

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
Instytut Silników Spalinowych i Transportu
Politechniki Poznańskiej

Poznań, 22.05.2018

O C E N A
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra Wiśniowskiego
pt. „Metoda syntezy laboratoryjnego testu emisji spalin z silników
samochodowych na podstawie badań drogowych”

podstawa opracowania: pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, prof. dr hab. inż. Zbigniewa Patera (pismo nr WM/215/2018 z dnia 24.04.2018 r.), do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej wraz z umową i rachunkiem

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Skażenie środowiska naturalnego, wywołane stosowaniem silników spalinowych, jest częścią globalnej problematyki ekologicznej i jest przedmiotem wielu działań współczesnego człowieka już od dawna. Od półwiecza odnotowuje się jednak wyraźne działania legislacyjne, głównie w zakresie ograniczania emisji związków szkodliwych ze spalinami silników. Odpowiednie przepisy prawne wymuszają działania technologiczne, przy czym pierwsze zaostrzają się z upływem czasu, drugie są coraz bardziej złożone i kosztowne. Są jednak uzasadnione ciągłym wzrostem liczby użytkowanych silników spalinowych, szybszym niżeli przyrost ludności. W ciągu najbliższych kilku lat będzie się zwiększać mobilność społeczności światowej, a zapotrzebowanie na transport miejski będzie rosło, co spowoduje naciski państw na dalsze ograniczanie emisji związków szkodliwych do atmosfery oraz zmniejszanie zużycia paliwa.

Badania zgodności emisji zanieczyszczeń w eksploatacji są związane z pomiarami w rzeczywistych warunkach eksploatacji silników i wiążą się z koniecznością wykorzystania oceny parametrów samochodu (silnika) z badań, tzw. RDE (*Real Driving Emissions*). Prowadzone tą metodą badania dają odpowiedź na wiele pytań dotyczących emisji związków toksycznych spalin, ich zmian i powiązania z parametrami eksploatacyjnymi pojazdów i silników. Producenci i władze legislacyjne nie mają wątpliwości, co do konieczności włączenia tych badań do procedur homologacyjnych pojazdów. Ponadto panuje przekonanie, że tego typu pomiary będą zyskiwały na znaczeniu, jako jedna z podstawowych metod badawczych służących ochronie środowiska. Jednocześnie od kilku

lat trwają dyskusje dotyczące metod i procedur badań. Należy podkreślić, że jest to nowa metoda badań dopiero wdrażana dla niektórych grup pojazdów.

W rozprawie podjęty został aktualny i ważny z naukowego i praktycznego punktu widzenia problem syntezy testów emisji spalin prowadzonych na hamowni podwoziowej z wykorzystaniem danych z badań drogowych. Prezentowana autorska metoda dotyczy realizacji programu laboratoryjnego testu jezdnych zlinearyzowanych prędkości pojazdu aproksymujących rzeczywiste odcinki jazdy przy spełnieniu ciągłości funkcji prędkości.

W związku z tym, a także z powodu ogromnego nacisku społeczeństw na ochronę środowiska naturalnego, problem ten jest rozwiązywany przez dużą liczbę ośrodków naukowych, badawczych i przemysłowych, dysponujących często ogromnymi możliwościami finansowymi. O ważności tego zagadnienia świadczy znaczna liczba publikacji w tematyce modelowania emisji składników szkodliwych i toksycznych emitowanych przez pojazdy silnikowe. To właśnie wyżej wymienionemu zagadnieniu poświęcona jest recenzowana praca. Jeżeli uwzględnić co napisano wcześniej – jej tematyka, cel i zakres są wybrane bardzo trafnie.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Piotra Wiśniowskiego liczy 182 strony i składa się z 9 głównych rozdziałów, bibliografii obejmującej 77 pozycji, w tym wiele obcojęzycznych. Aktualność (z małymi jednak wyjątkami) cytowanej w pracy literatury świadczy o dobrym rozeznaniu Autora w tematyce rozprawy.

2. OCENA ROZPRAWY

Podjęcie problemu naukowego zostało poprzedzone analizą stanu wiedzy z zakresu rozważanej tematyki rozprawy. Jednakże analiza ta powinna dotyczyć w głównej mierze konstrukcji testów toksyczności spalin i wykazaniu różnic w testach drogowych realizowanych w rzeczywistych warunkach ruchu oraz w testach hamownianych realizowanych na hamowni podwoziowej. Autor nie porusza takiej problematyki, a jedynie skupia się na tworzeniu związków szkodliwych spalin (rozdz. 1 i 2). Moim zdaniem należałoby więcej uwagi poświęcić tworzeniu testów hamownianych i odzwierciedlenia w nich emisji spalin z warunków rzeczywistych.

W kolejnym rozdziale – piątym, zatytułowanym „Prace badawcze nad opracowaniem testów jezdnych” Autor przedstawił wyniki emisji spalin w różnych warunkach ruchu (testy RDE) i badań hamownianych (m.in. na hamowni silnikowej). Nie są to jednak materiał badawczy, z którego można wnioskować o zamierzeniu naukowym Autora pracy. Bez konsekwencji można by pominąć znaczne fragmenty tego rozdziału, gdyż nie wnoszą treści merytorycznych do pracy.

W rozdziale 5 przedstawiono tezę, cel pracy i zakres badań. Teza w postaci: „Zapewnienie zgodności emisji spalin między warunkami testowymi a drogowymi jest możliwe dzięki równoczesnemu wykorzystaniu uśrednionych wartości parametrów eksploatacyjnych pracy silnika (prędkości jazdy) i losowego sposobu wyboru wartości reprezentatywnych” jest interesująca, jednakże w końcowym fragmencie pracy Autor się do niej nie odniósł. W analizie wyników rozpatrywana jest zgodność testów (testy bezpośrednie i syntetyczne), ale wykonywanych na hamowni podwoziowej. Autor powinien odnieść uzyskane testy syntetyczne do warunków drogowych – wtedy jasno wynikałoby potwierdzenie (lub nie) tezy pracy.

Bardzo starannie i jasno przedstawiono problematykę badawczą w rozdziale 6 „Metoda odwzorowania eksploatacyjnego profilu prędkości jazdy”. Opisano w nim podstawy teoretyczne analizy przebiegu prędkości jazdy, a także metody filtrowania przebiegu prędkości pojazdu. Z wykorzystaniem tych wiadomości opisano, w kolejnych podrozdziałach, Autorską metodę syntezy testów jezdnych. Jaj koncepcja opiera się na dwóch etapach:

- analizie przebiegu wzorcowego (wyodrębnienie odcinków prędkości i aproksymacja za pomocą linii prostych),
- syntezie testu jezdnego (procedura losowania kolejnych aproksymacji, przy zachowaniu ciągłości funkcji prędkości).

Algorytm metody można przedstawić w następujących punktach:

1. Filtracja sygnału prędkości w rzeczywistych warunkach jazdy.
2. Wyznaczenie punktów granicznych (na podstawie drugiej pochodnej prędkości).
3. Usunięcie krótkich odcinków prędkości (traktowanych jako szum).
4. Aproksymacja odcinków prędkości za pomocą linii prostych.
5. Wyznaczenie typowych odcinków przebiegu prędkości.
6. Kwantyzacja wartości prędkości (zaokrąglenie do pełnych 10 km/h).
7. Synteza przebiegu prędkości na podstawie losowania aproksymowanych odcinków przebiegów prędkości

Plusy pracy:

1. Aktualna tematyka pracy, dotycząca problemów pomiaru emisji w rzeczywistych warunkach ruchu i ich odwzorowania w warunkach laboratoryjnych.
2. Wykorzystanie aparatu matematycznego do opracowania syntezy testów z jednoczesnym wskazaniem na zalety, a także na wady proponowanej metody.
3. Udowodnienie tezy pracy o zapewnieniu zgodności emisji drogowej spalin między warunkami testowymi a drogowymi z wykorzystaniem uśrednionych i losowo wybranych wartości prędkości jazdy.
4. Zrealizowanie celu pracy w postaci opracowania metody syntezy hamownianego testu emisji spalin zgodnego z testem w warunkach drogowych.

Minusy pracy:

1. Analiza testów jezdnych wykorzystywanych obecnie podczas badań hamownianych jest zbyt szeroko opisywana. Autor całe podrozdziały przytacza z innych prac, co nie jest potrzebne ani właściwe dla tego typu prac.
2. Niewłaściwe posługiwanie się znaczeniem „emisja”. Często jest to zamiennie stosowane z natężeniem emisji, a czasami również nieprawidłowo.
3. Istnieją fragmenty pracy nadające się do pominięcia, gdyż nie wnoszą nowych treści do pracy lub są niezwiązane tematycznie (szczególnie o cząstkach stałych).

Uwagi ogólne:

1. W jakim celu Autor omawia w początkowych rozdziałach pracy cząstki stałe, jeśli w dalszej części analiza dotyczy jedynie składników gazowych? W początkowych rozdziałach poświęcono 9 stron temu zagadnieniu – a w zasadniczej części pracy nie wspomina się o cząstkach stałych. Jaki był cel tej analizy na początku pracy?
2. W rozdziale 1.2 Autor pisze: „Węglowodory, poza toksycznością, w połączeniu z tlenkami węgla tworzą fotochemiczny smog”. Czy to oznacza, że węglowodory tworzą „toksyczność”? Nie ma pojęcia tlenków węgla – jest CO lub CO₂.
3. s. 20 – Autor pisze o próbach przedstartowych samolotu a literaturę podaje z badań drogowych samochodów osobowych.
4. s. 23 i 24. Podpis rysunku 1.3 „Stężenie cząstek stałych w Europie w 2013 roku”, a w akapicie powołującym się na rysunek „stężenie cząstek na świecie”. Na rysunku zaprezentowano dane europejskie. Proszę również o wyjaśnienie pojęcia „ziarno pyłu”.
5. Co oznacza zapis: P10, P25, P75, P98 w tablicy 1.5?
6. Brak racjonalnego wytłumaczenia po co Autor w rozdziale 2 przytacza mechanizmy powstawania składników spalin: praca dotyczy testów toksyczności a nie tworzenia związków szkodliwych.

