalin nierozcieńczonych. Do analizy wyników z systemów mobilnych wykorzystano dane OBD pobierane przez system PEMS A. Wszystkie oceniane testy zostały wykonane przez tego samego kierowcę.

3. Dokonano oceny dwóch systemów mobilnych od dwóch różnych (największych) producentów i porównano je z dwoma różnymi (od różnych producentów) systemami laboratoryjnymi. Dzięki tak szerokiej analizie wskazano, które metody pomiarowe wykorzystywane przez poszczególne analizatory systemów mobilnych pozwalają na uzyskiwanie dokładniejszych wyników pomiarów emisji związków szkodliwych spalin. I tak wykazano, że analizator chemiluminescencyjny (CLD) służący do pomiarów emisji tlenków azotu cechuje się większą dokładnością pomiarową w porównaniu do niedyspersyjnego analizatora ultrafioletu (NDUV) oraz, że kondensacyjny licznik cząstek stałych wyróżnia się większą dokładnością pomiarową w porównaniu do elektrostatycznego licznika cząstek stałych.

4. Ocenę dokładności pomiarów emisji związków szkodliwych spalin przez mobilne systemy badania emisji spalin przeprowadzono w dwóch różnych temperaturach otoczenia (14°C i 23°C) oraz w różnych stanach cieplnych silnika, tj. z zimnego oraz ciepłego rozruchu i wykazano jaki jest wpływ zarówno temperatury otoczenia jak i stanu cieplnego silnika na dokładność pomiarów emisji, co znacząco zwiększa wartość poznawczą niniejszej pracy doktorskiej.

5. Udowodniono, że systemy mobilne pozwalają na przeprowadzenie wiarygodnych badań emisji związków szkodliwych spalin, a otrzymane wyniki są porównywalne do tych uzyskiwanych podczas analiz z wykorzystaniem systemów laboratoryjnych.

**Uzyskane wyniki analiz i badań pozwoliły sformułować następujące główne wnioski:**

1. Systemy mobilne cechują się mniejszą dokładnością w zakresie pomiarów węglowodorów, tlenku węgla, tlenków azotu, dwutlenku węgla oraz cząstek stałych w porównaniu do systemów laboratoryjnych. Zestawienie parametrów uzyskanych w laboratorium z wykorzystaniem worków pomiarowych i dzięki zastosowaniu metody ciągłej spalin rozcieńczonych pokazuje, że wyniki pomiarów z systemów mobilnych są bliższe rezultatom otrzymywanym z pomiaru ciągłego w systemach laboratoryjnych.

2. Dla systemów mobilnych niepewność pomiaru jest większa niż systemów stacjonarnych, niezależnie od temperatury otoczenia oraz stanu cieplnego badanego silnika pojazdu.

3. Systemy mobilne wyróżniają się mniejszą powtarzalnością pomiarową w porównaniu do systemów stacjonarnych.

4. Analizator NDUV (Nondispersive Ultra Violet Spectroscopy - niedispersyjny analizator ultrafioletu) służący do pomiarów emisji drogowej tlenków azotu cechuje się mniejszą dokładnością pomiarową w porównaniu do analizatora CLD (Chemiluminescence Detector - analizator chemiluminescencyjny).

5. Elektrostatyczny licznik cząstek stałych wyróżnia się mniejszą dokładnością pomiarową w porównaniu do kondensacyjnego licznika cząstek stałych.

Potwierdzono przyjętą hipotezę badawczą zakładającą, że systemy mobilne przeznaczone do pomiarów związków szkodliwych w spalinach pozwalają na przeprowadzenie wiarygodnych badań, a otrzymane wyniki są porównywalne do tych uzyskiwanych podczas analiz z wykorzystaniem systemów laboratoryjnych, szczególnie do pomiaru ciągłego. Jednak w przypadku obu ocenianych systemów mobilnych, koniecznym jest wprowadzenie zmian w ich konstrukcji, które będą miały na celu zwiększenie dokładności pomiaru.

Zaproponowana metodyka badawcza pozwoliła na porównanie wielkości emisji wybranych substancji szkodliwych zawartych w spalinach samochodowych z wykorzystaniem laboratoryjnych i mobilnych systemów pomiarowych. Umożliwiło to zrealizowanie kompleksowej oceny mobilnych systemów pomiarów emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej.

Podsumowując, osiągnięcia Doktoranta Borysa Adamiaka świadczą o jego zaangażowaniu w rozwój nauki i technologii, a także o jego znaczącym wkładzie w badania nad ekologicznymi i efektywnymi rozwiązaniami dla przemysłu motoryzacyjnego i energetycznego. Praca doktorska mgr inż. Borysa Adamiaka stanowi wartościowy wkład w rozwój metod badań emisji spalin z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych w warunkach laboratoryjnych. Autor ma dużą wiedzę teoretyczną oraz umiejętności praktyczne w zakresie badań eksperymentalnych w obszarze zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin i poprawy efektywności energetycznej silników spalinowych.

Badania emisji spalin silników pojazdów samochodowych wymagają bardzo dużego zaangażowania i przygotowania technicznego a także indywidualnego dopasowania warunków stanowiskowych do obiektu badań. W tym zakresie mgr inż. Borys Adamiak z zespołem uczestniczącym w badaniach, podjął i zrealizował duże wyzwanie organizacyjne i działania techniczne.

