

Технологічні особливості роботи форсунок для причіпних та самохідних обприскувачів

О.І. Алфьоров¹, В.В. Пономаренко²

¹ Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка (м. Харків, Україна)

² ТОВ "Агрістар", Дилер John Deere (м. Харків, Україна)
email: ¹ alfogor@i.ua, ² bormanmar.com.ua@gmail.com;
ORCID: ¹ 0000-0002-0357-3141, ² 0000-0002-0777-9331

У статті наведено технологічний та технічний огляд елементів технічного забезпечення процесу обприскування. Представлено аналіз типів та технологічних особливостей розпилювальних форсунок обприскувачів з описом їх технологічного призначення та особливостей роботи. Розглянуті деякі фактори, що сприяють правильному вибору розпилювальної форсунки, а саме: розмір крапель, якість розпилювання, швидкість потоку, факел розпилу та тиск. Наголошено на оцінці впливу обприскування сільськогосподарських культур при використанні різних типів форсунок. Адже розпилювачі форсунок відрізняються не тільки різною формою та нормою виливу, а ще й мають різні за розміром отвори для виливу крапель відповідного діаметру та працюють із змінним тиском для виконання особливих вимог при внесенні матеріалів. Також враховується точкове місце внесення рідин (листя або стебло), щоб забезпечили високу точність та ефективність для даного етапу вирощування культур. Розглянуті форсунки для кожного виду внесення: суцільно-струменеві, 3D форсунки, форсунка інтенсивного потоку, форсунка ультрамалого зносу, розпилювальні форсунки GuardianAIR Twin. Описані технологічні особливості наступних типів форм розпилювання: парний тип форми розпилення, конусний тип форми розпилення, форма типу розпилення зі зміною напрямку (Deflect pattern), форма типу розпилення з суцільним конусом, форма типу розпилення з пустим конусом, форма типу розпилення зі зміщенням від центру, струменева форма типу розпилення.

Наведено класифікацію для вимірювання та інтерпретації якості розпилювання з форсунок за стандартом ASABE S572.1 американського товариства інженерів сільського господарства та біології (ASABE).

Ключові слова: обприскувачі, форсунки, тиск, норма виливу, діаметр крапель, швидкість потоку, розпилювання.

Постановка проблеми та її актуальність.

Для коректного та ефективного захисту рослин слід уникати помилок під час вибору пестицидів, обприскувачів і способу виконання посівів чи обробки ґрунту й пам'ятати, що будь-яке порушення технології проведення подібних робіт може обернутися неочікуваним і небажаним результатом.

Основна мета цього дослідження полягала в оцінці впливу обприскування сільськогосподарських культур при використанні різних типів форсунок. Адже розпилювачі форсунок відрізняються не тільки різною формою та нормою виливу, а ще й мають різні за розміром отвори для виливу крапель відповідного діаметру та працюють із змінним тиском для виконання особливих вимог при внесенні матеріалів. Також враховується точкове місце внесення рідин (листя або стебло), щоб забезпечили високу точність та ефективність для даного етапу вирощування культур. А інтелектуальні рішення гарантують найбільш ефективно використання матеріалів упродовж робіт.

Обприскування полів є невід'ємною частиною комплексного захисту посівів від шкідників, бур'янів і різних захворювань. За статистикою, щорічно гине близько чверті всіх посівів землевласників, які намагалися заощадити на обприскуванні [1-4]. Використання різних культур в сівозміні, особливості структури полів, рельєфу та ґрунтів кожного агропідприємства становлять серйозні вимоги перед обприскувачем та потребують застосування індивідуального підходу при підборі такої важливої в сільгоспвиробництві машини. Та зазвичай із всіх деталей та вузлів обприскувача розпилювальні форсунки часто є найменшою деталлю обладнання, якій незаслужено приділяють найменше уваги.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз типів та технологічних особливостей розпилювальних форсунок обприскувачів зроблено на основі продукції компанії John Deere [5, 6], яка протягом десятиліть є однією з лідерів новаторства у сфері технологій обприскування, будуючи більше ма-

шин ніж будь-який інший виробник. Виробник пропонує різні розміри резервуарів, штанг і достатню ширину просвітів, що дозволяє використовувати обприскувачі на пізніх стадіях розвитку кукурудзи та соняшнику.

