

Warszawa, 17.08.2026 r.

dr hab. inż. Jerzy Jackowski, prof. WAT

Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa PODOSKA

**pt. ANALIZA DRGAŃ MOTOCYKLA ZE WZGLĘDU NA KOMFORT I
BEZPIECZEŃSTWO KIEROWCY**

Promotor: dr hab. inż. Marek JAŚKIEWICZ, prof. PŚk

Promotor pomocniczy: dr inż. Andrzej ZUSKA

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej w siedzibie Politechniki Świętokrzyskiej, dra hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk. Recenzent otrzymał pracę doktorską mgr inż. Krzysztofa Podoska dnia 25.06.2026r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa o wyżej wymienionym tytule jest pracą, która wydana została w zwartej formie na 242 stronach i jest sformułowana w czytelny, spójnie logiczny sposób. Układ pracy obejmuje w kolejności: wykaz najważniejszych oznaczeń (str. 7-8), streszczenie w języku polskim (str. 9-12), 10 rozdziałów (str. 13-218), podsumowanie i wnioski (str. 219-224), kierunki dalszych badań (str. 225-226), bibliografia (str. 227-234), spis tabel i spis rysunków (str. 235-242). Wykaz literatury obejmuje 102 pozycje.

Autor podejmuje w pracy, ważny z praktycznego, a zarazem bardzo interesujący z teoretycznego punktu widzenia, problem ograniczenia drgań przekazywanych na motocyklistę w celu poprawy komfortu jazdy motocyklem.

Problematyka obciążeń dynamicznych poruszającego się motocykla, mimo że przedstawiana i analizowana była już w wielu publikacjach i ośrodkach

badawczych, to nadal pozostaje bardzo aktualna. Na motocykl, podobnie jak na samochód, działa wiele wymuszeń zewnętrznych, które pochodzą od nierówności nawierzchni drogi, stylu i toru jazdy oraz wewnętrznych oddziaływań wynikających z konstrukcji i właściwości pojazdu (np. niewyważenie koła, zawieszenie i inne). Dodatkowo, w przypadku motocykla w o wiele większym stopniu niż w samochodach, drgania przekazywane są na człowieka poprzez różne „kanały” oddziaływania. Są to siedzisko, kierownicę i podnóżek. Dlatego, spośród pojazdów poruszających się po drogach, motocykle stanowią dla osób zajmujących się dynamiką obiekty trudne i złożone do modelowania i opisu matematycznego oraz analizy. Zatem pomiar i ocena drgań konstrukcji motocykla (w aspekcie poprawy komfortu jazdy) jest ważnym obszarem a podjęty temat rozprawy doktorskiej jest ciekawy i posiada istotne walory poznawcze i użyteczne.

Tytuł pracy odpowiada jej treści. Dokonany w rozdziałach 2-4 (str. 27-68) przegląd literatury przybliży aktualny stan wiedzy i jest adekwatny do podjętych problemów badawczych. W kolejnych rozdziałach i podrozdziałach Autor dokonał syntetycznego przeglądu literatury, postępując od zagadnień ogólnych (budowa motocykla, drgania – metody pomiaru) do specjalistycznych (analiza drgań i ich ekspozycja na motocyklistę, przegląd modeli symulacyjnych).

W rozdziale piątym sformułowano cel pracy (teoretyczny i praktyczny), omówiono zakres pracy i metodologię badawczą. Recenzowana praca nie zawiera klasycznie sformułowanej tezy. Zamiast tego autor przedstawia uzasadnienie dla podjętego celu pracy.

