

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**Mgr inż. Romana Rogackiego**

**Pt.: „*Badania nad redukcją wpływu zmienności czynników eksploatacyjnych na równomierność wysiewu przy siewie rzędowym*”.**

### **1. Ocena wyboru tematu**

W obecnych czasach gospodarka rolna, w tym produkcja roślinna, stanowi znaczącą część gospodarki światowej. W Polsce wg danych GUS z 2019 r. gospodarstwa rolne zajmowały 52% obszaru kraju, 90% ich powierzchni stanowiły użytki rolne (14,7 mln ha). Udział obszarów przeznaczonych pod zasiewy stanowił 66,7% użytków rolnych, co świadczy o istotności produkcji roślinnej. Od jakości siewu oraz kosztu jego wykonania w dużej mierze zależy wielkość i jakość uzyskiwanych plonów i tym samym opłacalność przedsięwzięcia. Rozwój maszyn do siewu i sadzenia ma duże znaczenie dla gospodarki i bezpieczeństwa żywnościowego społeczeństwa. Maszyny do siewu roślin uprawnych obejmują szeroką gamę urządzeń, o zróżnicowanej konstrukcji i różnym stopniu specjalizacji. Wśród nich największą grupę stanowią tzw. siewniki uniwersalne, przeznaczone do siewu rzędowego nasion zbóż, rzepaku, maku, roślin motylkowych drobno- i grubonasiennych oraz traw, których wielkość mieści się w kategorii nasion drobnych, średnich i grubych. Zakres stosowania siewnika uniwersalnego definiują tzw. warunki normalne eksploatacji. Określają one zakres zmienności warunków eksploatacyjnych siewnika, dla których powinien on zapewnić wykonanie prawidłowego siewu. Zmienne warunki eksploatacyjne występujące podczas wykonywania siewu siewnikami rzędowymi mają bardzo niekorzystny wpływ na parametry pracy siewnika

wyrażane wskaźnikami jakości jego pracy. Konstruktorzy tych maszyn dążą do zniwelowania tych problemów, ale bez dobrego poznania ich istoty, charakteru i kierujących nimi wzajemnych zależności jest bardzo trudne do zrealizowania. Przeprowadzony przegląd literatury przez Doktoranta potwierdził, że są to zagadnienia naukowe stosunkowo słabo poznane. Wiedza naukowa na temat możliwości praktycznego zastosowania układów mechatronicznych do sterownia pracą zespołów wysiewających siewnika rzędowego w celu wyeliminowania błędów jego działania wymaga zatem uzupełnienia.

Niniejsza praca jest ciekawa zarówno pod względem analizowanego zagadnienia jak również metodyki opracowania wyników. Rozprawa zawiera aspekt użyteczny, gdyż zaprezentowane wyniki badań mają praktyczne zastosowanie w postaci elektronicznego układu sterowania.

## **2. Charakterystyka pracy**

Przedstawiona praca doktorska liczy 134 stron maszynopisu formatu A4. Składa się z 9 rozdziałów, bibliografii oraz spisu tabel i rysunków. Praca zawiera 72 rysunki oraz 54 tabele. Wykaz literatury obejmuje 101 pozycji w tym 1 pozycja stanowi własne opracowanie współautorskie Doktoranta. W zamieszczonej bibliografii 32 pozycje to literatura obcojęzyczna oraz 10 pozycji wykorzystania informacji ze stron internetowych. Dodatkowo doktorant korzystał z 5 instrukcji obsługi, 2 Polskich Normy.

We wstępie pracy (rozdział 1) Doktorant przedstawił krótkie uzasadnienie wyboru tematu, podkreślając wagę i aktualność problemu.

W rozdziale drugim i trzecim przedstawiona została analiza stanu zagadnienia-maszynowego siewu nasion uprawnych. Doktorant opisał wymagania stawiane uniwersalnym siewnikom, współczesne uniwersalne siewniki rzędowe do siewu nasion i roślin uprawnych, analizę prac dotyczących badań uniwersalnych siewników rzędowych, wskaźniki oceny jakości pracy siewników rzędowych, przegląd metod realizacji badań eksperymentalnych. Doktorant nie natrafił na prace, w których podano powszechnie przyjęty model matematyczny, opisujący łączny wpływ

czynników eksploatacyjnych siewnika, na dozowanie nasion przez aparaty wysiewające.

Przedstawiony przez Doktoranta przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie opisywanym w rozprawie pozwoliło na poprawne i właściwe określenie problemu badawczego, celu pracy, które przedstawiono w rozdziale 4 oraz program i metodykę badań, którą przedstawiono w rozdziale 5.

Celem pracy było zmniejszenie niekorzystnego wpływu zmiennych warunków eksploatacyjnych na pracę siewnika, co objawia się zmiennym dawkowaniem nasion, odbiegającym od zadanego. Za tą niedogodność w konstrukcji uniwersalnych siewników rzędowych odpowiada aparat wysiewający.

Przyjęty w pracy zakres działań ukierunkowany został na potwierdzenie zdefiniowanego problemu badawczego, który został zdefiniowany w postaci następującej hipotezy:

*Zastosowanie odpowiedniego algorytmu korygującego pracę aparatów wysiewających umożliwi poprawę jakości pracy siewnika (zmniejszenie odchyłeń ilości wysiewu) w zmiennych warunkach eksploatacyjnych.*

W celu weryfikacji hipotezy sformułowano następujące cele cząstkowe:

1. Opracowanie procedury badawczej, której przeprowadzenie pozwoli na badania wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na wartość wydatku jednostkowego,
2. Opracowanie modelu matematycznego opisującego wpływ wybranych czynników eksploatacyjnych na wartość wydajności jednostkowej dla dwóch konstrukcji aparatów wysiewających w celu porównania ich wrażliwości na zmienne warunki eksploatacyjne,
3. Opracowanie algorytmu korekcyjnego,
4. Implementacja algorytmu korekcyjnego w układzie sterowania stanowiska badawczego,
5. Przeprowadzenie badań weryfikacyjnych skuteczności działania algorytmu korekcyjnego.

Doktorant w rozdziale 4 sformułował również założenia badawcze szczegółowe.

1. Łączny wpływ wybranych (istotnych) parametrów opisujących warunki eksploatacji siewnika (dla danego materiału siewnego) na wydajność jednostkową dozownika nasion można opisać za pomocą modelu matematycznego typu "czarna skrzynka".
2. Opracowany model matematyczny opisujący zależność wydatku jednostkowego dozownika dla danego materiału siewnego może zostać wykorzystany do opracowania algorytmu korekcyjnego poprawiającego jakość pracy dozownika.
3. Zastosowanie algorytmu korekcyjnego umożliwi poszerzenie zakresu "normalnych warunków pracy siewnika" (większy zakres prędkości roboczych, dopuszczalne większe pochylenie pola) przy zachowaniu wymaganej jakości jego pracy.
4. Zastosowanie algorytmu korekcyjnego umożliwi wykorzystanie prostszych (mniej wyrafinowanych, tańszych) konstrukcji aparatów wysiewających przy zachowaniu wymaganej jakości ich pracy.

Charakterystykę stanowiska badawczego, przygotowanie materiału badawczego, metodykę pomiarową dotyczącą badań aparatów wysiewających, oprogramowanie do sterowania stanowiskiem badawczym, program badań rozpoznawczych i sprawdzających, metodykę badań, analizę statystyczną Autor przedstawił w rozdziale piątym zatytułowanym „ Program i metodyka badań”. Również w tym rozdziale przedstawiono charakterystykę roweczkowego oraz kołeczkowego aparatu wysiewającego. Bardzo szczegółowo Doktorant opisał budowę i zasadę działania stanowiska badawczego (model siewnika, który pozwala na podpięcie pięciu aparatów wysiewających) wraz z układem sterowania i kontroli. Sterowanie laboratoryjne stanowiskiem badań odbywa się za pomocą programu MATLAB z modułem SIMULINK. Obiektem badań Doktoranta był naturalny układ fizyczny odpowiedzialny w siewniku za dozowanie nasion. Do badań wykorzystano nasiona czterech rodzajów roślin: pszenica, owies, jęczmień i rzepak.

Dla roweczkowego aparatu wysiewającego przyjęto wysokość szczeliny zasypowej odpowiednio  $h_z = 35$  mm dla wysiewu nasion średnich (pszenica, owies i jęczmień) lub  $h_z = 28$  mm dla wysiewu nasion drobnych (rzepaku). Wysokość

szczeliny wysiewającej zarówno dla nasion średnich jak i drobnych wynosi  $h_d = 0$  mm.

Dla kołeczkowego aparatu wysiewającego (wysiew pszenicy) przyjęto wysokość szczeliny zasypowej  $h_z = 35$  mm a wysokość szczeliny wysiewającej  $h_d = 1$  mm (odległość denka od czoła kołeczków).

