

dr hab. inż. Zbigniew J. Sroka prof. uczelni

Politechnika Wrocławska  
Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Pojazdów  
wyb. Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
Tel: +48 604206437, zbigniew.sroka@pwr.edu.pl

Wrocław, 31.01.2022 r.

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Sławomira TAUBERTA**  
**pt. „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczenia DF**  
**na wskaźniki emisji”**

promotor: dr hab. inż. Wojciech Gis prof. ITS  
promotor pomocniczy: dr hab. inż. Andrzej Ziółkowski

Podstawa opracowania recenzji: pismo prof. dr. hab. inż. Jacka Pielechy, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 20.12.2021 r.  
- DR-63/634/2/2021.

1. Charakterystyka problematyki rozprawy i ocena wyboru tematu

Prognozy tzw. końca silników spalinowych jako źródeł napędów środków transportu w zakresie produkcji w roku 2020 i w odniesieniu do eksploatacji w roku 2030 nie spełniają się. Rok 2020 mamy już za sobą, a silniki wciąż istnieją, a i rok 2030 wydaje się ułudny z racji planów wszystkich wytwórców pojazdów samochodowych (osobowych, ciężarowych i autobusów), których łączna roczna produkcja ma sięgnąć w roku 2050 ponad 110 milionów sztuk. Niewątpliwie, następuje zmiana profilu produkcji, chociażby ze względu na wdrażanie napędów hybrydowych, ale koniec silnika spalinowego jest bardzo odległy. Równocześnie, w eksploatacji pozostaje blisko 1,5 miliarda pojazdów samochodowych na świecie co sprawia, że każde działanie badawczo-rozwojowe podjęte dla poprawy efektywności konstrukcyjnej nowych jednostek jak i dla utrzymania stanu technicznego należy uznać za ważne, zwłaszcza w kontekście ochrony zdrowia i środowiska. Tak też jest z ocenianą rozprawą doktorską pt. *Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczenia DF na wskaźniki emisji*, w której Autor - Pan mgr inż. Sławomir Taubert, poprzez jasno sprecyzowany cel zmierzający do określenia wpływu stosowania w obliczeniach emisji zanieczyszczeń z układu wylotowego silnika spalinowego zależności na współczynnik rozcieńczania DF na wskaźniki emisji zanieczyszczeń stosowane do szacowania całkowitej emisji rocznej dla samochodów osobowych i lekkich samochodów dostawczych wyposażonych w silniki spalinowe, wpisuje się w aktualność rozważań naukowych prowadzonych w ramach dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Oryginalność rozprawy nadaje połączenie zagadnień transportu z ochroną środowiska przez wymiar legislacyjny i metrologiczny.

**Przez powyższe należy uznać wybór tematu rozprawy za aktualny i oryginalny.**

## 2. Ocena struktury podziału treści i układu rozprawy

Rozprawa doktorska pt. *Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczenia DF na wskaźniki emisji*, jest ujęta w 7 rozdziałach, opisanych na 114 stronach. Podział treści i prezentacja rozważań są właściwe dla prac doktorskich o charakterze technicznym. Po rozdziale „Wprowadzenie”, w którym Autor przedstawia tło i problem badawczy zostaje postawiona teza, której towarzyszy opis metodyki badań. Na następnych stronach rozprawy znajdują się wyniki i ich analiza. Ta część jest zasadniczym fragmentem rozprawy, którą wieńczy zakończenie z wnioskami podzielonymi na ogólne, szczegółowe i perspektywiczne. Są też sugerowane kierunki dalszych badań co wskazuje na dojrzałość naukowo-badawczą Autora. Dodatkowo rozprawa zawiera typowe elementy struktury jak streszczenie w języku polskim i angielskim, wykazy ważniejszych oznaczeń i symboli oraz spis literatury.

**Struktura podziału treści i układ ocenianej rozprawy należy uznać za właściwą i przejrzystą.**

## 3. Merytoryczna ocena rozprawy

Na ocenę merytoryczną rozprawy składają się oceny cząstkowe:

- umiejętności zdefiniowania problemu badawczego,
- trafność identyfikacji celu i postawienia tezy,
- przyjęty zakres badań wraz z oceną oryginalności podjętej metodyki badawczej,
- poprawności wnioskowania.

