

## AUTOMATED TEST STATION FOR TRANSVERSE SPRAY NON-UNIFORMITY

### Summary

*In the work it was formulated an assumption of structural and functional automated test station for transverse spray non-uniformity. This test station with a suitable measuring equipment, control and controlling is characterized by a high potential research where the majority of their operations have been fully automated. The use of automation and their possible solution greatly reduce time-consuming research and improve the accuracy of the results of measurements.*

**Key words:** plant protection, spraying, research stand, automation, transverse spray non-uniformity

## ZAUTOMATYZOWNE STANOWISKO DO BADAŃ NIERÓWNOMIERNOŚCI POPZECZNEJ OPRYSKU

### Streszczenie

*Sformułowano założenia konstrukcyjne i funkcjonalne zautomatyzowanego stanowiska do badań jakości oprysku, według których je zbudowano. Stanowisko wraz z odpowiednim wyposażeniem pomiarowym, kontrolnym i sterującym charakteryzuje się dużymi możliwościami badawczymi, w których większość wykonywanych czynności została w pełni zautomatyzowana. Zastosowanie automatyzacji oraz własnych rozwiązań informatycznych umożliwiło znaczne skrócenie czasochłonności badań oraz zwiększenie dokładności uzyskiwanych wyników pomiarów.*

**Słowa kluczowe:** ochrona roślin, opryskiwanie, stanowisko badawcze, automatyzacja, nierównomierność poprzeczna oprysku

### 1. Wprowadzenie

Doskonalenie konstrukcji opryskiwaczy polowych jest uwarunkowane posiadaniem wiedzy o zależnościach między parametrami konstrukcyjnymi, funkcjonalnymi i użytkowymi a przebiegiem procesów roboczych wykonywanych przy użyciu tych maszyn. Wiedzę taką można uzyskać w wyniku badań nad poprawą jakości oprysku. Wzrastające wymagania dotyczące jakości wykonywanych zgodnie z zasadami ekologii zabiegów ochrony roślin mają istotny wpływ na doskonalenie konstrukcji opryskiwaczy polowych i poszukiwanie nowych rozwiązań. Opryskiwacze wyposaża się w układy automatycznego sterowania procesem roboczym za pośrednictwem komputerów pokładowych. Istotnym czynnikiem, zapewniającym prawidłowe i zgodne z oczekiwaniami funkcjonowanie takich układów, jest dysponowanie wynikami badań laboratoryjnych. Duże znaczenie mają laboratoryjne badania o charakterze podstawowym, które umożliwiają opracowanie zależności matematycznych między wskaźnikami charakteryzującymi jakość oprysku a parametrami opryskiwaczy. Jednym ze wskaźników, bezpośrednio charakteryzujących jakość zabiegu, jest wskaźnik poprzecznej nierównomierności oprysku wyznaczany na podstawie wyników pomiarów na znormalizowanym stole wielorowkowym. Pomiaru są wielokrotnie powtarzane w celu zwiększenia dokładności uzyskiwanych wyników. Takie postępowanie jest czasochłonne, a ponadto uzyskuje się niewiele informacji o wpływach poszczególnych parametrów konstrukcyjnych, funkcjonalnych i użytkowych na wyznaczone oceny. Istnieje potrzeba nie tylko zidentyfikowania czynników, które wpływają na jakość oprysku, lecz także oszacowanie istotności tego wpływu, co umożliwi sformułowanie wniosków dla praktycznego zastosowania. [1-2].

Tymi czynnikami mogą być [3]:

- parametry konstrukcyjne opryskiwaczy, a w szczegól-

ności rozstaw rozpylaczy na belce opryskowej oraz kąt ustawienia belki względem opryskiwanej powierzchni itp.,

- parametry funkcjonalne takie jak: ciśnienie cieczy roboczej, kąt rozpylenia strug emitowanych z rozpylaczy, kąt asymetrii strugi względem osi rozpylacza, natężenie wypływu cieczy z rozpylaczy, rozkład gęstości cieczy roboczej w strudze itp.,
- parametry zależne od użytkownika-operatora: wysokość belki nad opryskiwaną powierzchnią, prędkość jazdy, dawka oprysku, rodzaj i właściwości cieczy roboczej itp.,
- czynniki niezależne: prędkość i kierunek wiatru, zmiana prędkość jazdy itp.

Tego rodzaju czynniki podczas zabiegów często występują jednocześnie a łączny skutek ich oddziaływania na jakość oprysku może być większy od sumy skutków każdego czynnika z osobna.

W pracy przedstawiono założenia i rozwiązania konstrukcyjno-funkcjonalne zautomatyzowanego stanowiska do badań nierównomierności poprzecznej oprysku oraz zaprezentowano jego możliwości badawcze.

### 2. Założenia konstrukcyjne i funkcjonalne zautomatyzowanego stanowiska pomiarowego

Analiza zakresu prac badawczych realizowanych w różnych ośrodkach naukowych oraz wymagań zawartych w normach ISO 5681, ISO 5682-1, PN-ISO 5682-2, regulujących metodykę prowadzenia badań ciśnieniowych opryskiwaczy umożliwiła sformułowanie następujących założeń konstrukcyjnych oraz funkcjonalnych budowanego stanowiska laboratoryjnego [4-10]:

- dokładny pomiar rozkładu poprzecznego cieczy (błąd <2%), a w szczególności podstawowej charakterystyki ilościowej oceny jakości oprysku (wskaźnika poprzecznej nierównomierności) uzyskiwanej z pojedynczego rozpylacza lub belki opryskowej,

- możliwość bezstopniowej zmiany podstawowych parametrów użytkowych (wysokości belki nad stołem pomiarowym, jej kąta odchylenia od poziomu oraz ciśnienia cieczy roboczej) w zakresie wartości wykorzystywanych w praktyce,
- możliwość zrealizowania ruchu liniowego stanowiska (symulacja jazdy opryskiwacza) z bezstopniową regulacją prędkości w zakresie od 0 do 2 m/s, (maksymalna prędkość ruchu liniowego stanowiska wynika z zalecanych prędkości jazdy podczas wykonywania zabiegu),
- możliwość zmiany kąta ustawienia belki opryskowej względem kierunku jazdy stanowiska,
- możliwość bezstopniowej zmiany rozstawu rozpylaczy na belce opryskowej,
- możliwość generowania liniowych i kątowych ruchów drgających belki opryskowej o ustalonej amplitudzie i częstotliwości,
- możliwość automatycznego lub manualnego sterowania pracą stanowiska (nastawy parametrów funkcjonalnych, opróżnianie cylindrów pomiarowych, odprowadzenie nadmiaru cieczy),
- możliwość automatycznego pomiaru i rejestrowania zmian wartości wymienionych parametrów funkcjonalnych stanowiska (wysokość, kąt belki, ciśnienie i wydatek jednostkowy cieczy roboczej, prędkość ruchu liniowego) oraz wyników ilościowej oceny jakości oprysku w czasie rzeczywistym.

Główne układy (jezdny, napędowy, pomiarowy, sterujący) stanowiska przedstawia schemat blokowy rys. 1.

## 2.1 Układ jezdny i napędowy stanowiska

Konstrukcja toru jezdny umożliwi ruch stołu pomiarowego w zakresie prędkości (0÷2 m/s). Konstrukcję platformy jezdnej wykonano z kształtowników stalowych o profilu zamkniętym, na której zamocowano: koła jezdne bierne oraz łożyskowanie wału wraz z osadzonymi na nim kołami napędowymi. Układ napędowy złożony z agregatu zasilającego, silnika wolnobieżnego sterowanego poprzez elektrozawór proporcjonalny, zębatej przekładni pasowej

i siłowników sterowanych przez rozdzielacze elektrohydrauliczne, osprzętu elektrycznego i elektronicznego występującego w części jezdnej stanowiska. Zastosowano także talerzowe mocowanie platformy jezdnej z konstrukcją nośną stołu pomiarowego realizujące ruch obrotowy stołu pomiarowego względem kierunku jazdy platformy jezdnej. Układ napędowy wykorzystany został do zrealizowania ruchu liniowego stanowiska, zmian wysokości belki nad powierzchnią stołu pomiarowego oraz zmian kąta odchylenia belki od poziomu. Może on realizować również pionowe i kątowe ruchy drgające belki o zadanej amplitudzie i częstotliwości.

