

Научная статья

УДК 635.13:635.18

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-3-53-91-100

Технологическое обоснование гербицидной обработки овощных культур опрыскиванием с боковым распылом

Иван Борисович Борисенко¹, Марина Викторовна Мезникова^{✉2},
Дмитрий Владимирович Скрипкин³, Елена Викторовна Гагарина⁴

^{1,2,3}Волгоградский государственный аграрный университет, проспект Университетский, 26,
Волгоград, Россия, 400002

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный
центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», улица Тимирязева, 9, Волгоград,
Россия, 400002

¹borisenivan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6486-9210>

^{✉2}marina_roxette@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-7766>

³umka525@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1416-6207>

⁴gagarinae86@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-7729-8312>

Аннотация. Технологическая операция опрыскивания является важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Способом наземного опрыскивания вносятся средства питания и защиты растений. При возделывании овощных культур по гребневой технологии важно иметь техническую возможность внесения растворов пестицидов как сплошным способом, так и по поверхности гребня, или же только в межполосном пространстве между гребнями. Чаще всего на полях применяют серийные опрыскиватели, которые обеспечивают обработку вертикальным способом сплошного опрыскивания с перекрытием факелов распыла от соседних распылителей – это инновационный способ ухода за посевами опрыскиванием с боковым распылом на основании патента на изобретение РФ 2785465 (усовершенствованное техническое решение по патенту на изобретение РФ 2817070 ученых Волгоградского ГАУ), позволяющий выполнять наземное опрыскивание с высокими показателями качества и экономией затрат на обработку. Разработанное техническое решение может быть использовано при выращивании овощных культур (в частности картофеля) по гребневой технологии, а также на посевах хлопчатника. В статье изложены технологические подходы и технические решения по комплексному использованию вертикального способа бокового распыла для ухода за посевами по полосам, а также сплошного способа для обработки посевов гербицидами, позволяющего устанавливать минимальную высоту опрыскивания для сплошной обработки гербицидами в фазе «до всходов» на 35% меньше минимальных значений для высоты опрыскивания. Способ бокового распыла позволяет вносить средства защиты и питания растений более равномерно, что способствует повышению эффективности технологии возделывания культур.

Ключевые слова: опрыскивание, способ бокового распыла, гербициды, овощные культуры, картофель, гребневая технология, ресурсосбережение

Для цитирования: Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Скрипкин Д. В., Гагарина Е. В. Технологическое обоснование гербицидной обработки овощных культур опрыскиванием с боковым распылом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 3(53). С. 91–100. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-3-53-91-100

Original article

Technological justification for herbicidal treatment of vegetable crops using the side spray method

Ivan B. Borisenko¹, Marina V. Meznikova^{✉2}, Dmitry V. Skripkin³, Elena V. Gagarina⁴

^{1,2,3}Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, Russia, 400002

⁴All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov", 9 Timiryazev Street, Volgograd, Russia, 400002

¹borisenivan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6486-9210>

^{✉2}marina_roxette@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-7766>

³umka525@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1416-6207>

⁴gagarinae86@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-7729-8312>

Abstract. The spraying process is an important element of crop technology. By the method of ground spraying, plant nutrition and protection agents are introduced. When cultivating vegetables using comb technology, it is important to have the technical ability to apply pesticide solutions both in a continuous way and along the surface of the comb, or only in the interband space between the ridges. Most often, serial sprayers are used in the fields, where such treatment is provided by a vertical method of continuous spraying with overlapping spray flares from neighboring sprayers. An innovative approach is proposed to carry out crop care by spraying by side spraying according to patent for the invention of the Russian Federation 2785465 with an improved technical solution according to patent for the invention of the Russian Federation 2817070 (developed by scientists of the FSBEI HE Volgograd SAU). The side spray strip spraying method enables ground spraying to be performed with high quality properties and saving processing costs. The disclosed technical solution can be used in growing vegetable crops, particularly potatoes using comb technology, as well as on cotton crops. The article describes technological approaches and technical solutions for the complex use of the lateral spraying method, both for caring for crops in strips, and a continuous method for treating crops with herbicides. Method makes it possible to set minimum height of spraying for continuous treatment with herbicides in phase "to shoots" by 35% less than minimum values for height of spraying when vertical method is used. The method of side spraying makes it possible to apply plant protection and nutrition agents more evenly, which increases efficiency of the technological operation in the technology of cultivation.

Keywords: spraying, side spraying method, herbicides, vegetable crops, potatoes, comb technology, resource saving

For citation: Borisenko IB, Meznikova MV, Skripkin DV, Gagarina EV. Technological justification for herbicidal treatment of vegetable crops using the side spray method. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2026;(3):91–100. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-3-53-91-100

Введение. При возделывании овощных культур по гребневой технологии растения высеваются в рядки и произрастают на вершине сформированного гребня [1]. При проведении мероприятий по защите и питанию растений в соответствии с применяемой технологией возделывания важно иметь техническую возможность покрытия площади рабочим раствором как по всей поверхности гребня, так и по его части, или в рядах межгребневого пространства [2–5].

