

TEORETYCZNY I RZECZYWISTY ROZKŁAD CIECZY DLA WYBRANYCH PARAMETRÓW USTAWIENIA ROZPYLACZA

Antoni Szewczyk, Grzegorz Wilczok

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Opracowano matematyczny model ruchu cząsteczki rozpylanej cieczy składający się z układu trzech równań. Do weryfikacji wyznaczonego modelu skonstruowano specjalne stanowisko badawcze na którym uzyskiwano rozkład podłużny cieczy dla przyjętych do badań parametrów pracy rozpylacza. Otrzymane wyniki rozkładów rzeczywistych rozpylanej cieczy porównane zostały z rozkładami uzyskanymi z obliczeń modelowych. Porównanie wyników badań laboratoryjnych rozkładów rozpylanej cieczy oraz wyników obliczeń teoretycznych wykazało duże podobieństwo.

Słowa kluczowe: technika opryskiwania, uprawy polowe, rozkład cieczy, model matematyczny

Wprowadzenie

Uwzględniając wymagania stawiane chemicznej ochronie roślin takie jak ochrona środowiska, dopuszczalny poziom pozostałości ś.o.r. w produktach rolniczych oraz bezpieczeństwo operatora sprzętu należy przyjąć jak najlepsze parametry zabiegu w panujących w danej chwili warunkach pracy. Biorąc pod uwagę tylko najistotniejsze parametry samego rozpylacza takie jak wysokość rozpylania, ciśnienie robocze, kąt ustawienia rozpylanej strugi w stosunku do opryskiwanego obiektu trzeba by przeanalizować bardzo wiele przypadków i przyjętych wariantów roboczych by uzyskać najtrafniejsze rozwiązania. W tej sytuacji niezmiernie pomocne byłoby wykorzystanie teoretycznych opisów procesu rozpylania umożliwiających w konsekwencji uzyskanie informacji zapewniających przyjęcie najefektywniejszych rozwiązań. Można zatem zakładać, że dane uzyskane z analizy rozkładu opadu rozpylanej cieczy umożliwiłyby przyjęcie optymalnych, dla danych warunków pracy, parametrów ustawienia rozpylacza. W tym celu w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP we Wrocławiu przeprowadzono badania, które chociaż częściowe rozwiązanie zasygnalizowanych problemów.

Celami szczegółowymi przeprowadzonych badań było:

- opracowanie teoretycznego modelu opadu rozpylanej cieczy w płaszczyźnie podłużnej,
- wykonanie pomiarów rozkładu w płaszczyźnie podłużnej opadu rozpylanej cieczy przy różnych przyjętych parametrach ustawienia rozpylacza na specjalnie do tego skonstruowanym stanowisku.

Metodyka badań

W pierwszej fazie badań opracowano matematyczny model ruchu cząsteczki rozpylanej cieczy składający się z następującego układu trzech równań:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k \frac{dx}{dt} - kv_w \quad (1)$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -k \frac{dy}{dt} \quad (2)$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg - k \frac{dz}{dt} \quad (3)$$

Przy opracowaniu modelu zastosowano następujące założenia:

- rozmiary rozpylacza zostały pominięte w porównaniu z przemieszczeniem kropeł, zatem rozpylacz był rozpatrywany jako punkt,
- rozpylacz wytwarzał strumień cieczy, który miał kształt stożka o podstawie elipsy, gdzie odpowiednie kąty są zdefiniowane przez konstrukcję rozpylacza. Strumień ten jest jednorodny względem kąta rozpylania,
- pominięto siłę wyporu kropli wody w powietrzu ze względu na dużą różnicę gęstości (103 mniejsza od siły ciężenia),
- ciśnienie działa na każdą z kropeł tak samo, zatem wszystkie krople mają identyczną wartość prędkości początkowej – zgodnie z prawa Pascala,
- prędkość początkową oszacowano na podstawie danych charakteryzujących natężenie wypływu z rozpylacza i powierzchnię dyszy,
- przyjęto, że krople mają kształt kulki.

