

Recenzje spełniono wymogi formalne

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
Instytut Napędów i Lotnictwa
Politechniki Poznańskiej

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
Politechniki Śląskiej

dr hab. inż. Piotr Folega, prof. PŚ

Poznań, 06.11.2024

O C E N A
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Katarzyny Bebkiewicz
pt.: „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego
do celów jej inwentaryzacji”

podstawa opracowania: pismo dr. hab. inż. Piotra Folegi, prof. PŚ – Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, znak sprawy: RDILGT.0211.94.2024, uchwała 94/2024 z dnia 10.10.2024, 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 spalin silników (docelowo: Euro 7 i FIT to 55). Odpowiednie przepisy prawne wymuszają działania technologiczne, które zaostrzają się z upływem czasu, a ponadto są coraz bardziej złożone i kosztowne. Powyższe regulacje 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 i 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 (ang. *Real Driving Emissions*). Badania prowadzone zgodnie z tą metodą 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 przeświadczenie, że tego typu pomiary będą zyskiwały na znaczeniu, jako jedna z podstawowych metod badawczych służących ochronie środowiska naturalnego. 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.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 26.11.2024
nr 256 zał. —

W rozprawie został podjęty aktualny i ważny z naukowego oraz praktycznego punktu widzenia problem oceny, na drodze modelowania, całkowitej emisji zanieczyszczeń powietrza wprowadzanych przez motoryzację do środowiska naturalnego (inventaryzacja emisji zanieczyszczeń powietrza). Ta ocena odbywa się na podstawie różnych modeli sformalizowanych, proponowanych przez różne ośrodki badawcze (są to modele bardzo skomplikowane i wymagające wielu danych wejściowych) i na podstawie danych z rzeczywistych warunków pracy silników spalinowych w pojazdach trakcyjnych.

Według wielu autorów, w tym również Doktorantki, modelowanie emisji zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych okazuje się skuteczną metodą badania skutków oddziaływania motoryzacji na środowisko naturalne a także oceny jakości powietrza głównie w aglomeracjach miejskich.

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 zasobami finansowymi. O ważności tego zagadnienia świadczy duża liczba publikacji w tematyce modelowania emisji składników szkodliwych i toksycznych emitowanych przez pojazdy napędzane silnikami spalinowymi. To właśnie wyżej wymienionemu zagadnieniu poświęcona jest recenzowana praca. Jeżeli uwzględnić co napisano wcześniej – jej tematyka, cel i zakres są wybrane bardzo trafnie.

2. OCENA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska Pani mgr. inż. Katarzyny Bebkiewicz liczy 132 stron i składa się z 8 głównych rozdziałów, piśmiennictwa obejmującego 103 pozycji, w tym 20 Autorki. Aktualność (z małymi jednak wyjątkami) cytowanej w pracy literatury świadczy o dobrym rozeznaniu Autorki w tematyce rozprawy. Podjęcie problemu naukowego zostało poprzedzone analizą stanu wiedzy z zakresu rozważanej tematyki rozprawy.

Głównym celem i największym osiągnięciem Autorki było wykorzystanie procedur stosowanych w oficjalnej inventaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność i sposób użytkowania pojazdów drogowych oraz że wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do parametrycznej oceny ruchu pojazdów w zadaniu inventaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Znajomość emisji całkowitej zanieczyszczeń z transportu drogowego w skali czasu, przestrzeni, w zależności od rodzajów pojazdów i warunków ich użytkowania jest konieczne do oceny oddziaływania transportu drogowego na środowisko naturalne i ludzi. Jedynym sposobem wyznaczenia emisji całkowitej zanieczyszczeń ze źródeł mobilnych jest modelowanie. Dla realizacji tego zagadnienia niezbędne było usystematyzowanie problemów modelowania emisji zanieczyszczeń i identyfikacji modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Przeprowadzone zostały badania krajowej emisji zanieczyszczeń dla lat 2000–2020 w warunkach ruchu pojazdów: w zatorach ulicznych, w miastach poza zatorami ulicznymi, poza miastami i na autostradach oraz drogach ekspresowych. Badania te przeprowadzono ze względu na wielkości wejściowe takie jak: liczność pojazdów drogowych kategorii skumulowanych i intensywność użytkowania pojazdów drogowych kategorii skumulowanych. Przeprowadzono również badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu, przede wszystkim ze względu na charakter ruchu pojazdów drogowych w szczególnych warunkach. Zbadano wrażliwość modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego na modelowe warunki ruchu pojazdów. Struktura pojazdów drogowych była modelowana w postaci kategorii

elementarnych i skumulowanych.

Stwierdzono wyraźną tendencję do zmniejszania się krajowej emisji rocznej zanieczyszczeń mimo dynamicznego zwiększania się intensyfikacji motoryzacji. Szczególnie wyraźna poprawa jest w wypadku emisji tlenku węgla i niemetanowych lotnych związków organicznych. Jest to wynikiem zmiany struktury pojazdów drogowych ze względu na właściwości ekologiczne – emisję zanieczyszczeń.

Ponadto, w wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do oceny właściwości ruchu pojazdów w zadaniu inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

W pracy przedstawiono pojęcia występujące w inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych, usystematyzowano cele modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego i dokonano przeglądu modeli emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Bardzo starannie i jasno przedstawiono problematykę badawczą w rozdziale 5, a przedstawione tezy są interesujące, a ich treść odpowiada dalszej zawartości pracy:

1. **Podstawowa:** Istnieje możliwość wykorzystania procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność oraz sposób użytkowania pojazdów drogowych.
2. **Dodatkowa:** Wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do oceny właściwości ruchu pojazdów w zadaniu inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Autorka sformułowała następujące zadania badawcze:

1. Usystematyzowanie problemów modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
2. Usystematyzowanie problemów identyfikacji modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
3. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na wielkości wejściowe modelu w Polsce w latach 2000–2020:
 - licznosc pojazdów drogowych kategorii skumulowanych,
 - intensywność użytkowania pojazdów drogowych kategorii skumulowanych.
4. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu.
5. Modelowanie charakteru ruchu pojazdów drogowych.
6. Badania wrażliwości modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego na modelowe warunki ruchu pojazdów.

Następnie usystematyzowano problemy modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego (struktury modelu i jego identyfikacji). W dalszej części przedstawiono wyniki badań emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na wielkości wejściowe i parametry modelu.

Osiągnięcia pracy:

Jak wspomniano powyżej, najważniejszym osiągnięciem Autorki było opracowanie modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego dla celów jej inwentaryzacji.

A ponadto:

1. Krytyczna analiza modeli służących do oceny emisji zanieczyszczeń z pojazdów. Wykazanie, że wykorzystywane modele emisji zanieczyszczeń ze źródeł transportowych do środowiska są modelami bardzo skomplikowanymi, a przy znacznej liczbie pojazdów

- i zależności emisji od warunków ruchu pojazdów stosowanie tych modeli w praktyce jest utrudnione lub wręcz niemożliwe.
2. Sformalizowanie zagadnień związanych z modelowaniem emisji zanieczyszczeń z silników spalinowych pojazdów samochodowych zarówno w zakresie emisji jednostkowej, jak i emisji całkowitej.
 3. Nowe spojrzenie na problem szacowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w Polsce z zastosowaniem oryginalnych wyników badań symulacyjnych emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w modelowych warunkach ruchu: w zatorach ulicznych, w miastach poza zatorami ulicznymi, poza miastami i na autostradach oraz drogach ekspresowych.
 4. Przeprowadzone badania wykazały konieczność prowadzenia dalszych analiz i prac nad dostępnością w Polsce danych pomiarowych i statystycznych, wpływających na jakość uzyskiwanych wyników szacowania emisji, zwłaszcza prac nad opracowaniem ujednoliconej dla Polski floty, będącej podstawą do wszelkich analiz w obszarze szacowania emisji.
 5. Możliwość wykorzystania opracowanego modelu inwertyzacji w procesie decyzyjnym zmian organizacji ruchu w kontekście zarządzania jakością powietrza, tj. możliwość prowadzenia kompleksowych analiz wpływu różnych scenariuszy na jakość powietrza.
 6. Kompleksowa analiza procesów wpływających na wielkość emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

W ramach analizy szczegółowej pracy dostrzeżono jej następujące wady:

1. W zaproponowanych modelach wartości emisji pomnożyłbym przez *Conformity Factor* (CF) dla danej technologii emisyjnej pojazdów.
2. Czasochłonność prowadzonych badań ze względu na analizy skupiające się na wielu szczegółach, wpływających na jakość danych wejściowych metodyki wyznaczania wskaźników emisji.
3. W związku z napotkanymi trudnościami związanymi z ograniczoną dostępnością lub brakiem niektórych danych pomiarowych, wiele parametrów musiało zostać oszacowanych lub założonych.
4. Ograniczony zakres możliwych do udostępnienia danych i wysokie koszty ich zakupu z Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK).
5. Niepewność wyznaczonej floty dynamicznej, wynikająca z braku nadzoru nad poprawnością danych o pojazdach wprowadzanych do bazy CEPiK (od niedawna rozpoczęto proces aktualizacji bazy dla danych od roku 2017), wynikająca z wielu innych problemów m.in. szerokiej skali nielegalnego demontażu pojazdów, a w następstwie brak wyrejestrowywania tychże pojazdów.

Pozostałe uwagi:

1. Znaczna objętość dysertacji, wynikająca m.in. z „podręcznikowego” charakteru niektórych rozdziałów.
2. Rozdział 5 „Problem badawczy rozprawy” umieściłbym przed rozdziałem 4 „Przegląd modeli emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego”.
3. Mimo bardzo starannego zredagowania rozdziału 8 pt.: „Dyskusja i podsumowanie”, sugerowałbym bardziej przejrzyste zakończenie tej pracy przez dodanie syntetycznych wniosków w następującej konfiguracji:
 - wnioski ogólne (czy zrealizowano cele pracy i czy udowodniono tezy),
 - wnioski szczegółowe,
 - wnioski metodyczne,

- wnioski użyteczne,
 - wnioski perspektywiczne (kierunki dalszych badań).
4. Dlaczego w spisie inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia organizmów zamieszczono: sadzę (a przecież są cząstki stałe) i ołów, którego od wielu lat nie ma w paliwie, podobnie jest ze związkami sadzy.
 5. Skrót modeli szacowania emisji zanieczyszczeń powinny znaleźć się w części „Oznaczenia”.
 6. Celowym byłoby zastosowanie w tekście głównym rozprawy wcięcia akapitów.

Mimo tych uwag krytycznych, niektórych dyskusyjnych, wysoko oceniam poziom merytoryczny rozprawy, zarówno ze względu na intelektualny wkład Autorki, jak i na zakres włożonej przez Nią pracy. Na podkreślenie zasługuje oryginalnie i twórcze podejście do modelowania procesów całkowitej emisji zanieczyszczeń powietrza wprowadzanych przez motoryzację do środowiska naturalnego. Kandydatka posiada wysokie umiejętności budowania matematycznych modeli procesów tej emisji, cechuje ją wyjątkowa dokładność w stosowaniu sformalizowanego ich opisu. Metodyka badań i otrzymane wnioski z badań eksperymentalnych stanowią w znacznej części oryginalny wkład Autorki.

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 profesjonalne podejście do rozważanej tematyki,
- przeprowadzenie badań modelowych i identyfikacyjnych w zakresie poruszanych problemów z uwzględnieniem wielu zmiennych,
- konsekwencja w definiowaniu pojęć naukowych i duży nacisk na poprawne i jednoznaczne stosowanie 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.

Autorka w dysertacji podjęła się bardzo trudnego i ambitnego zadania, które z oczywistych względów nie wyczerpuje całości zagadnień związanych z modelowaniem emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego. Liczba czynników wpływających na te zjawiska jest znaczna, co bardzo komplikuje zagadnienie. Trudne jest zdecydowane wydzielenie wpływu jednego czynnika, 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 modelu do zarządzania jakością powietrza w wybranych aglomeracjach miejskich.

3. PODSUMOWANIE

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

- Autorka dokonała wyjątkowo trafnego wyboru tematyki swojej pracy, a jej zakres spełnia stawiane wymagania określone dla rozpraw doktorskich,
- zasadnicze cele pracy zostały w pełni osiągnięte w zakresie przyjętym przez Doktorantkę, bowiem uzasadnione zostały twierdzenia Autorki 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 Doktorantki w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na Jej dużą wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne w dyscyplinie naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport”, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

Stwierdzam zatem, że praca mgr. inż. Katarzyny Bebkiewicz pt.: „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji” (promotor: prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek; promotor pomocniczy: dr hab. inż. Krystian Szczepański, prof. IOŚ-PIB) spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w myśl Ustawy z dnia 20 lipca 2018 – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 r., poz. 85 z późn. zm.) i stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu o przyjęcie rozprawy i o dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.

Ponieważ usterki pracy są nieliczne, drugorzędne i nie wpływają na moją bardzo pozytywną ocenę pod względem postawienia problemu badawczego, zrealizowania programu badań doświadczalnych, analizy wyników oraz napisania przejrzystej rozprawy naukowej.

Dlatego stawiam wniosek o wyróżnienie tej pracy, ze względu na:

1. Ważny, aktualny i oryginalny w skali światowej problem badawczy;
2. Wnikliwe przeanalizowanie bardzo złożonego problemu naukowego, dotyczącego opracowania modelu prognozowania emisji z transportu drogowego w celu możliwości zarządzania jakością powietrza w Polsce. Zakres pracy i poziom warsztatu naukowego przewyższa wartości uznawane powszechnie za standardowe;
3. Uzyskanie oryginalnych wyników naukowych o dużych wartościach poznawczych, z perspektywą ich wykorzystania w praktyce w działaniach zarządzania jakością powietrza w miastach i poza nimi.

Uzasadnienie wniosku o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Katarzyny Bebkiewicz pt. „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji”

Wnioskuje o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Katarzyny Bebkiewicz pt. „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji”, a swój wniosek uzasadniam w następujący sposób:

- W rozprawie doktorskiej został podjęty ważny temat zarówno ze względów naukowych, jak i praktycznych.
- Względy naukowe są związane z faktem, że dotychczasowa wiedza na temat emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego jest stosunkowo słabo usystematyzowana. Jest to m.in. widoczne w światowej literaturze tematu. Doktorantka wprowadziła precyzyjnie zdefiniowane pojęcia i posługiwała się nimi w konsekwentny sposób, dbając o ścisłość wyrażania myśli.

- Temat ważny ze względów praktycznych w obszarze możliwości wykorzystania wyników pracy w inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych.
- Wartościowe są wyniki inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w Polsce w kolejnych latach bilansowania.
- Oryginalne są wyniki badań symulacyjnych emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w modelowych warunkach ruchu: w zatorach ulicznych, w miastach poza zatorami ulicznymi, poza miastami oraz na autostradach i drogach ekspresowych.
- Rozprawa doktorska charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem merytorycznym, formalnym i edytorskim.

A handwritten signature in dark ink, consisting of several loops and a long upward stroke on the right side.