Praca jest dobrze zredagowana, ilustracje, wykresy i tabele bardzo dobrze korespondują z tekstem. Wyniki badań przedstawiono graficznie w bardzo rzetelny sposób i omówiono

w tekście rozprawy. Całość napisana jest poprawnym językiem technicznym. Należy zaznaczyć, że podjęta przez Doktoranta tematyka stanowi bardzo aktualny problem w rozwoju napędów opartych o silniki tłokowe zwłaszcza, że ich parametry eksploatacyjne w tym wpływ na środowisko naturalne, muszą spełniać coraz to wyższe wymagania. Na podstawie całościowej analizy pracy można także stwierdzić, że sposób przeprowadzonych badań, opracowana metoda analizy wyników badań i zakres analiz może być wykorzystany dla innych rodzajów napędów środków transportu drogowego, co powoduje że praca ma charakter uniwersalny, rozwojowy.

### **Po zapoznaniu się z rozprawą nasuwają się następujące spostrzeżenia.**

1. Czy podczas planowania badań Doktorant brał pod uwagę oprócz porównania w teście WLTC (który zgodnie z wymaganiami stosuje się do walidacji systemu PEMS w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej) przeprowadzić badania na hamowni podwoziowej w teście RDE (przeniesionym z drogi), który jest znacznie dłuższy od WLTC i dodatkowo zawiera również symulację wzniesienia. Pozwoliłoby to na lepszą ocenę dokładności systemów mobilnych podczas wykonywania pomiarów emisji spalin w rzeczywistych warunkach drogowych, a nie tylko podczas walidacji systemu PEMS w warunkach laboratoryjnych.

2. Do wyznaczenia emisji związków szkodliwych spalin systemy mobilne wykorzystują dane z systemów OBD pojazdów. Podczas testów dane te były odczytywane na bieżąco przez jeden system mobilny z uwagi na zakłócenia w akwizycji przy podłączeniu dwóch systemów mobilnych - można było spróbować rozdzielić sygnał tak, aby obydwa systemy mobilne miały dostęp do systemu OBD, lub wykonać dodatkowe pomiary z odczytywaniem danych z systemu OBD przez drugi system (brak w pracy informacji, który system odczytywał dane z OBD).

3. Podczas pomiarów w laboratorium systemy mobilne PEMS A i PEMS B oraz system stacjonarny Laboratorium 1 (jak i Laboratorium 2) były podłączone szeregowo. Systemy mobilne pobierały część spalin do analizy, a następnie spaliny te zostawały wyprowadzone do zewnętrznego wyciągu spalin. Spaliny, które zostały pobrane przez systemy mobilne nie wracały już do systemu stacjonarnego, dlatego została zastosowana korekta dla systemu stacjonarnego, która uwzględniała pobór spalin przez systemy mobilne. W systemie PEMS B do obliczeń również została uwzględniona ilość pobranych spalin przez system PEMS A. Czy takie postępowanie miało wpływ na dokładność pomiarów i przeprowadzone analizy porównawcze. Jak w przypadku dalszych badań można zwiększyć dokładność analizy porównawczej.

### **PODSUMOWANIE**

**Rozprawa doktorska mgr inż. Borysa Adamiaka jest wartościowym i aktualnym opracowaniem o charakterze badawczo-naukowym i utylitarnym, która wnosi istotne treści poznawcze i wskazuje nowe kierunki rozwoju i doskonalenia w zakresie badań emisji spalin z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych w warunkach laboratoryjnych i w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego. Całość podjętych i zrealizowanych działań wypełnia definicję oryginalnie rozwiązanego problemu naukowego.**

**Zrealizowane badania i ich wnikliwa analiza porównawcza potwierdziły sformułowaną w rozprawie doktorskiej hipotezę badawczą: Systemy mobilne przeznaczone do**

**pomiarów związków szkodliwych w spalinach pozwalają na przeprowadzenie wiarygodnych badań emisji, a otrzymane wyniki są porównywalne do tych uzyskiwanych podczas analiz z wykorzystaniem systemów laboratoryjnych.**

Podjęcie i kontynuowanie prac w zakresie badań emisji spalin z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych w warunkach laboratoryjnych i w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego w tym analizy porównawczej obu metod należy uznać za celowe i uzasadnione. **Pracę wyróżnia zakres i wnikliwość analizy stanu wiedzy w dziedzinie badań emisji spalin z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych w warunkach laboratoryjnych i w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego, autorska metoda badań w zakresie tematu rozprawy, bardzo duży zakres badań doświadczalnych, przygotowane stanowiska badawcze, postawione zadania badawcze, sposób opracowania wyników badań, wnikliwa i krytyczna analiza wyników badań, opis i wnioskowanie na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań prezentowanych w postaci wykresów i tabel.**

## **WNIOSEK KOŃCOWY**

**Rozprawa doktorska mgr inż. Borysa Adamiaka *Ocena mobilnych systemów badania emisji spalin w warunkach laboratoryjnych na hamowni podwoziowej* mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.**

Mgr inż. Borys Adamiak wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wysoki poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

Całość podjętych i zrealizowanych działań Doktoranta wypełnia definicję oryginalnie rozwiązanego problemu naukowego.

**Stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr inż. Borysa Adamiaka rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* w zakresie rozpraw doktorskich i stawiam wniosek o dopuszczenie Autora do publicznej obrony rozprawy przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej.**

*Jacek Nowakowski*