Rozwiązanie przedstawionego układu równań daje nam parametryczny opis równań w trzech kierunkach x, y, z:

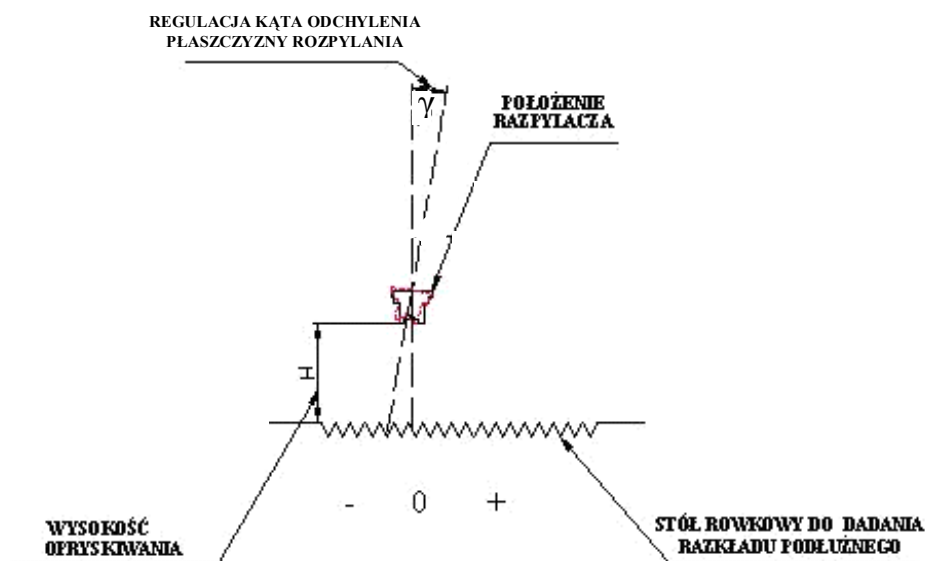
$$x(t) = \frac{1}{k} m(v_{0x} + v_w) \left(1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) - v_w t \quad (4)$$

$$y(t) = \frac{1}{k} m(v_{0y}) \left(1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) \quad (5)$$

$$z(t) = \frac{1}{k^2} \left(z_0 k^2 + (mv_{0z} k + m^2 g) \left(1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) \right) - \frac{mgt}{k} \quad (6)$$

Do określenia rzeczywistego rozkładu rozpylanej cieczy skonstruowano dość proste stanowisko badawcze składające się przede wszystkim ze statywu, do którego mocowano rozpylacz płaskostrumieniowy XR11002VP oraz stołu rowkowego o podziałce 50mm. Statyw mocowania rozpylacza umożliwiał zmianę wysokości rozpylania oraz zmianę ustawienia kąta odchylenia płaszczyzny rozpylania w stosunku do opryskiwanej płaszczyzny.

Ciecz z każdej rynienki odprowadzana była do menzurek o podziałce 2 ml. Płaszczyznę opryskiwaną podzielono na dwie części tak by można było oznaczać rynienki w kolejności od jedynek znajdującej się po jednej i po drugiej stronie osi symetrii rozpylacza do liczby określającej rynienkę o zmierzonej zawartości cieczy co najmniej 2 ml. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badań rozkładu podłużnego rozpylonej strugi

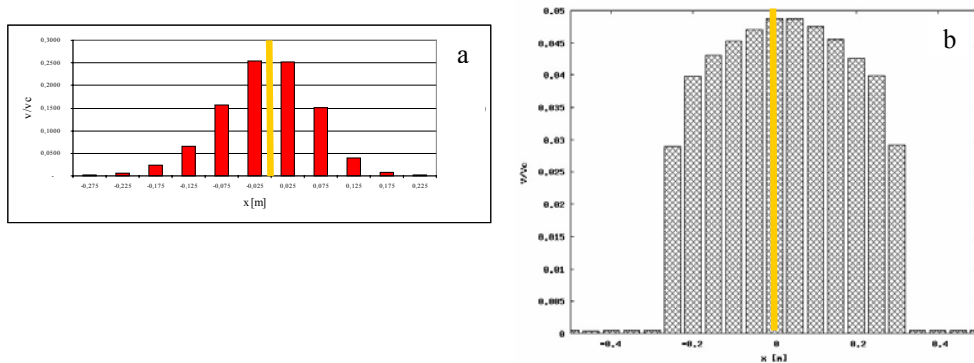
Fig. 1. Diagram of a testing station for the research on longitudinal distribution of atomised stream

Do badań przyjęto następujące parametry pracy rozpylacza:

- ciśnienie robocze: 0,3 MPa
- wysokość pracy: 0,4; 0,5; 0,6 m,
- kąt odchylenia rozpylacza: 0; 10; 20; 30, 40 stopni.