При защите от сорняков в фазе «до всходов» опрыскивание должно обеспечивать полное покрытие поверхности почвы (так называемый гербицидный экран) [6]. Способ полосового опрыскивания с боковым распылом позволяет выполнять опрыскивание с высокими показателями качества и экономией затрат на обработку [7–9], однако данный метод обработки растворами гербицидов нуждается в совершенствовании [6, 10, 11].

Цель исследования – разработка и технологическое обоснование комплексного подхода к технологии наземного опрыскивания с боковым распылом рабочей жидкости, направленной на повышение качества и снижение затрат с учетом универсальности технического решения с возможностью применения как на обработке по полосам, так и сплошным способом.

Материалы, методы и объекты исследования. При возделывании овощных культур по гребневой технологии растения высеваются в рядки и произрастают на вершине сфор-

мированного гребня. При проведении мероприятий по защите и питанию в соответствии с применяемой технологией возделывания важно иметь техническую возможность покрытия площади рабочим раствором как по всей поверхности гребня, так и по его части, или в рядах межгребневого пространства.

Серийные опрыскиватели при защите от сорняков в фазе «до всходов» должны обеспечивать полное покрытие поверхности почвы вертикальным способом сплошного опрыскивания с перекрытием факелов распыла от соседних распылителей (рис. 1а).

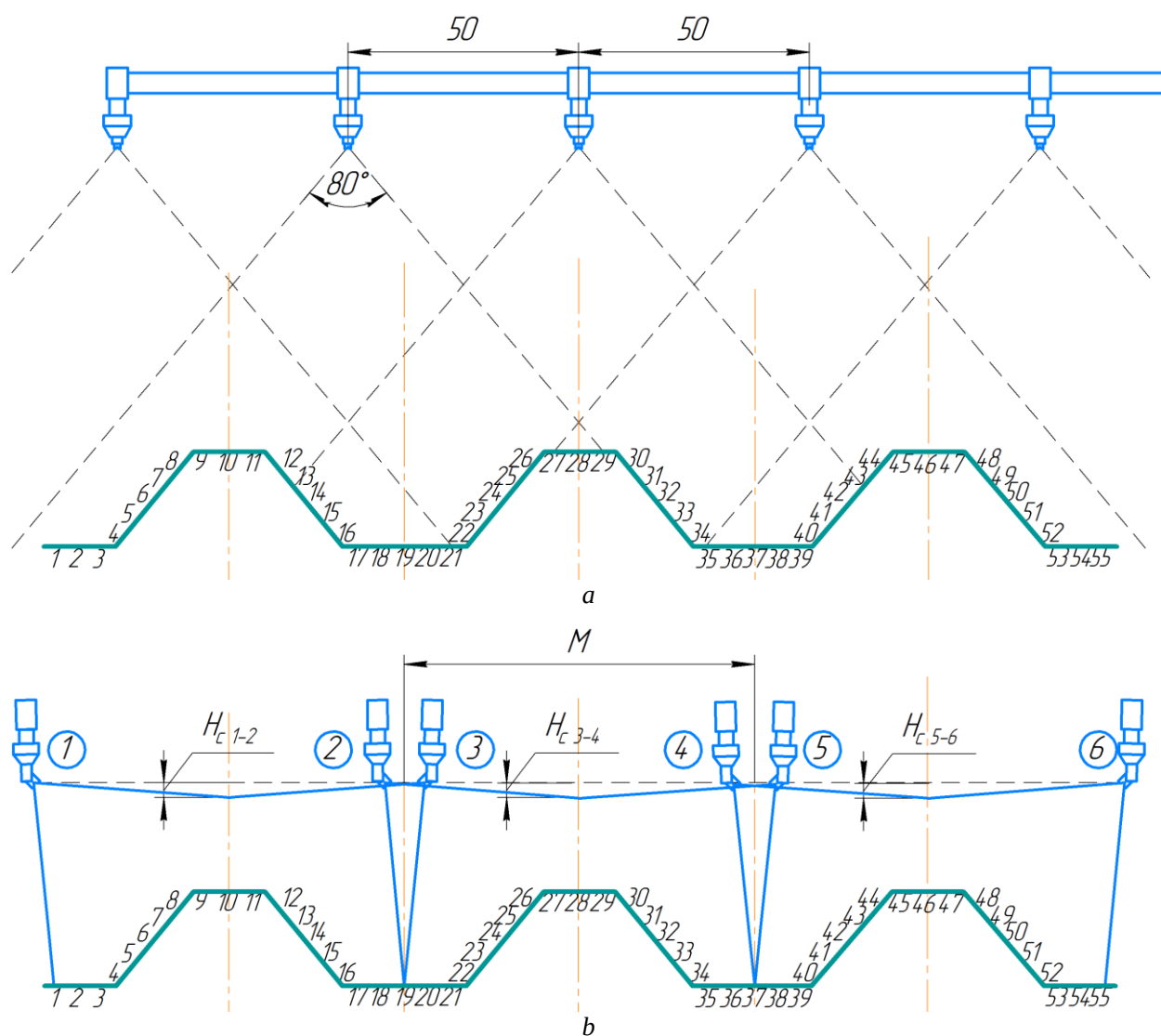


Рисунок 1. Профиль обработанной поверхности при гербицидной обработке картофеля по гребневой технологии: *a* – при вертикальном способе сплошного опрыскивания; *b* – при полосовом способе с боковым распылом

