

Poznań, dnia 18.04.2025 r.

PROTOKÓŁ
z publicznej obrony rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Michała Zawady
przeprowadzonej na
Wydziale Inżynierii Mechanicznej
w dniu 17 kwietnia 2025 roku

pt. „Badanie cech geometrycznych elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczymi”

Na publicznej obronie byli obecni:

Przewodniczący: dr hab. inż. Krzysztof Talaśka prof. PP

Członkowie:

- prof. dr hab. inż. Łukasz Gierz, prof. PP
- dr hab. inż. Piotr Paczos, prof. PP
- dr hab. inż. Paweł Popielarski, prof. PP

Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

Promotor pomocniczy: dr inż. Roman Rogacki

Recenzenci:

- prof. dr hab. inż. Leon KUKIEŁKA
- dr hab. inż. Katarzyna PENTOŚ, prof. UPWR
- prof. dr hab. inż. Czesław RZEŹNIK

Sekretarz: dr inż. Adam Patalas

Nieobecna na posiedzeniu Komisji Doktorskiej: prof. dr hab. inż. Dorota Czarnecka-Komorowska

Obrona pracy doktorskiej odbyła się w sali Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej im. Feliksa Tychowskiego nr 208, budynku A1 przy ulicy Piotrowo 3 o godzinie 10:00.

Na sali obecni byli Przewodniczący, Promotor, Doktorant, prof. dr hab. inż. Leon Kukielka – Recenzent, Dr hab. inż. Katarzyna Pentoś, Prof. UPWR – Recenzent, Prof. dr hab. inż. Czesław Rzeźnik - recenzent, Sekretarz oraz 3 członków Komisji Doktorskiej. Nieobecna Członkini Komisji Doktorskiej Czarnecka-Komorowska złożyła wcześniejsze usprawiedliwienie swojej nieobecności, które zostało przyjęte przez Przewodniczącego Komisji Doktorskiej

Przewodniczący Komisji dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP otworzył posiedzenie i powitał wszystkich obecnych na sali oraz przedstawił Doktoranta, Promotora pracy doktorskiej, Recenzentów i Członków Komisji.

Następnie Przewodniczący Komisji doktorskiej stwierdził, że Doktorant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.) w art. 186 ust. 1 pkt. 1-3 i 5, a przedstawiona rozprawa doktorska odpowiada wymaganiom zawartym w art. 187 ww. ustawy.

Sekretarz obrony przedstawił życiorys Doktoranta następującej treści:

„Mgr inż. Michał Zawada urodził się 7 maja 1992 r. w Sierakowie, syn Andrzeja i Alicji z domu Wojciechowska. W latach 1999 - 2008 uzyskał wykształcenie podstawowe. Od 2008 r. uczęszczał do Liceum Ogólnokształcącego im. Jarosława Dąbrowskiego w Międzychodzie o profilu matematyczno-informatycznym. W 2011 r. ukończył je oraz uzyskał świadectwo dojrzałości. W latach 2011 - 2016 studiował mechatronikę na Politechnice Poznańskiej, uzyskując tytuł magistra inżyniera na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania.

W listopadzie 2016 r. podjął pracę zawodową w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznańskim Instytucie Technologicznym. Początkowo zatrudniony na stanowisku konstruktora, obecnie na stanowisku głównego specjalisty ds. mechatroniki i automatyki. Posiada doświadczenie w projektowaniu konstrukcji oraz układów sterowania w szczególności hydraulicznych, pneumatycznych oraz elektrycznych, a także automatyzacji maszyn mobilnych. Członek zespołów realizujących liczne projekty badawczo-rozwojowe realizujące innowacyjne rozwiązania z zakresu techniki rolniczej, które stanowią główny obszar Jego zainteresowań. W roku 2020 rozpoczął studia doktoranckie w programie doktoratów wdrożeniowych.

Od 2024 r. redaktor naczelny „Rolnictwa Przyszłości”, czasopisma, które skupia się na nowoczesnych technologiach i innowacyjnych rozwiązaniach w rolnictwie. Autor: 19 publikacji, 16 wystąpień konferencyjnych, 6 zgłoszeń patentowych w tym 4 przyznanych.”

W dalszej części obrony Doktorant przedstawił główne tezy rozprawy doktorskiej pt. „Badanie cech geometrycznych elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczymi”.

Po zakończeniu prezentacji Przewodniczący Komisji Doktorskiej podziękował za wystąpienie i pogratulował obszernego zakresu badań, które zostały przeprowadzone. Następnie Promotor prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko przedstawił swoją pozytywną opinię o rozprawie doktorskiej mgr inż. Michała Zawady.

Następnie Przewodniczący poprosił Recenzentów o przedstawienie swoich recenzji, jednocześnie zapraszając osoby biorące udział w spotkaniu o zadawanie pytań.

