

dr hab. inż. Florian Adameczyk
Sieć Badawcza Łukasiewicz-
-Poznański Instytut Technologiczny
Centrum Technologii Rolniczej i Spożywczej

Poznań, 04.08.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Gila pt. „Czynniki techniczno-eksploatacyjne warunkujące bezpieczne użytkowanie ciągników rolniczych” wykonanej pod kierunkiem promotora dra hab. inż. Jarosława Czarneckiego, prof. UPWr

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawę formalną niniejszej recenzji stanowi Uchwała Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 46.RO.2023 z dnia 27 czerwca 2023 r. powołująca moją osobę na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Gila. Recenzja została opracowana na podstawie dostarczonego manuskryptu rozprawy doktorskiej zawierającego 106 strony maszynopisu.

2. Uzasadnienie podjęcia tematu

Pojawienie się pojazdów silnikowych spowodowało intensyfikację prac badawczych, naukowych zajmujących się zagadnieniami dotyczącymi przebiegu ruchu pojazdów oraz związanego z nim bezpieczeństwa jazdy. Wraz z rozwojem pojazdów samochodowych następuje, co prawda nieco wolniejszy, rozwój konstrukcji ciągników rolniczych. Zmienia się także ich przeznaczenie z pierwotnego, jako siły pociągowej maszyn do wszelkich prac polowych i w mniejszym stopniu do bliskiego transportu ziemiopłodów na trasach pomiędzy polem a gospodarstwem, magazynami czy punktami skupu do obecnych konstrukcji umożliwiających oprócz wykonywania prac polowych także transport na większe odległości z prędkościami jazdy do nawet 70 km/h. Rozwój ciągników rolniczych i współpracujących z nimi maszyn rolniczych podąża również w kierunku zwiększania ich gabarytów i mocy silników, a co za tym idzie także ich masy. Ma to także wpływ na bezpieczeństwo podczas jazdy.

Równoległe z rozwojem konstrukcji ciągników były i są prowadzone prace badawcze dotyczące zagadnień przyczepności, przenoszenia napędu przez koła na powierzchnie po jakich się poruszają. Z uwagi na zasadniczy zakres wykorzystywania ciągników rolniczych badania te były i są prowadzone głównie na nawierzchniach odkształcalnych, czyli na takich, na których ciągniki z reguły pracowały jako jednostki pociągowe oraz napędowe maszyn rolniczych. Ze względu na do niedawna niewielkie prędkości jazdy w czasie wykonywania prac transportowych, w zasadzie nie badano parametrów ciągników, przede wszystkim przyczepności na nawierzchniach twardych. A już marginalną sprawą były i są nadal badania parametrów kół nienapędzanych, czyli kół przyczep rolniczych, rozrzutników obornika itp.,

na nawierzchniach twardych. W literaturze można więc znaleźć wiele szczegółowych opisów odnoszących się do kół ciągników rolniczych (zwłaszcza napędowych) w aspekcie własności trakcyjnych i strat energii, jednak w odniesieniu do kół pojazdów ciągniętych (przetaczanych i niehamownych) istnieją duże braki danych. Z powodu braku wiarygodnych podstawowych parametrów dla układu koło -podłoże nie jest także możliwe prowadzenie analiz symulacyjnych zachowania takich zestawów w określonych warunkach, związanych z przyczepnością kół pojazdów do nawierzchni, po której się one poruszają, także w aspekcie jej stanu (sucha – mokra), chociażby na potrzeby weryfikacji przebiegu różnych zdarzeń drogowych, w jakich miały udział, czy opracowywania zaleceń w kwestiach poprawy bezpieczeństwa jazdy i transportu. Ten drugi problem obecnie nabiera coraz większego znaczenia z uwagi na wspomniane aktualne możliwości jazdy transportowej ciągników z prędkościami do nawet 70 km/h, np. ze zagregowaną, obciążoną kilkutonowym ładunkiem przyczepą. W przypadku konieczności gwałtownego hamowania takiego zestawu mogą powstawać różne zagrożenia bezpieczeństwa dla traktorzysty i innych uczestników ruchu.

Aby przynajmniej po części wypełnić tę lukę mgr inż. Ł. Gil podjął się badań pozwalających na dokonanie oceny czynników wpływających na przyczepność nienapędzanego koła pojazdu rolniczego podczas hamowania na wybranych podłożach o niskiej odkształcalności.