Część badawczą pracy rozpoczyna rozdział szósty, w którym Autor przedstawił wyniki drogowych badań eksperymentalnych oraz analizę w dziedzinie czasu i częstotliwości drgań zarejestrowanych na kierownicy i na siedzisku motocyklisty. Dokonano oceny komfortu jazdy na różnych nawierzchniach drogi na podstawie wskaźników odczuwania drgań przez kierującego: wskaźnika RMS (wartości skutecznej przyspieszeń), wskaźnika VDV (vibration dose value – wartość dawki drgań) oraz wskaźnika RMQ (root mean quad- wskaźnik oddziaływań drgań o wyższych wartościach amplitud). Określono także dominujące częstotliwości drgań. Uzyskane wyniki wskazały na potrzebę redukcji poziomu drgań przenoszonych na kierującego motocyklem np. poprzez wprowadzenie elementów wibroizolacyjnych i zmianę właściwości sprężysto-tłumiących zawieszenia. Wyniki drogowych badań eksperymentalnych zostały także wykorzystane do opracowania modelu numerycznego oraz odwzorowania drgań w badaniach stanowiskowych.

W rozdziale siódmym opisano stanowisko badawcze opracowane i zbudowane w Laboratorium Samochodów i Ciągników Politechniki Świętokrzyskiej, które zostało rozbudowane w ramach recenzowanej pracy doktorskiej. Na wskazanym stanowisku odtworzono zachowanie motocykla obserwowane podczas badań eksperymentalnych opisanych w rozdziale 6. Osiągnięte (rozdział 8) rezultaty stanowiły podstawę do oceny możliwości modyfikacji konstrukcji motocykla w aspekcie poprawy komfortu i bezpieczeństwa motocyklisty.

W rozdziale dziewiątym przedstawiono własną koncepcję modyfikacji konstrukcji zawieszenia motocykla i zmian w układzie kierowania w celu poprawy komfortu i bezpieczeństwa motocyklisty. Modyfikacje obejmowały: wprowadzone pneumatycznego (regulowanego) zawieszenia osi tylnej, wprowadzenie dodatkowego amortyzatora (regulowanego) zawieszenia osi przedniej i zmianę manetek kierownicy.

Analiza wyników badań stanowiskowych potwierdziła zasadność zaproponowanych modyfikacji i możliwość poprawy warunków jazdy motocyklisty.

W rozdziale dziesiątym przedstawiono opracowany i zweryfikowany model dynamiczny motocykla. Model motocykla opracowano w środowisku SolidWorks a analizy numeryczne prowadzono z wykorzystaniem oprogramowania LS-DYNA. Wyniki analiz numerycznych potwierdziły, że opracowany model może być wykorzystywany jako narzędzie wspomagające w doskonaleniu konstrukcji motocykla dla poprawy komfortu i bezpieczeństwa jego użytkowania.

W kolejnych częściach pracy (bez numeracji) przedstawiono podsumowanie i wnioski (wraz ze wskazaniem elementów pracy o charakterze użytecznym) oraz wskazano kierunki przewidywanych dalszych badań.

3. Ocena merytoryczna pracy

Pod względem metodycznym i merytorycznym pracę oceniam na poziomie dobrym. Układ pracy jest logiczny a prezentowane treści są ze sobą powiązane i prowadzą do osiągnięcia założonego celu pracy. Autor dokonał analizy wyników swych badań a poprzez opracowany model i przeprowadzone modernizacje motocykla, poparte badaniami eksperymentalnymi (stanowiskowymi), nadał ich wynikom charakter użyteczny.

Najważniejsze osiągnięcia pracy:

1. Podjęta problematyka obciążeń dynamicznych motocykla pomimo, że jest rozpoznawana przez wielu badaczy, to jednocześnie uzupełnia dotychczasowy dorobek naukowców w zakresie oddziaływania drgań na motocyklistę.
2. Przyjęty zakres badań uważam za logiczny, potwierdzający analizę stanu zagadnienia.
3. Osiągnięcie założonego celu pracy wymagało rozwiązania szeregu problemów badawczych i naukowo- technicznych, czemu Doktorant podołał.
4. Doktorant zmodyfikował stanowisko do badań motocykla i odwzorował na nim drgania z badań drogowych. Wskazał obszar zmian konstrukcyjnych i właściwości sprężysto- tłumiących zawieszenia prowadzących do poprawy komfortu motocyklisty.
5. Doktorant posługując się wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych zweryfikował opracowany modelem obliczeniowy

motocykla. Zaproponowany model numeryczny pozwala odzwierciedlić wyniki otrzymywane w badaniach doświadczalnych i z powodzeniem może stanowić wsparcie przy ocenie stanu obciążeń podczas jazdy motocykla w różnych warunkach.

