

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Sławomira Tauberta

pt.: „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczania DF na wskaźniki emisji”

1. WSTĘP

Podstawa opracowania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej nr DR-63/634/1/2021 z dnia 20.12.2021 r. Pana prof. dr. hab. inż. Jacka PIELECHY. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Sławomira Tauberta pt. „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczania DF na wskaźniki emisji”, wykonana pod kierunkiem dr. hab. inż. Wojciecha GIS, prof. ITS.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Sławomira Tauberta została przygotowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Ciągły rozwój transport drogowego, a w szczególności układów napędowych oraz stałe zagrożenie środowiska naturalnego, rosnące wraz ze wzrostem liczby eksploatowanych silników spalinowych, zmusza do poszukiwania, z jednej strony rozwiązań ograniczających ich szkodliwe oddziaływanie na otoczenia, z drugiej zaś poszukiwania technik w obszarze badań emisji związków szkodliwych w spalinach silników zarówno samochodowych, jak i służących do napędu innych środków transportu.

Silniki spalinowe, zasilane paliwami węglowodorowymi pochodzącymi ze źródeł kopalnych, są obecnie podstawową jednostką napędową pojazdów samochodowych. Pomimo rosnącej liczby pojazdów napędzanych silnikami elektrycznymi, nie wydaje się,

aby w krótkim czasie zastąpiły one samochody z „klasycznymi” jednostkami napędowymi. Pozostaje bowiem kwestia, zwłaszcza bardzo aktualna w Polsce, produkcji energii elektrycznej, a zwłaszcza paliw używanych do jej wytwarzania.

Zwiększenie świadomości ekologicznej zarówno producentów jak i użytkowników pojazdów oraz coraz bardziej rygorystyczne przepisy dotyczące emisji spalin spowodowały rozwój konstrukcji silników pod kątem ograniczenia tworzenia związków szkodliwych a także skuteczniejszych technik oczyszczania spalin. Spowodowało to konieczność weryfikacji stosowanych technik pomiarowych emisji związków szkodliwych oraz analizy i interpretacji wyników pomiarów

Rozprawa liczy 114 stron tekstu, obejmującego siedem rozdziałów (w tym wprowadzenie i wnioski), streszczenie w języku polskim i angielskim oraz spis oznaczeń. Literatura zestawiona na str. 111 – 114 stanowi 56 dobrze dobranych pozycji (w tym cztery Doktoranta).

Tematyka podjęta przez Doktoranta jest aktualna i spełnia warunki znamion oryginalnego problemu naukowego, do którego rozwiązania jest niezbędna ogólna wiedza teoretyczna i praktyczna Kandydata w dyscyplinie naukowej „Inżynieria lądowa i transport” i wymaga umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do tematu rozprawy. Nakreślono tu ogólnie cel pracy oraz kwestie związane z obecną sytuacją rozwoju modeli i programów związanych z inwentaryzacją i oceną emisji związków szkodliwych pochodzących z transportu drogowego. Rozdział ten zawiera również cel i zakres dysertacji.

Rozdział drugi zawiera opis metod pomiaru emisji spalin z pojazdów samochodowych z wykorzystaniem układu poboru spalin o stałym natężeniu ich przepływu. Przedstawiono w nim ogólne zasady i zależności matematyczne dotyczące bezpośredniego pomiaru spalin rozcieńczonych oraz analizę literaturową rozwiązań układów poboru spalin, mających na celu zwiększenie dokładności pomiaru.

Rozdział trzeci zawiera dwie tezy naukowe, o następującej treści:

- 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 stechiometrycznym 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.**

W związku z tym, że celem pracy, opisanym w rozdziale pierwszym, było określenie wpływu stosowania w obliczeniach emisji zanieczyszczeń zależności na współczynnik rozcieńczenia spalin (DF) na wskaźniki emisji zanieczyszczeń stosowane do szacowania całkowitej emisji rocznej dla samochodów osobowych i lekkich samochodów dostawczych wyposażonych w silniki spalinowe, Autor sformułował następujący zakres prac badawczych:

- badania współczynnika nadmiaru powietrza λ w cyklach jezdnych ARTEMIS, WLTC i NEDC,
- analizę wpływu współczynnika nadmiaru powietrza λ na błąd określania rzeczywistego stopnia rozcieńczenia spalin,
- 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 samochodów,
- analizę błędu systematycznego obliczania całkowitej rocznej emisji zanieczyszczeń.

Przedstawione w tym rozdziale zadania badawcze zapewniają czytelnikowi łatwość śledzenia dalszej części pracy.

Rozdział piąty i szósty stanowi opis sposobu rozwiązania zadania badawczego. Opisano w nim wybrane przez Autora metody badawcze, służące osiągnięciu założonego w pracy celu naukowego, wyniki badań oraz ich analizę. Opisano w nich wpływ współczynnika nadmiaru powietrza λ na wartość współczynnika rozcieńczenia DF, obliczono stopień rozcieńczenia spalin DR dla każdej fazy cykli jezdnych wybranych programów badań, wyznaczono wskaźniki emisji zanieczyszczeń zgodnie z zaproponowaną przez Autora procedurą pomiarową oraz przedstawiono wyniki szacowania całkowitej rocznej emisji związków szkodliwych, wykonanej zgodnie z autorską metodą pomiarową.

Rozprawę zamyka podsumowanie, zawierające syntetycznie ujęte wnioski, które korespondują bezpośrednio z celem przeprowadzonych analiz i badań.

Układ pracy uważam za właściwy dla rozpraw doktorskich. W pracy wyraźnie wyodrębniono elementy opisu stanu wiedzy związanej z tematem rozprawy oraz elementy własnego wkładu Autora w rozwiązanie postawionego sobie zadania naukowego. W pracy został sprecyzowany cel naukowy, przedstawiono metodykę badań, ich wyniki, analizę tych wyników a także sformułowano oryginalne wnioski.

3. OCENA ROZPRAWY

Pod względem merytorycznym i metodycznym oceniam dobrze recenzowaną pracę, co nie oznacza, że praca nie posiada błędów i usterek, które zostaną szerzej omówione w części dotyczącej uwag szczegółowych, gdyż nie rzutują na ogólną ocenę pracy.

Układ logiczny treści rozprawy, odpowiadający tokowi prowadzonych analiz i badań, jest prawidłowym metodycznie ciągiem czynności badawczych powodującym, że układ treści jest przejrzysty, bez powtórzeń i luk.

Uważam, że cele pracy zostały osiągnięte, a uzyskane wyniki mają dużą wartość poznawczą, a zwłaszcza praktyczną.

Na szczególne wyróżnienie, upoważniające mnie do takiej oceny rozprawy, zasługują następujące elementy:

1. Podjęcie aktualnej ze względów teoretycznych i praktycznych tematyki oraz rozwiązanie tego trudnego zadania.
2. Biegła znajomość metodyki pomiarów oraz zastosowanej, zaawansowanej technicznie aparatury pomiarowej, co pozwoliło na sprawą realizację postawionych sobie zadań.
3. Zastąpienie stosowanego dotychczas, umownego współczynnika rozcieńczenia spalin DF rzeczywistym stopniem rozcieńczenia spalin DR, przy pomiarach realizowanych z zastosowaniem układów poboru spalin CFV CVS, co pozwoliło na zmniejszenie wartości błędu pomiaru emisji związków szkodliwych podczas badań pojazdów samochodowych.
4. Zaproponowana przez Autora metoda jest prosta do praktycznego wdrożenia i pozwala, w przypadku stosowania w badaniach laboratoryjnych więcej niż jednego zestawu pomiarowego, na wyznaczenie rzeczywistego stopnia rozcieńczenia spalin DR, bez konieczności modyfikacji układu poboru spalin.

Mam również uwagi krytyczne, niekiedy o charakterze dyskusyjnym, a także zapytania w sprawach nie do końca dla mnie jasnych:

1. Część teoretyczna stanowi bardzo bogaty zbiór aktualnych informacji literaturowych związanych z tematem pracy, brakuje jednak, tak ważnej w pracach naukowych, krytycznej analizy ich treści.
2. Stosowanie w ramach całej pracy pojęcia „masy zanieczyszczeń” zamiast „emisja”, co może nasuwać przypuszczenie, że Autor nie do końca rozróżnia pojęcia „emisja”, „natężenie emisji”, czy też „emisja jednostkowa”.
3. Zaproponowana przez Autora metoda poprawy dokładności pomiaru bezpośredniego emisji związków szkodliwych z pojazdów samochodowych wymusza zastosowanie dodatkowego, dość kosztownego, analizatora dwutlenku węgla o bardzo krótkim czasie reakcji na zmianę wartości stężenia mierzonego związku.
4. Autor przeprowadził badania tylko na trzech obiektach – dwóch samochodach z silnikami o zapłonie iskrowym spełniającymi normę EURO 6 i jednym z silnikiem o zapłonie samoczynnym spełniającym normę EURO 5. Pomimo różnic w objętości skokowej oraz mocy, wszystkie silniki były przeznaczone do napędu pojazdów osobowych tego samego segmentu – C. Uważam, że o wiele ciekawsze i obejmujące większy obszar transportu drogowego, a tym samym lepiej potwierdzające słuszność wnioskowania, byłyby badania przeprowadzone dla pojazdów osobowych różnych segmentów oraz przynajmniej jednego pojazdu dostawczego.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Jak wcześniej wspomniałem, uwagi te w żadnym stopniu nie obniżają mojej oceny ogólnej, wysokiej oceny wszystkich aspektów pracy (wyboru i sformułowania tematu, uzasadnienia, analiz, badań i wnioskowania). Są to w większości typowe potknięcia spotykane w pracach naukowych i formułuję je w celu skłonienia Autora do dodatkowych przemyśleń oraz doskonalenia warsztatu naukowego i pisarskiego.

