

Prof. dr hab. inż. Wojciech Tanaś  
Zakład Maszynoznawstwa Rolniczego  
Katedra Maszyn Rolniczych, Leśnych i Transportowcach  
Wydział Inżynierii Produkcji  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 27.04.2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej pt. „Obciążenia energetyczne oraz efektywność pracy zespołu zgarniającego kamienie” Pana mgr. inż. Jarosława Margielskiego w związku z postępowaniem o nadanie Mu stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Recenzja została opracowana zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie na posiedzeniu w dniu 25 stycznia 2022 na polecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna SGGW w Warszawie Pana dr hab. inż. Tomasza Nurka, prof. SGGW (pismo II M-8/X/2022 z dnia 02.02.2022 r.

Rozprawa doktorska napisana została pod kierunkiem promotora dra hab. inż. Jarosława Chlebowskiego i promotora pomocniczego dra inż. Adama Świętochowskiego.

## 1. Ocena rozprawy doktorskiej

### 1.1. Ocena rozprawy pod względem formalnym

Opiniowana rozprawa liczy 123 strony tekstu, w tym spis treści, bibliografia, spis ważniejszych oznaczeń w pracy oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Rozprawa składa się z 8 rozdziałów, bibliografii i załączników następujących po sobie według logicznego porządku. Układ rozprawy jest spójny i przejrzysty.

Formalnie rozprawa napisana jest w sposób poprawny, co ma szczególne znaczenie w odniesieniu do sformułowanego problemu naukowego w rozdziale trzecim.

Cel i zakres pracy Autor zawarł w rozdziale III definiując istniejący problem użyteczny i naukowy. Dla sformułowanego problemu naukowego i użytecznego autor określił cel naukowy i użyteczny oraz cele szczegółowe, dzięki którym, uzyska on rozwiązanie zadań badawczych.

Przytaczane w pracy formuły są poprawne, a przedstawione materiały i metodyka badań oraz sposób prezentacji, i interpretacji uzyskanych wyników w zupełności wyczerpują zagadnienie.

W zakończeniu rozprawy Autor przedstawił wnikliwe i dogłębne podsumowanie oraz sformułował 8 szczegółowych wniosków, treść których wynika głównie z przeprowadzonych badań. Wykaz materiałów źródłowych (literatura) zawiera 104 numerowane pozycje. W części tej znajduje się wiele aktualnych publikacji dotyczących technologii usuwania kamieni z gleby, co świadczy o ukierunkowanej problematyce badawczej Autora niniejszej rozprawy.

## 1.2. Ocena zasadności podjęcia tematu

Przedstawiona do recenzji praca jest oryginalnym opracowaniem Autora dotyczącym oceny obciążeń energetycznych oraz efektywności pracy zespołu zgarniającego kamienie w procesie ich usuwania z pól. W przeglądzie piśmiennictwa Autor umiejętnie analizuje agrotechniczny, mechanizacyjny i badawczy aspekt zakamienienia gleb. Problem związany z nadmiernym stopniem zakamienienia niektórych pól uprawnych w warstwie ornej nie jest zagadnieniem nowym, jednak pomimo tego faktu przedstawione w rozprawie kolejne etapy opracowania projektu i budowy modelu wirnikowego zgarniacza kamieni wykorzystanego w procesie ich usuwania z pól uprawnych uważam za zasadne i jak najbardziej aktualne, chociażby w kontekście zmniejszenia energochłonności i nakładów eksploatacyjnych w technologiach uprawy podstawowej i doprawiania gleb.