Figure 1. Profile of the treated surface in the herbicidal treatment of potatoes according to the comb technology: *a* – in the vertical method of continuous spraying; *b* – in the side spray strip process

Данный способ позволяет выполнять наземное опрыскивание с высокими показателями качества и экономией затрат на обработку (патент на изобретение РФ 2785465). Разработанное техническое решение может быть использовано при выращивании овощных культур (в частности картофеля) по гребневой технологии, а также на посевах хлопчатника [7–9].

При выполнении гербицидной обработки опрыскиванием на посадках картофеля по гребневой технологии необходимо добиваться равномерного распределения рабочего раствора на поверхности почвы как в горизонтальной части гребня (участки 9–11, 27–29, 45–47) и на его склонах (участки 4–8, 12–16, 22–26, 30–34, 40–44, 48–52), так и в межпо-

лосном пространстве (участки 1–3, 17–21, 35–39, 53–55) (рис. 1b).

Исследование характера и объема распределения по поверхности гребней проводилось на спроектированной и смонтированной лабораторной установке, представляющей собой широкий поддон с имитированным профилем гребней, в котором выполнены технологические отверстия для размещения емкостей для сбора рабочей жидкости (рис. 2). Имитированный профиль гребней является съемным и выполнен из облегченного, устойчивого к воздействию агрессивной внешней среды пластика, что позволяет применять лабораторную установку для различных технологий опрыскивания.

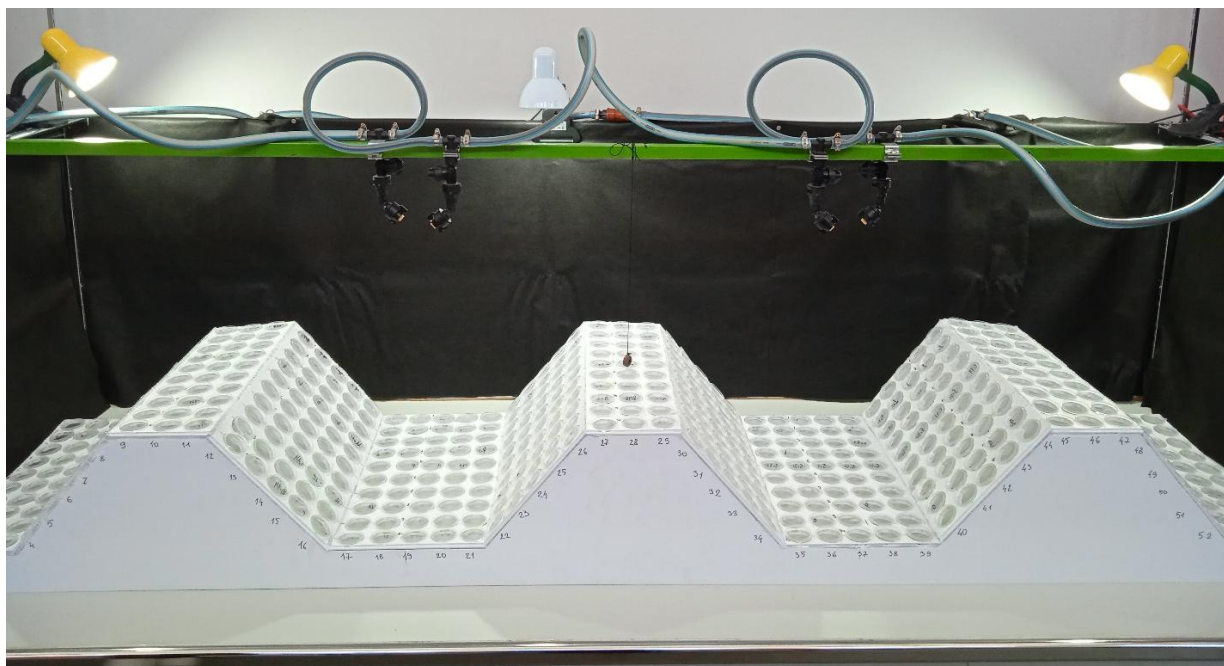


Рисунок 2. Лабораторная установка для исследования распределения рабочей жидкости с имитацией гребневой технологии

Figure 2. Laboratory installation for investigation of working fluid distribution with simulation of ridge technology

Поверхности профилей гребней разделены на продольные участки, которые были пронумерованы. Вверху лабораторной установки размещен фрагмент штанги опрыскивателя с перемещаемыми держателями распылителей в горизонтальной плоскости. Установка снабжена системой подачи жидкости, нагнетательной магистралью и системой регулирования и измерения давления, емкостью для сбора рабочей жидкости и отражательным

экраном с подсветкой. Лабораторная установка позволяет имитировать процесс опрыскивания и изучать распределение рабочей жидкости в зависимости от изменяемых факторов: способа опрыскивания, высоты опрыскивания, угла распыления форсунки, расположения распылителя относительно обрабатываемого объекта.

