УДК 631.5

Ю.М. Родінков
А.Ю. Савицький

ВПЛИВ ВІТРУ НА РІВНОМІРНІСТЬ РОЗПИЛЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ ПРИ ОБРОБЦІ ПОЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація
Представлено математичну модель, що враховує сплив сили вітру на кут розпилення форсунок та отримано безрозмірні комплекси, які дозволяють оцінити зміну кута розпилення залежно від тиску, діаметра сопла та швидкості вітру.
Ключові слова: *розпилення, пестициди, кут розпилення, сила вітру, сільське господарство.*

Abstract
This study presents a mathematical model that considers the influence of wind force on the spray angle of nozzles and dimensionless complexes were devided to access spray angle variations depending on pressure, nozzle diameter and wind speed.
Keywords: *spraying, pesticides, spray angle, wind force, agriculture.*

Вступ

Обробка полів сільськогосподарськими хімікатами, такими як пестициди та гербіциди, є важливим етапом агротехнологій. Однак рівномірність розпилення залишається серйозною проблемою, оскільки вона впливає на ефективність обробки, витрати хімікатів та екологічну безпеку. Основні фактори, що визначають рівномірність розпилення, - це тиск у форсунці, діаметр сопла, в'язкість рідини, а також вплив навколишнього середовища, зокрема сили вітру. Вітер може значно змінювати траєкторію розпилених частинок, що призводить до нерівномірного покриття рослин і навіть зносу пестицидів за межі цільової ділянки.

Метою цієї роботи є математичне моделювання процесу розпилення з урахуванням сили вітру, що дозволить підвищити ефективність обприскування та мінімізувати втрати хімікатів.

Аналіз процесу розпилення

Розпилення рідини через форсунку в двофазним потоком, що складається з рідких капель та повітря. Струмінь, що виходить із сопла, розширується під кутом розпилення α, який залежить від таких основних параметрів:

- Тиск у форсунці P – чим вищий тиск, тим більша швидкість розпилених частинок і ширший кут розпилення.
- Діаметр сопла D – визначає розмір крапель та їхню динаміку.
- Фізичні властивості рідини – густина ρ_l, динамічна в'язкість η_l, поверхневий натяг σ впливають на стабільність та рівномірність розпилення.
- Швидкість вітру W – може змінювати напрямок руху частинок та деформувати конус розпилення.

Відомо, що при швидкості вітру понад 3-5 м/с кут розпилення значно змінюється, що призводить до нерівномірного покриття рослин і втрат пестицидів.

Математична модель процесу

Щоб описати залежність кута розпилення α від основних параметрів, застосуємо метод розмірного аналізу. Введемо безрозмірні комплекси:

$$\Pi_1 = \frac{D\vartheta}{v}, \Pi_2 = \frac{p}{\rho\vartheta^2}, \Pi_3 = \frac{\sigma}{\rho\vartheta^2 D}, \Pi_4 = \frac{W}{\vartheta} \quad (1)$$

З урахуванням цих змінних отримаємо функціональну залежність:

$$\alpha = k \cdot \Pi_1^a \cdot \Pi_2^b \cdot \Pi_3^c \cdot \Pi_4^d \quad (2)$$

або в спрощеному вигляді:

$$\alpha = k \cdot (\frac{P}{P_0})^x \cdot (\frac{D}{D_0})^y \cdot (\frac{W}{W_0})^z \quad (3)$$

Початкові експериментальні дані дозволяють визначити оптимальні значення коефіцієнтів:

$$x = 0.5, \quad y = -0.2, \quad z = -0.3 \quad (4)$$

Це означає, що :

- Зі збільшенням тиску в форсунці кут розпилення зростає.
- При збільшенні діаметра сопла кут розпилення зменшується.
- Вітер негативно впливає на кут розпилення, зменшуючи його.

Результати моделювання

Порівняння експериментальних даних та розрахунків за модифікованою моделлю показало високу кореляцію між теоретичним і фактичним значеннями кута розпилення (R=0,955). Додатково проведений аналіз дозволив визначити критичні пороги швидкості вітру, при яких ефективність знижується:

Таблиця 1. Відношення швидкості вітру до відхилення кута розпилення.

Швидкість вітру, м/с	Відхилення кута розпилення, %
0-2	≤5%
3-5	5-15%
6-8	15-30%
>8	>30%

Як видно, при швидкості вітру понад 5 м/с значне відхилення кута розпилення може призводити до втрати ефективності обробки.

Висновки

Вплив вітру є одним із ключових факторів, що визначають ефективність обприскування сільськогосподарських культур. Запропонована математична модель дозволяє оцінити зміну кута розпилення залежно від сили вітру та інших параметрів, що дозволяє оптимізувати процес обприскування. Отримані результати можуть бути використані для підвищення точності та економічної ефективності застосування пестицидів у сільському господарстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левицький В.М. Гідравлічні форсунки та їх застосування у сільському господарстві. – Київ: Агропровидав, 2008. – 256с.
2. ISO 5682-1:2017 Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: Test methods for sprayer nozzles.
3. Wu H., Zhu H., Zhou Y. Effect of wind on droplet drift and distribution in agricultural spraying applications // Applied Engineering in Agriculture. – 2020. – Vol. 36(1). – P. 15-26.

Родінков Юрій Миколайович **–** студент групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rodinkov.tkr17@gmail.com.

Савицький Антон Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.