УДК 631.348
CC BY
DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-34-37

Разработка конструкции щелевого сельскохозяйственного распылителя и исследование его выходных параметров

Виктория Эдуардовна Славкина,
младший научный сотрудник,
e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru;
Алексей Сергеевич Свиридов,
младший научный сотрудник,
e-mail: sviridov.vim@ya.ru;
Гриша Арумугам,
ведущий инженер, e-mail: vim164@yandex.ru;
Юлия Александровна Гончарова,
научный сотрудник, e-mail: lopatina.julia@yandex.ru;
Руслан Михайлович Касимов,
инженер, e-mail: ruslankm@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали, что применение некачественных распылителей для внесения пестицидов может привести к снижению урожайности и негативным экологическим последствиям. Отметили, что использование изношенных форсунок ухудшает эффективность обработки растений, так как отклонение от нормы расхода средств защиты растений достигает 30-60 процентов. Отметили, что наиболее часто в России применяют распылители иностранного производства, поскольку отечественных аналогов, обеспечивающих схожие выходные параметры, не существует. (*Цель исследования*) Исследовать выходные параметры разработанного щелевого сельскохозяйственного распылителя и сравнить их с показателями передовых импортных аналогов. (*Материалы и методы*) Опытный образец разработанного распылителя изготовили из бронзы с применением механической обработки. Исследовали его на специальном стенде в сравнении с эталонным полимерным распылителем. Измерили расход рабочей жидкости и угол распыла, а также размеры сопла, для чего применили оптическую микроскопию. (*Результаты и обсуждение*) Установили, что в среднем расход рабочий жидкости у опытного образца распылителя, изготовленного из бронзы, в 1,7 раза больше, чем у эталонного полимерного распылителя, а угол распыла меньше на 37,16 градуса. Исследование сопел распылителей с помощью оптического микроскопа позволило выявить различия в форме и размерах. (*Выводы*) Определили, что разработанная конструкция распылителя нуждается в доработке: форма сопла должна быть скорректирована до эллипсовидной, размеры сопла следует уменьшить.
Ключевые слова: опрыскивание, щелевой сельскохозяйственный распылитель, расход рабочей жидкости, факел распыла, диаметр сопла.

Для цитирования: Славкина В.Э., Свиридов А.С., Арумугам Г., Гончарова Ю.А., Касимов Р.М. Разработка конструкции щелевого сельскохозяйственного распылителя и исследование его выходных параметров // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N4. С. 34-37. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-34-37. EDN AZUODK.

Developing the Design for a Slotted Agricultural Sprayer and Studying Its Output Parameters

Victoria E. Slavkina*,
junior researcher,
e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru;
Alexey S. Sviridov,
junior researcher,
e-mail: sviridov.vim@ya.ru;
Grisha Arumugam,
leading engineer, e-mail: vim164@yandex.ru;
Yulia A. Goncharova,
researcher, e-mail: lopatina.julia@yandex.ru;
Ruslan M. Kasimov,
engineer, e-mail: ruslankm@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. It is shown that the use of low-quality sprayers for pesticide application can lead to the yield decrease and negative environmental consequences. The use of worn nozzles is noted to reduce the efficiency of plant treatment, since the deviation from the dosage norm of plant protection products reaches 30-60 percent. It is noted that foreign-made sprayers are most often used in Russia, since there are no domestic analogues providing similar output parameters. (*Research purpose*) To investigate the output parameters of the developed slotted agricultural sprayer and compare them with the performance of advanced imported analogues. (*Materials and methods*) A prototype model of the developed sprayer was made of bronze using mechanical treatment. It was examined on a special test bench in comparison

with a reference polymer sprayer. Using optical microscopy the flow rate of the working fluid and the spray angle were measured, as well as the dimensions of the sprayer nozzle. (*Results and discussion*) It was found that, on average, in the prototype sprayer made of bronze, the flow rate of the working fluid is 1.7 times greater and the spray angle is 37.16 degrees less than those of a reference polymer sprayer. The examination of the spray nozzles by an optical microscope revealed some differences in shape and size. (*Conclusions*) The developed design of the sprayer reveals a need for improvement: the nozzle shape should be modified to ellipsoid; the nozzle size should be reduced.
Keywords: spraying, slotted agricultural sprayer, working fluid flow rate, spray angle, nozzle diameter.

For citation: Slavkina V.E., Sviridov A.S., Arumugam G., Goncharova Y.A., Kasimov R.M. Razrabotka konstruktsii shchelevogo sel'skohozyaystvennogo raspylitelya i issledovanie ego vyhodnykh parametrov [Developing the design for a slotted agricultural sprayer and studying its output parameters]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N4. 34-37 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-34-37. EDN AZUODK.

Практика показывает, что более 50% прибавки урожая получают благодаря внесению удобрений и средств защиты растений [1, 2]. Рынок пестицидов России по показателю прироста объема их продаж занимает первое место в мире за период 2008-2018 г. [3]. Они обеспечивают оперативную обработку сельхозкультур, способствуют повышению урожайности [4, 5]. Неправильное внесение химических растворов вызывает серьезную опасность для здоровья операторов, потребителей, наносит вред окружающей среде [6, 7].

Ежегодно в России тратится значительное количество денег на импорт различных запасных частей для сельхозтехники, в том числе распылителей для опрыскивателей [8, 9]. Среди различных видов распылителей наиболее популярны щелевые [10, 11].

Цель исследования – изучить выходные параметры разработанного щелевого сельскохозяйственного распылителя и сравнить их с показателями передовых импортных аналогов.

Материалы и методы. На основе анализа существующих щелевых распылителей спроектировали новую конструкцию (*рис. 1*). Опытный образец изготовили из бронзы БрАЖ9-4 с помощью механической обработки на металлорежущем оборудовании. Бронза марки БрАЖ 9-4 легко поддается обработке давлением в горячем состоянии, обладает высокой прочностью и хорошими антифрикционными свойствами.

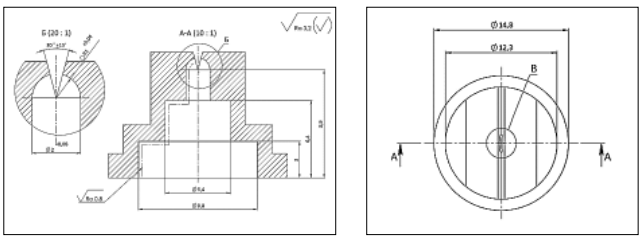

Рис. 1. Конструкция спроектированного распылителя
Fig. 1. Designed sprayer diagram

Сравнили выходные параметры спроектированного распылителя и изготовленного компанией *TeeJet*, принятого за эталон (*рис. 2*). Этот образец относится к стандартным щелевым распылителям. Подобный тип универсальных форсунок широко применяют для обработки сельхозкультур благодаря простому и быстрому монтажу с минимальными затратами, а также доступной цене. Эталонный распылитель изготовлен из полимера полиоксиметилен методом литья под давлением.

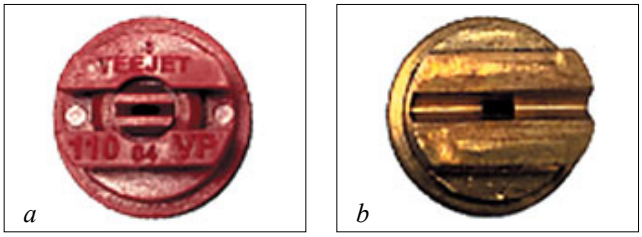

Рис. 2. Внешний вид образцов для испытания: a – полимерный распылитель TeeJet; b – спроектированный распылитель, изготовленный из бронзы
Fig. 2. Appearance of the test specimens: a – TeeJet polymer sprayer; b – a designed sprayer made of bronze

Распылители исследовали на испытательном стенде (*рис. 3*).

Рис. 3. Испытательный стенд для исследования распылителей: 1 – штанга; 2 – корпус стенда; 3 – исследуемые распылители; 4 – манометр для регулирования давления
Fig. 3. Sprayer test bench: 1 – boom; 2 – test bench body; 3 – sprayers to be tested; 4 – pressure gauge for pressure regulation

Оба исследуемых распылителя одновременно крепили на кронштейне. Включали насос, подающий воду через распылители на рабочий стол установки. Вода стекала по наклонной поверхности в лоток, а затем в емкость под ним.

Задавали различные параметры давления, Па:
- минимальное – 1,0;
- промежуточное – 2,5;

- максимальное – 4,0.

Под каждым распылителем стоял мерный стакан объемом 200 мл. Испытания проводили в течение 3 с, после чего закрывали кран и измеряли количество жидкости в стакане. Для измерения угла распыла процесс записывали на видеокамеру. Полученные изображения обрабатывали в программе *Компас-3D*. На изображении строили касательные к факелу распыла жидкости и измеряли угол между ними (*рис. 4*).

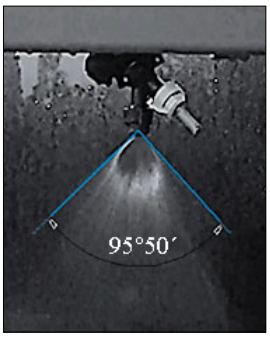

Рис. 4. Измерение угла распыла с применением программы Компас-3D
Fig. 4. Measuring the spray angle using the KOMPAS-3D program

На следующем этапе изучили размеры сопел распылителей. Изображения сопел получали при помощи оптического микроскопа *Olympus GX53*, обрабатывали их с помощью программного обеспечения *OLYMPUS Stream*, позволяющего оценить линейные размеры объектов.

