

Łódź 10.05.2021 r

Dr hab. inż. Andrzej Szosland prof PŁ
Politechnika Łódzka
Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn

O P I N I A

o rozprawie doktorskiej mgr inż. Michała Kluziewicza pt. „Nowa metoda pomiaru obciążenia koła jezdnego podczas ruchu pojazdu”

Recenzja opracowana została na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej z dnia 23.02.2021 r.

1. Uwagi dotyczące tematu pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Kluziewicza za swój cel podjęła zadanie określenia sił działających w styku między kołem a podłożem. Są to zagadnienia badane na całym świecie od wielu już lat, ale wciąż do końca nierozpoznane i pozostawiające pole do dalszych poszukiwań.

Z tego powodu podjęcie przez Doktoranta problematyki określenia charakterystyk pracy opony na różnych nawierzchniach, w tym odkształcalnych, przy użyciu własnej metody i zbudowanego do tego celu układu pomiarowego, uważam za celowe i w pełni uzasadnione. Tematyka rozprawy jest aktualna, oryginalna pod względem naukowym, a podjęte w niej problemy sytuują się w dyscyplinie „Budowa i Eksploatacja Maszyn”.

2. Uwagi dotyczące celu i tezy pracy

Tezę naukową sformułowano następująco: „Istnieje możliwość estymacji sześciu składowych obciążenia koła w punkcie styku opony z nawierzchnią wykorzystując

pomiary reakcji wewnętrznych w wahaczach, drążku kierowniczym i górnym mocowaniu kolumny prowadzącej oraz parametry ruchu pojazdu i pozycję układu zawieszenia”.

Cel pracy – przedstawiony w rozdziale 3, jest przejrzysty, zrozumiały i wynika wprost z postawionej tezy. Jest nim opracowanie metody pomiaru obciążenia zewnętrznego koła jezdnego podczas ruchu pojazdu, poprzez wykorzystanie mierzonych obciążeń wewnętrznych oraz znanego stanu kinematycznego ruchu koła.

Tytuł rozprawy w pełni odpowiada jej treści.

Po przedstawieniu rysu historycznego dotyczącego dążenia do budowy autonomicznych pojazdów, m.in. poprzez rozwój systemów wspomagających jazdę – rozdział 1, wykazano brak możliwości uzyskania charakterystyk przyczepności opony w ekstremalnych warunkach użytkowania auta. Wybór takiego właśnie obszaru badań był pośrednio podyktowany także doświadczeniem Autora, czynnie uczestniczącego w zawodach motorowych. Jest to tym cenniejsze, że wybór omawianego zagadnienia wynikał nie tylko z suchej wiedzy teoretycznej, ale był wzbogacony własnymi obserwacjami wynikającymi z ekstremalnej eksploatacji auta. W dalszym etapie pracy dokonano przeglądu stosowanych na świecie metod badawczych charakterystyk ogumienia - rozdział 2.

W rozdziale 4 Autor przedstawia założenia proponowanej metody pomiaru obciążeń koła, bazującej na pomiarze sił wewnętrznych oraz współrzędnych mechanizmu prowadzenia koła. Przedstawiony jest obiekt badań, budowa zastosowanego w nim mechanizmu prowadzenia koła, jego model, przeprowadzona weryfikacja modelu obliczeniowego, propozycja układu pomiarowego, projekt tegoż układu, kalibracja elementów pomiarowych oraz wyniki badań pojazdu na stanowisku.

Rozdział 5 to zastosowanie proponowanej metody do estymacji obciążeń koła. Zaplanowano testy drogowe, dokonano ich realizacji na różnych rodzajach nawierzchni, przedstawiono otrzymane wyniki.

We wnioskach – rozdział 6, dokonano podsumowania osiągniętych rezultatów, potwierdzających osiągnięcie założonego celu pracy. Sformułowano wnioski zarówno o charakterze poznawczym jak i użytkowym a także nakreślono kierunek dalszych prac badawczych. Omówiono przy tym uwidocznione podczas badań konieczne zmiany w pierwotnie planowanym układzie pomiarowym

3. Uwagi ogólne dotyczące pracy

Układ pracy nie budzi wątpliwości. Wyraźnie zaznaczono tok postępowania niezbędny do zrealizowania przyjętej tezy.

Nasuwają się jednak pewne spostrzeżenia dotyczące następujących aspektów:

- w tytule pracy umieszczono określenie proponowanej metody jako 'nowej'. Z całą pewnością jest ona takowa, bowiem wykorzystywanie metod 'starych' nie wniosłoby do pracy istotnych wartości poznawczych. Nie ośmieliłbym się, wobec szacunku dla Autora, jak i dla ogromnego autorytetu Promotora, proponować innej formy tytułu pracy, ale może warto to zmienić w przyszłości. Można byłoby tak uczynić np. przy dalszych publikacjach czy późniejszym wykorzystywaniu rezultatów badań i wdrażaniu ich do wykorzystania przemysłowego, co proponuje Autor w rozdziale 1.
- we wnioskach dotyczących dalszych prac Autor wskazuje na potrzebę prowadzenia testów, obejmujących próby na drogach o 'luźnej nawierzchni'. Można jedynie żałować, że podczas realizacji pracy nie przeprowadzono choć kilku badań na tego typu nawierzchniach. Z dużym zainteresowaniem oczekiwałbym ich wyników, bowiem jazda w takich właśnie warunkach stanowiła impuls dla Autora zainteresowania się tą problematyką (vide opisy w rozdziale 1). Rozwijana była też na bazie modelu jednośladowego, wykorzystywanego już przez Autora na poziomie pracy magisterskiej.
- w przyjętych założeniach ustalono, że koszt układu pomiarowego nie przekroczy 10 % ceny piasty pomiarowej. Czy istotnie udało się uzyskać (szczególnie przy planowanych dalszych modyfikacjach układu pomiarowego) wskazaną zależność? Czy jest ona istotna w przypadku badań naukowych?
- także w założeniach przyjęto, że montaż aparatury pomiarowej nie wpływa znacząco na kinematykę, właściwości sprężysto-tłumiące oraz masę nieresorowaną układu. Czy istotnie zastąpienie do badań kutego wahacza dwoma niezależnymi drążkami reakcyjnymi, uznanie, że mechanizm zawieszenia ma idealne przeguby, dla późniejszych aplikacji przemysłowych układu pomiarowego nie będzie miał wpływu na osiągnane wyniki? Jak w sytuacji użycia jednolitego wahacza wyglądałby montaż aparatury pomiarowej i sposób pomiaru dwóch odmiennych parametrów fizycznych?

Mimo przedstawionych uwag uważam, że w trakcie realizacji pracy Doktorant wykazał bardzo dobre przygotowanie i umiejętność w posługiwaniu się różnymi metodami badawczymi. Wykorzystał zarówno eksperyment numeryczny jak i doświadczalny. Osiągnął istotne wyniki odnoszące się do obecnego poziomu techniki. Na tej podstawie mógł posunąć się w swych dociekaniach dalej, opracowując własny sposób pomiaru sił w układzie zawieszenia pojazdu.

Nie budzi wątpliwości poprawność wnioskowania oraz interpretacja wyników badań. Odniesiono się do rozwiązań stosowanych na świecie, prezentując ich zalety i wady. Na tym tle prezentowana koncepcja sterowania pozwala na osiągnięcie założonych parametrów trakcyjnych skutera przy zmniejszonym zużyciu paliwa.

4. Uwagi szczegółowe dotyczące pracy

Praca zawiera 136 stron i opatrzona została 123 rysunkami. Ilość rysunków nie jest nadmierna, bowiem wszystkie one zostały opisane w pracy, podano cel ich umieszczenia i nie stanowią powtarzania pewnego utartego schematu, ale wnoszą nowe wartości do prezentowanego tekstu.

W pracy odwołano się do 50 pozycji literaturowych, z których wszystkie są cytowane w materiale.

Praca stoi na bardzo wysokim poziomie edytorskim. Jedynym mankamentem tej strony opracowania są podpisy i opisy części rysunków, z użyciem języka angielskiego – 1.2, 4.10 - 4.15, 4.32, 4.38. Tymczasem praca napisana jest w języku polskim i ten język winien być używany w całym tekście.

5. Uwagi końcowe i wnioski

Recenzowana praca stanowi zwarty materiał, oparty zarówno o badania teoretyczne, jak i doświadczalne. Uważam to za znaczące dokonanie Autora, bowiem we współczesnych czasach eksperyment badawczy schodzi na plan dalszy, a

wszelkiego rodzaju dociekania są prowadzone wyłącznie w oparciu o obliczenia numeryczne. Tymczasem działania związane z realizacją badań drogowych uczą nie tylko właściwego ich planowania, ale rozwiązywania zadań badawczych w pełnym spectrum ich złożoności – od przygotowania obiektu, skonstruowania aparatury pomiarowej, jej kalibracji aż po ocenę otrzymywanych wyników.

Autor w pełni osiągnął zamierzony cel. Przedstawił własną metodykę badań charakterystyk opony, określił warunki ich przeprowadzenia zarówno na modelu matematycznym jak i na realnym obiekcie badawczym, zbudował układ pomiarowy na bazie czego otrzymał zbiór wyników, które po zweryfikowaniu potwierdziły tezę pracy.

Wymienione w recenzji uwagi mają charakter wyłącznie refleksyjny i nie obniżają pozytywnej, merytorycznej oceny rozprawy. W jej świetle rysuje się sylwetka Doktoranta jako naukowca o bardzo dobrym przygotowaniu teoretycznym i praktycznym, potrafiącym samodzielnie rozwiązywać trudne zadania naukowe.

Na podstawie dokonanej oceny pracy doktorskiej mgr inż. Michała Kluziewicza pt. „Nowa metoda pomiaru obciążenia koła jezdnego podczas ruchu pojazdu” stwierdzam, że rozprawa w pełni odpowiada warunkom stawianym w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych.

Wniosuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony, a po jej pozytywnym przebiegu o nadanie mgr inż. Michała Kluziewicza stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie „Budowa i Eksploatacja Maszyn”.

Audryj Szostan

Oceniając całokształt pracy, obejmujący zarówno badania numeryczne jak i doświadczalne, a także dorobek Autora, uważam, że praca zasługuje na wyróżnienie.

Audryj Szostan