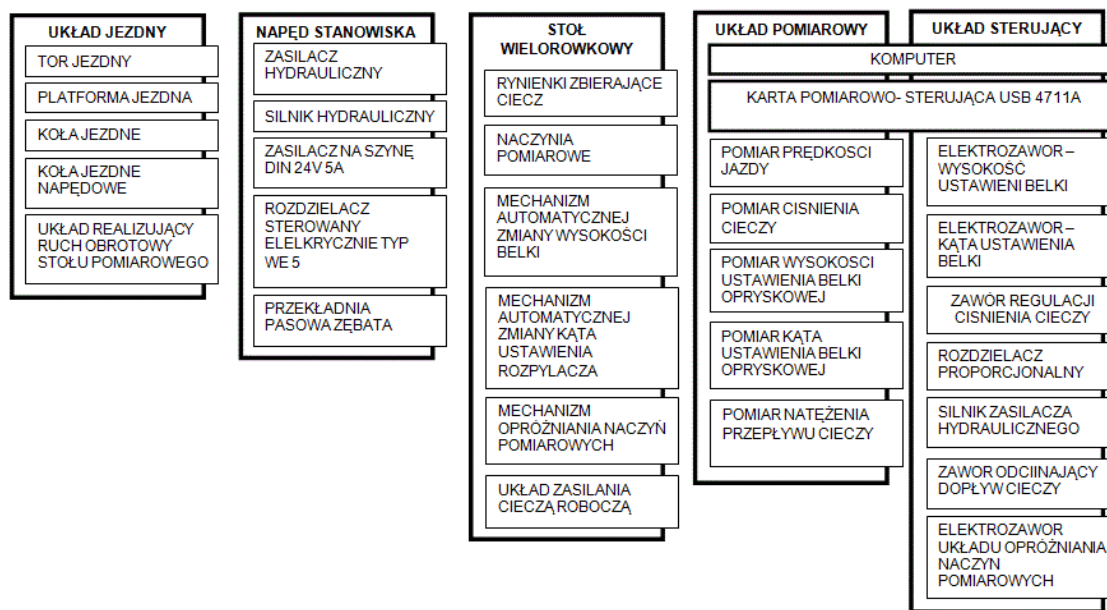
## 2.2 Stół wielorowkowy

Konstrukcja nośna stołu wielorowkowego (wykonana z kształtowników stalowych o profilu zamkniętym, na której zamocowano: wielorowkową konstrukcję stołu do pomiaru poprzecznego rozkładu cieczy o poziomej płaszczyźnie wyznaczonej przez grzbiety tych rowków. Szerokość pojedynczego rowka wynosi 25 mm, a ich liczba równa jest 109, mechanizm unoszenia belki opryskowej realizujący automatyczną zmianę wysokości i pomiar ustawienia nad opryskiwaną powierzchnią, mechanizm zmiany kąta ustawienia dyszy względem osi belki, układ naczyń zbierających ciecz z rowków pomiarowych.