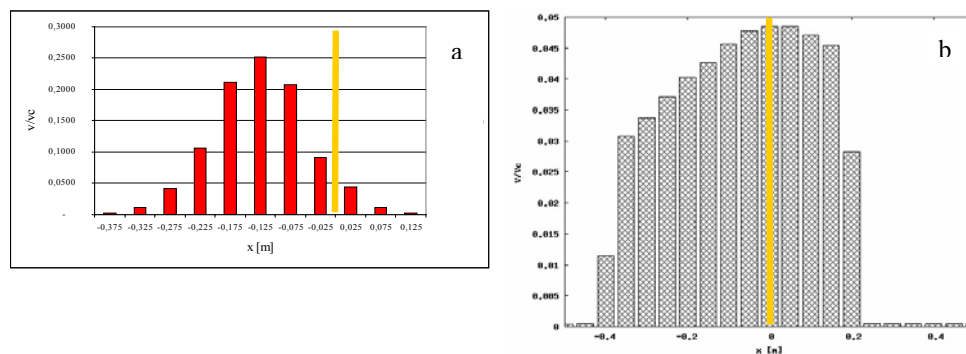
Analiza wyników

Wyniki rzeczywistych rozkładów opadłej rozpylanej cieczy przy zastosowaniu stanowiska badawczego przedstawiono na rysunkach nr 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, natomiast wyniki teoretycznych obliczeń na podstawie przyjętego modelu tetrycznego przedstawiono na rysunkach nr 2b, 3b, 4b, 5b, 6b. Przebiegi dystrybuant rozkładów teoretycznych przedstawiono na rysunku nr 7, natomiast wskaźniki skośności „A” jako miary przybliżenia rozkładów teoretycznych i rzeczywistych zostały podane na rysunkach.



Rys. 2. Rozkład podłużny rozpylonej strugi dla kąta ustawienia rozpylacza: $\gamma = 0^\circ$: a – badania rzeczywiste, $A = -0,25017$, b – symulacja komputerowa, $A = -0,00054$

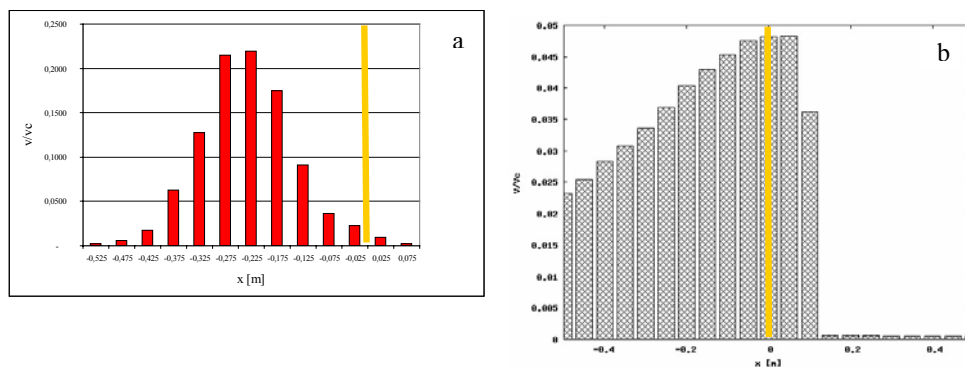
Fig. 2. Longitudinal distribution of atomised stream for atomiser setting angle: $\gamma = 0^\circ$: a – actual research, $A = -0.25017$, b – computer simulation, $A = -0.00054$



Rys. 3. Rozkład podłużny rozpylonej strugi dla kąta ustawienia rozpylacza: $\gamma = 10^\circ$: a – badania rzeczywiste, $A = 0,036054$, b – symulacja komputerowa, $A = 1,48665$

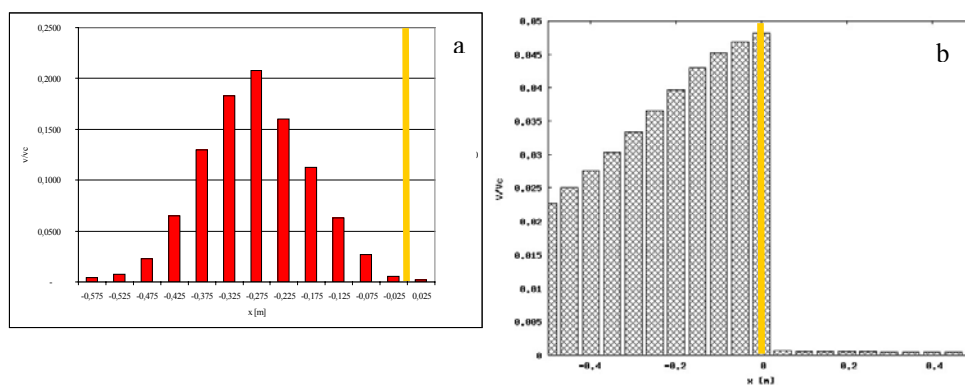
Fig. 3. Longitudinal distribution of atomised stream for atomiser setting angle: $\gamma = 10^\circ$: a – actual research, $A = 0.036054$, b – computer simulation, $A = 1.48665$

Teoretyczny i rzeczywisty rozkład...



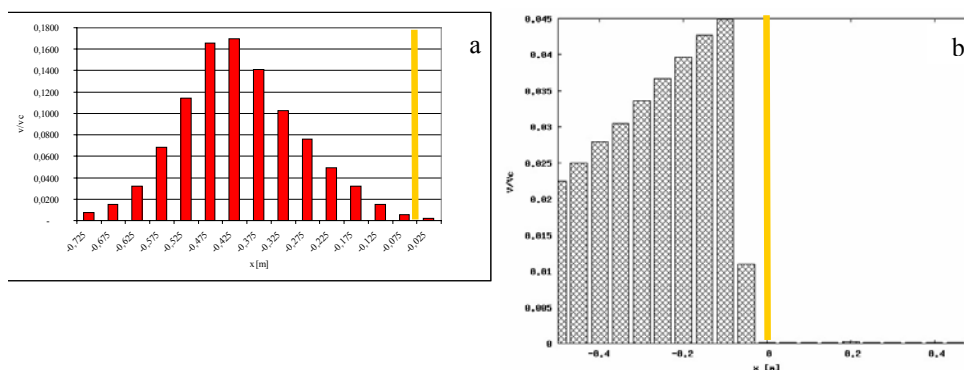
Rys. 4. Rozkład podłużny rozpylonej strugi dla kąta ustawienia rozpylacza: $\gamma = 20^\circ$: a – badania rzeczywiste, $A = 0,21619$, b – symulacja komputerowa, $A = 1,78994$

Fig. 4. Longitudinal distribution of atomised stream for atomiser setting angle: $\gamma = 20^\circ$: a – actual research, $A = 0.21619$, b – computer simulation, $A = 1.78994$



Rys. 5. Rozkład podłużny rozpylonej strugi dla kąta ustawienia rozpylacza: $\gamma = 30^\circ$: a – badania rzeczywiste, $A = 0,023044$, b – symulacja komputerowa, $A = 1,56154$

Fig. 5. Longitudinal distribution of atomised stream for atomiser setting angle: $\gamma = 30^\circ$: a – actual research, $A = 0.023044$, b – computer simulation, $A = 1.56154$

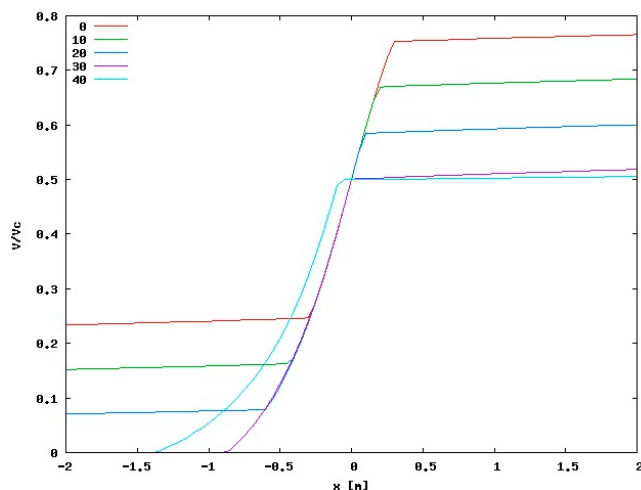


Rys. 6. Rozkład podłużny rozpylonej strugi dla kąta ustawienia rozpylacza: $\gamma = 40^\circ$: a – badania rzeczywiste, $A = 0,23789$, b – symulacja komputerowa, $A = 1,29834$

Fig. 6. Longitudinal distribution of atomised stream for atomiser setting angle: $\gamma = 40^\circ$: a – actual research, $A = 0.23789$, b – computer simulation, $A = 1.29834$

Na rysunkach przedstawiony został rozkład opadłej cieczy z rozpylacza wyrażony stosunkiem cieczy zmierzonej V w danej rynience do całości wypryskanej cieczy V_c i oznaczono ten stosunek V/V_c . Metodę tą zastosowano by uniknąć błędów, które by wynikały ze zmiennej ilości cieczy jak wiadomo wykorzystywanej do rozpylania. Ponieważ, jak widać wraz ze zmianą ciśnienia zmieniano wpływ, więc przy jednakowym czasie pomiaru ilość cieczy uchwyconej w rynienkach była zmienna. Rys. 2a, 2b przedstawia rzeczywisty i teoretyczny rozkład rozpylonej cieczy w przypadku gdy rozpylacz ustawiony był pionowo nad opryskiwaną powierzchnią. Widać, że przy ustawieniu rozpylacza pionowo nad opryskiwaną powierzchnią odnotowano mniej więcej taką samą ilość cieczy po obu stronach płaszczyzny symetrii. Różnice w wysokości poszczególnych histogramów wynikają z metodycznych założeń doświadczenia. Wykres rozkładu rzeczywisty rozpylonej strugi przedstawia wychwyconą rozpyloną strugę, której spektrum wielkości kropli było bardzo szerokie. Natomiast wykres teoretyczny przedstawia rozkład taki jakby w rozpylonej strudze były reprezentowane tylko jedną wielkością kropli o tzw. średniej średnicy objętościowej (MVD).