Wskazując na ważność podjętej tematyki oceny emisji zanieczyszczeń gazów wylotowych silników spalinowych, stanowiących źródła napędów pojazdów samochodowych, Autor przedstawił rys historyczny rozwoju regulacji legislacyjnych i powiązanych z nimi różnych metod pomiarowych. Na tym tle, zwrócono uwagę na niedoskonałość metod badawczych wynikających między innymi z przyjętych założeń upraszczających np. w zakresie stochiometrii mieszanki paliwowej lub oceny stopnia rozcieńczenia gazów spalinowych powietrzem pobranym z otoczenia.

W świetle dokonanego przeglądu literaturowego, Autor zdefiniował problem badawczy związany z zamiennością stopnia rozcieńczenia z współczynnikiem rozcieńczenia i wynikającym z tego faktu błędem określenia wskaźników emisji zanieczyszczeń ważnych w inwentaryzacji całkowitej emisji rocznej.

Dokładny (czasami zbyt techniczny) opis metody pomiaru emisji zanieczyszczeń z użyciem układu poboru gazów o stałym natężeniu przepływu, w tym rozwój metodyki obliczeń współczynnika rozcieńczenia na tle postawionego problemu badawczego zaowocował postawieniem przez Autora dwóch tez:

1. *Stosowana obecnie metoda pomiaru emisji zanieczyszczeń z układu wylotowego wykorzystująca układ poboru spalin o stałym natężeniu przepływu wprowadza błąd systematyczny, wynikający z przyjęcia założenia upraszczającego o stochiometrycznym składzie mieszanki podczas wyznaczania współczynnika rozcieńczenia spalin.*
2. *Błąd ten może mieć istotny wpływ na wyniki pomiarów emisji zanieczyszczeń wykorzystywanych do wyznaczania ich wskaźników i w rezultacie na dokładność inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.*

Skala problemu zdecydowała (i słusznie) o wytypowaniu do badań wyłącznie pojazdów osobowych i lekkich dostawczych wyposażonych w silniki spalinowe o zapłonie iskrowym i samoczynnym.

Zakres pracy obejmował:

- badania współczynnika nadmiaru powietrza w cyklach jezdnych ARTEMIS, WLTC i NEDC,
- analizę wpływu współczynnika nadmiaru powietrza na błąd określenia rzeczywistego stopnia rozcieńczenia gazów spalinowych,
- badania emisji zanieczyszczeń z układu wylotowego w cyklach jezdnych ARTEMIS,
- modyfikację metody określania rzeczywistego stopnia rozcieńczenia spalin za pomocą jednoczesnego pomiaru stężenia dwutlenku węgla w spalinach surowych i rozcieńczonych,
- obliczenia całkowitej rocznej emisji zanieczyszczeń dla badanych pojazdów samochodowych,
- analizę błędu systematycznego obliczania całkowitej rocznej emisji zanieczyszczeń.

**Zakres badań jest czytelny i słuszny dla osiągnięcia celu i udowodnienia tez rozprawy.**

Przyjęta metodyka badań w zakresie sprzętowym i obliczeniowym, zapewniła wykonanie pomiarów w trzech cyklach jezdnych dla pojazdów o różnej konfiguracji konstrukcyjnej i funkcjonalnej. Pomimo, że grupa badawcza była nieliczna, Autor wskazał na ważne elementy postawionych tez, co należy uznać za istotny wkład badawczy w tym obszarze. Uzyskane wyniki pomiaru stężeń zanieczyszczeń gazów zapewniły wyznaczenie emisji i wskaźników emisji i docelowo określenie stopnia rozcieńczenia DR i współczynnika rozcieńczenia DF będących dominantą niniejszej rozprawy. Finalnym punktem rozprawy było oszacowanie całkowitej rocznej masy zanieczyszczeń według zmodyfikowanej procedury pomiarowej.