7. Większość rozdziału 2.4 wydaje się przepisana z pracy [43]. W jakim celu zostały te informacje zamieszczone w pracy? Ta sama uwaga dotyczy rozdziału 3 – większość to powtórka z [77]. Powyższa uwaga dotyczy także rozdziału 4.3 – badania [35]. Rozdział 4.4 – przedstawiono wybrane wyniki bez ich opisu – takie treści nie wnoszą nic do pracy. W jakim celu zamieszczono ten podrozdział? W podobnym tonie przedstawione są dane w rozdziale 4.5. Rozdział 4.6 to również wyniki z jednej pracy [39]. Jaki te wyniki mają związek z pracą? Gdzie zostały wykorzystane?
8. W rozdziale 3.2 podano wytyczne do testów RDE – w jakim celu? Autor nigdzie w pracy nie posługuje się tymi wytycznymi. Testy drogowe wykonane w pracy też nie są zgodne z tymi wytycznymi.
9. Wydaje się, że rozdziały 4.1 oraz 4.2 mają związek z przedstawioną pracą doktorską, ale tego związku należy się domyślić. Autor nie zawarł komentarza do przedstawionych zagadnień opracowania testów jezdnych, a przedstawił jedynie „suche fakty”.
10. s. 68. „Przeanalizowano reakcję procesu spalania” i podano wzór 4.1. Gdzie jest ta analiza? We wzorze nie występuje CO, natomiast występuje Ar. Gdzie przedstawiono wyniki analizy tej reakcji? Czy wyniki to dane z rys. 4.15? Gdzie jest to zapisane?
11. Rys. 7.8 i 7.9: czy przedstawione długości tras przejazdu można traktować jako takie porównywalne? Różnica na tym samym odcinku pomiarowym (ok. 7 km) wynosi 0,5 km? Skąd takie rozbieżności??
12. Tablica 7.5: błąd standardowy pomiaru emisji CO₂ wynosi ponad 67% – oznacza to, że wynik maksymalny (271 g/km) i minimalny (207 g/km) różni się o 64 g/km. Jest to różnica względna wynosząca 24% (w porównaniu do max) lub 31% (w porównaniu do min). Oznacza to większe przebiegowe zużycie paliwa o 30%. Te wyniki nie znajdują odzwierciedlenia w pozostałych związkach spalin (emisja drogowa tlenków azotu to odpowiednio 1,14 g/km oraz 1,14 g/km, węglowodorów to 0,71 g/km oraz 0,7 g/km, a tlenku węgla 7,48 g/km i 7,93 g/km). Czy takie testy mogą być podstawą do porównania między sobą, szczególnie że dotyczą tego samego odcinka pomiarowego?
13. Jak wyjaśnić różnicę w emisji drogowej dwutlenku węgla w testach drogowych i bezpośrednich, skoro odzwierciedlenie profilu prędkości jest bardzo duże, a otrzymane wartości emisji drogowej wynoszą odpowiednio: 271 g/km oraz 240 g/km (dla pierwszego testu drogowego) oraz 207 g/km i 225 g/km (dla piątego testu drogowego). Wynika z tego że wyniki cząstkowe na hamowni podwoziowej, to wartości emisji drogowej dwutlenku węgla z zakresu 210–240 g/km bez względu na uzyskany wynik w teście drogowym. Skąd takie różnice? Autor co prawda porównuje uzyskane wartości średnie i podaje różnicę 3,9% (s. 116), ale jest to tylko wynik średni, nie mówiący nic o uzyskanych wynikach cząstkowych emisji drogowej dwutlenku węgla.
14. Rozdział 8.4.3: Co wynika z przedstawionych testów. Jakie wnioski stąd płyną? Jeżeli podaje się że tylko w 3 przypadkach na 8 przedstawiona Autorska metoda syntezy została sprawdzona, to dalsze „uwagi o poprawności prezentowanego aparatu badawczego” nie powinny być aż tak pozytywne jak przedstawiono to w dyskusji wyników badań (rozdz. 8.4.4) i podsumowaniu (rozdz. 9).
15. Abstrahując od uzyskiwanych wyników wartości uśrednionych emisji drogowej w testach drogowych i w testach syntetyzowanych, proszę o wyjaśnienie, co było przyczyną większej wartości odchylenia standardowego prowadzonych badań w testach na hamowni podwoziowej niż w badaniach drogowych? Bo taki mają wydźwięk dane na rys. 8.56 (tlenek węgla – ponad 2-krotnie większa wartość odchylenia standardowego) oraz na rys. 8.58 (węglowodory – ponad 4-krotnie większa wartość odchylenia standardowego). Na początku pracy Autor zapewnia (s. 43) o większej powtarzalności wyników i dużej dokładności stosowanych analizatorów w metodzie laboratoryjnej.

Uwagi szczegółowe:

1. Nie ujednoliconą pisownia wzorów i symboli chemicznych (zmienne – pochyle, symbole chemiczne – prosto). Kropki zamiast przecinków w częściach dziesiętnych (np. rys. 3.4, rys. 3.5, tab. 3.5).
2. s. 16 – brak wyjaśnienia skrótu RNA? Brak też w spisie oznaczeń.
3. Skróót mld – pisze się bez kropki na końcu tego skrótu.
4. s. 22. Różna pisownia słowo „dyrektywa”. Ujednolicenie wymagałoby aby przy podawaniu konkretnego numeru pisać wielką literą. Niestety w pracy tak nie jest.
5. Autor często zamiennie lub nieprecyzyjnie posługuje się terminem „emisja”. Brak jest rozgraniczenia emisji drogowej i natężenia emisji – nawet pod względem jednostek miar.
6. W pracy zamiennie stosowany jest zapis „układ wydechowy silnika” oraz „układ wylotowy silnika”. Druga wersja jest poprawna.
7. Teksty wiszące: s. 28, s. 145.
8. Niekonsekwencja w oznaczaniu: „silników o ZI” (s. 14), „silników ZI” (s. 33).
9. Błędny zapis wzoru 6.4: brakuje indeksu „i” przy pierwszej pochodnej prędkości po czasie.
10. Poprawnym jest zapis „prędkość obrotowa silnika”, a nie „obroty silnika” (tab. 7.3, s. 107).

Mimo tych uwag krytycznych, niektórych dyskusyjnych, wysoko oceniam poziom merytoryczny rozprawy, i to zarówno ze względu na intelektualny wkład Autora, jak i na zakres włożonej przez Niego pracy. Na podkreślenie zasługuje oryginalnie i twórcze podejście metody syntezy laboratoryjnych testów emisji spalin na podstawie badań drogowych. Kandydat posiada wysokie umiejętności budowania matematycznych modeli syntezy tej emisji, cechuje dokładność w stosowaniu sformalizowanego ich opisu. Metodyka badań oraz otrzymane wnioski z badań eksperymentalnych stanowią w znacznej części oryginalny wkład Autora.

Osiągnięcia pracy:

Udowodnienie, że syntezywanie testów wykonywanych na hamowni podwoziowej z wykorzystaniem testów drogowych jest skuteczną metodą badania skutków oddziaływania motoryzacji na środowisko.

Reasumując, wszystkie wymienione tutaj elementy pracy stanowią o jej dużej wartości merytorycznej, a zwłaszcza na uwagę zasługują następujące elementy pracy:

- uzasadnienie podjęcia tematu, które wynika z wnikliwej analizy stanu wiedzy,
- precyzyjne zdefiniowanie przedmiotu badań i celu rozprawy,
- wysoki poziom merytoryczny pracy i obeznanie z rozważaną tematyką,
- przeprowadzenie badań emisji spalin w rzeczywistych warunkach ruchu
- konsekwencja w definiowaniu pojęć naukowych i duży nacisk na poprawne i jednoznaczne stosowania terminów i określeń naukowych z szeroko pojętego obszaru budowy i eksploatacji silników spalinowych,
- umiejętność korzystania z literatury specjalistycznej, w tym pozycji literatury światowej,
- dbałość o poziom merytoryczny i edytorski pracy,
- przejrzysta i logicznie ułożona struktura pracy oraz jej cel i zakres.

Autor w dysertacji podjął się bardzo trudnego i ambitnego zadania, które z oczywistych względów nie wyczerpuje całości zagadnień związanych z syntezywaniem laboratoryjnego testu emisji spalin na podstawie badań drogowych z silników pojazdów samochodowych. Liczba czynników wpływających na te zjawiska jest znaczna, co bardzo komplikuje zagadnienie. Trudne jest zdecydowane wydzielenie wpływu jednego czynnika (tzw. analiza pierwiastkowa), ponieważ należy liczyć się z interakcją innych. Należy przy tym zaznaczyć,

że obecny stan wiedzy o niektórych czynnikach jest niewystarczający do pełnego ustalenia ich wpływu, stąd też tylko wybrane czynniki należy brać pod uwagę, dając możliwość uzupełnienia ich w dalszej pracy badawczej. Wynika z tego konieczność dalszych badań i analiz, które pozwolą w sposób jednoznaczny określić przydatność zaproponowanej w pracy metody do oceny emisji zanieczyszczeń motoryzacyjnych.

3. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- Autor dokonał wyjątkowo trafnego wyboru tematyki swojej pracy, a jej zakres spełnia stawiane wymagania,
- zasadnicze cele pracy zostały w pełni osiągnięte w zakresie przyjętym przez Doktoranta, bowiem uzasadnione zostały twierdzenia Autora ujęte w tezach pracy, a prezentowane wyniki są uzyskane w poprawnie przeprowadzonych studiach i eksperymentach własnych i mogą służyć do dalszych prac,
- formalny układ pracy jest prawidłowy,
- dysertacja dobrze nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, a w niektórych elementach wnosi do nich nowe treści,
- znaczna akumulacja należycie ustalonych faktów sprawia, że zostało spełnione kryterium logicznej poprawności pracy.

Powyższe fakty świadczą o kompetencjach Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na Jego dużą wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne w dyscyplinie naukowej „Budowa i eksploatacja maszyn”, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

Stwierdzam zatem, że praca mgr. inż. Piotra Wiśniowskiego pt.: „Metoda syntezy laboratoryjnego testu emisji spalin z silników samochodowych na podstawie badań drogowych: (promotor: dr hab. inż. Marcin Ślęzak) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku, a Autorka może być dopuszczona do jej publicznej obrony.

