

Warszawa 2.01.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Buliński
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Wydział Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Recenzja
rozprawy doktorskiej pt.**

„Nowy system stabilizacji dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy”

mgr inż. Karola Garbiaka z Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wykonanej pod
kierunkiem dr hab. inż. Jana Jurgi prof. nadzw.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Karola Garbiaka stanowi cykl 4 tematycznie spójnych publikacji oraz opis patentowy. Publikacje wydano w języku angielskim, w tym 3 w Journal of Research and Application in Agricultural Engineering (okres 2014 – 2017) i 1 w Agricultural Engineering, w 2016 roku. Publikacje są opracowaniami zbiorowymi, znajdują się w wykazie czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z roku 2017.

Rozprawa zawiera 34 strony i składa się z 8 ponumerowanych rozdziałów, którymi są: 1. Wstęp, 2. Cel i zakres pracy doktorskiej, 3. Omówienie wyników badań w publikacjach, 4. Wnioski. 5. Literatura, 6. Streszczenie, 7. Abstrakt, 8. Cykl publikacji. Ponadto do pracy włączono oświadczenia współautorów poszczególnych publikacji o szacunkowym wkładzie oraz kopie publikacji.

Przedmiotem i celem rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Garbiaka jest opracowanie skutecznej metody precyzyjnego dawkowania środków ochrony roślin przez opryskiwacz polowy. W **rozdziale 1**, na 2 stronach, Autor naświetlił problem podkreślając znaczenie prawidłowego ustawienia elementów roboczych opryskiwacza w uzyskiwaniu odpowiedniej jakości oprysku. Autor wprowadzić nie wykazał w sposób jasny co dotychczas zrobiono w zakresie metod precyzyjnego dawkowania, przytoczył jednak opinie innych badaczy, wskazując m.in., że cyt „jednym z najistotniejszych czynników wpływających na równomierność rozkładu cieczy roboczej jest pozycja belki polowej w stosunku do opryskiwanej powierzchni”, „belka wykonuje niekorzystne przemieszczenia w płaszczyźnie poziomej”, „niejednostajna prędkość belki, a także kilkakrotne niekiedy

jej przemieszczanie nad tą samą powierzchnią powoduje chwilowe zmiany dawki cieczy opryskowej”. Uważam, że jest to istotne, bo pestycydy, substancje toksyczne, są powszechnie dostępne, a stosowane niewłaściwie stanowią duże zagrożenie dla człowieka mogąc powodować daleko idące niekorzystne zmiany w jego organizmie oraz w środowisku naturalnym, ze względu na swoją trwałość, zdolność do bioakumulacji i mobilność. O ile nieprawidłowości ustawienia belki związane z błędami w przygotowaniu maszyny do pracy można dość łatwo skorygować, to dokładna kontrola przemieszczeń belki podczas pracy jest problemem dotychczas nie w pełni rozwiązany. Mając to na uwadze stwierdzam, że wybór celu rozprawy podany w **rozdziale 2** jako cyt. „opracowanie nowego systemu stabilizacji dawki cieczy przeznaczonego dla opryskiwacza polowego, poruszającego się ze zmienną prędkością postępową i kątową” jest jak najbardziej trafny, związany jest z ważnym i aktualnym problemem badawczym.

Przedstawiony cel Autor zamierza realizować zgodnie z procedurą określoną w zakresie pracy i obejmującą:

- Przeprowadzenie badań polowych wpływu zmian prędkości jazdy oraz kierunku ruchu na wartość chwilowej dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy.
- Opracowanie i analizę modelu matematycznego dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy poruszający się ze zmienną prędkością postępową i kątową.
- Opracowanie i wykonanie systemu regulacji cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy poruszający się ze zmienną prędkością postępową i kątową.
- Przeprowadzenie badań w warunkach laboratoryjnych systemu regulacji dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy.

Zakres pracy jest sformułowany prawidłowo i w swoim podziale odpowiada poszczególnym publikacjom przedstawionym do oceny.

Rozprawa ma układ charakterystyczny dla prac eksperymentalnych, nie budzi zastrzeżeń pod względem formalnym, jej tematyka mieści się w zakresie dyscypliny naukowej *inżynieria rolnicza*.

Poszczególne publikacje będące podstawą rozprawy wiążą się w sposób logiczny z jej tytułem i w **rozdziale 3** Autor w sposób syntetyczny przedstawił je pod kątem otrzymanych wyników badań i przeprowadzonych analiz.

Celem badań opisanych w publikacji **A1** była cyt. „symulacja prognostyczna chwilowej dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz wyposażony w układ automatycznej regulacji ciśnienia”. Symulację Autor przeprowadził na podstawie pomiarów polowych prędkości,

kierunku ruchu oraz współrzędnych położenia opryskiwacza podczas wykonywania zabiegu. Trasę przejazdu rejestrowano wykorzystując zestaw GPS, elektroniczny kompas i specjalistyczne oprogramowanie. Dokładność pomiaru pozycji wynosiła 0,3 m, prędkości $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kierunku ruchu $0,1^\circ$. W tym miejscu mam wątpliwość, czy Autorowi chodziło o dokładność przyrządu pomiarowego (a w zasadzie działkę elementarną), czy o niepewność pomiaru ew. błąd pomiaru, bo to należałoby podać.

Obliczone wartości dawki chwilowej Autor podzielił na 12 przedziałów przyjmując jej właściwy poziom w zakresie $\pm 5\%$ dawki nominalnej. Wyniki obliczeń przedstawiono dla przejazdów agregatu po ścieżkach technologicznych, na obrzeżach oraz dla całego pola wskazując na cyt. „liczne i to znaczne różnice w ilości aplikowanego środka” przez opryskiwacz. Autor podał główne przyczyny wystąpienia nieprawidłowości dawki: przy przejazdach równoległych - sposób prowadzenia ciągnika przez operatora podczas pracy, a podczas przejazdów na obrzeżach – różnice prędkości poszczególnych rozpylaczy względem powierzchni pola. Uważam, że bardziej poprawne byłoby tu stwierdzenie wskazujące na różnice w prędkości kątowej rozpylaczy związane z ich położeniem w stosunku do osi obrotu maszyny podczas wykonywania skrętu. Sformułowania te mają charakter ogólny i szkoda, że nie są poparte konkretnymi wartościami pokazującymi skalę odchyień badanych parametrów. Ponadto, do określania położenia agregatu podczas pracy użyto systemu GPS z dokładnością 0,3 m. co oznacza, że rozrzut wartości odczytu pozycji mógł wynosić nawet $\pm 0,6 \text{ m}$. Znane są i powszechnie stosowane rozwiązania z sygnałem RTS o dokładności dziesięciokrotnie wyższej tj. 0,025 m. Brakuje również informacji o samym agregacie, a zwłaszcza o stanie układu zawieszenia maszyny na ciągniku i luzie na cięgłach ciągnika. Ten element może znacząco wpływać na niekontrolowane przemieszczenia belek polowych z rozpylaczami podczas przejazdu po nierównościach pola, które Autor określił w swojej pracy trochę niefortunnie, jako „wyboistość” powierzchni. Należy tu również nadmienić, że na wielkość dawki chwilowej mają wpływ także inne czynniki, jak chociażby poprzeczne i pionowe przemieszczenia dysz podczas pracy jazdy agregatu po nierównościach pola. Wpływ tych czynników, zwłaszcza w opryskiwaczach zawieszanych może być znaczący.

Wyniki dalszych badań zmierzających do oceny cyt. „łącznego oraz indywidualnego wpływu zmian prędkości jazdy oraz kierunku ruchu na wartość chwilowej dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy bez automatycznej regulacji ciśnienia” ukazuje publikacja A2. Stosując tę samą (jak w publikacji A1) metodykę badań, Doktorant otrzymał wartości pomiarowe prędkości i kierunku ruchu opryskiwacza, na podstawie których

wyzaczył powierzchniowy rozkład chwilowej dawki oprysku. Autor podał wielkości powierzchni pokrytej właściwą dawką cieczy i dawką nie mieszczącą się w zakresie przyjętym za prawidłowy. Sądzę, że bardziej właściwym byłoby stwierdzenie, że na danej powierzchni pola prędkość robocza agregatu i prędkość kątowna badanych rozpylaczy mieściły się w zakresie umożliwiającym otrzymanie dawki zgodnej z ustawioną, przy odpowiednim poziomie występowania pozostałych czynników. Autor podaje również udział procentowy punktów pomiarowych, w których utrzymanie prawidłowej prędkości pozwoliło utrzymać właściwą dawkę oprysku. Stwierdza, że w wyniku zmian kierunku ruchu jedynie 38,4 % dawek chwilowych charakteryzowało się prawidłową wartością.

Lektura opisów nasuwa uwagę, że przemienne posługiwanie się sformułowaniami: „% punktów pomiarowych”, „% powierzchni pola”, „% wartości obliczeniowych”, „% dawek chwilowych” może wprowadzać czytającego w błąd i lepiej byłoby przyjąć jedną wartość odniesienia. Może bardziej jednoznaczne byłoby stwierdzenie np., że w tylu (liczba lub %) punktach pomiarowych na polu opryskiwacz podał na powierzchni pola (zbyt małą – prawidłową – zbyt dużą) dawkę cieczy. W artykule **A1** Autor przedstawia to w sposób bardziej czytelny i przekonujący - w procentowym udziale powierzchni pola pokrytej określoną dawką cieczy roboczej. Analogiczna uwaga dotyczy używania pojęcia „kierunek ruchu”, a przecież chodzi tu o prędkość kątową, której wartość obliczano na podstawie parametru opisującego kierunek ruchu.

Publikacje oznaczone jako **A1** i **A2** wypełniają pierwszy punkt zakresu pracy związany z przeprowadzeniem badań polowych wpływu zmian prędkości jazdy oraz prędkości kątownej rozpylaczy na wartość chwilowej dawki cieczy w opryskiwaczu polowym.

Następna publikacja, oznaczona jako **A3** wpisuje się logicznie w kontynuację podjętych działań mgr inż. Karola Garbiaka, zmierzających do opracowania skutecznej metody precyzyjnego dawkowania środków ochrony roślin przez opryskiwacz. Jej celem jest opracowanie i analiza modelu matematycznego dawki cieczy podawanej przez opryskiwacz poruszający się ze zmienną prędkością postępową i kątową. Uważam, że opracowanie modelu matematycznego należy zaliczyć jako bezsporne osiągnięcie i liczący się wkład Autora w rozwiązanie postawionego problemu. W modelu uwzględniono podstawowe parametry charakteryzujące zmiany położenia dysz opryskiwacza podczas pracy, z uwzględnieniem dynamiki tych zmian. Wykonane obliczenia pozwoliły określić wartości dawki chwilowej dla każdego rozpylacza w zależności od współrzędnych jego położenia na belce polowej i prędkości kątownej. Jest to ważne, bo w zależności od szerokości roboczej opryskiwaczy, prędkości kątowne poszczególnych rozpylaczy na belce mogą się znacznie różnić. Autor

wspomina o tym w publikacji A1 podając, że cyt. "Z powodu dużej szerokości roboczej opryskiwacza występowało znaczne zróżnicowanie prędkości poszczególnych rozpylaczy względem powierzchni pola, co przy stałym wydatku cieczy wywoływało duży rozrzut chwilowych dawek".

Przeprowadzone obliczenia i analizy pozwoliły zaproponować sposób regulacji dawki cieczy w opryskiwaczach polowych, który stał się przedmiotem wynalazku i uzyskał patent (publikacja A4).

Opatentowany sposób regulacji dawki cieczy poddano testom w warunkach laboratoryjnych (publikacja A5), których celem było cyt. „ocena działania opracowanego systemu regulacji dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy poruszający się ze zmienną prędkością postępową i kątową”. Dla osiągnięcia celu badań Autor sformułował 2 pytania badawcze: pierwsze - dotyczące wartości chwilowych dawek oprysku oszacowanych metodą symulacji na podstawie danych z monitorowania pracy opryskiwacza, drugie – dotyczące wyniku ich weryfikacji, przez porównanie z dawkami uzyskanymi w badaniach laboratoryjnych. Do symulacji Autor wykorzystał matematyczny model przedstawiony w publikacji A3, a otrzymane wartości zweryfikował przez porównanie ich z wartościami otrzymanymi w warunkach eksperymentu laboratoryjnego. Jako kryterium oceny weryfikacyjnej przyjęto wartość współczynnika korelacji (nie jest mniejsza od 0,98) oraz wartość ilorazu średnich wartości (w przedziale 0,95÷1,05). Przy tak dużej liczbie danych zaproponowany sposób weryfikacji modelu oceniam jako prawidłowy.

Rozdział 4 zawiera 5 wniosków powiązanych z wynikami prezentowanymi w poszczególnych publikacjach. Wnioski sformułowane są poprawne, chociaż można mieć zastrzeżenia odnośnie wniosku 1 i 2. Uważam, że są zbyt daleko idące. Wniosek 1 zaczyna się od słów cyt. „W przeprowadzonych badaniach polowych aktualnie użytkowanych opryskiwaczy...”. Autor w badaniach wykonał pomiary z użyciem tylko 2 opryskiwaczy zawieszanych o szerokości roboczej 20 m. Podobnie z wnioskiem 2 dotyczącym zakresu stosowania opracowanego modelu. Jeżeli model wykazuje odpowiednie zależności dla znanego zakresu wartości, to czy będzie on reprezentatywny dla wszystkich możliwych sytuacji?. Czy uniwersalność modelu jest na tyle duża, że można przyjąć otrzymanie prawidłowych wartości odpowiadające warunkom pracy np. opryskiwacza przyczepianego o szerokości 40 m? Czy wysoki stopień dopasowania modelu do wartości z eksperymentu pozwala przyjąć możliwość dużych uogólnień? Każdy model wnosi ze sobą pewne ograniczenia w stosowaniu i należałoby się zastanowić, czy wszystkie czynniki wpływające

na wielkość dawki podawanej na powierzchnię pola przez dysze opryskiwacza zostały uwzględnione.

W **rozdziale 5** zamieszczono 19 publikacji (8 obcojęzycznych) w tym 16 pozycji z piśmiennictwa cytowanego w publikacjach przedstawionych do recenzji. Dobór pozycji literaturowych zarówno w części opisowej jak i w poszczególnych publikacjach oceniam jako dobry, w przeważającej części pochodzi z okresu ostatnich dziesięciu lat i jest powiązany z tematyką badań. Podobnie przedstawia się dobór literatury w poszczególnych publikacjach, gdzie piśmiennictwo z ostatniego okresu jest w znaczącej przewadze.

Rozdział 6 to „Streszczenie” zawierające bardzo krótkie podsumowanie poszczególnych zagadnień przedstawionych w rozprawie, a jego wersję anglojęzyczną zawiera **rozdział 7** „Abstrakt”.

W mojej ocenie rozdział „Streszczenie” jest zbyt powierzchowny. Brakuje ustosunkowania się Doktoranta do wkładu prezentowanych wyników badań w zwiększenie zasobu wiedzy ramach dyscypliny naukowej, a także wskazania dalszych potencjalnych kierunków badań w ramach podjętego problemu.

Rozdział 8 zawiera zestawienie 5 publikacji (oznaczenia A1 – A5) składających się na recenzowaną rozprawę doktorską, zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki:

- A1. „The prognostic simulation of the momentary dose of liquid applied by the field sprayer with an automatic pressure control.
- A2. „The prognostic simulation of the momentary dose of liquid applied by the field sprayer without an automatic pressure control”.
- A3. “Analysis of the mathematical model of the spray dose applied by the field sprayer nozzles”,
- A4. “Sposób regulacji dawki cieczy w opryskiwaczach polowych podczas zmiany kierunku oraz opryskiwacz”. Patent.
- A5. “Laboratory test of the new spray dose adjustment system for field sprayers”.

Przy każdej publikacji Doktorant podał zakres swojego wkładu i szacunkowy udział procentowy. Podany wkład oceniam jako znaczący, gdyż obejmował działania szczególnie ważne na etapach inicjowania i wykonywania badań, tj: koncepcję pracy, postawienie hipotez badawczych, przeprowadzenie badań, opracowanie i analizę wyników. Głównym i pierwszym autorem publikacji jest Doktorant i jego udział w tworzeniu poszczególnych opracowań, potwierdzony przez współautora wynosi 50%.

Poza wcześniej przedstawionymi uwagami, zauważam również, że w opisach wyników badań przedstawionych w rozdziale 3 zatytułowanym „Omówienie wyników badań w publikacjach” przeważa informacja, mało interpretacji, opisy urywają się bez podsumowania, co sprawia wrażenie braku staranności o szczegóły. Opis publikacji A1 rozpoczyna się od podania celu badań, z kolei w opisie publikacji A2 – nie ma podanego celu, obydwie publikacje dotyczą symulacji prognostycznej opartej na wynikach pomiarów tych samych parametrów (prędkość, położenie, kierunek ruchu) podczas pracy opryskiwacza, obydwie przedstawiają rozkłady powierzchniowe i histogramy dawki chwilowej. Nasuwa się pytanie, jakie znaczenie naukowe, a jakie użyteczne mają efekty badań opisane w publikacji A1, a jakie w publikacji A2. Wprawdzie po lekturze oryginalnych tekstów można do tego dojść, ale rozprawa doktorska wprowadza pewne wymagania i oczekiwałbym, że omówienia wyników badań, a zwłaszcza związanych z badaniami polowymi, powinny wskazać ich cel, problem do rozwiązania i podkreślenie tego, co udało się osiągnąć. Podkreśliłoby to spójność poszczególnych publikacji i ich wkład w rozwiązanie postawionego problemu.

Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- Umiejętne zaplanowanie eksperymentu z właściwym doбором metod i technik pomiarowych, uwzględniających współczesne standardy, umożliwiające rozwiązanie aktualnego problemu o znaczeniu zarówno naukowym jak i praktycznym.
- Opracowanie modelu matematycznego do wyznaczenia chwilowej dawki cieczy podawanej przez rozpylacze w opryskiwaczu z uwzględnieniem ich prędkości ruchu.
- Zaproponowanie praktycznego rozwiązania do korekcji dawki cieczy roboczej w zmiennych warunkach pracy opryskiwacza.

Podsumowanie

Przedstawione do oceny publikacje są spójne tematycznie, zawierają elementy naukowe, teoretyczne i metodyczne, wystarczają, by uznać je jako rozprawę doktorską. Mimo pewnych uwag i zastrzeżeń zawartych w recenzji uważam, że rozprawa ta jest wartościowym dziełem, stanowiącym oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w postaci nowatorskiego systemu stabilizacji dawki cieczy w opryskiwaczu. Poza drobnymi uchybieniami, styl i język użyty przez Doktoranta jest prawidłowy, czyniąc pracę zrozumiałą dla czytelnika.

Doktorant przeprowadził pracochłonne badania polowe z zastosowaniem nowoczesnych technik pomiarowych, otrzymał wiarygodne wyniki, które po prawidłowo przeprowadzonej ocenie stały się podstawą do wnioskowania. W mojej opinii potwierdza to znajomość ogólnej

wiedzy w dyscyplinie naukowej *inżynieria rolnicza* oraz odpowiednie przygotowanie Doktoranta do samodzielnej pracy naukowej. Opracowany przez Doktoranta model wnosi wkład do nauki, a zaproponowany system stabilizacji dawki cieczy ma duże znaczenie dla praktyki rolniczej.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Karola Garbiaka zatytułowana „Nowy system stabilizacji dawki cieczy aplikowanej przez opryskiwacz polowy” spełnia wymagania „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki” z dnia 14.03 2003 roku z późn. zmianami i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

2.01.2018

Pauliński