Badaniom poddano model siewnika, stanowiący wycinek (obejmujący 5 aparatów wysiewających) prototypowej konstrukcji siewnika, opracowanej w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych. Przeznaczone do badań, roweczkowe aparaty wysiewające, są również rozwiązaniami prototypowymi, wykonanymi w technologii druku 3D. Z uwagi na brak danych dotyczących parametrów pracy modelu siewnika z badanymi aparatami wysiewającymi, konieczne było przeprowadzenie wstępnych badań rozpoznawczych. W tym celu przeprowadzono, dla roweczkowych aparatów wysiewających, badania wydatku jednostkowego w funkcji czynnej długości wałka wysiewającego ( $s = 6 \text{ mm} \div 33 \text{ mm}$ ).

Badania dla nasion pszenicy, owsa i jęczmienia przeprowadzono przy stałej prędkości obrotowej wałka wysiewającego ( $n_w = 35$  obr/min) i ustawieniu modelu siewnika odpowiadającemu pracy na płaskim poziomym polu ( $\beta = \gamma = 0^\circ$ ). Poziom nasion w zbiorniku wynosił  $H = 25$  cm z wyjątkiem badań dla rzepaku gdzie, poziom nasion wynosił 19 cm a prędkość obrotowa wałka wysiewającego 26 obr/min.

Badania eksperymentalne wpływu wartości czynników eksploatacyjnych na wartość wydatku jednostkowego dozownika przeprowadzono dwufazowo. W pierwszej fazie sprawdzono istotność wpływu wartości analizowanych czynników niezależnych na wartość wydatku jednostkowego dozownika nasion. W drugiej fazie, po uzyskaniu wyników istotności wpływu badanych czynników, przeprowadzono właściwe badania, mające na celu uzyskanie modelu matematycznego wiążącego wartości czynników wejściowych z wartością wydajności jednostkowej aparatu wysiewającego.

Badania dla roweczkowego aparatu wysiewającego przeprowadzono dla pięciu kombinacji stałych czynników wejściowych.

Badania dla kołeczkowego aparatu wysiewającego przeprowadzono jedynie dla wysiewu nasion pszenicy. Przyjęto następujący zakres zmienności czynników eksploatacyjnych: prędkość obrotowa wałka wysiewającego  $n_w = 5 \text{ obr/min} \div 50 \text{ obr/min}$ , poziom nasion w zbiorniku  $H = 7 \text{ cm} \div 46 \text{ cm}$ , kąt pochylenia siewnika  $\beta = -12 \div 18^\circ$ .

Badania dla roweczkowych aparatów wysiewających prowadzone były jednocześnie na pięciu dozownikach. W przypadku kołeczkowego aparatu wysiewającego na pojedynczym egzemplarzu. Wszystkie pomiary wykonywano w trzech powtórzeniach.

Po opracowaniu algorytmu korekcyjnego oraz jego implementacji w układzie sterowania stanowiska badawczego, przeprowadzono badania sprawdzające skuteczność jego działania.

Badania przeprowadzono na modelu siewnika zawierającym zbiornik nasion z mieszadłem i aparatami wysiewającymi wraz z ich napędem. Wysiew nasion badano na wylocie z dozownika nasion z zastosowaniem (z przyczyn technicznych) krótkiego przewodu (o długości 200 mm) o dużej średnicy (40 mm), z pominięciem przewodów nasiennych i redlic. Oddziaływanie przewodów nasiennych opisane w rozdziale 3.2 może poprawiać wskaźnik nierównomierności podłużnej wysiewu siewnika, maskując błędy dozowania aparatu wysiewającego. Badania prowadzono 4 lata. Doktorant wykonał również ocenę wybranych wyróżników jakości ziarna – wilgotność, masa 1000 nasion. Na szczególną uwagę zasługuje metoda fotooptyczna wykorzystana do analizy nierówności podłużnej ziarna, która jednak nie dała zadowalających efektów. Dodatkowo Doktorant wykonał badania nierównomierności ziarna metodą alternatywną jaką jest metoda pizoelektryczna.

Zakończenie rozdziału 5 stanowi opis metody statystycznej – model matematyczny.

W szóstym rozdziale Autor opisuje szczegółowo badania rozpoznawcze. W pierwszym kroku przeprowadzono badania zależności wydajności jednostkowej dozownika od czynnej długości wałka wysiewającego dla siewu nasion średnich (pszenica, owies, jęczmień) oraz nasion drobnych (rzepak). W kolejnym kroku przeprowadzono badania pilotażowe mające na celu wstępną ocenę zależności wydajności jednostkowej dozownika od kąta pochylenia siewnika, poziomu nasion w zbiorniku, drgań siewnika oraz prędkości obrotowej wałka wysiewającego. Równania za pomocą, których Autor wykonał wykresy uzyskały wysoki współczynnik  $R^2$ , co świadczy o dobrym dopasowaniu modelu.