**Wnioski z przeprowadzonych badań są właściwie sformułowane. Wynikają z nich osiągnięcia Autora, które decydują o Jego wkładzie w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport:**

- **stosowanie współczynnika rozcieńczenia DF zamiast stopnia rozcieńczenia DR prowadzi do powstania błędu systematycznego określenia wskaźników emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w przypadku masy tlenu węgla, węglowodorów, metanu i węglowodorów niemetanowych samochodu wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym,**
- **stosowanie współczynnika rozcieńczenia DF zamiast stopnia rozcieńczenia DR prowadzi do powstania nieistotnego (pomijalnego) błędu systematycznego określenia wskaźników emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w przypadku dwutlenku węgla i tlenków azotu samochodu wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym i w całości dla samochodów napędzanych silnikami o zapłonie iskrowym.**

Ważne są też wnioski szczegółowe, wynikające z badania konkretnych pojazdów, które mają znaczenie zarówno naukowe jak i aplikacyjne. Dotyczą one szczególnie pojazdu wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym:

- mediana współczynnika nadmiaru powietrza w każdej fazie cyklu WLTC i NEDC oraz w cyklach ARTEMIS była większa od 1,5,
- względna różnica między współczynnikiem rozcieńczenia DF i stopniem rozcieńczenia DR wynosiła od 28% do 167%, co prowadzi do błędnych wartości wskaźników emisji,
- w porównaniu między dotychczasową metodą i zmodyfikowaną uzyskano różnice wyznaczenia współczynnika DF od minus 41% do plus 102%,
- wskazano na możliwości pomiarowe wspomagające ograniczenie błędu systematycznego wyznaczania wskaźników emisji: określania rzeczywistej wartości rozcieńczenia z użyciem przepływomierza mierzącego natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego lub pomiar stężenia dwutlenku węgla w spalinach surowych i w rozcieńczonych spalinach z pomiarem natężenia przepływu spalin.

Formułując wnioski perspektywiczne, Autor zakłada możliwość dopuszczenia zmodyfikowanej procedury pomiarowej do badań normatywnych w celu zwiększenia dokładności szacowania całkowitej rocznej masy części zanieczyszczeń pochodzących z silników o zapłonie samoczynnym. Z kolei w kierunkach dalszych badań, Autor uznaje konieczność zwiększenia grupy badawczej, prowadzenia pomiarów w różnych warunkach pogodowych z uwzględnieniem temperatury otoczenia, określenie wpływu czasu odpowiedzi przyrządów pomiarowych dwutlenku węgla na dokładność oszacowania stopnia rozcieńczenia DR oraz porównanie różnych metod pomiarowych dla zoptymalizowania układu poboru gazów spalinowych.

**Przez powyższe należy uznać, że postawione cele zostały osiągnięte, ale tezy wymagają wzmocnienia wynikającego ze skali prowadzonych badań, czego Autor jest świadom i co wykazuje na Jego dojrzałość naukowo-badawczą. Wkład pracy Autora, przez identyfikację tematu, definicję celu i ustalenia zakresu badań stanowią o oryginalności rozprawy, a wykonane badania, uzyskane wyniki i ich analiza świadczą o posiadanej wiedzy Autora z dyscypliny *Inżynieria Lądowa i Transport*.**

#### 4. Ocena formalnej strony pracy

Rozprawa jest napisana bardzo starannie tak pod względem formalnym w zakresie techniki pisania prac doktorskich jak i stylistyki językowej. Wykresy i tabele są osadzone we właściwej kolejności i formie, a odnośniki literaturowe ujęte w tekście.

#### 5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Sławomira Tauberta pt. „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczenia DF na wskaźniki emisji” spełnia wymagania aktualność i trafność wyboru tematyki rozprawy. Przez poprawnie zdefiniowane cele badawcze i postawione tezy, bardzo dobrze opanowane techniki pomiarowe, które świadomie zostały zmodyfikowane dla osiągnięcia celów rozprawy, a także uwzględniając właściwy poziom wnioskowania naukowego jak i utylitarne oceniam pozytywnie przedłożoną rozprawę. Treść merytoryczna rozprawy jak i właściwa jej forma są podstawą do wystawienia Autorowi pozytywnej oceny za ogólną wiedzę techniczną i specjalistyczną w dyscyplinie *Inżynieria Lądowa i Transport*.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Sławomira Tauberta pt. „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczenia DF na wskaźniki emisji” spełnia wymagania ustawowe do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Inżynieria Lądowa i Transport*.

Niniejszym rekomenduję Radzie Dyscypliny *Inżynieria Lądowa i Transport* Politechniki Poznańskiej przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.



Zbigniew J. Sroka