Oceniając problematykę naukową i badawczą jaka została zawarta w przedstawionej do oceny dysertacji należy stwierdzić, że jest to praca naukowa, która z uwagi na przedmiot i zakres badań wpisuje się w dziedzinę nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. W pewnych aspektach wykracza jednak poza tę dziedzinę nauki, wchodząc również w zakres nauk inżyniersko-technicznych. Z tego względu mogę stwierdzić, że jest to praca o charakterze interdyscyplinarnym.

3. Ocena formalna pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt. „Czynniki techniczno-eksploatacyjne warunkujące bezpieczne użytkowanie ciągników rolniczych” charakteryzuje się typowym układem dla prac badawczych, zawierając 106 stron tekstu. W pracy Doktorant zamieścił 60 rysunków i 4 tabele. Treść pracy składa się z 7 ponumerowanych rozdziałów (4 z nich zawierają również podrozdziały) oraz spisów treści, literatury, tabel i rysunków, a także wykazu oznaczeń. Doktorant nie zastosował jednolitej numeracji rozdziałów i podrozdziałów. W rozdziale 4. *Przegląd literatury* zastosował numerację podrozdziałów do trzeciego rzędu, a w pozostałych rozdziałach pierwszego lub drugiego rzędu.

Wyodrębnione główne rozdziały zajmują odpowiednio: *Wstęp* – 5 stron (4,7 %), *Przegląd literatury* – 26 stron (24,5 %), *Cel i zakres pracy* – 2 strony (1,9 %), *Metodyka badań* – 9 stron (8,5 %), *Wyniki badań i ich analiza* – 47 stron (44,3 %), *Wnioski* – 3 strony (2,8%), *Streszczenie* – 1 strona (0,9 %). Pozostałe części takie jak tytuł z afiliacją, spisy treści, literatury, tabel i rysunków oraz wykaz oznaczeń zajmują łącznie 13 stron (12,3%), w tym spis literatury zajmuje 6 stron (5,7 %). Kolejność rozdziałów stanowi układ właściwy dla prac naukowych, a przedstawiona do oceny dysertacja posiada wszelkie elementy, które z formalnego punktu widzenia powinny wejść w skład rozprawy doktorskiej: przegląd piśmiennictwa, uzasadnienie

konieczności podjęcia tematu, sformułowanie celu pracy oraz zakresu rozpatrywanych w niej zagadnień badawczych, opis sposobów ich rozwiązywania, wyniki badań oraz wnioski wysnute na podstawie efektów przeprowadzonych badań. Przyjęty w rozprawie sposób prezentowania rozważań jest ogólnie poprawny, a swoje dywagacje Doktorant prowadzi przy zachowaniu właściwych proporcji w ujmowaniu poszczególnych elementów. Bibliografia zawiera 75 publikacji głównie anglojęzycznych. Prac w tym języku wykazano 46. Spis literatury zawiera także prace w języku polskim (26), niemieckim (2) oraz czeskim (1). W skład bibliografii z jakiej korzystał mgr inż. Ł. Gil wchodzi również 8 źródeł w postaci stron internetowych.

Praca napisana jest poprawnym językiem, z wykorzystaniem naukowej terminologii, w sposób logicznie spójny, chociaż zdarza się w niej wiele błędów redakcyjnych. Rozprawa pomimo tych uchybień jest napisana z należytą starannością. Świadczy to o przygotowaniu Doktoranta do interpretacji oraz omawiania uzyskanych wyników.

Tytuł dysertacji został sformułowany jednoznacznie, w sposób zrozumiały, z jednoczesnym zasygnalizowaniem podjętego problemu badawczego. Zasygnalizowana tytułem badana problematyka oraz uczynienie jej przedmiotem pracy doktorskiej jest budzącym ciekawość poznawczą wyzwaniem, którego rozwiązanie może być podstawą do uzyskania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Doktorant sformułował problem badawczy jaki zamierza rozwiązać w efekcie zaproponowanego procesu badawczego. Zasygnalizował go w tytule pracy oraz we wstępie dysertacji. Szeroko rozwinął go także w podsumowaniu przeglądu literatury, jednak także bez sformalizowania go np. w formie podrozdziału.

Istotnym uchybieniem jest brak postawienia hipotez badawczych, których wyjaśnienie zakończone ich potwierdzeniem lub odrzuceniem powinno stanowić myśl przewodnią prowadzonych badań oraz mieć swoje odzwierciedlenie we wnioskach. Należy tutaj nadmienić, że mgr inż. Łukasz Gil, sformułował cel główny i cele cząstkowe o znaczeniu utylitarnym. Powinien jednak uzupełnić je o przynajmniej jedną hipotezę skorelowaną z ich zakresem. W przypadku tej pracy, która w założeniu ma duży potencjał utylitarny, przynajmniej jedna hipoteza badawcza powinna również dotyczyć tego potencjału, wskazując w efekcie końcowym kierunki i możliwości wykorzystania uzyskanych wyników przeprowadzonych prac badawczych. To nie dyskwalifikuje dysertacji jako pracy badawczej prowadzącej do uzyskania przez jej Autora stopnia doktora nauk rolniczych i ogrodniczych, lecz obniża ocenę pracy oraz ma wpływ na ocenę warsztatu badawczego Kandydata i jego przygotowania naukowego. Z tych przyczyn ta ocena nie może być wysoka, ale jest pozytywna.

Pod względem językowym i formalnym recenzowana dysertacja zasługuje na pozytywną ocenę, choć mam kilka uwag i pytań. Doktorant nie dochował należytej staranności redakcyjnej przygotowując treść dysertacji. Można w niej znaleźć błędy stylistyczne, gramatyczne, błędne oraz podawane w różnych konwencjach odwołania literaturowe, brak rozwinięcia stosownych skrótów czy podawanie wartości parametrów w jednostkach dodatkowych, a nie głównych jednostkach układu SI (Międzynarodowego Układu Jednostek Miar, fr. *Système international d'unités*).

Pojawia się także pytanie, dlaczego w spisie literatury nie zamieszczono źródeł niektórych zdjęć, np. przyczep zamieszczonych na rys. 1, 45, a pozyskanych ze stron internetowych? Kolejne pytanie dotyczy powodów braku podania informacji o źródłach grafik zamieszczonych na rys. 6 -8.

Uchybieniami redakcyjnymi i edytorskimi są także np.:

- zapisanie na str. 3 mocy ciągnika w KM, bez uzupełnienia jej o wartość mocy podaną w kW, chyba, że jest to dosłowny cytat z przywołanej pracy [Habich 1948], ale wówczas powinien zostać on ujęty w cudzysłów;
- podawanie ciśnienia powietrza w oponie w *bar* jednostce technicznej zwyczajowo używanej w tym kontekście, a nie w *kPa* lub *MPa* jako podstawowych jednostkach układu SI;
- różnicowanie sposobu zapisu przywoływanych publikacji wielu autorów (w treści jest zarówno „i in.” oraz „i inni” lub zapomnianie o dodaniu tego zwrotu przy cytowaniu publikacji wielu autorów, np. str. 25, a także podawanie inicjałów imion autorów publikacji w zapisie cytowania);
- zapis na str. 19: „Powyżej na rys. 5, przedstawiono...”, w sytuacji, kiedy ów rysunek został zamieszczony dwie strony wcześniej, na stronie 17;
- zapisywanie wartości liczbowych i związanych z nimi jednostek miary jako rozdzielonych pomiędzy 2-oma wersami, jak np. na str. 8, 40, 44, 45, 90;
- umieszczenie tytułu tabeli nr 1 pod tabelą zamiast nad nią i brak podania źródła danych pod tabelą;
- niewłaściwe (zbyt małe w porównaniu z resztą tekstu) zastosowane odstępy pomiędzy wersami w części tekstu na str. 11, 17;
- brak odwołania w tekście do rys. 16-19;
- podzielenie tab. 3 na dwie strony, kiedy jej wielkość uprawnia do jej zamieszczenia na jednej stronie.

4. Merytoryczna ocena pracy

Doktorant swoją dysertację rozpoczął od jednostronicowego rozdziału 1. *Wstęp*, w którym w syntetyczny sposób przedstawia zakres problematyki jaką zamierza się zajmować w ramach swoich badań, a także wstępnie, ogólnie zarysowuje problem badawczy jaki zamierza podjąć w dysertacji. Zaczyna od rysu historycznego badań parametrów trakcyjnych ciągników rolniczych na różnych nawierzchniach, następnie wskazuje obecne tendencje badawcze tego problemu, także w odniesieniu do pojazdów samochodowych, a kończy zarysowaniem możliwości obecnych programów do symulacji ruchu pojazdów wykorzystywanych w analizach przyczyn i przebiegów wypadków drogowych. Wskazuje na brak wystarczających, wiarygodnych danych dotyczących ruchu i zachowania się podczas jazdy po nawierzchniach utwardzonych pojazdów rolniczych (ciągników, przyczep, itp.).

Następnie w rozdziale 2 zatytułowanym: „Przegląd literatury”, podzielonym na 4 główne części, a składającym się w sumie z 9 podrozdziałów zamieszcza przegląd i analizę źródeł literaturowych dotyczących podejmowanego zagadnienia badawczego. W odpowiedni sposób wprowadza czytelnika w tematykę badawczą wskazując lukę, którą zamierza uzupełnić

swoimi badaniami. Pierwszą część poświęca opisom aktualnie stosowanych sposobów eksploatacji przyczep i ciągników rolniczych oraz zmiennych warunków podłoża w jakich te pojazdy, maszyny i urządzenia najczęściej pracują. Zwraca uwagę na rozwinięty niedawno trend wykorzystywania ciągników rolniczych do transportu drogowego głównie materiałów rolniczych nawet na dłuższych dystansach. Jest to efektem opracowania przez koncerny produkujące tego typu maszyny, traktorów, które mogą na drogach utwardzonych rozwijać prędkości jazdy nawet do 70 km/h. Wykorzystanie jednego i tego samego ciągnika wyposażonego w te same opony, zagregowanego z tą samą przyczepą do jazdy z niewielką prędkością po powierzchni odkształcalnej (powierzchni pola) i z dużą po drodze utwardzonej (np. asfaltowej) powoduje także radykalną zmienność warunków trakcyjnych takiego agregatu. O ile dla warunków polowych te parametry są bardzo precyzyjnie określone, to w przypadku transportu drogowego z dużymi prędkościami jazdy trudno doszukać się wiarygodnych, sprawdzonych danych. Dochodzą tutaj jeszcze aspekty bezpieczeństwa jazdy takiego zestawu po powierzchniach nieodkształcalnych oraz określenia parametrów procesu hamowania, szczególnie gwałtownego oraz zachowania się poszczególnych członów agregatu podczas takiego manewru. W szczególności brak jest danych badawczych, naukowych i informacji opisujących parametry gwałtownego hamowania przy wysokiej prędkości jazdy dla kół przyczep, a więc dla kół nienapędzanych. Druga część tego rozdziału zawiera omówienie zasad eksploatacji pojazdu rolniczego, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu oraz znaczenia parametrów układu koło-podłoże. Autor analizuje dynamikę zarówno koła napędzanego, jak i nienapędzanego, teorię przyczepności dla zmiennych warunków zależnych od rodzaju, stanu nawierzchni czy też rodzaju koła i opony. Omawia również przebieg procesu hamowania zarówno koła napędzanego jak i swobodnie toczącego się. W tej części na str. 13 została zacytowana następująca publikacja: [Dajniak 1985]. Nie znalazłem jej wykazanej w spisie publikacji, stąd prośba o wyjaśnienie tej rozbieżności. W kolejnej części tego rozdziału Doktorant zajmuje się zagadnieniami związanymi z metodami badań właściwości trakcyjnych z uwzględnieniem wybranych parametrów mających istotny wpływ na uzyskiwane wyniki i reakcje zachodzące na styku koła z powierzchnią. W szczególności Kandydat analizuje wpływ obciążenia pionowego i zmian ciśnienia w oponie na właściwości trakcyjne układu koło-powierzchnia, po której się ono toczy. Ostatnią część tego rozdziału swojej dysertacji poświęca omówieniu zasad działania specjalistycznych programów komputerowych symulujących ruch pojazdów, aktualnie wykorzystanych, np. do analiz przebiegu i wskazywania domniemanych przyczyn wypadków drogowych. Wskazuje możliwości aplikacyjne tych programów w odniesieniu do zastosowania w badaniach ciągników, pojazdów i agregatów rolniczych typu ciągnik-przyczepa. Wykazuje istniejące, istotne braki w bazach danych tych programów odnoszące się do powyżej wymienionych rodzajów i kategorii pojazdów, wskazując sytuacje w jakich są one szczególnie widoczne. Całość kończy wspomnianym wcześniej, krótkim podsumowaniem. Wskazuje w nim zakresy potencjalnych badań, których wyniki pozwoliłyby na wypełnienie luk w wiedzy naukowej, w tym również aspekcie analizy parametrów przyczepności kół pojazdów niewyposażonych we własny napęd, jakimi są np. przyczepy rolnicze. Tę część powinien zamieścić w osobnym podrozdziale zatytułowanym, np. *Problem badawczy*.