Rozdział 7 zawiera wyniki badań wpływu wartości czynników eksploatacyjnych na wartość wydajności jednostkowej dozownika. Dla wszystkich badanych wariantów współczynnik korelacji  $R^2$  jest na poziomie 0,99, co świadczy o dobrym dopasowaniu modelu matematycznego opisującego badane zjawiska. Rozdział 7 zakończony jest dyskusją wyników, w którym Doktorant przedstawia modele regresyjne opisujące zjawisko zależności wydajności jednostkowej badanych dozowników, dla wybranych rodzajów nasion i ustawień aparatu wysiewającego od wartości czynników eksploatacyjnych. Dla badaczy i projektantów aparatów wysiewających interesujące jest porównanie tych zależności w kontekście zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych i nastaw analizowanych dozowników nasion.

W rozdziale ósmym Autor przedstawia algorytm korekcyjny sterujący napędem dozowników nasion. W rozdziale tym Doktorant przedstawia zasadę działania algorytmu, implementację algorytmu korekcyjnego oraz badania laboratoryjne skuteczności działania opracowanego algorytmu.

Rozprawę zamyka rozdział podsumowanie i wnioski końcowe.

### **3. Uwagi szczegółowe**

Podczas lektury nasunęło mi się kilka uwag wymagających dodatkowego wyjaśnienia:

1. Dlaczego Doktorant w celu określenia jakości nasion wykorzystanych do eksperymentu określał tylko wilgotność i masę 1000 nasion. Jakie parametry jakości ziarna mają wpływ na jakość wysiewu?
2. W rozdziale 5.7.3 Doktorant napisał, że do badań fotooptycznych wykorzystał cyfrowy aparat fotograficzny o wysokich parametrach. Proszę wyjaśnić co oznacza „o wysokich parametrach”?
3. W rozdziale 5.7.3 Doktorant opisuje, że wykorzystał do badań „odpowiednie oświetlenie”. Proszę podać parametry tego oświetlenia.
4. Na jakiej podstawie Doktorant stwierdził, że uzyskane wyniki badań najlepiej będzie opisywał model oparty na funkcji regresji?
5. Wnioski powinny być poparte wynikami uzyskanymi z analizy statystycznej. W pracy brak tak sformułowanych wniosków, co powoduje, że wnioski są dość lakoniczne. Autor we wniosku 1 stwierdza istotność wpływu analizowanych czynników zakłócających na jakość pracy siewnika. Na jakiej podstawie został sformułowany taki wniosek.
6. Sformułowane przez Doktoranta cele cząstkowe powinny być opisane jako zakres prac badawczych.
7. Praca napisana jest starannie i z dbałością o stronę edytorską. Struktura pracy jest poprawna i logicznie spójna. Tekst zaprezentowany przejrzysto i starannie zredagowany. Doktorant jednolicie sformatował tekst, rysunki oraz wykresy są poprawnie ponumerowane i odwołując się do tekstu są odpowiednio ulokowane w pracy, co czyni pracę spójną i bardzo czytelną.

#### **4. Wnioski końcowe**

Opracowana przez Doktoranta rozprawa doktorska jest pracą samodzielną, rozwiązującą problem badawczy postawiony w pracy i wnosi oryginalny wkład w rozwój metod badawczych wykorzystywanych w nowoczesnych siewnikach



wspierających idee rolnictwa precyzyjnego, posiadających już oprzyrządowanie umożliwiające zmienne dawkowanie nasion, jak i w klasycznych konstrukcjach, wymagających jednak pewnych zabiegów adaptacyjnych i integracji w układ napędowy. Dodatkowy aspekt użyteczny podnosi wartość przedstawionej rozprawy doktorskiej.

Biorąc pod uwagę całość recenzowanej rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Romana Rogackiego zatytułowanej: *„Badania nad redukcją wpływu zmienności czynników eksploatacyjnych na równomierność wysiewu przy siewie rzędowym”* stwierdzam, że praca w pełni odpowiada warunkom stawianym rozprawom doktorskim i może być dopuszczona do dalszych etapów prowadzenia przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Siedler', is positioned to the right of the main text block.