В процессе проведения исследований высоту опрыскивания настраивали в соответствии с

технологическим параметрами и в зависимости от применяемой форсунки (щелевые распылители с углом распыла 80°) под сплошное опрыскивание (вертикальный распыл) и полосовое опрыскивание (боковой распыл).

Выполнение опрыскивания гербицидами по традиционной технологии (с вертикальным распылом) предполагает установку высоты опрыскивания с учетом перекрытия

факелов распыла от соседних распылителей для обеспечения максимальной равномерности покрытия на уровне почвы.

На рисунке 3 приводятся результаты исследования распределения рабочей жидкости по поверхности гребней от 5 распылителей, установленных вертикально через 0,5 м (высота опрыскивания 0,4 м).

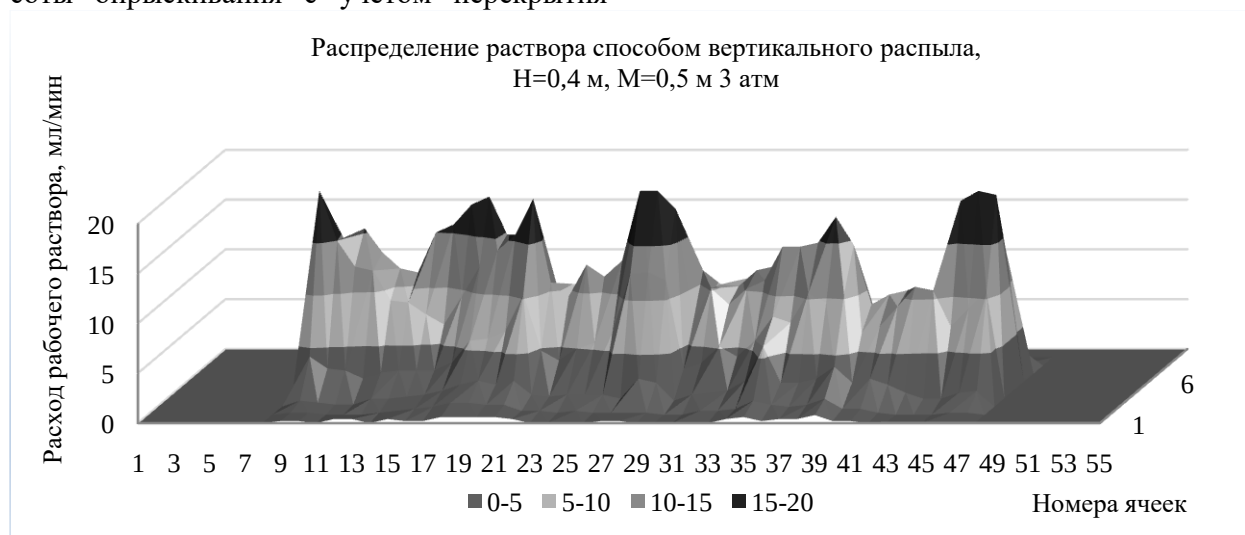


Рисунок 3. Распределение рабочей жидкости по поверхности гребней от 5 распылителей, установленных через 0,5 м, способом вертикального опрыскивания

Figure 3. Distribution of working fluid over the surface of the ridges from 5 sprayers installed every 0.5 m by vertical spraying

Применение полосового опрыскивания с боковым распылом рабочей жидкости позволило снизить высоту опрыскивания на 35% (до 0,26 м) [8]. Распылители при этом располагаются по центру междурядий M (в описываемой технологии возделывания картофеля принято $M=0,75$ м) (см. рис. 1b). Такое расположение распылителей позволяет обеспечить лучшее покрытие в верхней горизонтальной части гребня (участки 9–11, 27–29, 45–47), сократить объем вносимых пестицидов в межполосном пространстве (участки 17–21, 35–39) (рис. 4). Данный способ прекрасно подходит для операций листовой подкормки или технологических целей (десикации, дефолиации), а также для борьбы с болезнями и вредителями, однако способ полосового опрыскивания с боковым распылом для гербицидной обработки нуждается в совершенствовании.

Для выполнения технологической задачи обеспечения равномерного покрытия рабочим раствором по всем поверхностям гребня

с применением технологии полосового опрыскивания с боковым распылом необходимо исключить участки, не обработанные рабочим раствором. Авторами было применено технологическое решение по перемещению парных односторонних адаптеров соседних форсунок в противоположную сторону от центра рядка на расстояние S (патент на изобретение РФ 2817070).

Для обеспечения равномерного покрытия всей поверхности гребней по полосовой технологии с боковым распылом рекомендуется устанавливать парные односторонние адаптеры с перемещением от центра рядка на расстоянии S . Пятно распыла рабочей жидкости в таком случае выглядит следующим образом (рис. 5a–с).

При увеличении расстояния S наблюдается сокращение ширины необработанных участков в межполосном пространстве, а при $S = 0,15$ м обеспечивается полное слияние пятен распыла от соседних парных форсунок (см. рис. 5с).

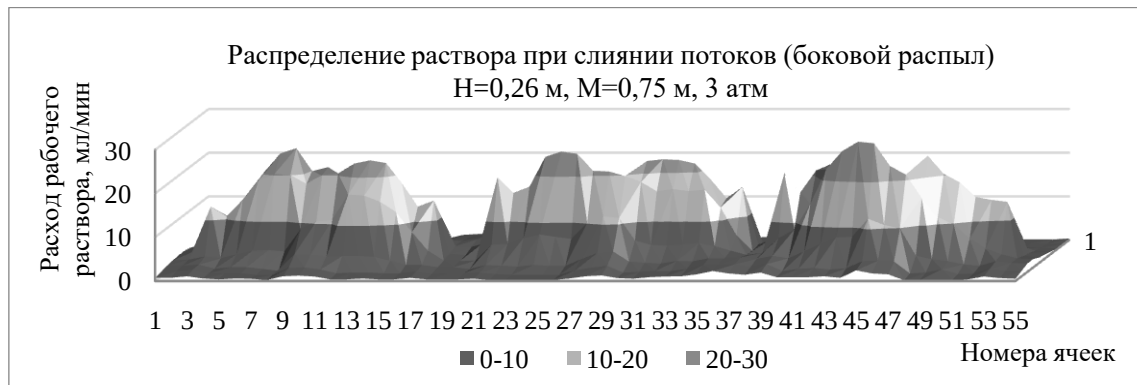


Рисунок 4. Распределение рабочей жидкости по поверхности гребней от трех пар распылителей по полосовой технологии с боковым распылом, установленных через 0,75 м
Figure 4. Distribution of working fluid on the surface of the ridges from three pairs of sprayers according to the strip technology with side spray, installed after 0.75 m

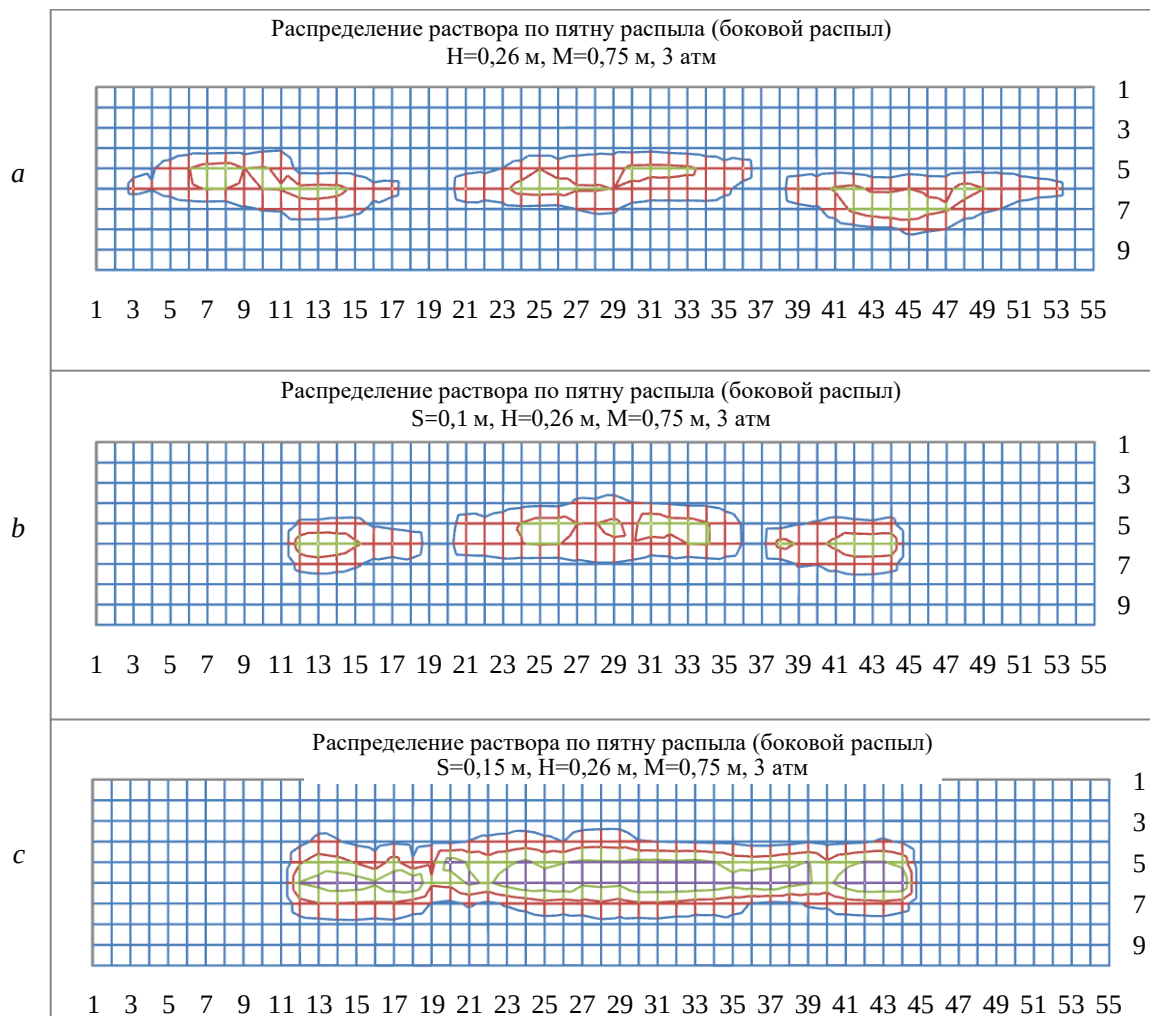
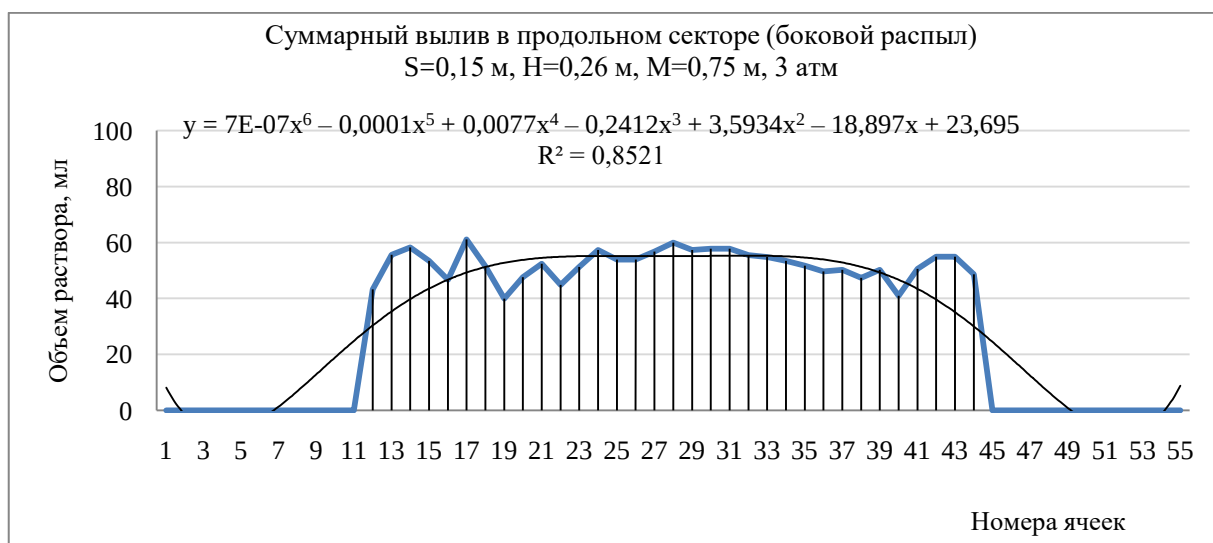


