

prof. dr hab. inż. Marcin Ślęzak
Instytut Transportu Samochodowego
03-301 Warszawa
ul. Jagiellońska 80

Warszawa, dn. 19 listopada 2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marzeny Korzik

pt. *„Analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem wartości współczynnika opóźnienia hamowania”*
w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

1. INFORMACJE WSTĘPNE

Podstawa prawna:

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. *„o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”* (Dziennik Ustaw nr 65 z 2003 r. poz. 595)
- Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 859).

Podstawa formalna:

- Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 29 października 2024 r.
- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 29 października 2024 roku dotycząca wyznaczenia prof. dr hab. inż. Marcina Ślęzaka na recenzenta rozprawy doktorskiej pt.: *„Analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem wartości współczynnika opóźnienia hamowania”*

2. OCENA WYBORU TEMATU ROZPRAWY I SFORMUŁOWANIA PROBLEMU NAUKOWEGO

Rozwój transportu drogowego wymaga, obok szczególnego zwrócenia uwagi na ochronę klimatu, również dbałości o bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego. Bezpieczeństwo pojazdów, pasażerów i pieszych zależy od kierowców, warunków atmosferycznych i stanu technicznego pojazdów. Duże znaczenie mają tu układy bezpieczeństwa pojazdów, w tym, układ hamulcowy. Szczególną uwagę w tym zakresie należy zwrócić na charakterystykę procesu hamowania. Ważnym parametrem charakteryzującym skuteczność hamowania pojazdu jest współczynnik opóźnienia.

W recenzowanej rozprawie mgr inż. Marzena Korzik kierując się wymogami bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego jako cel pracy przyjęła opracowanie metodyki wyznaczania współczynnika opóźnienia hamowania podczas kierowania wybranymi pojazdami jedno i dwuśladowymi. Może to być pomocne przy utworzeniu spójnego katalogu wartości opóźnienia hamowania pojazdów użytkowanych w kraju. Jednak pomimo wielu opracowań literaturowych w tej dziedzinie brak jest jednolitej metodologii badań i klasyfikacji danych w tym zakresie.

Tematyka pracy należy do zakresu dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. W rozprawie na podstawie obszernego studium literatury Doktorantka stwierdziła, że matematyczny model analizy drogi hamowania opiera się na maksymalnej wartości opóźnienia jaką można uzyskać na danej nawierzchni jezdni i nie uwzględnia minimalnej wartości opóźnienia, szczególnie ważnej w kontekście obowiązujących wymogów prawnych.

W recenzowanej pracy Doktorantka podjęła próbę opracowania metodyki badań opóźnienia hamowania w kontekście poprawy dokładności rekonstrukcji wypadków drogowych. Taki wybór tematu uważam za uzasadniony ze względu na praktyczne aspekty poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym, jak i ze względów poznawczych, w szczególności w aspekcie poszerzenia wiedzy o mechanice ruchu pojazdów.

3. ANALIZA I OCENA TREŚCI ROZPRAWY

Opiniowana praca liczy 162 strony maszynopisu, a w tym 109 rysunków i 48 tabel. Bibliografia zawiera 119 pozycji literatury, wśród których 39 to strony internetowe. Spis literatury nie zawiera publikacji autorstwa Doktorantki. Biorąc pod uwagę, że uwaga Autorki jest nakierowana na praktyczne zastosowania wyników badań dobór literatury

uważam jako zadawalający. W rozprawie zamieszczono streszczenia w językach polskim i angielskim.

Recenzowana praca składa się z pięciu rozdziałów w tym: Wstęp, Analiza stanu wiedzy, Sformułowanie problematyki badań, Badania własne i Podsumowanie oraz Spis literatury. Układ rozdziałów i ich treści stanowią logiczną całość. Opiniowana rozprawa ma charakter doświadczalny.

W rozdziale pierwszym przedstawiono streszczenie rozprawy. Doktorantka zdefiniowała problem badawczy i przedstawiła ramowy podział treści rozprawy.

Rozdział drugi zawiera przegląd literatury dotyczącej pojęcia bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa. Odrębne studium (rozdz. 2.2) poświęcono statystycznej ocenie liczby oraz przyczyn wypadków i kolizji drogowych w Polsce. Następnie (rozdz. 2.3) opisano zarys konstrukcji układów hamulcowych w pojazdach dwuśladowych i jednośladowych oraz mechanikę procesu awaryjnego hamowania. W dalszej kolejności (rozdz. 2.4) opisano zagadnienie rekonstrukcji wypadków w ruchu drogowym oraz na przykładach przedstawiono procedury analiz obliczeniowych przebiegu wypadków. W podsumowaniu analizy stanu wiedzy (rozdz. 2.5) przedstawiono tezę dysertacji: *„Precyzyjne odtworzenie procesu hamowania wymaga posiadania dokładnych danych o mechanice ruchu pojazdu, w szczególności o opóźnieniu hamowania podczas zdarzenia drogowego”*.