Na rysunkach 3, 4, 5 i 6 zostały przedstawione rzeczywiste i teoretyczne rozkłady podłużne opadłej rozpylonej strugi w przypadkach gdy rozpylacz był odchylany od pionu o 10° , 20° , 30° i 40° . Na przedstawionych wykresach rozkładów rzeczywistych widać, że charakter tych rozkładów nie ulegał zmianie przy zmianie kąta natomiast masa cieczy przesuwiała się zgodnie z kierunkiem wychylenia. Przy rozkładach rzeczywistych widać dość wyraźną zmianę rozkładu, która była najbardziej widoczna przy odchyleniu rozpylacza o kąt 40° niemniej jednak wskaźniki skośności wykazują dość dobre dopasowanie tych rozkładów do rzeczywistego rozkładu opadu. Cała masa rozpylonej cieczy przesuwiała się tak jak w przypadku wykresów rzeczywistych, w stronę odchylania rozpylacza. Wpływ zmiany kąta odchylecia na zmianę teoretycznego rozkładu zaobserwować można na wykresie (rys. 7) przedstawiającym przebiegi dystrybucji rozkładu przy symulacji teoretycznej.



Rys. 7. Przebiegi dystrybuant rozpylanej cieczy dla różnych kątów przyjętych w badaniach – symulacja komputerowa

Fig. 7. Trajectories of atomised liquid cumulative distribution functions for various angles assumed in the research – computer simulation

Wnioski

1. Porównanie wyników badań laboratoryjnych rozkładów opadu rozpylonej cieczy oraz wyników obliczeń teoretycznych wykazało duże podobieństwo. Potwierdzone to zostało przebiegami dystrybuant oraz wskaźnikami skośności.
2. Biorąc pod uwagę duże podobieństwo rozkładów teoretycznych i rzeczywistych opadu cieczy przy zmiennym ustawieniu rozpylacza i różnych zastosowanych ciśnieniach można sądzić, że wnioskowanie o prawdopodobnym rozkładzie rozpylanej cieczy na podstawie przedstawionych rozważań teoretycznych jest uprawnione i potwierdzone uzyskanymi wynikami badań.
3. Mimo odchylenia płaszczyzny rozpylania rozpylacza w zakresie 0-40 stopni nie zmienia się istotnie charakter rozkładu podłużnego rozpylonej strugi dla wszystkich przyjętych wysokości rozpylania i ciśnień roboczych. Rozkład zbliżony do normalnego został zachowany nawet przy skrajnych przyjętych wartościach ustawienia rozpylacza.

Bibliografia

- Farooq M., Salyani M.** 2004. Modeling of Spray Penetration and deposition on Citrus tree Canopies. *Transakction of the ASAE*. Vol. 47(3). s. 619-627.
- Łuczycza D., Szewczyk A., Wilczok G.** 2004. The effect of angle of spray jut deviation in the air movement on the longitudinal spray distribution. *International Conference. Environmentally Friendly Spray Application Techniques*. 4-6 October. Warsaw. Poland.
- Rosemarie R.** 1995. Abdrift verschiedener Düsen. *50 Landtechnik* 2. s. 66-67.

THEORETICAL AND ACTUAL LIQUID DISTRIBUTION FOR SELECTED ATOMISER SETTING PARAMETERS

Summary. The researchers developed mathematical model describing motion of atomised liquid molecule, consisting of a system of three equations. Special testing station was designed in order to verify the determined model, which allowed to obtain liquid longitudinal distribution for atomiser working parameters taken for the tests. Obtained results showing actual distributions of atomised liquid were compared to the distributions obtained from model computations. Comparison of the results obtained during laboratory tests of atomised liquid distributions and the results of theoretical computations proved high similarity of both.

Key words: spraying technique, field crops, liquid distribution, mathematical model

Adres do korespondencji:

Antoni Szewczyk, e-mail: szewczyk@imr.ar.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław