

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Kingi SKOBIEJ

pt.: Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego

1. WSTĘP

Podstawa opracowania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej nr RD/d/30/02/2023 Pana prof. dr. hab. inż. Jacka PIELECHY. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska **mgr inż. Kingi SKOBIEJ pt.: Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego**, wykonana pod kierunkiem dr. hab. inż. Łukasza RYMANIAKA, prof. PP z Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej (promotor pomocniczy: dr inż. Wojciech CIEŚLIK).

Rozprawa doktorska mgr inż. Kingi Skobiej została przygotowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja 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 nowych sposobów napędu pojazdów samochodowych.

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 użytkowników pojazdów, związane m.in. z globalnym ociepleniu oraz tzw. „afereą dieslową” spowodowało zwiększenie zainteresowania silnikami o zapłonie iskrowym, a zwłaszcza w konfiguracji z silnikami elektrycznymi (tzw. napędów hybrydowych). Poszukiwanie kompromisu pomiędzy spełnieniem norm emisji szkodliwych związków w spalinach a zużyciem energii elektrycznej w pojazdach napędzanych wyłącznie silnikiem elektrycznym (oraz możliwości jej uzupełnienia na dowolnym odcinku podróży), spowodowało rozwój pojazdów hybrydowych w różnych konfiguracjach układu napędowego. Spowodowało to konieczność przeanalizowania istniejących testów badania emisji związków szkodliwych w warunkach rzeczywistych ze względu na nowe rozwiązania układów napędowych pojazdów oraz stworzenia skutecznych narzędzi, pozwalających na porównywanie takich wskaźników napędu pojazdów, jak zapotrzebowanie i emisję związków szkodliwych, niezależnie od rodzaju zastosowanego silnika.

Rozprawa liczy 123 strony tekstu, obejmującego sześć rozdziałów (w tym wprowadzenie i wnioski), streszczenie w języku polskim i angielskim oraz spis oznaczeń. Literatura zestawiona na str. 115 – 123 stanowi 85 dobrze i wyczerpująco dobranych pozycji (w tym pięć Doktorantki).

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

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do tematu rozprawy. Nakreślono tu ogólnie cel pracy, kwestie związane z rozwojem hybrydowych i elektrycznych układów napędowych oraz adekwatność obecnych testów homologacyjnych do odzwierciedlenia rzeczywistej emisji zanieczyszczeń z pojazdów, zwłaszcza z napędem hybrydowym.

Rozdział drugi zawiera opis problematyki, celu oraz zakresu rozprawy. Cel rozprawy został sformułowany następująco:

„Celem rozprawy jest ocena emisji spalin pojazdów samochodowych z różnymi układami napędowymi w warunkach ruchu drogowego, obejmująca zastosowanie procedur homologacyjnych, ich autorskiej skróconej wersji, a także zdefiniowanie kategoryzacji emisyjnej pojazdów.”

Zadania badawcze Autorka podzieliła na trzy etapy:

- Etap 1: Określenie rzeczywistego poziomu emisji spalin (lub zużycia energii) dla pojazdów najbardziej reprezentatywnych w grupie samochodów osobowych oraz tych, które są w kręgu zainteresowań przyszłych klientów.
- Etap 2: Dla określonego poziomu wyjściowego emisji spalin wyznaczono wartości minimalne i maksymalne, które są możliwe do osiągnięcia w teście drogowym;
- Etap 3: Porównanie wartości emisji drogowej związków szkodliwych spalin w testach drogowych obecnie obowiązujących z wartościami możliwymi do uzyskania w zmienionych testach drogowych zaproponowanych przez Autorkę, które są przewidywane do wprowadzenia w przyszłości.

Przedstawione w ten sposób zadania badawcze zapewniają czytelnikowi łatwość śledzenia dalszej części pracy.

W dalszej części rozdziału Autorka przedstawiła trzy cele cząstkowe:

- Ocena emisji spalin i energochłonności samochodów osobowych o różnych układach napędowych (konwencjonalny, pojazdy hybrydowe i elektryczny) podczas ich rzeczywistej eksploatacji.
- Opracowanie procedury, według której można ocenić, czy wykonany jezdny test emisyjny dla pojazdu jest wiarygodny, a jednocześnie wskazać przedział prawdopodobieństwa spełnienia wymagań w ruchu drogowym.
- Określenie wpływu zapowiadanych zmian w odniesieniu do procedury RDE (m.in. skrócenie testów emisyjnych) na wyniki emisji spalin pojazdów samochodowych, a jednocześnie określenie wpływu zwiększonego udziału fazy zimnego rozruchu w tych testach na emisję związków szkodliwych spalin.



Rozdział trzeci to analiza stanu wiedzy dotyczącej zagadnień oceny emisji związków szkodliwych w spalinach pojazdów samochodowych w testach jezdnych oraz trendów zmian w tym obszarze. Autorka dokonała, w ramach tego rozdziału, bardzo dokładnej analizy literatury światowej z uwzględnieniem rodzaju problemów badawczych oraz opisanych w publikacjach zagadnień badawczych.

Rozdział czwarty stanowi opis sposobu rozwiązania zadania badawczego. Scharakteryzowano w nim wybrane przez Autorkę procedury badawcze, służące osiągnięciu założonego w pracy celu naukowego, oraz obiekty badawcze, trasy badawcze i aparaturę pomiarową.

W rozdziale piątym opisano wyniki badań empirycznych oraz ich analizę. Badania były realizowane w trzech etapach, zgodnie z opisanymi w rozdziale drugim etapami realizacji pracy. W pierwszej kolejności Autorka dokonała weryfikację testów drogowych, a następnie, po wykonaniu stosownych pomiarów – analizy wyników emisji spalin oraz zapotrzebowania na energię elektryczną (energochłonności). Pozwoliło to w dalszej części rozdziału na przeprowadzenie i analizę badań emisji związków szkodliwych dla pojazdów hybrydowych, a po uzyskaniu wartości minimalnych emisji dla poszczególnych składników – na przedstawienie autorskiej kategoryzacji emisyjnej pojazdów hybrydowych typu plug-in. Rozdział kończy autorska propozycja skróconych testów drogowych.

Rozprawę zamyka podsumowanie, zawierające syntetycznie ujęte wnioski, które korespondują bezpośrednio z celem przeprowadzonych analiz i badań, oraz wskazanie kierunków dalszych 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 Autorki 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 recenzowaną pracę wysoko, 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 zarówno poznawczą, jak i 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 i sprawne zastosowanie modelowania matematycznego oraz metod numerycznych do realizacji postawionych sobie zadań.
3. Opracowanie procedury wyznaczania minimalnej emisji spalin w teście drogowym.
4. Opracowanie autorskiej metody kategoryzacji emisyjnej pojazdów, która, jak zaznacza Autorka, jest metodą otwartą i może być dowolnie rozwijana, np. poprzez zmianę liczby i zakresu poszczególnych kategorii.
5. Opracowanie propozycji autorskich, skróconych testów badania emisji związków szkodliwych w spalinach pojazdów samochodowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji, które pomimo skrócenia trasy nawet o 70%, zachowały porównywalne wartości emisji dla poszczególnych faz oraz całego testu.

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, szerszej krytycznej analizy ich treści.
2. Tytuł podrozdziału 5.3 „ Analiza emisji spalin pojazdu z napędem hybrydowym dla obecnych i przyszłych testów drogowych” sugeruje, że Doktorantka analizowała testy narzucone przez odpowiednie instytucje krajowe i zagraniczne (obecne i będące na etapie wprowadzania), a nie zaproponowała własne skrócone testy, które są jej ważnym osiągnięciem naukowym, a w przyszłości może również użytecznym.
3. Wnioski szczegółowe nr 1, 3 i 8 nie mają charakteru wniosku, a raczej informacji o zrealizowaniu konkretnych założeń pracy.
4. Energia ładowania akumulatora jest traktowana w pracy jako energia odzyskiwana, co jest dyskusyjne, ponieważ zwiększenie obciążenia silnika spalinowego, związane z ładowaniem akumulatora, zwiększa zużycie paliwa, a co za tym idzie – emisję

dwutlenku węgla. Nie jest to energia odzyskiwana, jak w przypadku napędu turbosprężarki czy układu ogrzewania pojazdu.

5. W rozprawie nie przedstawiono tezy/ hipotezy pracy, a jedynie cele naukowe i badawcze. Czy Autorka dokonała takiego zabiegu celowo i czy jest możliwe postawienie tezy/hipotezy naukowej dla analizowanej dysertacji?

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 Autorki do dodatkowych przemyśleń oraz doskonalenia warsztatu naukowego i pisarskiego.