Технологічно розпилювальні форсунки розрізняють за різними діапазонами тиску, швидкістю потоку й форм розпилювання, щоб відповідати вимогам будь-якого типу обприскування [7 – 9]. Для правильного вибору розпилювальної форсунки потрібно визначитись з розміром крапель, нормою внесення, якістю розпилювання та обмеженнями, що накладаються вимогами до охорони навколишнього середовища. Для цього необхідно визначити пункти, що розглянуті нижче.

Виклад основного матеріалу.

Метод обприскування.

Широкозахватне обприскування слід використовувати, коли потрібно обробити все поле. Ширина розпилювання кожної форсунки, скоригована для перекриття внесення, – це відстань між форсунками на штанзі обприскувача.

Стрічкове обприскування слід використовувати, коли потрібно обробити посаджені рядки або незасаджені ділянки. Ширина розпилювання кожної форсунки – це ширина рядка, який буде оброблятися.

Швидкість обприскувача.

Слід дотримуватись мінімального коливання швидкості руху обприскувача. Точне визначення швидкості досягається за умов використання радарних або ультразвукових датчиків швидкості, які калібруються після встановлення або обслуговування [1, 2]. Спідометри з приводом від ведучих коліс слід калібрувати щоразу, коли змінюється поверхня поля, наприклад після культиваци. Швидкість можна визначити, якщо відомо, скільки часу потрібно, щоб пройти вимірювану відстань:

$$V = \frac{l \cdot 3,6}{t} \quad (1)$$

де V – швидкість (км/год), l – відстань (м);
 t – час (с).

Швидкість потоку.

Швидкість потоку визначає норми внесення. Визначити точну кількість необхідної витрати у літрах за хвилину для кожної форсунки можна за виразом:

$$V_{\pi} = \frac{N \cdot V \cdot \omega}{600} \quad (2)$$

де, N – норма внесення (л/га); ω – коефіцієнт, що враховує наступні параметри:

- відстань між форсунками (в дюймах/м) для широкозахватного обприскування;
- ширина обприскування (в дюймах/м) для стрічкового обприскування з використанням

однієї форсунки або обприскування з використанням безштангових форсунок;

- міжрядкова відстань (в дюймах/м) розділена на кількість форсунок на рядок для керованого обприскування.

Тип форми розпилювання.

Форми плоскоструменевої форсунки:

- Парний тип форми розпилення характеризується внесенням з використанням однієї форсунки та краплями дрібного розміру (рис. 1).

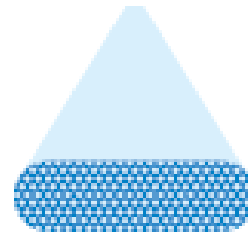


Рис. 1. Парний тип форми розпилення;

- Конусний тип форми розпилення використовується для внесення рідин з кількох форсунок, та характеризується краплями дрібного розміру (рис. 2).



Рис. 2. Конусний тип форми розпилення;

- Форма типу розпилення зі зміною напрямку (Deflect pattern) характеризується низьким тиском 10-40 фунтів/кв. дюйм/1-3 бар та великим розміром крапель (рис. 3).



Рис. 3. Форма типу розпилення зі зміною напрямку (Deflect pattern)

Конусні форми:

- Форма типу розпилення з суцільним конусом ідеально підходить для точкового обприскування та характеризується краплями дрібного розміру (рис. 4).

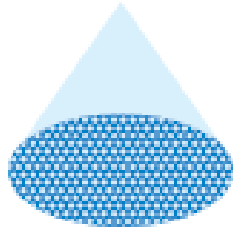


Рис. 4. Форма типу розпилення з суцільним конусом;

– Форма типу розпилення з пустим конусом ідеально підходить для пневматичного й керованого обприскування та характеризується краплями дрібного розміру (рис. 5).



Рис. 5. Форма типу розпилення з пустим конусом

Інші форми:

– Форма типу розпилення зі зміщенням від центру ідеально підходить для внесення за допомогою штанги обприскувача та характеризується середнім розміром крапель (рис. 6).

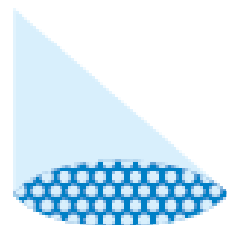


Рис. 6. Форма типу розпилення зі зміщенням від центру;

– Струменева форма типу розпилення підходить для внесення добрив та характеризується струменем (рис. 7).



Рис. 7. Струменева форма типу розпилення.

Класифікація розміру крапель ASABE S572.1

Американське товариство інженерів сільськогосподарства та біології (ASABE) розробило стандарт ASABE S572.1 для вимірювання та інтерпретації якості розпилювання з форсунок [10]. У стандарті ASABE S572.1 використовуються вісім категорій класифікації крапель, шість із яких є спільними для сільськогосподарства й садівництва: дуже дрібні, дрібні, середні, великі, дуже великі й надзвичайно великі. Для більшості агрохімічних внесень рекомендується дрібний, середній або великий розмір крапель обприскування.

Таблиця 1. Класифікація розміру крапель за категоріями

Розмір крапель	Діапазон діаметра крапель (мікрони)	Колірний код	Затримка на листках, які складно зволожити
Надзвичайно дрібне	≤60	XF Фіолетовий	Неперевершено
Дуже дрібне	61-105	VF Червоний	Неперевершено
Дрібне	106-235	F Помаранчевий	Дуже добре
Середнє	236-340	M Жовтий	Добре
Грубе	341-403	C Синій	Помірне
Дуже велике	404-502	VC Зелений	Погане
Надзвичайно велике	503-665	EC Білий	Дуже погане
Ультравелике	≥665	UC Чорний	Дуже погане

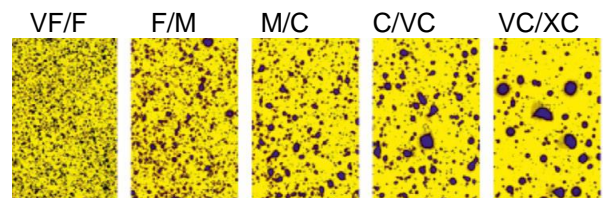


Рис. 8. Розподіл елементів розприскування по площі за колірним кодом

Низький тиск обприскування забезпечує більші розміри крапель, а високий тиск обприскування дає менші розміри крапель. Найменші розміри крапель досягаються за допомогою форсунок із пневматичним розпиленням. Загалом, найбільші краплі розпилювання досягаються за допомогою ширококутних, плоских гідравлічних розпилювальних форсунок.

Форсунки для кожного виду внесення [5, 6]:

Суцільноструменеві (рис. 9). Форсунки забезпечують оптимізоване внесення рідких добрив для культур суцільного висіву, наприклад планових внесень поживних речовин. Завдяки шестиструменевій формі зводиться до мінімуму контакт з листям і забезпечується рівномірне покриття.

3D форсунки (рис. 10) розроблено з урахуванням найскладніших агрономічних умов з акцентом на ефективність та якість покриття при внесенні контактних і системних хімічних речовин.



Рис. 9. Суцільноструменева форсунка;



Рис. 10. Форсунка 3D;

Форсунки з інтенсивним потоком – використовуються для передпосадкових рідких добрив, зокрема для використання сумішей добрив із досходовими гербіцидами для «випалювання» бур'янів. Широка форма з кутом 140° дозволяє використовувати штангу обприскувача невеликої висоти, мінімізуючи корозійний вплив на обладнання для внесення. Конусний, ширококутний факел сприяє рівномірному розподілу поживних речовин.

Форсунки ультрамалого зносу (рис. 12) призначені для внесення добрив до та після появи сходів, для випадків, коли першочерговим є зменшення зносу. Унікальна щільна форма розпилювання, що охоплює площу майже 60° спереду назад, з кутом розпилення 120°. Створює краплі, наповнені повітрям, для значного зменшення потенціалу зносу потоку розпилення.



Рис. 11. Форсунка інтенсивного потоку 140°;



Рис. 12. Форсунка ультрамалого зносу;

Повітрянаповнені розпилювальні форсунки для малого зносу підтримують постійний обмін між краплями й тиском обприскування, створюючи більш рівномірне покриття післясходовими засобами захисту рослин й гербіцидами контактної дії. Наповнені повітрям краплі зменшують знос факелу розпилення, покращуючи утримання на листі та накопичення діючої речовини (рис. 13).

Розпилювальні форсунки GuardianAIR Twin (рис. 14) призначені для внесення засобів захисту рослин з необхідністю покриття великої площі, де важливим є дотримання цільових параметрів. Форсунки (GAT) використовують для проникнення через густі посіви, наприклад соєві боби або зернові злаки, де важливим є як якість покриття, так і зменшення потенціалу зносу потоку розпилення.



Рис. 13. Форсунка повітряна для малого зносу;



Рис. 14. Форсунка GuardianAir Twin;

Висновки. Завжди варто звертати увагу на те, з якої причини ми вносимо розчин та який продукт використовуємо при обприскуванні сільськогосподарських культур. Дорогий обприскувач – не завжди найважливіший чинник. Одним із основних чинників потрапляння препарату, який ми вносимо на рослини, є безпосередньо форсунки. Між цільовим об'єктом і штангою розташовується форсунка, саме вона дає нам або позитивний ефект, або його відсутність. Також обприскування з використанням зношеної форсунки може негативно позначитися на якості внесення матеріалів, через що воно може бути затратним. Заміна форсунок — ще один фактор, який потрібно враховувати. Не можна використовувати форсунки без своєчасної заміни, адже пластик із часом змінює свою еластичність як зсередини, так і ззовні, після чого спостерігається нерівномірність внесення рідин по всій довжині штанги. Контроль та підтримка працездатності форсунок — це один з найпростіших способів забезпечити точну й ефективну роботу обприскувачів.

Література

1. Кравчук, В., Войтюка, Д., 2010. Машина для хімічного захисту рослин. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, с.184.
2. Войтюк, Д., Дубровін, В. and Іщенко, Т., 2004. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Київ: Вища освіта, с.544.
3. Гринько, Ю., 2018. Сучасні тенденції в обприскуванні. [online] agronom.com.ua. Available at: <<https://www.agronom.com.ua/suchasni-tendentsiyi-v-obpryskuvanni>> [Accessed 15 February 2021]

4. Hewitt A.J. 2000. Spray drift: impact of requirements to protect the environment. *Crop Prot.* 19 (1): 623–627.

5. Запасные части и оборудование для опрыскивателей 2020. Каталог John Deere, 88 с.

6. 2021. [online] Available at: <<http://www.deere.ua/uk/обприскувачі>> [Accessed 15 February 2021].

7. Hewitt A.J., Johnson D.R., Fish J.D., Hermansky C.G., Valcore D.L. 2002. Development of the spray drift task force database for aerial applications. *Environ. Tox. Chem.* 21 (3): 648–658.

8. Elsik C.M. 2011. Round-robin evaluation of ASTM standard test method E2798 for spray drift reduction adjuvants. *J. ASTM Int.* 8 (8): 1–22.

9. Czaczyk Z. 2012. Influence of air flow dynamics on droplet size in conditions of air assisted sprayers. *Atomization and Sprays* (accepted to publishing on July 23rd), 9 pp.

10. ASAE S572.1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. *Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.*, 4 pp.

References

1. Kravchuk, V., Voytyuka, D., 2010. Machines for chemical plant protection. *Research: UkrNDIPVT them. L. Pogorily, p.184.*

2. Voytiuk, D., Dubrovin, V. and Ishchenko, T., 2004. *Agricultural and reclamation machines.* Kyiv: Higher Education, p.544.

3. Grinko, Y., 2018. Current trends in spraying. [online] agronom.com.ua. Available at: <<https://www.agronom.com.ua/suchasni-tendentsiyi-v-obpryskuvanni>> [Accessed 15 February 2021]

4. Hewitt A.J. 2000. Spray drift: impact of requirements to protect the environment. *Crop Prot.* 19 (1): 623–627.

5. Spare parts and equipment for sprayers 2020. John Deere catalog, 88 p.

6. 2021. [online] Available at: <<http://www.deere.ua/en/sprayers>> [Accessed 15 February 2021].

7. Hewitt A.J., Johnson D.R., Fish J.D., Hermansky C.G., Valcore D.L. 2002. Development of the spray drift task force database for aerial applications. *Environ. Tox. Chem.* 21 (3): 648–658.

8. Elsik C.M. 2011. Round-robin evaluation of ASTM standard test method E2798 for spray drift reduction adjuvants. *J. ASTM Int.* 8 (8): 1–22.

9. Czaczyk Z. 2012. Influence of air flow dynamics on droplet size in conditions of air assisted sprayers. *Atomization and Sprays* (accepted to publishing on July 23rd), 9 pp.

10. ASAE S572.1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. *Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.*, 4 pp.

Аннотация

Технологические особенности работы форсунок для прицепных и самоходных опрыскивателей

А.И. Алфёров, В.В. Пономаренко

В статье приведены технологический и технический обзор элементов технического обеспечения процесса опрыскивания. Представлен анализ типов и технологических особенностей распылительных форсунок опрыскивателей с описанием их технологического назначения и особенностей работы. Рассмотрены некоторые факторы, способствующие правильному выбору распылительной форсунки, а именно: размер капель, качество распыления, скорость потока, давление и факел распыления. Отмечена оценка воздействия опрыскивания сельскохозяйственных культур при использовании различных типов форсунок. Ведь распылители форсунок отличаются не только разной формой и нормой внесения, но и имеют разные по размеру отверстия для распыления капель соответствующего диаметра и работают с переменным давлением для выполнения особых требований при внесении материалов. Также учитывается точечное место внесения жидкостей (листья или стебель), чтобы обеспечили высокую точность и эффективность для данного этапа выращивания культур. Рассмотрены форсунки для каждого вида внесения: сплошноструйные, 3D форсунки, форсунка интенсивного потока, форсунка ультрамалого износа, распылительные форсунки GuardianAIR Twin. Описаны технологические особенности следующих типов форм распыления: парный тип формы распыления, конусный тип формы распыления, форма типа распыления с изменением направления (Deflect pattern), форма типа распыления со сплошным конусом, форма типа распыления с пустым конусом, форма типа распыления со смещением от центра, струйная форма типа распыления.

Приведена классификация для измерения и интерпретации качества распыления из форсунок по стандарту ASABE S572.1 американского общества инженеров сельского хозяйства и биологии (ASABE).

Ключевые слова: растения, опрыскиватели, форсунки, давление, норма выброса, диаметр капля, скорость потока, распыления.

Abstract

**Technological features of injection operation
for trailer and self-propelled sprayers****O.I. Alforyov, V.V. Ponomarenko**

The article presents a technological and technical review of the elements of technical support of the spraying process. The analysis of types and technological features of spray nozzles of sprayers with the description of their technological purpose and features of work is presented. Some factors that contribute to the correct choice of spray nozzle are considered, namely: droplet size, spray quality, flow rate, spray torch and pressure. Emphasis is placed on assessing the impact of crop spraying using different types of nozzles. After all, nozzle nozzles differ not only in different shape and rate of pouring, but also have different sized holes for pouring drops of appropriate diameter and work with variable pressure to meet special requirements when applying materials. The point of application of liquids (leaves or stems) is also taken into account to ensure high accuracy and efficiency for this stage of growing crops. Nozzles for each type of application are considered: all-jet, 3D nozzles, high-flow nozzle, ultra-low wear nozzle, GuardianAIR Twin spray nozzles. Technological features of the following types of spray forms are described: paired type of spray form, conical type of spray form, form of spray type with change of direction (Deflect pattern), form of spray type with solid cone, form of spray type with empty cone, form of spray type with offset from the center, jet form of spray type.

The classification for measurement and interpretation of spray quality from nozzles according to the ASABE S572.1 standard of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) is given.

Keywords: *plants, sprayers, nozzles, pressure, pour rate, droplet diameter, flow rate, spraying.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Alforyov, O. I. and Ponomarenko, V. V. (2021) 'Technological features of injection operation for trailer and self-propelled sprayers', *Engineering of nature management*, (1(19), pp. 69 – 74.

Подано до редакції / Received: 09.01.2021