1. Wątpliwość budzi stosowanie przez Autora ujemnych wartości procentowych np.: na str. 4. Uważam, że raczej powinno się używać pojęcia „wartość mniejsza o 40 %”;
2. Autor w streszczeniu w języku polskim używa określenia „silniki ZI oraz ZS” natomiast w streszczeniu w języku angielskim – „gasoline and diesel engines”. Uważam, że po pierwsze bardziej elegancko byłoby zapisać pełne nazwy rodzajów silnika, a po drugie silniki o zapłonie iskrowym (ZI) w języku angielskim oznacza się jako SI engine (*spark ignition engine*), a silniki o zapłonie samoczynnym (ZS) –

CI engine (*compression ignition engine*). Zwrot „gasoline engine” podobnie jak w j. polskim „silnik benzynowy” jest określeniem „gazetowym” i nie powinno być stosowane w pracy naukowej.

3. Mylenie pojęć „masa zanieczyszczeń” i „emisja”. Przykładowo, w opisie tabel 5.20 – 5.22 Autor używa określenia „emisja zanieczyszczeń [mg/km]” zamiast „natężenie emisji” lub „emisja drogowa”. W kolejnych tabelach, m.in. 5.25 – 5.27 pojawia się określenie „Roczna masa zanieczyszczeń [kg]” zamiast „emisja roczna,,
4. Str. 6, 22 wd., czy „Low Emission Vehicle” to „określenie poziomu wymagań w kalifornijskich normach dotyczących emisji” czy raczej „klasyfikacja pojazdu ze względu na wymagania kalifornijskich norm emisji”?
5. Str. 7 - „ ρ - gęstość zanieczyszczenia” – brak jednostki;
6. Str. 9, 13-18 wd., powtórzenie informacji o programie COPERT;
7. Str. 9, 7 wd., projekt dotyczył „dostarczenia” czy też „stworzenia i aktualizacji”?
8. Str. 10, 4-5 wg., zapis o „państwach członkowskich UE i większości krajów Europy Środkowej i Wschodniej” jest już chyba od 2003 r. nieaktualny?
9. Str. 10, 23 wg., proszę wyjaśnić pojęcie „stabilna cieplna faza pracy silnika”?
10. Str. 10, 16 wd., jak stwierdzenie, że „mierzone stężenia zanieczyszczeń są bardzo małe” odnosi się do stężenia tlenków azotu, przy opisanym stanie cieplnym silnika?
11. Str. 10, 3 wd., czy Wspomniane Rozporządzenie 2017/1151 dotyczy wszystkich samochodów osobowych (w tym o napędzie elektrycznym) i wybranej grupy samochodów dostawczych wyposażonych w silniki spalinowe, czy też Autor zapomniał postawić przecinka w odpowiednim miejscu?
12. Str. 11, 1 wg., skoro Autor pisze, że „Głównym celem pracy jest...”, to gdzie są cele szczegółowe?
13. Str. 12, 13 i 14 wg., powtórzenie treści z pierwszego akapitu;
14. Str. 13, czy równania 2.3 – 2.9 są autorskie?
15. Str. 13, m.in. równania 2.5 -2.9 - znak „ \times ” stosuje się raczej przy mnożeniu wektorów, w równaniach tego rodzaju należy stosować jako oznaczenie mnożenia „ \cdot ”, jak w równaniu 2.3;
16. Str.15, rys. 2.2, błędne wskazanie miejsca usytuowania przewodu przesyłowego (TT);
17. Str. 16, 1 wg., czy pompa wyporowa jest elementem pomiarowym (zasadniczo służy do transportu płynów), czy też można wykorzystać wybrane parametry pracy pompy do określenia objętości spalin?

18. Str. 17, 4 wd., czy zawartość pary wodnej w rozcieńczonych spalinach nie zależy przede wszystkim od wilgotności spalin?
19. Str. 18, w równaniach 2.11, 2.15, 2.16 powinno być „p” a nie „P”, opisywaną wielkością jest ciśnienie;
20. Str. 20, 4 wg., proszę wyjaśnić stwierdzenie ”skutkowało nadmiernym zmniejszeniem stężenia zanieczyszczeń w rozcieńczonych spalinach w stosunku do wartości najbardziej odpowiednich”;
21. Str. 23, 4 wd., „funkcja” to zależność matematyczna, układ poboru spalin może być wyposażony w „urządzenie grzewcze” lub „element grzewczy”;
22. Str. 24, rys. 2.8 – błędny podpis – w opisie osie nie ma kondensacji pary wodnej. Ponadto proszę wyjaśnić co oznacza pojęcie „linia zgodności” przedstawione na rysunku;
23. Str. 25, 6 wg., proszę wyjaśnić w jakim celu „utleniaamy NO_x”?
24. Str. 25, 2 wd., proszę wyjaśnić pojęcie „powietrze zerowe”;
25. Str. 26, rysunek 2.11 jest bardzo słabo czytelny;
26. Str. 26,27 i 29, Autor stosuje zamiennie określenie „wskaźnik” i „współczynnik” rozcieńczenia;
27. Str. 29, równanie 2.23 i 2.26 – Autor raz stosuje indeksy polskie a drugim razem – angielskie;
28. Str. 36, 9 wd., co to jest „gęstość par zanieczyszczenia”?
29. Str. 43, Tabele 4.3 i 4.4 – proszę wyjaśnić jak stężenie związku (w tym wypadku THC i CO) może mieć wartość ujemną ?!
30. Str. 48, Rysunek 4.7 jest mało czytelny;
31. Str. 49, Tabela 4.8 – proszę wyjaśnić pojęcia „szum”, „dryft” i „odtwarzalność”;
32. Str. 56, 9 wg. w opisie równania 4.33 występuje wielkość „TM”, której nie ma w równaniu, brak natomiast opisu oznaczenia „v”;
33. Str.57, 16 wd., proszę wyjaśnić pojęcie „funkcja technologii pojazdu k”;
34. Str.57, 9 wd., jak stwierdzenie o „zwiększonej masie zanieczyszczeń”, w przypadku rozruchu zimnego silnika, odnosi się do emisji tlenków azotu?
35. Str. 57, 1 wd., skoro Autor „nie uwzględnia wieku pojazdu” to w jaki sposób określa „technologię k” i jaka będzie wówczas poprawność wyniki emisji CO₂, którego wartość zależy znacząco od wieku pojazdu.
36. Str.58, 3 wd., czy na parametr β jest zależny od „poziomu technicznego pojazdu” czy też od „rozwoju norm”?

37. Str. 61, Rysunek 4.19, na osi rzędnych przedstawiona jest wartość emisji drogowej [mg/km] a nie emisji;
38. Str. 61, w oparciu o równanie 4.4, z rysunku 4.19 wynika, że wartość natężenia emisji NMHC powyżej -4°C jest ujemna, co jest fizycznie niemożliwe;
39. Str.81, Tabela 5.6 – jak stężenie tlenku węgla może mieć wartość ujemną (podobnie tab. 5.16 na stronie 87)?!
40. Str. 98, 3 wg., Na rysunku 6.1 przedstawiono „graficznie wartości mediany” a nie „graficznie medianę”;

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- Autor dokonał trafego wyboru tematyki swojej pracy;
- Cel pracy został osiągnięty a słuszność jej tezy została potwierdzona badaniami;
- Formalno-redakcyjny układ rozprawy jest dobry;
- Praca dobrze konweniuje ze stanem teorii i rzeczywistymi kierunkami rozwoju metod pomiaru emisji związków toksycznych w spalinach;
- Rozprawa spełnia kryterium logicznej poprawności.

W moim przekonaniu fakty te świadczą o wystarczających kompetencjach Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Sławomira Tauberta pt. „Wpływ stosowania umownego współczynnika rozcieńczania DF na wskaźniki emisji” (promotor: dr. hab. inż. Wojciecha GIS, prof. ITS) **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** zgodnie z Ustawą z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003r., nr 65, poz. 595, z późn. zm.) w zw. z art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2020.1086 z późn.zm.), **a mgr inż. Sławomir Taubert może być dopuszczony do jej publicznej obrony.**