Do tego rozdziału mam kilka uwag redakcyjnych, które wymieniłem we wcześniejszych punktach recenzji, w szczególności chodzi tu o liczne błędy w zapisach cytowanych publikacji. Mgr inż. Ł. Gil włożył wiele wysiłku w przanalizowanie bardzo wielu wielojęzycznych prac i zestawianie prezentowanych tam informacji. Należy to podkreślić i docenić jego pracowitość w tym aspekcie. Znaczna część z nich pochodzi sprzed kilkunastu lat, a są nawet prace kilkudziesięcioletnie. Stąd pytanie do Doktoranta o powody takiego doboru materiałów źródłowych.

W następnym, krótkim rozdziale: *Cel i zakres pracy* Kandydat zwięźle przedstawił jeden wynikający z wykazanych w przeglądzie literatury luk w wiedzy naukowej, główny cel jaki sobie postawił, przystępując do realizacji badań, którym jest ocena czynników wpływających na przyczepność koła pojazdu na wybranych podłożach o niskiej odkształcalności. Zostały również postawione cele cząstkowe o charakterze użytkowym związane wyznaczanymi i badanymi parametrami trakcyjnymi. W tym rozdziale został także syntetycznie przedstawiony zakres pracy. Zabrakło jednak postawienia jasnych hipotez badawczych związanych ze wskazanymi celami cząstkowymi. W tym miejscu pojawia się więc pytanie: dlaczego nie zostały one zapisane w pracy?

Kolejny, 4 rozdział pracy składający się z sześciu podrozdziałów został zatytułowany „*Metodyka badań*” i zawiera opis metod badawczych, jakie zostały wykorzystywane w czasie prowadzenia badań, gromadzenia wyników i ich analizy. W pierwszej części tego rozdziału Doktorant formułuje ogólną koncepcję badań, którą rozwija w kolejnych podrozdziałach. Następny podrozdział zawiera opis stanowiska badawczego, na jakim były realizowane wszystkie prace badawcze na potrzeby ocenianej pracy doktorskiej. Już w pierwszym zdaniu Autor pisze, iż: „*Stanowisko badawcze zostało skonstruowane w taki sposób...*” co rodzi kolejne pytanie: czy zostało ono zbudowane na potrzeby realizacji badań do niniejszej dysertacji naukowej, czy też było już wcześniej skonstruowane, a Doktorant tylko wykorzystał go do prowadzenia własnych badań? W pierwszym przypadku należałoby podać jaki udział w opracowaniu stanowiska miał mgr inż. Ł. Gil, a drugim zapisać w zasobach jakiej jednostki Uniwersytetu owo stanowisko się znajduje. Kolejne uwagi dotyczą siłomierza mierzącego zadawane obciążenie pionowe, dla którego nie zostały podane żadne dane, nawet nie został określony jego model, nie mówiąc o parametrach technicznych. Kolejna część tego rozdziału dysertacji dotyczy badanych podłoży. Doktorat wytypował do badań przyczepności koła pojazdu dwa podłoża o niskiej odkształcalności: utwardzoną drogę gruntową oraz drogę zbudowaną z kostki granitowej. Badania prowadził na stanowisku badawczym, którego częścią składową była kuweta, nazywana przez Niego skrzynką. W niej były umieszczane fragmenty nawierzchni będące przedmiotem badań. W przypadku materiału pobranego z drogi utwardzonej pojawia się pytanie, czy parametry pobranej próbki rzeczywiście odpowiadały parametrom drogi, z której ją pobrano. Autor oprócz ogólnego opisu frakcji i składu granulometrycznego nie zamieszcza żadnych parametrów technicznych, np. gęstości objętościowej, czy zwięzłości pozwalających na dokładniejszą identyfikację tego podłoża. Z kolei opisując metodykę przygotowania próbki podaje, że była ona ugniatana w skrzynce

do uzyskania zwięzłości rzędu 5,5 – 6,0 MPa, dlatego pytanie na jakiej podstawie została przyjęta taka wartość? W badaniach wykorzystano dwa różne podłoża o niskiej odkształcalności, jednak nie została przeprowadzana ich analiza porównawcza, np. z wykorzystaniem wspomnianej gęstości objętościowej i stąd pytanie: dlaczego ją pomięto w procesie badawczym? Czwarta część metodyki to bardzo krótki opis przebiegu badań. Doktorant planując swoje doświadczenia, oprócz podłoża przyjął następujące zmienne: siłę obciążania pionowego koła (4095 N, 7357 N i 9810 N), wartości te odpowiadają naciskom na koło przyczepy w przypadku, kiedy będzie ona pusta, napełniona w połowie oraz pełna, a także ciśnienie powietrza w oponie, dla którego wybrał następujące wartości: 80 kPa (0,8 bara), 120 kPa (1,2 bara) oraz 160 kPa (1,6 bara). Opis przebiegu badań, jaki zamieścił mgr inż. Łukasz Gil nie jest jednak kompletny. Brakuje w nim np. opisu sposobu, przebiegu i kontroli nawilżania badanych nawierzchni, a dwa jej stany: sucha i mokra są elementem porównań wyników badań. W tej części powinny się również znaleźć opisy sposobu wyznaczania współczynnika przyczepności i przebiegu badania przemieszczania koła. Zmienność obydwu tych wielkości oprócz siły przyczepności jest później wnikliwie analizowana przez Autora. Stąd pytanie do Doktoranta o powód tych braków i prośba o przybliżenie tego fragmentu metodyki badań. W tej części Kandydat nie podał także żadnych danych ręcznego manometru, jaki używał do pomiaru i kontroli wartości poziomego ciśnienia w badanej oponie. W następnym podrozdziale Autor zamieścił opis metod statystycznych zastosowanych do opracowania wyników. Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadził wykorzystując oprogramowanie *TableCurve 2.0*. Weryfikację normalności rozkładu badanych cech wykonał wykorzystując test Shapiro–Wilka, a homogeniczność wariancji weryfikował za pomocą testu Levene’a. Do prowadzenia obliczeń statystycznych zastosował wieloczynnikową analizę wariancji z interakcją przyjmującą $\alpha = 0,05$ jako poziom istotności. Ponadto, dla tego samego poziomu istotności oszacował Najmniejsze Istotne Różnice (NIR) dla wariancji próbek populacji za pomocą testu Fishera. Ostatnią część metodyki Autor poświęcił na omówienie wykorzystania uzyskanych wyników do przeprowadzenia analiz symulacyjnych dla prognozowania zdarzeń drogowych. Do tego celu wykorzystał program *PC Crash*, który jest dedykowany m. in. biegłym sądowym oraz inżynierom projektantom pojazdów. Na potrzeby tych analiz przyjął, że wyznaczone parametry przyczepności koła dla wszystkich testowanych, zmiennych warunków eksploatacyjnych odnoszą się do czterech kół przyczepy zaczepionej za ciągnikiem rolniczym realizującym proces dynamicznego hamowania całego zestawu. Celem tego etapu badań była próba oceny ryzyka utraty stateczności badanego pojazdu prowadzącego do możliwej utraty kontroli nad pojazdem, które może powstać w wyniku utraty przyczepności.

Najobszerniejszą część pracy stanowi rozdział 5. „*Wyniki badań i ich analiza*”, który Doktorat podzielił na 4 części i 3 podrozdziały. Nie jest to dobry podział, ponieważ pierwsza, nienumerowana część, jest najdłuższa i zawiera analizę uzyskanych z doświadczeń wyników badań prowadzoną w różnych aspektach. Z tego powodu każda z analiz w tej części dysertacji powinna być kolejnym podrozdziałem, a wszystko należałoby poprzedzić krótkim wprowadzeniem odnoszącym się do całokształtu przeprowadzonych rozważań. W kolejnych podrozdziałach Autor zawiera wyniki analiz statystycznych, opis modeli matematycznych

wyznaczonej maksymalnej siły przyczepności oraz zamieszcza wyniki analiz symulacyjnych ruchu pojazdu (ciągnik rolniczy + przyczepa rolnicza) na podstawie uzyskanych danych badawczych.

Doktorant prawidłowo prowadzi analizy przebiegu zmienności siły przyczepności i jej maksymalnych wartości, współczynnika przyczepności oraz wartości przemieszczenia koła w zależności od wprowadzanych zmiennych, czyli rodzaju i stanu nawierzchni, obciążenia pionowego koła, ciśnienia w oponie. Wysnuwa właściwe wnioski z przeprowadzanych analiz porównawczych. Szkoda tylko, że analizując zmiany wartości np. siły przyczepności Autor nie próbuje dociec ich przyczyn w szerszym, niż przyjęty przez niego zakresie badań, kontekście analizowanego zjawiska. Być może odpowiedzią na część pojawiających się pytań byłoby dokonywanie pomiaru także wielkość powierzchni styku opony z podłożem, która zmienia się zarówno wraz ze zmianami ciśnienia w opinie jak i wielkością obciążenia pionowego. Także pomiar zmian wartości promienia dynamicznego koła lub wielkości ugięcia opony czy też wielkości deformacji podłoża (dla nawierzchni drogi utwardzonej) mogłyby być zrealizowane jako uzupełnienie zasadniczego zakresu badań przyczepności. Należy jeszcze zwrócić uwagę, że opisy osi na wykresach powinny rozpoczynać się wielkimi literami oraz powinny być dokładniejsze. Zapis: *Siła* niewiele mówi w kontekście analizy wykresu bez dokładnego czytania treści opisu. Wskazane jest również, aby wykresy dotyczące tego samego zagadnienia, w miarę możliwości miały taki sam zakres wielkości na osiach, co znacznie ułatwia prowadzenie analizy porównawczej zamieszczonych danych.

Mgr inż. Ł. Gil przeprowadził analizę statystyczną uzyskanych wyników, której interpretacja nie budzi większych zastrzeżeń. Wykazał, które interakcje badanych zmiennych są istotne statystycznie, co jest ważne w kontekście przyszłego, utylitarnego wykorzystania efektów przeprowadzonych badań. W punkcie 6.2 pracy zamieszczone zostały opracowane przez Kandydata modele matematyczne opisujące maksymalną siłę przyczepności dla wszystkich czterech badanych podłoży. Dla obydwu podłoży w stanie suchym zostały wskazane modele w postaci równań logarytmicznych, a dla podłoży mokrych – wielomianowych drugiego stopnia. Jest to błąd, ponieważ proces fizyczny ma zawsze jednakowy charakter swojego przebiegu, niezależnie od wpływających na niego czynników zewnętrznych. We wszystkich czterech przypadkach jest to ten sam proces fizyczny. Z jakich więc powodów nie opisano wszystkich przebiegów jednym rodzajem równań odpowiadających rzeczywistemu przebiegowi analizowanego zjawiska i które z tych równań w rzeczywistości opisuje to badane zjawisko?

Ostatnią część analizy wyników Doktorant poświęcił na omówienie przeprowadzonych analiz symulacyjnych w zaprojektowanym przez Niego środowisku ruchu w programie *PC Crash*. Celem tych analiz było sprawdzenie możliwych do wystąpienia zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu zestawu pojazdów ciągnik rolniczy - przyczepa rolnicza podczas gwałtownego hamowania. Danymi wejściowymi były uzyskane z badań wartości wskaźników przyczepności odpowiadające przyjętym kolejnym wariantom badawczym. Aby symulacje mogły być realizowane, tzn., aby można było analizować zachowanie zestawu podczas gwałtownego hamowania, Autor przyjął kolejne założenie wskazując dwie prędkości jazdy badanego zestawu 30 km/h (maksymalna dopuszczalna prędkość jazdy pojazdów rolniczych

w Polsce) oraz 50 km/h (prędkość z jaką mogą poruszać się ciągniki rolnicze nowej generacji po drogach utwardzonych). Te informacje powinny znaleźć się również w opisie metodyki tego etapu badań. W ramach procesu badawczego zostało przeanalizowane wiele różnych wariantów, w tym takie, w których każda ze stron zestawu poruszała się po powierzchniach o różnych przyczepnościach. W efekcie tych analiz symulacyjnych Kandydat otrzymywał wyniki w postaci przebiegów zachowania się badanego zestawu w określonych warunkach, co pozwoliło Mu na wskazanie tych najbardziej niekorzystnych. Największe niebezpieczeństwo dla stateczności zestawu wystąpiło przy hamowaniu z prędkości 50 km/h na kostce granitowej, która dla jednej strony zestawu była sucha - większe współczynniki przyczepności, a dla drugiej strony mokra - współczynniki mniejsze.

W dysertacji, w tym miejscu, brakuje przeprowadzenia przez Doktoranta dyskusji uzyskanych przez niego ciekawych wyników z efektami podobnych badań prowadzonych przez innych badaczy i naukowców. W ten sposób jeszcze bardziej uwypukliłby wagę swoich badań, uzyskanych wyników i ich wpływ w rozwój nauki.

6 rozdział Autor zatytułował „*Wnioski i dyskusja*” i zawarł w nim skonkludowanie przeprowadzonych przez siebie badań siedmioma wnioskami, które korespondują z postawionymi celami pracy oraz potwierdzają rozwiązanie przyjętego problemu badawczego. Wnioski w większości mają charakter użyteczny, ale część z nich są to stwierdzenia, dlatego ten rozdział powinien mieć raczej tytuł „*Podsumowanie i wnioski*”.

Ostatnim numerowanym rozdziałem w ocenianej dysertacji jest rozdz. 7. *Streszczenie*, zawierający streszczenia pracy w języku polskim i angielskim. W mojej opinii nie powinien to być numerowany rozdział, a streszczenia powinny być raczej umieszczone na początku pracy, aby czytelnik mógł się zorientować w zakresie merytorycznym pracy naukowej, jaką bierze do ręki.

Rozdział „*Spis literatury*” zawiera 75 pozycji. W pracy zostało zacytowane 74 pozycje ze spisu, dlatego prosba o komentarz i wyjaśnienia tych rozbieżności, jakie również zostały wskazane w części recenzji dotyczącej rozdziału *Przegląd literatury*. Mam jeszcze kilka uwag do tej części dysertacji. Powinien to być kolejny numerowany rozdział pracy. Spis bibliograficzny nie został wykonany z odpowiednią starannością redakcyjną. Przy redakcji tej części każdej pracy naukowej, w tym dysertacji, należy zwracać uwagę, aby wszystkie pozycje były zapisane w jednakowej konwencji. Doktorant zastosował kilka różnych sposobów zapisywania publikacji. W pozycji 7 powinny zostać podane nazwiska wszystkich współautorów, a nie tylko pierwszego autora z dopiskiem: *i inni*. W przypadku prac nr 24 i 51 nie został zapisany tytuł publikacji, a jedynie tytuły i dane bibliometryczne czasopism. W przypadku artykułu nr 48 podano dwa różne lata jego wydania, a dla pozycji nr 65 w ogóle nie podano roku opublikowania pracy. Pozycje 70 i 73 zostały zdublowane w spisie literatury.

Pan mgr inż. Łukasz Gil nie zamieścił żadnej pracy, której byłby autorem lub współautorem, rodzi to kolejne pytanie o jego wcześniejsze dokonania naukowe, badawcze oraz ich powiązanie z zakresem niniejszej dysertacji.

5. Końcowa ocena rozprawy

Opiniowana przeze mnie praca naukowa mgra inż. Łukasza Gila jako przedmiot rozprawy doktorskiej spełnia kryteria merytoryczne i formalne stawiane dysertacjom doktorskim. Praca wykonana została z użyciem prawidłowych metod badawczych, umożliwiających osiągnięcie założonego przez Doktoranta celu. Dobrze przyjął on założenia badawcze, rozplanował i przeprowadził swoje doświadczenia. Dokonał prawidłowej interpretacji uzyskanych wyników badań. Występujące w rozprawie błędy i uchybienia mają charakter edytorski, ale także i merytoryczny, które co prawda obniżają jej wartość, ale jej nie dyskwalifikują. W realizacji badań Doktorant wykazał się wytrwałością oraz pracowitością. Umożliwiło mu to zrealizowanie zakładanego zakresu prac badawczych, które dostarczyły wielu przydatnych dla praktyki danych i informacji.

Przyjęty w rozprawie sposób prezentowania rozważań jest ogólnie poprawny. Rozważania te są prowadzone konsekwentnie, a treść rozprawy ułożona jest we właściwej kolejności. Rozprawa wskazuje na odpowiednie przygotowanie Autora do samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych. Zakres rozpatrywanej problematyki jest w pełni wystarczający i pod tym względem rozprawę doktorską mgra inż. Łukasza Gila należy ocenić pozytywnie. Przedstawione wyniki badań mają również duże znaczenie utylitarne.

Uwagi, pytania i spostrzeżenia jakie nasunęły mi się w trakcie oceny pracy zawarłem we wcześniejszych punktach niniejszej recenzji.

6. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że rozprawa pod względem merytorycznym spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 wraz z późn. zm.) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818). i oceniam ją pozytywnie. Stwierdzam, że w rozprawie doktorskiej przedstawiono oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant wykazał się opanowaniem i posiadaniem ogólnej wiedzy teoretycznej oraz odpowiednim przygotowaniem do samodzielnego prowadzenia prac badawczych i naukowych.

Biorąc pod uwagę powyższą recenzję wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o dopuszczenie mgra inż. Łukasza Gila do publicznej obrony jego rozprawy doktorskiej pt. „Czynniki techniczno-eksploatacyjne warunkujące bezpieczne użytkowanie ciągników rolniczych”.