Pierwszą swoją recenzję rozpoczęła dr hab. inż. Katarzyna Pentoś, prof. UPWR. Recenzentka poprosiła Przewodniczącego o możliwość przedstawienia skróconej wersji recenzji, na co została udzielona zgoda. Uczestnicy spotkania zostali poinformowani o możliwości zapoznania się z pełnym tekstem na stronie Wydziału Inżynierii Mechanicznej PP. W swojej wypowiedzi Recenzentka rozpoczęła od przedstawienia swojej oceny rozprawy i wypunktowała jej główne zalety i osiągnięcia. W dalszej części wypowiedzi Recenzentka odniosła się do sugestii i pytań merytorycznych dotyczących rozprawy doktorskiej, zwracając uwagę na ich dyskusyjny charakter. Recenzentka potwierdziła, że otrzymane wcześniej odpowiedzi są satysfakcjonujące. Recenzentka poprosiła Doktoranta o publiczne ustosunkowanie się do zagadnień w ośmiu uwagach. Kończąc swoją wypowiedź Recenzentka jednoznacznie pozytywnie oceniła rozprawę oraz zwróciła uwagę na jej praktyczny charakter. Biorąc pod uwagę dorobek doktoranta Recenzentka rekomendowała pracę do nadania stopnia

doktora w dyscyplinie inżynieria mechaniczna przez Radę Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej.

Następnie Przewodniczący poprosił o zabranie głosu drugiego Recenzenta, prof. dr. hab. inż. Leon Kukielkę. Recenzent z Politechniki Koszalińskiej poprosił o możliwość przedstawienia skróconej wersji recenzji i odczytania oceny rozprawy doktorskiej. Następnie Recenzent przedstawił uwagi, sugestie i spostrzeżenia zaznaczając, że nie wpływają one na ogólną, dobrą ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Zawady. Dodatkowo Recenzent na podstawie interdyscyplinarności oraz ilości poczynionych przez Doktoranta badań zawnioskował o wyróżnienie pracy doktorskiej. Podsumował swoją wypowiedź w słowach:

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Michała ZAWADY jest napisana w sposób jasny, zwarty i uporządkowany. Struktura i układ pracy, a także jej strona edytorska są właściwe i sprzyjają zrozumieniu przez czytelnika treści poszczególnych rozdziałów. Oceniam, że rozprawa jest napisana bardzo dobrze zarówno pod względem merytorycznym, jak i językowym. Na szczególne podkreślenie zasługuje logika wywodu oraz oszczędny, a jednocześnie bardzo precyzyjny język stosowany w rozprawie. Wszystkie wykonane badania eksperymentalne są bardzo dobrze opisane a otrzymane wyniki wyczerpująco udokumentowane. Mimo to w tekście rozprawy zdarzają się – na szczęście bardzo nieliczne – drobne pomyłki edytorskie tzw. literówki oraz sformułowania wywołujące wątpliwości.

Po analizie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała ZAWADY nt. Badanie cech geometrycznych elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczymi z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa ta stanowi oryginalne i wartościowe rozwiązanie złożonego problemu naukowego, stanowiący istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria mechaniczna. Rozprawa ta spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami). Wnoszę zatem o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała ZAWADY do publicznej obrony. Jednocześnie biorąc pod uwagę szeroki zakres rozprawy i wysoki poziom rozwiązania analizowanych zagadnień oraz wyciągnięcie wartościowych wniosków a także opublikowanie wyników badań w czasopiśmie indeksowanych wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.

Następnie Przewodniczący Komisji Doktorskiej poprosił Recenzenta, - prof. dr. hab. inż. Czesława Rzeźnika o odczytanie głównych aspektów swojej recenzji:

Procesy technologiczne w rolnictwie realizowane są z wykorzystaniem różnorodnych maszyn, pracujących w dynamicznie zmieniających się warunkach. Warunki te mają charakter losowy w funkcji czasu, obciążeń, właściwości obranych materiałów itp. W związku z tym procesy są słabo ustrukturalizowane i trudne do naukowego opisu. Działania są podejmowane w dwóch kierunkach. Pierwszy, to stabilizacja warunków i parametrów procesu. Osiąga się ją przez wyrównywanie i odkamienianie pól, zwiększanie ich powierzchni, irygację, uprawę pasową (uproszczoną) itp. Wyhodowano łatwiejsze do zbioru odmiany zbóż o krótkiej łodydze odporne na wyleganie, niskie drzewa o równo dojrzewających owocach, co upraszcza i ułatwia procesy uprawy gleby, pielęgnacji roślin, zbioru plonów, zmniejsza się energochłonność, pracochłonność, degradacja środowiska naturalnego itp.

Drugi kierunek obejmuje dostosowanie maszyn do ciągłego reagowania na zmieniające się warunki realizacji procesów technologicznych w rolnictwie i potrzeby roślin. Znaczącym osiągnięciem w tym obszarze jest wprowadzenie rolnictwa precyzyjnego polegającego na sterowaniu maszynami z wykorzystaniem danych pochodzących z map aplikacyjnych, które zawierają szczegółowe informacje o warunkach realizacji procesów.