Рисунок 5. Распределение раствора по пятну распыла от соседних форсунок парных односторонних адаптеров (от распылителей 2,3,4,5 (см. рис. 1): *a* – для расстановки парных односторонних адаптеров по центру междурядий; *b* – для расстановки парных односторонних адаптеров с перемещением от центра междурядий на 0,1 м; *c* – для расстановки парных односторонних адаптеров с перемещением от центра междурядий на 0,15 м
Figure 5. Distribution of the solution on the spray spot from adjacent nozzles of paired one-way adapters (from nozzles 2,3,4,5 (see Fig. 1): *a* – for arrangement of paired one-way adapters in the center of the rows; *b* – for arrangement of paired one-sided adapters with movement from the center of spacing by 0.1 m; *c* – for arrangement of paired one-sided adapters with movement from the center of spacing by 0.15 m

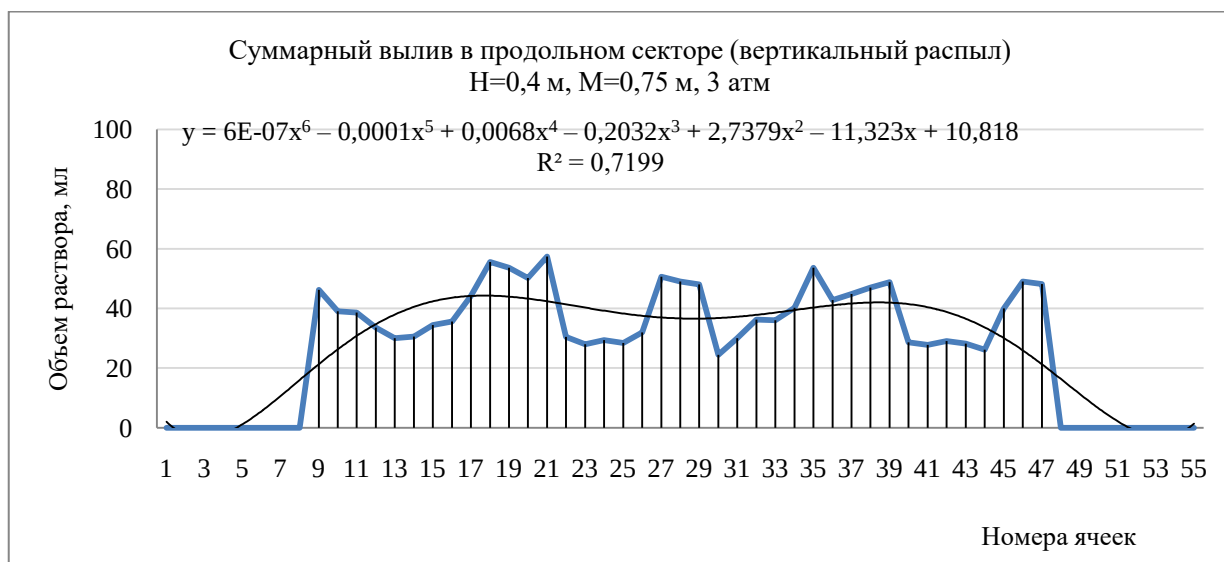
Суммарный вылив по горизонтальной направляющей по номерам ячеек представлен на рисунке 6: для сплошного опрыскивания способом полосовой обработки (рис. 6a) и способом вертикального опрыскивания (рис. 6b).

Из графиков распределения рабочей жидкости видно, что оба способа позволяют выполнить полное покрытие рабочим раствором по ширине междурядья. Способ бокового распыла способствует сокращению расстояния

между распылителем и обрабатываемой поверхностью. Для исследуемых параметров (междурядье 0,75 м, давление в системе 3 атм) лучшие показатели по сокращению высоты опрыскивания показал способ бокового распыла. Расстояние сократилось с 0,4 до 0,26 м (на 35%). Это позволит капле быстрее достигать цели, а значит, снос рабочего раствора и испарение водной части капли уменьшится, качественные показатели опрыскивания улучшатся.



a



b

Рисунок 6. Суммарный вылив по продольным участкам гребня от способа распыла:
a – для полосового способа с боковым распылом с перемещением парных односторонних адаптеров на 0,15 м; b – для вертикального способа с установкой распылителей через 0,5 м

Figure 6. Total overspill along the longitudinal sections of the ridge from the spraying method:
a – for the strip method with side spraying with the movement of paired one-sided adapters by 0.15 m; b – for vertical method with installation of sprayers in 0.5 m

Способ бокового распыла способствует более равномерному распределению вносимого препарата по поверхности почвы. На основании анализа полученных результатов (см. рис. 6а, б) при одинаковом давлении в системе (3 атм) по ширине междурядья отклонение объема рабочего раствора составило для способа бокового распыла ± 20 мл, а для способа вертикального распыла ± 36 мл, что свидетельствует о преимуществах способа бокового распыла, обеспечивающего равномерное распределение.

Выводы. Способ полосового опрыскивания с боковым распылом позволяет проводить как полосовую по рядам, так и сплошную обработку. Для этого необходимо провести настройку опрыскивателя, заключаю-