W dalszej części rozprawy uzupełniono w/w tezę o szczegółowe założenia dotyczące poprawy dokładności w określaniu opóźnienia hamowania poprzez uwzględnienie, obok wartości maksymalnych również wartości minimalnych i średnich z równoczesnym podziałem obserwacji na kategorie zależne od warunków pogodowych, drogowych i technicznych.

W rozdziale trzecim sformułowano **cel pracy**: *„Ocena możliwości wyznaczania średnich wartości współczynnika opóźnienia hamowania w wybranych współczesnych pojazdach jedno i dwuśladowych poruszających się w zróżnicowanych warunkach drogowych na potrzeby zwiększenia dokładności rekonstrukcji wypadków drogowych”*.

Przedstawiono również plan i zakres badań doświadczalnych jako podstawy do weryfikacji postawionej tezy.

Zadania do wykonania sformułowano następująco:

1. Wyznaczenie średniej wartości współczynnika opóźnienia hamowania w grupie wybranych pojazdów dwuśladowych w porze zimowej.
2. Wyznaczenie średniej wartości współczynnika opóźnienia hamowania w grupie wybranych pojazdów dwuśladowych w porze letniej.
3. Wyznaczenie średniej wartości współczynnika opóźnienia hamowania w grupie wybranych pojazdów jednośladowych i quadów w porze letniej.

Na uwagę zasługuje schemat planu badań pokazany na rys. 3.1. Jest on ważnym elementem prezentacji autorskiej metody badawczej.

W rozdziale czwartym opisano obiekty badań doświadczalnych oraz warunki i wyniki badań. Podrozdział 4.2 zawiera charakterystykę warunków klimatycznych i drogowych oraz zasady doboru kierowców uczestniczących w eksperymencie. Opis warunków i przebiegu prób badawczych awaryjnego hamowania przedstawiony w rozprawie jest dość lakoniczny i nieuporządkowany. W przyszłości, w przypadku publikacji, powinien zostać rozszerzony i skorygowany. Podobna uwaga dotyczy rozdziału 4.4, w którym podano tabelaryczne zestawienie i poglądowe ilustracje badanych pojazdów oraz ich ogólną charakterystykę techniczną. W rozdziale 4.6 zamieszczono wyniki badań w postaci danych liczbowych i wykresów słupkowych. Podano wartości opóźnienia uzyskane w kolejnych próbach (3 lub 6 prób) oraz wartości średnie z serii prób. Łącznie przeprowadzono 144 próby badawcze hamowania awaryjnego samochodów osobowych i dostawczych w okresie zimowym i 129 prób w okresie letnim, a także 180 prób awaryjnego hamowania pojazdów jednośladowych i quadów w okresie letnim. Należy uznać, że jest to znaczący materiał doświadczalny, który może być wykorzystany między innymi do ukierunkowania dalszych kompleksowych badań nad zunifikowanym katalogiem współczynników opóźnienia hamowania pojazdów w skali kraju.

W rozdziale 4.7 opisano dyskusję wyników badań. Dyskusja ta składa się z uproszczonej analizy statystycznej i autorskiego komentarza różnic uzyskanych wyników. Analiza statystyczna obejmuje wartości: średnią, maksymalną i minimalną oraz rozstęp i wskaźnik zmienności zdefiniowany jako iloraz połowy rozstępu i wartości średniej. To uproszczone ujęcie nie gwarantuje dobrej dokładności oceny, ale ze względu na znaczną liczbę wszystkich porównywanych marek pojazdów, w kilku kategoriach warunków klimatycznych oraz technicznych (hamulce) uzyskany materiał doświadczalny można uznać za wystarczający do weryfikacji tezy badawczej.

Autorski komentarz Doktorantki zamieszczony w rozdziale 4.7 w znacznym stopniu ma charakter raportu z wykonanych prac pomiarowych i obliczeniowych, bez próby ich uogólnienia (analizy korelacji zmiennych, porównania z doniesieniami literaturowymi). Warto byłoby, aby metodykę badań własnych porównać z metodyką opisaną w literaturze, np. przez S. Tarkowskiego i D. Mikrusa w pracy pt.: *„Opóźnienie hamowania pojazdów w różnych warunkach ruchu”* (Autobusy 6/2016, s. 438-441).

Rozdział piąty zawiera podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań. Na podkreślenie zasługują następujące wnioski:

1. Wyniki niniejszej pracy mogą stanowić źródło informacji na potrzeby rekonstrukcji wypadków drogowych pojazdów.
2. Za szczególnie istotne można uznać wyniki dotyczące poszczególnych grup pojazdów jednośladowych oraz quadów ze względu na brak w literaturze szczegółowych danych o takich pojazdach.
3. Zalecane byłoby korzystanie z danych eksperymentalnych pochodzących z badań wykonanych na identycznym egzemplarzu do tego, który uczestniczył w wypadku drogowym poddawany rekonstrukcji.
4. Badania eksperymentalne mogą się ograniczać do wykonania kilku powtórzeń (np. 3 do 6), gdyż wówczas dokładność wyniku końcowego związana jest z rozrzutem wokół wartości średniej wynoszącym kilka procent wartości średniej.

4. OCENA MERYTORYCZNA PRACY

Rozprawa doktorska mgr inż. Marzeny Korzik pt.: *„Analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem wartości współczynnika opóźnienia hamowania”* zasługuje na pozytywną ocenę.

- Doktorantka sformułowała oryginalny problem badawczy polegający na opracowaniu metodyki badań opóźnienia hamowania w kontekście poprawy dokładności rekonstrukcji wypadków drogowych.
- Doktorantka opracowała program badań i wykonała szerokie badania doświadczalne awaryjnego hamowania wybranych, popularnych pojazdów dwuśladowych i jednośladowych w określonych warunkach klimatycznych i technicznych.

- Doktorantka wykazała, że jedną z głównych przyczyn niedokładności rekonstrukcji kolizji i wypadków jest brak sprawdzonych doświadczalnie standardów opóźnienia w procesie hamowania awaryjnego pojazdów.
- Doktorantka opracowała oryginalną metodykę eksperymentalnego wyznaczenia wartości współczynnika hamowania pojazdów w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i technicznych.

Warto podkreślić obszerny i trudny w realizacji materiał doświadczalny. Powyższe dokonania dowodzą, że Doktorantka posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia prac badawczych oraz że rozwiązała postawiony w pracy doktorskiej problem naukowy.

Podtrzymując dobrą ocenę merytoryczną recenzowanej rozprawy zgłaszam kilka uwag o charakterze redakcyjnym i językowym:

- str. 8-85. W rozdziale 2 rysunki i tabele numerowane są łącznie, natomiast w rozdziale 4 – rozdzielnie. Należy ujednoczyć sposób numeracji w całej rozprawie.
- str. 88. „Schemat realizacji pracy doktorskiej” – rys. 31, warto zastąpić bardziej ogólną nazwą, np. „Schemat planu badań” rozumiejąc pracę doktorską jako połączenie badań teoretycznych (studium literaturowego) i badań doświadczalnych.
- str. 95-96. W tytule tabel 4.1 i 4.2 użyto błędnie nazwy „pojazdy czterośladowe” zamiast „pojazdy dwuśladowe”.
- str. 95-97. Wykaz badanych pojazdów jest mało szczegółowy, stąd np. powstaje pytanie czy w tabeli 4.1. Fiat Ducato - oznaczenie badawcze 11 jest tożsamy z pojazdem Fiat Ducato – oznaczenie badawcze 23 oraz z pojazdem Fiat Ducato – oznaczenie badawcze 31?
- str. 121-124. Podpisy pod rysunkami 4.45 – 4.52 są niejasne. Czy $f(N)$ oznacza siłę nacisku na pedał hamulca? Należy podać na rysunkach skalę wartości tej siły.
- str. 126-133. Wykresy na rysunkach 4.53 – 4.73 są nieczytelne, ponieważ brakuje opisu osi wykresów.
- str. 138. Autorka pominęła porównanie wyników badań własnych z wynikami opisanymi w literaturze – dotyczy to całego rozdziału 4.7 „Analiza wyników badań”.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Recenzowana praca ma znaczącą wartość poznawczą i użyteczną. Wnosi ważne treści do problematyki bezpieczeństwa ruchu drogowego, w szczególności w zakresie parametryzacji procesu hamowania awaryjnego pojazdów. Doktorantka opracowała i zweryfikowała doświadczalnie metodę badań opóźnienia hamowania w kontekście doskonalenia rekonstrukcji wypadków drogowych. Doktorantka zgromadziła nowatorskie wyniki badań w aspekcie poprawy dokładności wyznaczania współczynnika opóźnienia hamowania.

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Marzeny Korzik pt.: *„Analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem wartości współczynnika opóźnienia hamowania”* stwierdzam, że

- Tematyka rozprawy kwalifikuje ją do dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
- Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20 lipca 2018 roku (Dziennik Ustaw 2022 poz. 574 z późn. zm.) i może być dopuszczona do publicznej obrony.



prof. dr hab. inż. Marcin Ślęzak