Pozwala to na precyzyjne dostosowanie ich nastaw do warunków na polu i potrzeb roślin w sposób ciągły.

Postępuje automatyzacja i autonomizacja wielu procesów. Wprowadzane są roboty udojowe, roboty do zbioru owoców, autonomiczne maszyny rolnicze itp. Wiele problemów naukowych jest rozwiązywanych z wykorzystaniem metod inżynierii mechanicznej, w tym mechatroniki, których wyniki prowadzą do praktycznych rozwiązań. Trafnie dostrzega to Doktorant i w tym obszarze realizuje rozprawę doktorską.

Przedawniona w recenzji analiza rozprawy pozwala na sformułowanie jej ogólnej oceny. Podjęty temat pracy jest aktualny, ważny metodycznie, naukowo oraz praktycznie i został opracowany w sposób wyczerpujący. Na szczególne wyróżnienie zasługuje metodyka pracy, przeprowadzone badania i opracowanie wyników badań. Tu Doktorant wykazał się dobrą znajomością metod badawczych, aparatury pomiarowej oraz praktycznego ich zastosowania do złożonych procesów z pogranicza rolnictwa i inżynierii mechanicznej. Uzyskane wyniki badań mają wysoką wartość poznawczą i praktyczną. Wykazano, że podstawowy proces w rolnictwie, jakim jest uprawa gleby, można usprawnić, zmniejszyć jego energochłonność, zagrożenie dla środowiska naturalnego itp. korzystając z metod inżynierii mechanicznej. Narzędzie skonstruowane i zbadane w pracy zostało przygotowane do wdrożenia. Przeprowadzono analizy rynku maszyn rolniczych oraz wskazano warianty jego praktycznych zastosowań. Przyjęto model komercjalizacji jako udzielenie licencji na wyniki doktoratu wdrożeniowego.

Na podstawie lektury pracy stwierdzam, że Doktorant jest przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych w zakresie inżynierii mechanicznej i ich praktycznych zastosowań. Przemawiają o tym następujące fakty:

- w rozprawie dostrzeżono, sformulowano i rozwiązano problem naukowy o dużym znaczeniu metodycznym, poznawczym i praktycznym;
- zastosowano do tego celu właściwe metody, w tym oryginalne pomysły Autora;
- w oparciu o uzyskane wyniki zostały pozytywnie zweryfikowane hipotezy i tym samym zrealizowano cel pracy.

Recenzowana rozprawa jest oryginalnym osiągnięciem naukowym mgra inż. Michała Zawady i stanowi znaczący wkład w rozwój inżynierii mechanicznej. Wyniki pracy zostały przygotowane do wdrożenia. Na podstawie dokonanych analiz stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Michała Zawady pt. „Badanie cech geometrycznych elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczymi”, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria mechaniczna.

Zgodnie z Uchwałą Nr 7/IV/02/2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia 27 lutego 2023 r. wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Zawady pt. „Badanie cech geometrycznych elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczymi”.

Uzasadnienie wniosku:

- temat rozprawy obejmujący zastosowanie inżynierii mechanicznej w rolnictwie jest oryginalnym poznawczo i metodycznie oraz badawczo bardzo ważny praktycznie;
- Doktorant opracował narzędzie do pelenia chwastów (zgłoszenie patentowe) i stosując autorską metodykę wykonał badania laboratoryjne oraz polowe potwierdzające jego przydatność praktyczną;
- Uzyskane wyniki mają wysoką wartość poznawczą oraz wskazują nowe obszary badań, obejmujące zastosowania narzędzi mechatronicznych w uprawie gleby;
- W rozprawie przygotowano strategię komercjalizacji polegającą na udzieleniu licencji na opracowane w ramach doktoratu narzędzie.

Recenzent prof. dr hab. inż. Czesław Rzeźnik poinformował, że uzyskał od doktoranta szczegółowe odpowiedzi na pytania zawarte w recenzji.

Pozostali Recenzenci również poinformowali o uzyskaniu od doktoranta szczegółowych odpowiedzi na pytania zawarte w recenzji i o przyjęciu ich, prosząc jednak o publiczne ustosunkowanie się do kilku z nich.

Uwaga Recenzenta prof. dr hab. inż. Czesława Rzeźnika

Analogiczne badania, wykorzystując wypracowaną w rozprawie metodykę, można wykonać dla innych elementów narzędzi uprawowych zastępując tradycyjne o stałej geometrii, narzędziami mechatronicznymi o zmiennej geometrii, o czym wspomniano w pracy. Może to dać pozytywne wyniki. Jakie możliwości widzi Doktorant w tym obszarze korzystając z własnych doświadczeń?