Uwagi szczegółowe (do wyjaśnienia i dyskusji).

Przedstawiona praca potwierdza bardzo duży wkład pracy poniesiony przez Doktoranta na jej zrealizowanie. Przy recenzowaniu pracy pojawiły się jednak niejasności i pytania. Nie obniżają one naukowej wartości rozprawy jako całości. Zaslugują jednak na wyjaśnienie w ramach naukowej dyskusji.

1. W tytule i w innych miejscach pracy pojawia się zapis o bezpieczeństwie kierowcy. Brakuje jednoznacznej informacji, jak zaproponowane modyfikacje konstrukcji motocykla poprawiły stan bezpieczeństwa motocyklisty i jak to oceniono? Proszę Doktoranta o rozwinięcie i skonkretyzowanie podanej informacji.
2. W pracy Autor przedstawia stanowisko badawcze opracowane i zbudowane w Laboratorium Samochodów i Ciągników Politechniki Świętokrzyskiej. Jakie zmiany w konstrukcji tego stanowiska zostały wykonane na potrzeby pracy doktorskiej?
3. Dlaczego badania i analizy ograniczono do jednej prędkości jazdy motocykla w danych warunkach ruchu? Wydaje się, że korzystne byłoby prowadzenie analiz np. przy tej samej prędkości jazdy, ale na różnych nawierzchniach oraz przy kilku wartościach prędkości w tych samych warunkach drogowych.
4. W pracy dokonano analizy drgań zarejestrowanych na kierownicy i siedzisku motocykla. Czy rozważano pomiar i analizę drgań przenoszonych przez podnóżki na nogi motocyklisty? Proszę Doktoranta o uzasadnienie.
5. W opisie modelu motocykla (str. 194) zapisano „zdefiniowano punkty referencyjne odpowiadające osi przedniej i tylnej motocykla, do których przyłożono przyspieszenia zarejestrowane w warunkach rzeczywistych”. W opisie badań eksperymentalnych przedstawionych w rozdziale 6 Autor podaje wprowadzając informacje o rejestracji drgań osi kół, ale nie zestawia i nie analizuje zmierzonych w tym miejscu przebiegów drgań. Czy prowadzona była łączna analiza czasowa i częstotliwościowa sygnałów w osiach kół i na kierownicy i na siedzisku? Proszę Doktoranta o wyjaśnienie/ komentarz.
6. Autor podjął problem ograniczenia drgań przekazywanych na motocyklistę w celu poprawy komfortu jazdy motocyklem. W dostępnej literaturze występuje niewiele (w porównaniu z samochodem) informacji dot. drgań motocykla. Jednymi z ważniejszych w tym obszarze są prace autorstwa Cossalter V., na które Autor pracy doktorskiej zwrócił uwagę w swoim przeglądzie literaturowym. W opracowaniu zabrakło mi jednak odwołania do prac polskich badaczy np. Żardecki D., Dębowski A. dotyczących drgań

w układzie kierowniczym motocykla oraz stanowiska badawczego zbudowanego w Instytucie Pojazdów i Transportu Wojskowej Akademii Technicznej.

7. W rozdziale 6 na stronie 75 Autor podaje, że „celem badań było określenie poziomu przyspieszeń wibracyjnych przenoszonych na kierowcę motocykla. Ich rozkładu częstotliwościowego oraz czasu ekspozycji na drgania zgodnie z normami ...”. Proszę Doktoranta o wyjaśnienie pojęcia „przyspieszenia wibracyjne” oraz informację jak określono i jaki jest czas ekspozycji na drgania motocyklisty w przebadanych warunkach ruchu.
8. W rozdziale 10 Doktorant wskazuje, że opracowany model może być wykorzystany jako narzędzie wspomagające analizę komfortu wibracyjnego motocyklisty oraz ocenę wpływu zmian konstrukcyjnych na poziom drgań. Pojawia się pytanie, dlaczego tego nie zrobiono w ramach doktoratu? Czy były podjęte próby obliczeń dla sprawdzenia zmian przedstawionych w rozdziale 9 dot. modyfikacji zawieszeniu i manetek kierownicy.

4. Ocena edycji rozprawy

Układ pracy jest logiczny, język rozprawy ogólnie poprawny a ilustracje wykonane są przejrzyste. Tym niemniej, Autor nie ustrzegł się błędów i niejasności, np. :

- 1) s. 18, rys.1.5 – „Motocykle z typowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi przedniego zawieszenia”- zamieszczone rysunki (w widoku) są tak małe, że nie ma możliwości dostrzec żadnych rozwiązań;
- 2) s.22, tytuł podrozdziału – „Nowoczesne rozwiązania amortyzatorów stosowanych w motocyklach”- podrozdział jest o zawieszeniach, jest o elementach sprężystych a w niewielkim stopniu odnosi się do amortyzatorów;
- 3) s.25, 9 wiersz od dołu- „Analiza budowy motocykla wykazała ...” -brakuje poparcia dla tego stwierdzenia; jaka analiza, gdzie zamieszczona itp.
- 4) s.27 – tytuł rozdziału – „Drgania w transporcie”. Wskazany tytuł rozdziału, jest bardzo szeroki, nie odzwierciedla zawartości rozdziału, w którym ograniczono się (i słusznie) do drgań dot. motocykla i motocyklisty;
- 5) s.77 – wskazane miejsca pomiaru są mało precyzyjne;
- 6) s.79 – brakuje informacji o kształcie i wymiarach zainstalowanych na drodze przeszkód w postaci progu zwalniającego i progu podrzutowego;
- 7) s.81-85, rys. 6.5 do 6.10 – brak informacji o kierunku mierzonych przyspieszeń na kierownicy i siedzisku;
- 8) na wykresach, nawet tych zestawionych na jednym rysunku, zastosowano różne skale co utrudnia analizę porównawczą;
- 9) s.159, rys. 8.10, pokazane przebiegi są nieczytelne;
- 10) s.167, 6 wiersz od dołu, brak ciągłości zdania.

5. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi wartościowy wkład w rozwój metod badań eksperymentalnych i symulacyjnych oddziaływań drgań na motocyklistę. Ogólnie pracę oceniam pozytywnie a przedstawione uwagi krytyczne mają znaczenie drugorzędne.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Podoska pt. „ANALIZA DRGAŃ MOTOCYKLA ZE WZGLĘDU NA KOMFORT I BEZPIECZEŃSTWO KIEROWCY” spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późniejszymi zmianami), a mianowicie:

- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Podjęte przez Doktoranta zadanie zostało poprawnie rozwiązane z zastosowaniem wiedzy z różnych obszarów inżynierii mechanicznej, w tym techniki pomiarowej na stanowisku badawczym i w warunkach drogowych oraz w zakresie obliczeń numerycznych. Jako całość praca stanowi logiczną i spójną analizę (w aspekcie oceny komfortu) wyników badań drgań motocykla przenoszonych na kierowcę.

- przedmiot rozprawy stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w postaci wskazania i opracowania rozwiązań konstrukcyjnych ograniczających poziom drgań przenoszonych na kierowcę a także opracowania własnego modelu numerycznego motocykla.

- rozprawa ma charakter zwartej (na 242 stronach) pracy pisemnej spełniającej wymagania monografii naukowej.

- do rozprawy doktorskiej napisanej w języku polskim dołączono streszczenie w j. angielskim; streszczenia tego nie zamieszczono w monografii, ale została dołączona w osobnym pliku w dodatkowej korespondencji.

Reasumując, wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Podoska do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Politechniki Świętokrzyskiej i rekomenduję nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Jerzy
Tomasz
Jackowski

Elektronicznie
podpisany przez
Jerzy Tomasz
Jackowski
Data: 2026.08.20
21:21:28 +02'00'