Recenzowana rozprawa doktorska według mnie jest próbą połączenia zagadnień jakości, a ściślej metod stosowanych w ocenie jakości wykonywania zabiegu agrotechnicznego jakim jest zgarnianie kamieni z pól uprawnych oraz sformułowania własnego celu jako opracowania oryginalnej metody – modyfikacji wirnikowego zgarniacza kamieni wykorzystanego w procesie ich usuwania z pól wraz z ograniczeniem energochłonności i zachowaniem wysokiej jakości pracy. Tak określony cel osiągnął Autor poprzez realizację następujących zadań cząstkowych w szczególności:

- zbadanie relacji wirnik zgarniacza – kamienie przy różnej prędkości obrotowej wirnika i prędkości ruchu zgarniacza, kąta ustawienia wałów wirnika względem prostopadłej do kierunku ruchu zgarniacza,
- wyznaczenie drogi i kąta przemieszczenia zgarnianych kamieni;
- wyznaczenie kątów profilu bruzdy po przejeździe zgarniacza kamieni;
- wyznaczenie siły uciągu w lewym i prawym wsporniku wału wirnika oraz bocznej, prostopadłej do kierunku ruchu zgarniacza;
- obliczenie mocy uciągu zgarniacza kamieni i potrzebnej do obrotu ruchu wirnika.

Spośród wymienionych parametrów kryterialnych, parametry związane z obciążeniem odniesiono do jednostki, będącej iloczynem masy kamieni (kg) i szerokości roboczej wirnika zgarniacza (m) co pozwoliło na porównanie wyników badań.

Ocena jakości produktów, usług lub efektów wykonanej pracy jest przedmiotem zainteresowania w wielu dziedzinach życia, szczególnie w sytuacji dużej podaży różnych wariantów danego wyrobu na rynku, w tym przypadku podaży wirnikowych zgarniaczy kamieni na rynku maszyn rolniczych.

Głównym problemem jest wyznaczenie ilościowych mierników oceny tej jakości i określenie kryteriów ich ważności, tak aby uzyskać można było w pełni obiektywne liczbowe wskaźniki. Praca Autora w pełni odzwierciedla problematykę tego zagadnienia. Przedstawiona rozprawa zawiera elementy badań zarówno podstawowych jak i aplikacyjnych. Rozpatrywany w niej problem naukowy jest jak najbardziej aktualny, celowy i mieści się w ramach dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Tematyka poruszana przez Autora z powodzeniem może być przedmiotem realizacji pracy doktorskiej.

### 1.3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Na podstawie przeglądu piśmiennictwa oraz własnych prób wstępnych Autor przeprowadził badania laboratoryjne w kanale glebowym w Katedrze Inżynierii Biosystemów Instytutu Inżynierii Mechanicznej SGGW w Warszawie.

Badania przeprowadzono w kanele glebowym w niezagęszczonym piasku glebowym o wilgotności 9%, zakamienieniu gleby  $30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , używając kamieni o średnicy zastępczej  $\phi = 122 \text{ mm}$ . Prędkość ruchu zespołu zgarniacza wynosiła  $0,7$  i  $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , a prędkość obrotowa wału wirnika zgarniacza  $80$ ,  $100$  i  $120 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ . W analizie czynników Autor posłużył się pojęciem współczynnika kinematycznego, będącego relacją prędkości obwodowej wirnika i prędkości ruchu zgarniacza. Dla ustalonych prędkości wartości współczynników kinematycznych wynosiły  $1,7$ ;  $2,1$ ;  $2,4$ ;  $2,5$ ;  $3,0$  i  $3,6$ . Kąt ustawienia wału wirnika względem prostopadłej do kierunku zgarniacza wynosił  $15$ ,  $20$ ,  $25$ ,  $30$  i  $35^\circ$ . Do badań wykorzystano model zgarniacza o średnicy wirnika  $400 \text{ mm}$  i długości  $1 \text{ m}$ , którego zęby o długości  $120 \text{ mm}$  pracowały na głębokości  $70 \text{ mm}$ .

Do efektów przemieszczenia kamieni (drogi i kąta) zastosowano metodę bezpośredniego pomiaru współrzędnych położenia kamieni przed i po ich przemieszczeniu przez wirnik zgarniacza. Kąt pochylenia bruzd pozostawionych po pracy zębów zgarniacza mierzono bezpośrednio kątomierzem.

Do pomiaru sił w układzie 3D w lewym i prawym wsporniku zgarniacza kamieni Autor zastosował dwa trzykierunkowe czujniki sił CS3D. Prędkość obrotową wału wirnika i moment obrotowy na wale wirnika zmierzono zintegrowanym momentomierzem MTR 500. Częstotliwość próbkowania wynosiła 50 Hz.

Przedstawiona metodyka badań w warunkach laboratoryjnych obejmowała:

- skalowanie czujników i przetworników pomiarowych oraz sprawdzenie wyposażenia pomiarowego i badawczego;
- charakterystykę materiału wykorzystanego w badaniach (gleby, kamieni);
- pomiary energetyczne modelu zgarniacza kamieni.

Metodyka skalowania czujników i przetworników pomiarowych oraz sprawdzenie wyposażenia pomiarowego i badawczego dotyczyła:

- momentomierza indukcyjnego, zamontowanego na wale napędowym zgarniacza kamieni;
- obrotomierza, wyposażonego w indukcyjny znacznik obrotów, połączonego integralnie z momentomierzem;
- tensometrycznego przetwornika siły typu CL 14, o zakresie pomiarowym 10 kN;
- tachometrów mikroprocesorowych CL146P z wyjściem analogowym i indukcyjnymi czujnikami zbliżeniowymi.

Plan eksperymentu oraz dobór czynników zakłada precyzyjną ocenę modyfikacji badanego zgarniacza kamieni przy różnych wariantach eksploatacyjnych.

W rozdziale Materiał i metodyka badań Autor dokładnie opisuje przebieg zaplanowanych badań poświęcając wiele uwagi na szczegóły dotyczące przede wszystkim nowoczesnych systemów pomiarowych, wyposażonych w cyfrowe urządzenia do pozyskiwania i obróbki danych. Na podstawie tak dużego asortymentu urządzeń pomiarowych i rejestrujących można stwierdzić, że „warsztat badawczy” Autora jest bardzo bogaty, a mnogość uzyskanych wyników, wymagająca mnóstwa czasu i zaangażowania wzbudzają uznanie. Nowością pracy jest zbadanie po raz pierwszy:

- oryginalnej metody badań i opisanie zachowania się kamieni po zderzeniu z zębami wirnika zgarniacza kamieni pracującego przy zadanych parametrach roboczych;
- opracowanie wskaźników kinematycznych i dynamicznych charakteryzujących reakcje i sprzężenie zwrotne układu wirnik zgarniacza – kamienie;
- wprowadzenie pojęcia i wyznaczenie jednostkowych sił, momentów i mocy w przeliczeniu na jednostkę będącą iloczynem masy kamienia i szerokości roboczej wirnika odpowiednio:  $N \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ ,  $N \cdot m \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ ,  $W \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ .

Na podstawie zgromadzonych danych Autor prawidłowo przeprowadził zestawienia mierzonych parametrów i przedstawił je w 53 stronicowym rozdziale „wyniki badań”. Ta część pracy według mnie jest najbardziej wartościowa z punktu widzenia rozwoju dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Zawiera ona ilościowe mierniki oceny modyfikowanego zgarniacza kamieni. Ocenę poparto właściwie dobranym i zastosowanym narzędziem statystycznym, którego mógłby pozazdrościć nie jeden autor. Oprócz typowych zależności pomiędzy badanymi czynnikami, a wynikowymi (analizy regresji) Autor podaje wybrane zależności pomiędzy czynnikami wynikowymi (korelacje).

W powyższym procesie Autor poddał analizę:

- charakterystykę kamieni;
  - przemieszczenie kamieni i profile bruzd w glebie;
  - drogę i kąty przemieszczenia kamieni przez wał wirnika zgarniacza;
  - kąt przemieszczenia kamieni względem kierunku narzędzia;
  - kąt profilu bruzd w glebie;
  - obciążenia energetyczne wału zgarniacza kamieni;
  - jednostkową siłę uciągu w lewym i prawym wsporniku oraz boczną;
  - jednostkową moc uciągu i obrotu zgarniacza,
- uzyskując regresyjne nieliniowe modele, które zobrazowano metodą powierzchni odpowiedzi.

Według mnie w celu określenia optymalnych wartości kąta wału wirnika  $\alpha_w$  i współczynnika kinematycznego  $\lambda$  należałoby zastosować metodę przekrojów poprzecznych powierzchni odpowiedzi, co pozwoliłoby na ich precyzyjne i wiarygodne wyznaczenie.

Odrębną kwestią jest przedstawienie i analiza wartości sił występujących we wspornikach nośnych zgarniacza oraz siły uciągu. W ogólnym bilansie poboru mocy przez zgarniacz kamieni jest moc uciągu, co prawidłowo przedstawił i zinterpretował Autor w analizie wyników. Próba oceny wpływu modyfikacji zgarniacza na siły we wspornikach i uciągu ogranicza się zaledwie do stwierdzenia zależności tych sił od regulacji, wariantu konstrukcji oraz prędkości postępowej zgarniacza i nie przekłada się na inne zależności. Być może wyznaczenie korelacji pomiędzy tymi siłami pozwoliłoby na wysunięcie jakichkolwiek konkluzji, ale i tak trudnych do zinterpretowania.

Przedstawione przez Autora dogłębne podsumowanie oraz zawarte w pracy wnioski stanowią pełną odpowiedź na sformułowany problem badawczy i wynikają z przeprowadzonych badań. Podsumowanie według mnie ujmuje precyzyjnie i w sposób zwarty całość pracy. Przedstawione uwagi w części formalnej jak i merytorycznej nie

naruszają koncepcji pracy. Mają charakter dyskusyjny i częściowo wynikają ze skrótów myślowych. Nie podważają wartości naukowej pracy.

#### 1.4. Opinia końcowa o rozprawie

Pan mgr inż. Jarosław Margielski zrealizował postawiony cel – opracował modyfikację zespołu zgarniającego kamienie i ocenił jego przydatność poprzez analizę jego energochłonności i efektywności pracy. Sposób przeprowadzenia oceny można uznać za innowacyjny. Autor określił obszar przewidzianych do realizacji zadań i rozwiązał je zgodnie z przyjętą metodą badań. Opracowany przez Autora sposób postępowania w ocenie efektywności pracy wirnikowego zgarniacza kamieni, zastosowany w praktyce rzeczywiście umożliwi wiarygodną opinię kwantyfikującą jakość zaproponowanego zespołu zgarniającego jako maszyny rolniczej. Opiniowana praca stanowi zatem samodzielny wkład Pana mgr inż. Jarosława Margielskiego w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna i może być przedmiotem rozprawy doktorskiej.

#### 2. Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę przedstawioną do oceny rozprawę doktorską pt. „Obciążenia energetyczne oraz efektywność pracy zespołu zgarniającego kamienie” stwierdzam, że Pan mgr inż. Jarosław Margielski spełnia wymagania stawiane w Ustawie 595 z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65 poz. 595, z późn. zm.) oraz art. 199 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku, przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, z późn. zm.) w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich i habilitacyjnym oraz postępowaniach o nadaniach tytułu naukowego. Recenzowana praca stanowi istotny wkład w rozwój reprezentowanej przez Autora dyscypliny naukowej – inżynierii mechanicznej, jest oryginalna i charakteryzuje się wartościami poznawczymi i użytkowymi.

Na podstawie powyższych stwierdzeń składam wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Jarosława Margielskiego do publicznej obrony a po lekturze pracy doktorskiej, uwzględniając skrupulatność Autora w redagowaniu tekstu, dociekliwość badawczą, Jego obszerny zasób wiedzy oraz zaprezentowany warsztat badawczy wnoszę o jej wyróżnienie.

Wojciech Tanaś