Odpowiedź autora dysertacji:

Moim zdaniem bardzo istotne znaczenie miałyby podjęcie prób zaprojektowania narzędzia o zmiennej geometrii przystosowanego do znacznie głębszej uprawy gleby skupiając się na zmianach kąta wzniosu ostrzy. Jest to jednak duże wyzwanie z uwagi na znacznie większe obciążenia występujące w czasie pracy. Zmniejszenie obciążeń, przy zachowaniu odpowiedniego mieszania gleby, mogłoby wydłużyć czas eksploatacji elementów skrawających oraz ograniczyć zużycie paliwa. Do przykładowych maszyn można zaliczyć na pewno agregaty strip-till, brony aktywne, agregaty podorywkowe, brony talerzowe.

Uwaga Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

Proszę o wyjaśnienie w jaki sposób kąt wzniosu ostrzy narzędzia jest zależny od wilgotności i typu gleby?

Odpowiedź autora dysertacji:

Szanowna Pani Profesor, zależność wilgotności i typu gleby od parametrów narzędzia, czy ogólnie obciążeń jest bardzo złożoną zależnością, na którą wpływa wiele kwestii. Jest ona nieliniowa i wykazuje inny charakter w zależności od typów gleb. Wydaje mi się, że najlepszą odpowiedzią na to pytanie jest przywołanie równania służącego do wyznaczania oporów na styku narzędzia i gleby, tzn. równanie Reece'a, które ma postać:

$$P = (\gamma g d^2 N_\gamma + c d N_c + q d N_q)w, \text{ gdzie:}$$

- P – całkowita siła działająca na narzędzie,
- γ – całkowita gęstość gleby,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- d – głębokość pracy narzędzia poniżej powierzchni gleby,
- c – spójność gleby,
- q – obciążenie powierzchniowe (nacisk pionowy działający na powierzchnię gleby),
- w – szerokość narzędzia,

— N_γ , N_c i N_q to współczynniki, które zależą nie tylko od tarcia wewnętrznego gleby, ale również od geometrii narzędzia oraz właściwości interakcji narzędzie – gleba.

Podsumowując kąt tarcia wewnętrznego, to „informacja” na temat typu gleby oraz pośrednio wilgotności, ponieważ woda wpływa na plastyczność gleb lekkich typu piaski, żwiry w taki sposób, że wraz ze wzrostem wilgotności maleje kąt tarcia wewnętrznego. W przypadku gleb ciężkich, np. gliniastych, ilowych zależność ta jest nieliniowa i bardziej złożona. Współczynniki N zależą właśnie od kąta wewnętrznego tarcia oraz od kąta skrawania gleby przez narzędzie. Kąty tarcia zewnętrznego gleby względem metalu (oznaczone jako δ) są w zależności od przypadku równe zeru lub kątowi tarcia wewnętrznego gleby (ϕ), którego zakres wynosi od 0 do 45 stopni, natomiast kąt pochylenia ostrza narzędzia względem poziomu (α) mieści się w zakresie od 0 do 90 stopni. Zaprezentowano również wykresy współczynników N , których charakterystyki wskazują, że zależność ta jest nieliniowa.

Uwaga następna Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

Hipoteza H1 zakłada, że opracowane rozwiązanie umożliwi zmniejszenie oporów skrawania o 10% przy prędkościach pielenia do 10 km/h. Czy Doktorant wykonał badania połowe przy prędkościach dochodzących do 10 km/h?

Odpowiedź autora dysertacji:

Wspominałem w pracy, że badania prowadziłem przy użyciu robota z napędem elektrycznym. Jego stała prędkość maksymalna to 8 km/h, jednak przy rozpędzaniu chwilowo była osiągana prędkość 10 km/h – wynika to z nastaw regulatora kontrolującego prędkość jazdy robota (jest to chwilowe przeregulowanie). Nie byłem w stanie rozpędzić tego urządzenia do większych prędkości. Badania jednak były prowadzone zgodnie z założonym zakresem prędkości do 10 km/h.

Uwaga kolejna Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

Proszę o obszerniejsze wyjaśnienie dlaczego doktorant uznał, że dla określenia obciążeń badanych narzędzi konieczne było opracowanie autorskiego czujnika. W pracy jest tylko wzmianka o tym, że po analizie źródeł literaturowych została podjęta taka decyzja.

Odpowiedź autora dysertacji:

Wykonanie autorskiego czujnika nie było konieczne – zakupienie gotowego rozwiązania było brane pod uwagę. Decyzja o samodzielnym zaprojektowaniu czujnika została podjęta z uwagi na kilka czynników. Głównie ze względu na bardzo ograniczony budżet na zakup materiałów do budowy modelu badawczego, ale przede wszystkim z uwagi na ciekawość, chęć rozwoju oraz wzbogacenie dysertacji o ciekawe zagadnienie związane z tematem. Po wielu dyskusjach z Promotorami podjęliśmy decyzję o samodzielnym opracowaniu wspomnianego czujnika. Czynnikiem decydującym była właśnie analiza literatury, która utrzymała nas w przekonaniu, że zagadnienie jest realne do wykonania. Posiadanie know-how z zakresu projektowania czujników zwiększa również możliwości wdrożeniowe.

Uwaga Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

Proszę o wyjaśnienie, dlaczego jako zakres pomiarowy czujnika dla momentów doktorant przyjął 250 Nm. W tekście znajduje się tylko uzasadnienie przyjętego zakresu dla sił.

Odpowiedź autora dysertacji:

Zakres pomiarowy wynikający z obciążeń zidentyfikowanych na podstawie literatury dla sił wynosił 500 N, biorąc pod uwagę możliwość kolizji narzędzi z kamieniami itp. zwiększono zakres pomiarowy do 1000 N – konstrukcja czujnika pozwoliła na przyjęcie współczynnika bezpieczeństwa wynoszącego 2. W przypadku momentów skręcających oszacowałem wysokość narzędzi podpinanych do czujnika i wynosiła ona około 300 mm. Maksymalna zakładana siła na ramieniu 0,3 m dała moment około 150 Nm. Przyjęcie takiego samego, wysokiego, współczynnika bezpieczeństwa dla momentów nie było możliwe ze względu na fakt, że dysponowałem obciążnikami po 250 N. Zastosowanie obciążenia 750 N do kalibracji momentów, zapewniłoby zakres pomiarowy do 375 Nm, jednak niedostateczna (dla tak wysokiego obciążenia) sztywność elementów przekazujących wzorcowy ciężar dla czujnika powodowała problemy z kalibracją. Na zasadzie kompromisu podjąłem decyzję o przyjęciu obciążenia 500 N, jako wzorca do kalibracji momentów skręcających (w czasie kalibracji ramię wynosiło 0,5 m). Współczynnik „bezpieczeństwa” dla zakresu pomiarowego wyniósł zatem 1,66. Jedynym ryzykiem było ewentualne utracenie chwilowej informacji o wielkości obciążenia na skutek kolizji narzędzi – sytuacja taka jednak nie miała miejsca. Konstrukcja czujnika jest w stanie wytrzymać znacznie większe obciążenia.

Uwaga Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

Opisując problematykę naukową i lukę badawczą w podrozdziale 3.2. doktorant stwierdza, że koniecznym było opracowanie metodyki badawczej urządzenia. Proszę o wyjaśnienie, co doktorant rozumie przez metodykę badawczą urządzenia.

Odpowiedź autora dysertacji:

Poprzez metodykę badawczą rozumiem metodę kalibracji czujników. Wymagało to zaprojektowania oraz wykonania specjalnego stanowiska badawczego. W pierwszej kolejności prowadziłem badania przy użyciu wspomnianego stanowiska zamontowanego na maszynie wytrzymałościowej. Na skutek problemów związanych z kalibracją opracowałem drugą metodę kalibracji, która wymagała przeprojektowania stanowiska badawczego w celu umożliwienia zadawania obciążeń wzorcowymi obciążnikami o ciężarze 250 N każdy. Podczas badań rejestrowano sygnały z wszystkich mostków tensometrycznych opracowanego czujnika. Podczas eksperymentu zadawałem obciążenie poprzez kolejne dokładanie obciążników (z przerwą co najmniej 5 sekund – na ustabilizowanie pomiaru) a następnie po uzyskaniu maksymalnego obciążenia stopniowo zdejmowałem obciążenia w celu zbadania histerezy czujnika.

Uwaga Pani Recenzent dr hab. inż. Katarzyny Pentoś, prof. UPWR

W podrozdziale 5.2. pracy doktorant stwierdza, że opracowane urządzenie posiada rozwiązania konstrukcyjne zapewniające możliwość łatwego wpływania na parametry geometryczne oraz zastosowanie dodatkowych sensorów, które mogą zostać przeprojektowane. W jaki sposób wpływa to na wdrożenie rozwiązania? Podobne wątpliwości

budzi urządzenie przedstawione na rysunku 9.8. Wydaje się być mało odporne na uszkodzenia mechaniczne w czasie pracy. Czy doktorant planuje jeszcze optymalizację konstrukcji przed wdrożeniem?