## 2.3 Układ pomiarowo-sterujący

W układzie pomiarowo-sterującym rys. 2, zastosowano komputer i kartę pomiarowo-sterującą, elementy sterujące i wykonawcze:

- karta pomiarowa USB-4711A,
- rozdzielacze sterowane elektrycznie typ WE 5, (rozdzielacze zastosowano do sterowania siłownikami hydraulicznymi, realizującym funkcję automatycznego podnoszenia belki opryskowej nad powierzchnią pomiarową stołu w zakresie wysokości nastawczej od 100-700 mm oraz zmiany kąta ustawienia belki opryskowej względem powierzchni stołu pomiarowego w zakresie 0-45°),



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 1. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego do badań ciśnieniowych opryskiwaczy polowych  
Fig. 1. Block diagram of the measuring test station for pressure tests of field sprayers



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 2. Widok układu pomiarowo-sterującego stanowiska  
Fig. 2. View of the measurement and control system of test station

- rozdzielacz proporcjonalny typ USAB 6, (zastosowano do sterowania kierunkiem obrotów i szybkością ruchu silnika hydraulicznego napędzającego układ jezdny stanowiska. Wielkość wyjściowa jest proporcjonalna do natężenia prądu elektrycznego sygnału wejściowego. Zastosowany układ sterujący (regulator elektroniczny) steruje elektromagnesami proporcjonalnymi rozdzielacza),
  - zasilacze elektryczne,
  - przetwornik ciśnienia 0-10 bar G1/4 DC9, 5-35V,
  - przepływomierz turbinowy o zakresie 0-18 l/min,
  - optoelektroniczny przetwornik obrotowo-impulsowy seria MOZ30 do pomiaru prędkości liniowej,
  - zespół rozdzielająco –sterujący opryskiwacza do zasilania cieczą belki opryskowej,
  - przetwornik pomiaru wysokości ustawienia belki opryskowej,
  - przetwornik pomiaru kąta ustawienia belki w stosunku do położenia powierzchni stołu,
  - elementy elektroniczne i elektromechaniczne uzupełniające system pomiarowy.
- prędkości ruchu liniowego (prędkości jazdy opryskiwacza),
  - zmiany kąta ustawienia belki opryskowej względem kierunku jazdy,
  - rozstawu rozpylaczy na belce opryskowej,
  - liniowych i kątowych ruchów drgających belki opryskowej o ustalonej amplitudzie i częstotliwości,
  - pomiar, rejestrowanie i archiwizacja zmian wartości wymienionych parametrów i czynników wraz z wynikami ilościowej oceny jakości oprysku w czasie rzeczywistym w postaci umożliwiającą ich dalszą obróbkę i analizy z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego (Excel, MathCad, Statistica).

Budowę stanowiska laboratoryjnego według przyjętych założeń i wymagań rozpoczęto w połowie 2009 roku i wstępnie zakończono w końcu 2011 roku. Zakup potrzebnych materiałów, podzespołów i elementów finansowany był ze środków Instytutu Inżynierii Mechanicznej przyznawanych na realizację prac statutowych i własnych. Wszystkie prace koncepcyjne, konstrukcyjne, montażowe i informatyczne wykonano we własnym zakresie w warunkach Laboratorium Instytutu. W połowie 2012 roku wykonano próbę pracy stanowiska oraz sprawdzenie poprawności funkcjonowania poszczególnych układów napędowych, pomiarowych i sterujących oraz wstępne badania testowe.

Widok stanowiska laboratoryjnego i jego zasadniczych zespołów funkcjonalnych przedstawiono na rys. 3 i 4.

## 2.4 Możliwości badawcze stanowiska

Poniżej wymieniono ważniejsze możliwości badawcze opisywanego stanowiska laboratoryjnego:

- dokładny pomiar rozkładu poprzecznego cieczy (błąd poniżej 0,5%), a zwłaszcza wskaźnika poprzecznej nierównomierności dla pojedynczego rozpylacza lub zespołu rozpylaczy,
- analiza wpływu zmian parametrów użytkowych, konstrukcyjnych i funkcjonalnych rozpylaczy na poprzeczny rozkład cieczy na opryskiwanej powierzchni i wartości wskaźnika poprzecznej nierównomierności, zwłaszcza:
  - wysokości nad opryskiwaną powierzchnią,
  - ciśnienia cieczy,
  - wydatku jednostkowego cieczy,
  - całkowitego kąta strumienia cieczy,
  - kąta asymetrii kąta strumienia cieczy,
  - średnicy otworu rozpylacza i stopnia jego zużycia (deformacji),
  - kąta ustawienia rozpylacza względem opryskiwanej powierzchni,
- analiza wpływu zmian innych czynników na poprzeczny rozkład cieczy na opryskiwanej powierzchni i wartości wskaźnika poprzecznej nierównomierności, takich jak:



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 3. Widok ogólny stanowiska (widok od przodu)  
Fig. 3. General view of the test station (front view)



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 4. Widok ogólny stanowiska (widok od tyłu)

Fig. 4. General view of the test station (rear view)

### 3. Podsumowanie

Zbudowane stanowisko laboratoryjne, wyposażone w stół wielorowkowy z automatyzacją pomiarów i z rejestracją wyników będzie wykorzystane nie tylko do badań naukowych, lecz także do zajęć dydaktycznych na specjalności „Budowa i eksploatacja maszyn i aparatury przemysłowej” na kierunku kształcenia: „Mechanika i budowa maszyn”. Dalsze prace z omawianego zakresu przy wykorzystaniu możliwości pomiarowych zautomatyzowanego stanowiska laboratoryjnego zmierzać będą w następujących kierunkach:

- wyznaczenia i analizy zależności pomiędzy kątem nachylenia belki opryskowej do opryskiwanej powierzchni a wskaźnikiem poprzecznej nierównomierności i opracowania metody zmniejszania tej nierównomierności przez zmiany kąta ustawienia dysz rozpylaczy,
- oszacowania wpływu częstotliwości i amplitudy odchyłeń liniowych i kątowych (drgań) belki opryskowej w płaszczyźnie pionowej na poprzeczną nierównomierność oprysku,

- rozpatrywanie skuteczności tłumienia drgań belki opryskowej w płaszczyźnie pionowej,
- ocena wpływu błędów technologicznego wykonania rozpylaczy na ich parametry funkcjonalne, a w konsekwencji na poprzeczną nierównomierność oprysku, poszukiwanie sposobu eliminacji lub ograniczenia ich wpływu,
- ocena wpływu stopnia eksploatacyjnego zużycia rozpylaczy na jakość oprysku na podstawie badań stanowiskowych,
- zwiększenie możliwości badawczych stanowiska poprzez zastosowanie wymuszonego ruchu powietrza (wiatru) z wykorzystaniem specjalnej konstrukcji wentylatora promieniowego. Wentylator taki został zakupiony ze środków przyznanych na realizację pracy statutowej.

### 4. Bibliografia

- [1] Lodwik D.: Modelowanie ruchu kropli w aspekcie symulacji oprysku. Rozprawa doktorska. PW WBMiP, Płock, 1998.
- [2] Pietrzyk J.: Metoda szacowania nierównomierności oprysku. Rozprawa doktorska. PW WBiMR, Płock, 1995.
- [3] Gajtkowski A.: Ocena metod doboru parametrów opryskiwaczy polowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, 1995, nr 8, str. 18-19.
- [4] Zasiewski P.: Metodyka badań ciągnikowych opryskiwaczy ciśnieniowych. IBMER, Warszawa, 1993.
- [5] Norma ISO 5681: Equipment for crop protection – Vocabulary, 1992.
- [6] Norma ISO 5682-1: Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 1: Test methods for sprayer nozzles, 1996,
- [7] Norma PN-ISO 5682-2: Sprzęt do ochrony roślin. Urządzenia opryskujące. Część 2: Metody badań opryskiwaczy hydraulicznych, 2005.
- [8] Parafiniuk S., Sawa J., Wołos D.: Automatyczne urządzenie do oceny stanu technicznego rozpylaczy rolniczych. Postępy Nauki i Techniki nr 10, str. 37-49, Lublin 2011.
- [9] Szewczyk A., Wilczok G.: Wpływ wiatru na równomierność dystrybucji cieczy użytkowej przy użyciu opryskiwacza polowego. Inżynieria Rolnicza 5(103), str. 307-314, Kraków 2008.
- [10] Orzechowski Z., Prywer J.: Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy. WNT, Warszawa 2008.