Результаты и обсуждение. Спроектированный распылитель показал в среднем расход воды в 1,7 раз больше по сравнению с эталонным при всех значениях давления (*рис. 5*). Угол факела распыла при давлении 2,5 Па в экспериментальном образце меньше – 58°34′ против 95°50′ в эталонном, то есть ширина опрыскиваемой полосы будет меньше. Для анализа данных по расходу жидкости и углам распыла изучили форму и размер сопел распылителей (*рис. 6*, *таблица*).

Сопло разработанного распылителя имеет форму овала, а эталонного – эллипса. Кроме того, размеры сопла сконструированного распылителя оказались больше, что также негативно сказалось на выходных параметрах.

Выводы. Опытный образец изготовленного нами щелевого распылителя не может обеспечить качественную работу опрыскивателя.Его расход рабочей жидкости в 1,7 раза больше эталонного образца компании *TeeJet*. Угол факела распыла меньше на 37°16′, что снижает производительность при обработке поверхности поля.

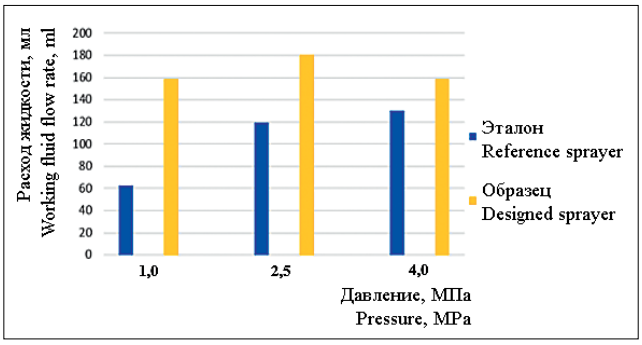

Рис. 5. Расход рабочей жидкости распылителями за время испытания
Fig. 5. Working fluid flow rate in sprayers during the test

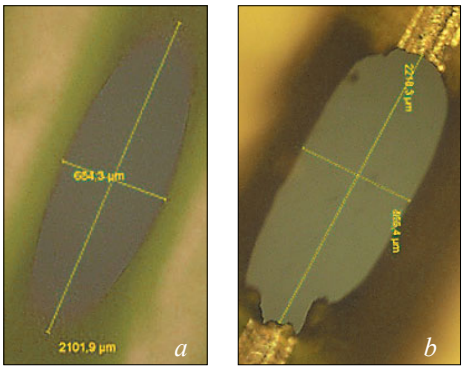

Рис. 6. Форма сопел распылителей: a – эталонный; b – спроектированный
Fig. 6. Shape of spray nozzles: a – reference sprayer; b – designed sprayer

Таблица / Table

Размеры сопла в распылителях, мкм
Dimensions of the sprayer nozzles, microns

Распылитель Sprayer	Высота Height	Ширина сопла Nozzle width
Эталонный Reference sprayer	2101,9	684,3
Спроектированный Designed sprayer	2218,3	855,4

Сопло эталонного распылителя представляет собой эллипс, тогда как сопло сконструированного образца имеет форму овала, превосходя эталон по размерам.Таким образом, разработанную геометрию распылителя следует скорректировать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В., Курбанов Р.К. Технические средства для химической защиты растений: состояние и перспективы развития // *Агроинженерия*. 2022. N3. С. 12-18.
2. Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г. и др. Инновационное технологическое обеспечение производства овощных культур. М.: Цифровичок. 2022. 318 с.
3. Захаренко В.А. Использование пестицидов в аграрном секторе России в контексте развития глобальных рынков средств защиты растений // *Агрохимия*. 2020. N3. С. 43-48.
4. Adisa I.O., Pullagarala V.L.R., Peralta-Videa J.R., et al. Recent Advanced in nano-enabled fertilizers and pesticides: a Critical Review of Mechanisms of Action. *Environmental Science: Nano*. 2019. 6(7). 2002-2030.
5. Sharma A., Handa N. Kohli S.K., et al. Worldwide Pesticide Usage and its Impact on Ecosystem. *SN Applied Sciences*.

2019. 1(11). 1466.
6. Башкирев А.П., Шварц А.А., Шкабенко А.Ю. Анализ работы полевых опрыскивателей // *Наука в центральной России*. 2019. N42. С. 50-58.
7. Дорохов А.С., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Овчаренко А.С. Модернизация конструкции мобильного роботизированного опрыскивателя // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N3(32). С. 177-185.
8. Игнатов В.И., Дорохов А.С., Мишина З.Н., Герасимов В.С. Способы поддержки жизненного цикла сельскохозяйственной техники // *Техника и оборудование для села*. 2018. N10. С. 40-43.
9. Дорохов А.С., Катаев Ю.В., Краснящих К.А., Скороходов Д.М. Контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники автоматизированным измерительным устройством // *Наука без границ*. 2018. N2(19). С. 44-50.
10. Свиридов А.С., Катаев Ю.В., Загоруйко М.Г. Анализ типов распылителей сельскохозяйственных опрыскивателей // *Аграрный научный журнал*. 2021. N6. С. 96-100.
11. Потемкин Р.А., Свиридов А.С. Особенности испытаний распылителей сельскохозяйственных опрыскивателей // Технический сервис машин. 2020. N4(141). С.47-53.

REFERENCES

1. Dorokhov A.S., Starostin I.A., Eshchin A.V., Kurbanov R.K. Tekhnicheskie sredstva dlya khimicheskoy zashchity rasteniy: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Technical means for chemical protection of plants: current state and development prospects]. *Agroinzheneriya*. 2022. N3. 12-18 (In Russian).
2. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G., et al. Innovatsionnoe tekhnologicheskoe obespechenie proizvodstva ovoshchnykh kul'tur [Innovative technological support for vegetable crops production]. Moscow: Tsifrovichok. 2022. 318 (In Russian).
3. Zakharenko V.A. Ispol'zovanie pestitsidov v agrarnom sektore Rossii v kontekste razvitiya global'nykh rynkov sredstv zashchity rasteniy [Use of pesticides in the agricultural sector of Russia in the context of the development of global markets of plant protection products]. *Agrokhimiya*. 2020. N3. 43-48 (In Russian).
4. Adisa I.O., Pullagarala V.L.R., Peralta-Videa J.R., et al. Recent Advanced in nano-enabled fertilizers and pesticides: a Critical Review of Mechanisms of Action. *Environmental Science: Nano*. 2019. 6(7). 2002-2030 (In English).
5. Sharma A., Handa N. Kohli S.K., et al. Worldwide Pesticide Usage and its Impact on Ecosystem. *SN Applied Sciences*. 2019. 1(11). 1466 (In English).
6. Bashkirev A.P., Shvarts A.A., Shkabenko A.Yu. Analiz raboty polevykh opryskivateley [Analysis of the work of field sprayers]. *Nauka v tsentral'noy Rossii*. 2019. N42. 50-58 (In Russian).
7. Dorokhov A.S., Fedotkin R.S., Kryuchkov V.A., Ovcharenko A.S. Modernizatsiya konstruktsii mobil'nogo robotizirovannogo opryskivatelya [Structure modernization of mobile robotic sprayer]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N3(32). 177-185 (In Russian).
8. Ignatov V.I., Dorokhov A.S., Mishina Z.N., Gerasimov V.S. Sposoby podderzhki zhiznennogo tsikla sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Ways to support the life cycle of agricultural machinery]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018. N10. 40-43 (In Russian).
9. Dorokhov A.S., Kataev Yu.V., Krasnyashchikh K.A., Skorokhodov D.M. Kontrol' kachestva zapasnykh chastey sel'skokhozyaystvennoy tekhniki avtomatizirovannym izmeritel'nym ustroystvom [Control of quality of spare parts of agricultural machinery automated measuring device]. *Nauka bez granits*. 2018. N2(19). 44-50 (In Russian).
10. Sviridov A.S., Kataev Yu.V., Zagoruyko M.G. Analiz tipov raspyliteley sel'skokhozyaystvennykh opryskivateley [Analysis of the types of agricultural sprayers' nozzles]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2021. N6. 96-100 (In Russian).
11. Potemkin R.A., Sviridov A.S. Osobennosti ispytaniy raspyliteley sel'skokhozyaystvennykh opryskivateley [Features of testing sprayers of agricultural machines]. *Tekhnicheskiy servis mashin*. 2020. N4(141). 47-53 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Славкина В.Э. – подготовка текста статьи, анализ экспериментальных результатов;

Свиридов А.С. – проведение испытаний распылителей, анализ экспериментальных результатов, разработка конструкции распылителя;

Арумугам Г. – разработка конструкции распылителя;

Гончарова Ю.А. – изготовление разработанного распылителя, редактирование текста статьи;

Касимов Р.М. – обработка экспериментальных результатов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Slavkina V.E. – preparation of the article manuscript, analysis of the experimental results;

Sviridov A.S. – testing the sprayers, analysis of the experimental results, development of the sprayer design;

Arumugam G. – development of the sprayer design;

Goncharova Yu.A. – manufacturing the pre-designed sprayer, proofreading the article manuscript;

Kasimov R.M. – processing of experimental results.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию **The paper was submitted to the Editorial Office on** **20.04.2022**
Статья принята к публикации **The paper was accepted for publication on** **12.08.2022**