Odpowiedź autora dysertacji:

Przeprojektowanie konstrukcji, moim zdaniem, może wpłynąć tylko na korzyść komercjalizacji urządzenia. Narzędzie oraz sekcja w obecnej wersji nie zostało wyposażone w żadne podatne elementy zabezpieczające przed ewentualnymi poważnymi kolizjami, ponieważ chciano uniknąć ich wpływu na rejestrowane obciążenia. Wprowadzenie sprężyn, bądź tłumików na pewno zmieniłoby charakter odczytywanych obciążeń. Konstrukcja prototypowego urządzenia była jednak analizowana przy użyciu metody elementów skończonych, która potwierdziła założenia projektowe, co umożliwiło przejście do fazy testów. Głównym celem będzie wprowadzenie uproszczeń do konstrukcji oraz układu pomiarowego, które sprawią, że urządzenie będzie bardziej konkurencyjne cenowo. Uproszczenie układu pomiarowego do pomiaru momentu skręcającego M_y oraz siły F_z , moim zdaniem, jest wystarczające do wnioskowania na temat poprawności wykonywania zabiegu pielęgnowania oraz o wielkości obciążeń. Konstrukcja takiego czujnika byłaby znacznie tańsza i prostsza w kalibracji – jest to więc jeden z kierunków dalszych prac. Jeśli chodzi o sam układ kinematyczny narzędzia o zmiennej geometrii zrezygnowałbym z automatycznego nastawiania kąta poprzecznego pochylenia elementów skrawających β . Skupiłbym się na zmianach kąta wzniosu narzędzia α , próbując ewentualnie wprowadzić mechanizm utrzymujący ostrza skrawające równolegle względem siebie. Prezentowana na rys. 9.8 konstrukcja mechatronicznej sekcji pielęgnowczej została zaprojektowana w sposób zwiększający sztywność jej konstrukcji, jest ona wręcz odporniejsza od standardowych wersji tego typu urządzeń rolniczych. Wraz z Promotorami postanowiliśmy zastosować odmienne podejście do konstrukcji równoległoboku. Zastosowaliśmy dwie, gięte blachy o grubości 6 mm łączące uniwersalny uchwyt sekcji z łącznikiem równoległoboku (dwa wahacze) oraz częściami konstrukcji z osadzonymi narzędziami. Wspomniane podejście oraz zastosowanie tulei z brązu do łożyskowania ruchomych elementów pozwoliło zwiększyć sztywność konstrukcji (co ma znaczenie w przypadku późniejszej integracji z systemami korekty bocznej). Urządzenie posiada możliwość łatwej regulacji szerokości roboczej, co może powodować pewne wątpliwości – rozwiązania te jednak zostały sprawdzone w czasie badań i spełniły swoje założenia.

Uwaga Recenzenta prof. Dr. hab. inż. Leona Kukielki

Moim zdaniem lepszym podejściem byłoby określenie problemów badawczych. Problem badawczy może być równie skuteczną metodą przedstawienia kierunku badań i głównych zagadnień, które będą analizowane w pracy. Co Pan sądzi o hipotezach oraz o zaproponowanym podejściu?

Odpowiedź autora dysertacji:

Zgadzam się z Panem Profesorem, że takie podejście byłoby jak najbardziej poprawne i dawałoby pewną dowolność w prowadzeniu badań jednocześnie szczegółowo określając zakres badań. W dysertacji zastosowaliśmy podejście zakładające sformułowanie hipotez ze względu na dwie kwestie. Pierwsza to podejście szablonowe, standardowe, stosowane przez Promotorów. Druga kwestia to fakt, że na etapie pisania wniosku o realizację doktoratu w trybie doktoratów wdrożeniowych głównym założeniem było zmniejszenie oporów narzędzia, właśnie o 10% względem narzędzia standardowego. Chcąc zachować zgodność z założeniami

z wniosku, zdefiniowano właśnie hipotezy badawcze, które narzuciły minimalny zakres rezultatów.

Uwaga Recenzenta prof. dr hab. inż. Leona Kukielki

Proszę o wyjaśnienie na czym polega opis tensorowy stanu naprężeń oraz omówienie kiedy mamy do czynienia z płaskim stanem naprężeń, a także omówienie hipotez redukcji naprężeń do wielkości skalarnych. W pracy znajduje się niedopuszczalne określenie naprężeń zredukowanych wg von Misesa, które jest skrótem myślowym.

Odpowiedź autora dysertacji:

Przepraszam za zastosowany skrót myślowy. Określenie naprężeń zredukowanych wg von Misesa zostało przeze mnie powielone z oprogramowania SolidWorks, którego używałem do analiz MES. Zdaję sobie sprawę, że poprawnym określeniem są naprężenia wg Hubera-Misesa-Hencky'ego. Opis tensorowy zawiera pełną informację na temat naprężeń działających w wybranym punkcie ciała. Składa się z naprężeń głównych oraz naprężeń ścinających. W celu łatwiejszej interpretacji naprężeń stosuje się uproszczenia w postaci hipotez wyężeniowych i przywołana przeze mnie hipoteza jest właśnie jedną z nich. Stosuje się je do łatwiejszego interpretowania wyników i odnoszenia ich do wartości skalarnych, do granicy plastyczności materiału. Dzięki temu łatwiej można interpretować otrzymywane wyniki analiz.

Recenzent przyjął odpowiedzi i określił, że jest nimi całkowicie usatysfakcjonowany.