1. Str. 9, 18 wd., PM zasadniczo definiuje się, jako „cząstki stałe” (*ang. Particulate Matter*) a nie masa cząstek stałych (w odniesieniu do PN – *Particulate Number*) Autorka ma oczywiście prawo stosować własne definicje i oznaczenia, lecz w pracach naukowych przyjmuje się, że nie kolidują one z oznaczeniami ogólnie przyjętymi;
2. Str. 19, 2 wd., w słowie „oraz” brakuje litery z;
3. Str. 20, 4 wg., dyskusyjnym jest stwierdzenie, że liczba danych wpływa na eksploatację pojazdów. Uważam, że dane, o których pisze Autorka „wynikają” z eksploatacji pojazdów, natomiast na eksploatację „wpływają” warunki eksploatacji, a nie informacje;
4. Str. 20, 7 wd., jeśli mówimy o przyszłych klientach, to pojazdy „będą” a nie „są” w kręgu ich zainteresowania. Słowo „są” dotyczy raczej obecnych klientów;
5. Str. 24, 14 wd., zwrot „pojazdy z napędem hybrydowym z napędem benzynowym” jest dość niezręczny, proponuję zmianę na np.: „pojazdy hybrydowe z silnikiem spalinowym o zapłonie samoczynnym”;
6. Str. 24, 13 wd., proszę wyjaśnić, czym się różnią cykle jazdy od trybów jazdy;
7. Str. 24, 9 wd., warunki jazdy oraz warunki otoczenia mogą powodować nadmierne „wartości” emisji, a nie „wyniki”. W tym przypadku „wynik” to efekt pomiaru, na którego dokładność zasadniczo wpływa zastosowana aparatura pomiarowa, natomiast wartość nie podlega dyskusji (jeśli badania zostały przeprowadzone

- poprawnie). Możemy jedynie analizować przyczyny zwiększenia (lub zmniejszenia) wartości emisji, co Autorka w pracy zrealizowała praktycznie;
8. Str. 24, 1 wd., czy słowo „siła” nie powinno być zastąpione „ momentem napędowym”?
 9. Str. 25, 8 wg., proszę wyjaśnić pojęcie „ powierzchnia strat energii kinetycznej”;
 10. Str. 36, rys. 4.1, w opisie rysunku brakuje oznaczenia „ Δ ” (jest „ \square ”);
 11. Str. 45, 8 wg., powinno być „w gazach” a nie „z gazów”;
 12. Str. 69, rys. 5.14, rysunek jest zbyt mały, a przez to mało czytelny;
 13. Str. 87, 14 wd., skoro droga przebyta przez pojazd z silnikiem elektrycznym S_{EV} została opatrzona w podpisie równania 5.11 właściwym indeksem, to również droga przebyta przez pojazd k powinna znaleźć swoje odzwierciedlenie jako S_k – jak w równaniu;
 14. Str. 94 i 95, rys. 5.24, nie powinno dzielić się rysunku, zwłaszcza, jeśli jego fragmenty służą porównaniu wyników;
 15. Str. 100, rys. 5.29, błędne oznaczenie na górnym wykresie (dotyczącym natężenia emisji CO_2) – to są wyniki testu drogowego RDE, a nie jak zapisano testu N-RDE 8;
 16. Str. 103 8 wd., różnica względna wartości emisji NO_x była równa (lub bliska) zeru, a nie „zanikała”;
 17. Str. 113, 12 wg., testy badawcze nie wpływają na „przyszłe standardy emisji”, a jedynie pozwalają na jak najlepsze odwzorowanie warunków eksploatacji w celu uzyskania jak najbardziej dokładnych i wiarygodnych wyników badań;
 18. Str. 114, w podrozdziale 6.3 Kierunki dalszych prac brakuje zasilania silników wodorem – ogniwa paliwowe generują energię elektryczną wykorzystując reakcję kationów wodoru z anionami tlenu;

5. PODSUMOWANIE

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

- Autorka dokonała trafnego wyboru tematyki swojej pracy;
- Cele pracy zostały osiągnięte oraz potwierdzone badaniami;
- Formalno-redakcyjny układ rozprawy jest bardzo dobry;

- Praca dobrze konweniuje ze stanem wiedzy i rzeczywistymi kierunkami rozwoju badań emisji związków szkodliwych w spalinach silników pojazdów samochodowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji;
- Rozprawa spełnia kryterium logicznej poprawności.

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

W związku z powyższym uważam, że rozprawa mgr inż. Kingi Skobiej pt.: „Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego” (promotor: dr hab. inż. Łukasz Rymaniak, prof. PP), **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn.zm.), **a mgr inż. Kinga SKOBIEJ może być dopuszczony do jej publicznej obrony.**



dr hab. inż. Tomasz KNIAZIEWICZ
prof. AMW