щуюся в перемещении парных односторонних адаптеров от центра рядка на расстояние $S=0,15$ м (на $0,075$ м в каждую сторону). Учитывая технологические параметры вертикальных перемещений штанги во время движения опрыскивателя, минимальная высота опрыскивания для сплошной обработки гербицидами в фазе «до всходов» полосовым способом с боковым распылом составляет $0,26$ м, что на 35% меньше этих значений при применении вертикального способа опрыскивания ($0,4$ м). Способ бокового распыла позволяет вносить средства защиты и питания растений более равномерно, что способствует повышению эффективности технологии возделывания культур.

Список литературы

1. Новиков А. А. Географическое направление весенних и летних посадок картофеля на черноземах обыкновенных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1(65). С. 122–131. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-11. EDN: CETCIE
2. Гонова О. В. Малыгин А. А. Современные подходы к совершенствованию агротехнологий в картофелеводстве // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 2(66). С. 102–107. DOI: 10.6060/snt.20216602.00014. EDN: IKINSS
3. Курмашева Н. Г., Авсахов Ф. Ф. Влияние минеральных удобрений на урожайность картофеля // АгроЭкоИнфо. 2024. № 2(62). С. 13. EDN VWIWBW
4. Водосберегающая технология возделывания картофеля с применением современных мелиорантов / А. Е. Новиков, В. А. Цепляев, С. Я. Семененко, А. Н. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1(79). С. 13–21. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-01. EDN: EMJNWZ
5. Агроэкологическая Оценка перспективных сортов картофеля и особенности агротехники на светло-каштановых почвах Волгоградской области / А. Е. Новиков, А. А. Новиков, О. Г. Гиченкова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-01. EDN: BAMYIZ
6. An assessment of potato cultivation and storage for improving potato productivity in West Bengal / Ja.P. Kundu, M.Ch. Das, B. Sarkar // Potato Journal. 2025. Vol. 52. No. 1. DOI: 10.56093/potatoj.v52i1.156177. EDN: QBZDZP
7. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Соколов Д. А. Технология избирательного воздействия как реализация принципов зеленой экономики при производстве пропашных культур // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16. № 3(63). С. 16–26. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_16-26. EDN: GNNXBT
8. Технологические особенности полосового опрыскивания картофеля с применением ленточного способа по гребневой технологии / М. В. Мезникова, И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, Д. А. Соколов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 2(80). С. 379–390. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-02-40. EDN: YBENYZ
9. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Белоусов С. В. Влияние объемного 3-D эффекта на качественные показатели опрыскивания при внесении пестицидов полосовым методом // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 175. С. 41–55. DOI: 10.21515/1990-4665-175-003. EDN: HGZNFH
10. Банадысев С. А. «Антистресс» для картофеля в жару и засуху // Наше сельское хозяйство. 2022. № 9(281). С. 40–46. EDN WEPLJP
11. Gultom S.R., Hamdani Ja.S., Kusumiyati K. High temperature in potato: plant responses and adaptive cultivation strategies to increase production // Kultivasi. 2025. Vol. 24. No. 2. Pp. 156–168. DOI: 10.24198/kultivasi.v24i2.63168. EDN: LENDBB

References

1. Novikov AA. Geographical direction of spring and summer planting of potatoes on ordinary chernozem. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2022;(1):122–131. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-11. EDN: CETCIE.
2. Gonova OV, Malygin AA. Modern approaches to improving agricultural technologies in potato growing. *Modern high technologies. Regional application*. 2021;(2):102–107. (In Russ.). DOI: 10.6060/snt.20216602.00014. EDN: IKINSS
3. Kurmasheva NG, Avsakhov FF. The effect of mineral fertilizers on potato yields. *AgroEcoInfo*. 2024;(2):13. (In Russ.). EDN: VWIWBU
4. Novikov AE, Tseplyaev VA, Semenenko SYa, Tseplyaev AN. Water-saving technology of potato cultivation with the use of modern ameliorants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2025;(1):13–21. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-01. EDN: EMJNWZ
5. Novikov AE, Novikov AA, Gichenkova OG [et al.]. Agroecological Assessment of promising potato varieties and features of agricultural technology on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2022;(3):14–24. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-01. EDN: BAMYIZ
6. Kundu JaP, Das MCh, Sarkar B. An assessment of potato cultivation and storage for improving potato productivity in West Bengal. *Potato Journal*. 2025;52(1). DOI: 10.56093/potatoj.v52i1.156177. EDN: QBZDZP
7. Borisenko IB, Meznikova MV, Sokolov DA. Selective impact technology as an implementation of green economy principles in row crop production. *Don agrarian science bulletin*. 2023;16(3):16–26. (In Russ.). DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_16-26. EDN: GNNXBT
8. Meznikova MV, Borisenko IB, Skripkin DV, Sokolov DA. The technological peculiarities of the potatoes strip spraying with application of the banding method on the ridge technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2025;(2):379–390. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-02-40. EDN: YBENYZ
9. Borisenko IB, Meznikova MV, Belousov SV. The effect of the volumetric 3-D effect on the qualitative indicators of spraying when applying pesticides by the strip method. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;(175):41–55. DOI: 10.21515/1990-4665-175-003. EDN: HGZNFH
10. Banadysev SA. "Antistress" for potatoes in heat and drought. *Nashe sel'skoe khozyajstvo*. 2022;(9):40–46. EDN: WEPLJP
11. Gultom SR, Hamdani JaS, Kusumiyati K. High temperature in potato: plant responses and adaptive cultivation strategies to increase production. *Kultivasi*. 2025;24(2):156–168. DOI: 10.24198/kultivasi.v24i2.63168. EDN: LENDBB

Сведения об авторах

Борисенко Иван Борисович – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, главный научный сотрудник кафедры земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6532-2117, Scopus ID: 57200112191, Researcher ID: AAQ-2310-2021

Мезникова Марина Викторовна – доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8687-8844, Scopus ID: 57212199815, Researcher ID: AAQ-2284-2021

Скрипкин Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник центра разработки и апробации сельскохозяйственных машин и оборудования НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3628-3127

Гагарина Елена Викторовна – младший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», SPIN-код: 4357-9412

Information about the authors

Ivan B. Borisenko – Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 6532-2117, Scopus ID: 57200112191, Researcher ID: AAQ-2310-2021

Marina V. Meznikova – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 8687-8844, Scopus ID: 57212199815, Researcher ID: AAQ-2284-2021

Dmitry V. Skripkin – Candidate of Technical Sciences, Researcher of the center of development and approbation of agricultural machinery and equipment at the Research Institute of Fundamental and Applied Agro-biotechnologies, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 3628-3127

Elena V. Gagarina – Junior Researcher at the Irrigation Reclamation Department, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov", SPIN-code: 4357-9412

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 23.06.2026;
одобрена после рецензирования 14.07.2026;
принята к публикации 21.07.2026.*

*The article was submitted 23.06.2026;
approved after reviewing 14.07.2026;
accepted for publication 21.07.2026.*