Następnie Przewodniczący otworzył publiczną dyskusję. Pytania Doktorantowi zadali: dr hab. inż. Łukasz Gierz prof. PP, mgr inż. Mateusz Nijak oraz dr inż. Jacek Wojciechowski:

dr hab. inż. Łukasz Gierz, prof. PP

Dlaczego wybrano głębokość pracy narzędzia do odchwaszczania – 30 mm? Czy zaprojektowany i wykonany system mógłby być wykorzystany do uprawy powierzchniowej uwzględniającej mieszanie resztek poźniwnych, a tym samym zapobieganiu utracie wilgotności?

Odpowiedź autora dysertacji:

Głębokość pielenia wynika z ogólnie przyjętej praktyki rolniczej. Według wytycznych agrotechnicznych wykonuje się je na głębokościach do 50 mm. Pielenie w czasie badań było prowadzone na głębokości 30 mm, ponieważ uzyskiwano zakładane, dobre rezultaty podcinania chwastów oraz zagłębiania się narzędzia. Uważam, że możliwe jest przeniesienie prezentowanego przeze mnie rozwiązania na narzędzia przeznaczone do uprawy gleby oraz wpływanie w ten sposób na lepsze mieszanie resztek poźniwnych.

dr hab. inż. Łukasz Gierz, prof. PP

Jaki musiałby być kąt α , aby zagwarantować zagłębienie narzędzia w zwięzłej glebie, mając na uwadze jak najmniejszą masę maszyny uprawowej?

Odpowiedź autora dysertacji:

Nie rezygnowałbym z funkcji nastawiania kąta wzniosu narzędzia, ponieważ znalezienie jednej nastawy kąta dla różnych typów gleb będzie trudne. Dla gleb ciężkich możliwe jest przetestowanie kąta wzniosu o wartości 10 stopni.

Mgr inż. Mateusz Nijak

Czy urządzenie zakłada możliwość pracy z systemami rolnictwa precyzyjnego? Jeśli tak to w jaki sposób?

Odpowiedź autora dysertacji:

Jak najbardziej. Można to zagadnienie rozpatrywać w dwóch perspektywach. Wykorzystać rejestrowane przez stanowisko badawcze dane i połączyć je z danymi z systemu nawigacji satelitarnej. Na podstawie charakterystyk obciążeń można później wnioskować o typach gleb. Możliwe jest również odwrócenie sytuacji i ustawianie kątów na podstawie map aplikacyjnych oraz map zasobności gleb. Posiadając dane o wilgotności i typie gleby możliwe byłoby nastawianie wstępnych wartości kątów narzędzia.

Dr inż. Jacek Wojciechowski

Jaka jest założona forma wdrożenia wyników pracy? Czy podobne urządzenia znajdują się obecnie na rynku?

Odpowiedź autora dysertacji:

Założenia obejmują udzielanie licencji na wdrożenie rozwiązania po wprowadzeniu wymaganych uproszczeń w maszynie. Wykonana analiza literatury oraz patentów wykazała, że urządzenie cechuje się dużym stopniem innowacji i nie ma podobnych rozwiązań, stąd podjęto decyzję o złożeniu zgłoszenia patentowego.

Po odpowiedziach udzielonych przez Doktoranta, przewodniczący zamknął dyskusję i część jawną posiedzenia Komisji. Komisja kontynuowała obrady podczas niejawnego posiedzenia w sprawie wniosku o nadanie stopnia doktora.

Część niejawna obrony pracy doktorskiej odbyła się w sali 212 budynku A1 przy ulicy Piotrowo 3.

Część niejawną publicznej obrony otworzył Przewodniczący dr hab. inż. **Krzysztof Talaśka**, prof. PP prosząc o opinie i komentarze Recenzentów.

Opinie recenzentów:

- dr hab. inż. Katarzyna PENTOŚ, prof. UPWR – rozpoczęła swoją wypowiedź, podziękowaniami dla promotora prof. Dr. hab. inż. Stanisława Legutko, że z przyjemnością recenzowała pracę i docenia wkład pracy włożonej przez doktoranta w bardzo dobre przygotowanie pracy doktorskiej;
- prof. dr hab. inż. Leon Kukielka – w swojej wypowiedzi podkreślał dobre przygotowanie odpowiedzi na pytania zadane do pracy w recenzji, które były przekazane przed obroną. Podkreślił swobodę wypowiedzi i łatwość z jaką doktorant prezentował tezy swojej pracy. Zauważone zostało bardzo dobre przygotowanie prezentacji pracy, wyróżniając takie cechy doktoranta jak: elokwencja, dobra znajomość tematu rozprawy doktorskiej. Podkreślił, że zakres przeprowadzonych prac mógłby wystarczyć na przygotowanie dwóch dysertacji doktorskich. W związku z powyższym wnioskuje o wyróżnienie pracy doktorskiej magistra inżyniera Michała Zawady;
- prof. dr hab. inż. Czesław RZEŹNIK – w swojej wypowiedzi potwierdził spostrzeżenia prof. Dr. hab. inż. Leona Kukielki. Podkreślił ważną rolę promotora w przygotowaniu rozprawy doktorskiej, która przyczyniła się do wykonania pracy doktorskiej o kompleksowym podejściu do zagadnienia. Podkreślił bardzo dobry sposób prezentacji

rozprawy doktorskiej i stylu odpowiedzi, które charakteryzowały się dużą pewnością siebie. Także on wnioskował o wyróżnienie pracy doktorskiej magistra inżyniera Michała Zawady.

W dalszej części posiedzenia o opinię zostali poproszeni poszczególni członkowie komisji:

- dr hab. inż. Piotr Paczos, prof. PP - stwierdził, że obrona wywarła na nim pozytywne wrażenie. Zauważone zostało, że doktorant posiada bardzo szeroki zasób wiedzy.
- dr hab. inż. Paweł Popielarski, prof. PP – potwierdził spostrzeżenia przedmówców. Docenił swobodę wypowiedzi i pewność siebie podczas prezentacji oraz wyraził aprobatę dla syntetycznego przedstawienia rozprawy doktorskiej, która zawierała dużo treści merytorycznych i uwypuklała najważniejsze osiągnięcia. Wyraża swoje poparcie podczas głosowania nad nadaniem stopnia naukowego. Wyraża również gratulacje dla promotora.
- dr hab. inż. Łukasz Gierz, prof. PP – potwierdził spostrzeżenia przedmówców. Stwierdził, że zakres pracy pokrywa się z jego zainteresowaniami naukowymi i liczy na możliwość nawiązania przyszłej współpracy z magistrem inżynierem Michałem Zawadą. Następnie streścił pracę wyróżniając aspekty pracy w zakresie badań eksperymentalnych. Zaznaczył, że pracę można kontynuować o aspekty takie, jak: modelowanie matematyczne i badania symulacyjne. Docenił również sposób odpowiedzi na pytania, które zostały przez niego zadane. Wyraził również poparcie podczas głosowania nad nadaniem stopnia naukowego.

Następnie głos zabrał promotor – prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko - rozpoczął od podziękowań dla przedmówców za docenienie jego pracy, jako promotora. Wyraził pozytywne doświadczenia związane ze współpracą z doktorantem. Docenił wyróżniające się cechy takie jak: zaangażowanie i samodzielność. Pozytywnie ocenił całokształt postawy doktoranta. Następnie podkreślił ważną rolę, jaką odegrał promotor pomocniczy dr inż. Roman Rogacki i jemu oddał głos.

Promotor pomocniczy dr inż. Roman Rogacki w swojej opinii ustosunkował się do pomysłu przyszłej współpracy oraz, że warto wykorzystać możliwość, jeżeli chodzi o przyszłe badania naukowe, rozwijania nowych konstrukcji elementów skrawających glebę z zastosowaniem automatycznych systemów sterowania maszynami rolniczym. Podkreślił, że życzy sobie więcej takich współpracowników, jak magister inżynier Michał Zawada.

Następnie głos podsumowujący przedstawił przewodniczący komisji dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP. Podkreślił, że praca doktorska skutkuje dobrymi efektami praktycznymi. Oznajmił, że w jego ocenie doktorant zasłużył na nadanie stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych.

Po zakończeniu dyskusji Przewodniczący Komisji zarządził głosowanie w sprawie nadania Doktorantowi stopnia naukowego.

Uprawnionych do głosowania było 9 osób, z czego 8 obecnych.

Wyniki głosowania za nadaniem stopnia naukowego:

Tak - 8 głosów,

Nie - 0 głosów.

Następnie Przewodniczący Komisji Doktorskiej zarządził głosowanie za wyróżnieniem rozprawy doktorskiej Doktoranta.

Uprawnionych do głosowania było 9 osób z czego 8 obecnych.

Wyniki głosowania za wyróżnieniem rozprawy doktorskiej:

Tak - 8 głosów,

Nie - 0 głosów.

Po zakończeniu niejawniej części posiedzenia Przewodniczący dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP odczytał jej postanowienia, informując, że Komisja jednomyślnie podjęła decyzję o wystąpieniu do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej z wnioskiem o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych panu mgr inż. Michałowi Zawadzie oraz zdecydowała się jednomyślnie o zarekomendowaniu do wyróżnienia tej rozprawy doktorskiej.

Pan mgr inż. Michał Zawada podziękował Promotorowi, Promotorowi pomocniczemu, Przewodniczącemu i Komisji za pozytywną ocenę jego rozprawy doktorskiej oraz Recenzentom za konstruktywne uwagi.

Przewodniczący pożegnał uczestniczących w publicznej obronie.

Sekretarz

Dr inż. Adam Patałas

Przewodniczący



dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP