

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115022>

Оригинальное исследование



Технологический процесс опрыскивания полевых сельскохозяйственных культур щелевыми распылителями

И.М. Киреев¹, М.В. Данилов², З.М. Коваль¹, Ф.А. Зимин¹

¹ Новокубанский филиал Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, Новокубанск, Российская Федерация

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Предметом исследования являются технологический процесс опрыскивания полевых сельскохозяйственных культур щелевыми распылителями жидкости и показатели дисперсности.

Цель исследований. Совершенствование технологического процесса опрыскивания растений с применением пневмогидравлических щелевых распылителей жидкости.

Методы и средства. Применялось специальное оборудование для фотографирования пленок распыляемой жидкости при различных режимах работы щелевых распылителей с возможностью расчета размеров капель. Выполнение требований по числу капель/см² на объекте обработки, перекрытие факелов распыла жидкости обеспечивает равномерное распределение капель по ширине опрыскивания. Поэтому достаточными были сведения о дроблении толщины пленки жидкости по оси факела распыла жидкости на капли и получения их числа в единицу времени в зависимости от расхода рабочей жидкости.

Новизна исследований заключается в определении рациональной работы щелевых распылителей в составе опрыскивателя.

Результаты. С применением специального оборудования осуществляется возможность выполнения агротехнических требований по размерам капель. При применении гербицидов для лиственной послеуборочной обработки системным пестицидом пределы ММД капель составляют от 226 мкм до 400 мкм. Почвенная гербицидная обработка системным пестицидом требует увеличенного диапазона ММД капель от 401 мкм до 500 мкм и > 500 мкм. Число капель/см² при применении фунгицидов имеет пределы от 50 до 70, инсектицидов – от 20 до 30, а гербицидов – от 20 до 40.

Заключение. Применяемая технология позволит экономить расход препаратов и рабочей жидкости при высокой производительности проведения работ и ресурсосбережении. Приведенные выше результаты исследований могут быть положены в основу определения рациональной технологии штангового опрыскивателя со щелевыми распылителями жидкости. Выполнение требований по числу капель/см² на объекте обработки перекрытия факелов распыла жидкости обеспечивает равномерное распределение капель по ширине опрыскивания. Поэтому достаточно сведений о дроблении толщины пленки жидкости по оси факела распыла жидкости на капли и получения их числа в единицу времени.

Ключевые слова: факел распыла жидкости; размер капель; пленка жидкости; давление жидкости; расход жидкости.

Для цитирования:

Киреев И.М., Данилов М.В., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Технологический процесс опрыскивания полевых сельскохозяйственных культур щелевыми распылителями // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 6. С. 395–401. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115022>

Рукопись получена: 03.10.2022

Рукопись одобрена: 01.12.2022

Опубликована: 15.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115022>

Original Study Article

Technological process of field crops spraying with slotted sprayers

Ivan M. Kireev¹, Mikhail V. Danilov², Zinaida M. Koval'¹, Filipp A. Zimin¹

¹ Novokubansk Branch of Russian Scientific and Research Institute of Information and Feasibility Studies on Engineering Support of Agricultural Industry, Novokubansk, Russia

² Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The subject of the study is the technological process of spraying field crops with slotted sprayers and the indicators dispersion.

AIMS: Improving the technological process of spraying plants with the use of pneumo-hydraulic slotted sprayers.

METHODS: Special equipment was used for photographing films of the liquid being sprayed under various operating modes of slotted sprayers with the possibility of calculating the size of the droplets. Fulfillment of the requirements for the number of drops/cm² at the treated object, overlapping the liquid spray jets ensures uniform distribution of drops over the spraying width. Therefore, it was sufficient to have information about the fragmentation of the thickness of the liquid film along the axis of the nozzle spray liquid into drops and obtaining their quantity per unit time depending on the flow rate of the working fluid.

Newness of the research lies in determining the effective operation of slotted sprayers as part of the spraying device.

RESULTS: With the use of the special equipment, it is possible to fulfill agrotechnical requirements for droplet sizes. When using herbicides for foliar post-emergence treatment with a systemic pesticide, the limits of MMD range are from 226 µm to 400 µm. Soil herbicide treatment with a systemic pesticide requires an increased droplet MMD range of 401 µm to 500 µm and >500 µm. The number of drops/cm² when using fungicides is limited from 50 to 70, insecticides – from 20 to 30, and herbicides – from 20 to 40.

CONCLUSIONS: The applied technology makes it possible to reduce the consumption of preparations and working fluid with high work performance and resource saving. The above research results can be used as the basis for determining the effective technology of a boom sprayer with slotted liquid sprayers. Fulfillment of the requirements for the number of drops/cm² at the treatment facility overlapping liquid spray torches ensures a uniform distribution of drops over the spraying width. Therefore, it suffices to know about the division of the thickness of the liquid film along the axis of the liquid spray jet into drops and to obtain their number per unit time.

Keywords: liquid spray jet; droplet size; liquid film; liquid pressure; liquid flow rate.

Cite as:

Kireev IM, Danilov MV, Koval' ZM, Zimin FA. Technological process of field crops spraying with slotted sprayers. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2022;89(6): 395–401. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115022>

Received: 03.10.2022

Accepted: 01.12.2022

Published: 15.12.2022

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время опрыскивание растений при их защите от сорняков, вредителей и болезней в большей степени осуществляется щелевыми распылителями жидкостями в штанговых опрыскивателях согласно рекомендациям, изложенным в специальных каталогах. Для плоскоструйного распылительного наконечника в таблицах приведены значения давлений, Бар, производительность одной насадки, $\text{дм}^3/\text{мин}$, расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$, для скоростей движения опрыскивателя от 4 км/ч до 35 км/ч. Приведена также цветовая кодировка категорий ММД капель, $\mu\text{м}$: самые мелкие $\approx 50 \mu\text{м}$, очень мелкие $< 136 \mu\text{м}$, мелкие 136–177 $\mu\text{м}$, средние 177–218 $\mu\text{м}$, крупные 218–349 $\mu\text{м}$, очень крупные 349–428 $\mu\text{м}$, самые крупные 428–622 $\mu\text{м}$, крайне крупные $> 622 \mu\text{м}$. Классы размеров капель представлены в специальных таблицах для помощи при выборе соответствующего распыляющего наконечника. Классификация размера капель основана на классификации ВСПС и создана в соответствии со стандартом ASABE 5572,1 [1–3].

Насадки, которые создают капли меньше средних, обычно рекомендуют для послевсходовых обработок, требующих полного охвата целевой зоны. В данном случае, применяемые жидкости включают гербициды, инсектициды и фунгициды. Насадки, создающие капли от среднего размера до крайне крупного, предлагают менее тщательное покрытие, но значительно улучшенный контроль сноса. Данные насадки в основном используют для систематического и довсходового применения гербицидов. Сообщается при этом, что размер капель играет важную роль в достижении наиболее эффективного результата в использовании определенного химиката для растений при обработке в зоне покрытия или опрыскивания вне целевой зоны.

При аэрозольной обработке растений важными показателями являются размеры и число капель/ см^2 на объектах обработки. Требуемые критерии размеров капель для применения пестицидов основным способом опрыскивания объектов обработки следующие:

- Медианно-массовые диаметры (ММД) капель при лиственной защитной обработке фунгицидами и инсектицидами имеют пределы от 226 $\mu\text{м}$ до 325 $\mu\text{м}$.
- При почвенной обработке системным пестицидом интервал требуемых ММД капель увеличен от 326 $\mu\text{м}$ до 400 $\mu\text{м}$.
- При применении гербицидов для лиственной послевсходовой обработки контактным пестицидом пределы ММД капель составляют от 226 $\mu\text{м}$ до 325 $\mu\text{м}$.
- При применении гербицидов для лиственной послевсходовой обработки системным пестицидом пределы ММД капель составляют от 226 $\mu\text{м}$ до 400 $\mu\text{м}$.

- Почвенная гербицидная обработка системным пестицидом требует увеличенного диапазона ММД капель от 401 $\mu\text{м}$ до 500 $\mu\text{м}$ и $> 500 \mu\text{м}$.
- Число капель/ см^2 при применении фунгицидов имеет пределы от 50 до 70, инсектицидов – от 20 до 30, а гербицидов – от 20 до 40.

Выполнение требуемых критериев размеров капель для рациональной технологии применения пестицидов щелевыми распылителями жидкости является задачей настоящих исследований.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Совершенствование технологического процесса опрыскивания растений с применением пневмогидравлических щелевых распылителей жидкости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели применялось оборудование для фотографирования факела распыла жидкости, общий вид которого приведен на рис. 1 [4].

Фотоаппарат устанавливался на стендовом оборудовании и соединялся кабелем с компьютером. Оптическая ось цифрового фотоаппарата направлялась перпендикулярно плоскости факела распыляемой жидкости и экрана 3, расположенного за распылителем.

Факел распыляемой жидкости освещался источниками света 2, установленными к нему под углом 30°.

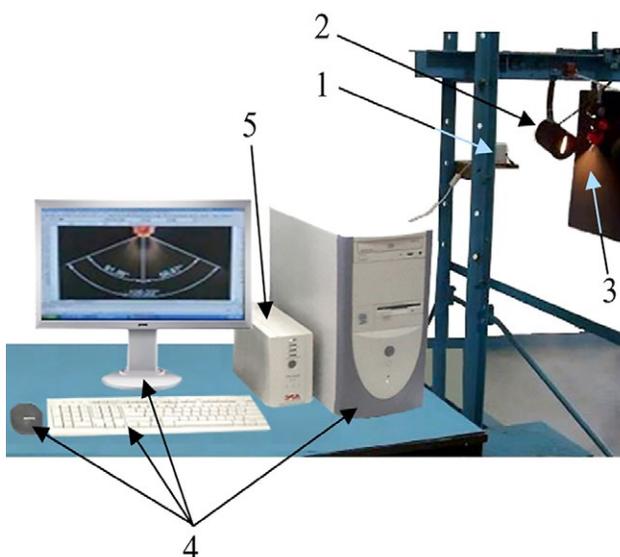


Рис. 1. Общий вид оборудования для фотографирования факела распыла жидкости: 1 – цифровой аппарат; 2 – осветители; 3 – экран; 4 – ПК; 5 – ИБП для ПК.

Fig. 1. The main view of the equipment for photographing liquid spray jet: 1 – a digital camera; 2 – light sources; 3 – a screen; 4 – a computer; 5 – an UPS.

Фотографирование факела распыляемой жидкости при постоянном ее давлении осуществлялось с использованием цифрового фотоаппарата, а изображения передавались на компьютер.

Образованные внешними границами факела распыла углы определялись программно и высвечивались на экране монитора компьютера по полученному контрастному изображению.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выполнение агротехнических требований по дисперсности капель при применении щелевых распылителей жидкости в технологии опрыскивания растений зависит от типа применяемого сопла и давления жидкости для получения классовых размеров капель, создаваемых в единицу времени применительно к скорости движения опрыскивателя, и их количества. При применении щелевых распылителей жидкости создается полидисперсная система капель при дроблении пленки жидкости, вытекающей из щелевого сопла, которая образует веерообразную пленку, плоскую с двух сторон. Разрушение пленки есть следствие развития в ней колебательных процессов. Возникновение последних обусловлено внешними и внутренними факторами. К внешним относятся аэродинамические силы, которые стремятся деформировать и разорвать пленку, а к внутренним – возмущения, обусловленные качеством изготовления распылителя, его вибрациями, конструктивными особенностями и т. п. [5]. На процесс распада пленки влияют также физические свойства применяемой жидкости и окружающей среды. Вязкость

жидкости оказывает стабилизирующее воздействие, затрудняя развитие волновых явлений, а следовательно, и распыливание; при увеличении поверхностного натяжения наблюдается замедление распада струи жидкости [5]. Распад плоской пленки обусловлен двумя основными причинами: во-первых, возникновением на пленке отдельных перфораций, которые постепенно увеличиваются до образования сетки, состоящей из тонких нитей, распадающихся на много мелких капель; во-вторых, образованием на пленке перпендикулярно направлению потока неустойчивых волн (амплитуда которых возрастает при удалении от кромки сопла), приводящих к распаду пленки на капли [5]. При скоростях жидкости из сопла размеры пленки изменяются и долго сохраняется гладкая поверхность и целостность пленки. Такие пленки присутствуют в технологиях опрыскивания растений щелевыми распылителями жидкости (воды). Веерообразная форма струи, вытекающая из щелевого сопла, была рассчитана [5] полуэмпирическим методом. Схема расчета пленок жидкости, выходящих из щелевых сопел, представлена на рис. 2.

Пленка вытекает из узкой щели сопла, длина которого является d_0 , а ширина – h_0 . Толщина пленки δ изменяется с расстояния r от начала координат по закону $\delta = K_3/r$ (K_3 – эмпирический параметр, мм^2 , зависящий от отношения d_0/h_0). Зависимости коэффициента K_3 и коэффициента расхода щелевого сопла μ от отношения d_0/h_0 приведены на рис. 3.

При предположении [5–7], что на большей части контура пленки угол между касательной к контуру и радиусом вектором r не велик (рис. 2), известно следующее уравнение контура пленки:

$$2\psi^{-1}r = 1 - \cos(\alpha - \alpha_0) + \frac{3}{2} \cos(\alpha - \alpha_0)^2, \quad (1)$$

где $\psi = 0,5\rho_{\text{ж}}u^2K_3$; $u = \mu\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{ж}}}}$ – скорость

жидкости пленки вдоль любой линии тока, м/с; Δp – разность давлений жидкости, Па; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м^3 .

Угол α_0 (рис. 2) определяется по формуле:

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{Q}{2uK_3}, \quad (2)$$

где Q – расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Расстояние a от начала контура пленки до плоскости щелевого сопла определяется из выражения $2a = d_0 \text{tg} \alpha_0$.

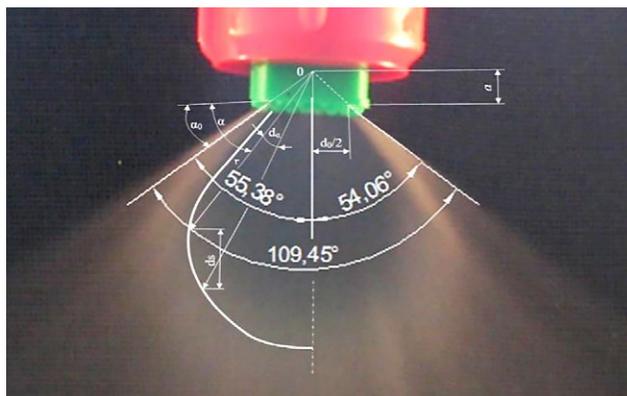


Рис. 2. Схема пленки жидкости, вытекающей из щелевого сопла (распылитель со щелевым соплом зеленого цвета, LU-015).

Fig. 2. The scheme of the liquid film outflowing from a slot nozzle (the sprayer with the green LU-015 slot nozzle).

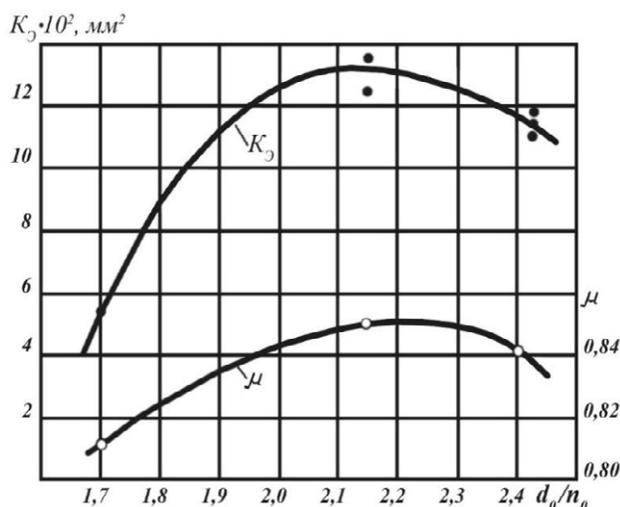


Рис. 3. Зависимости коэффициента K_3 и коэффициента расхода щелевого сопла μ от отношения d_0/h_0 .
Fig. 3. The graph of the K_3 coefficient and the μ slot nozzle flow rate coefficient against the d_0/h_0 ratio.

Длину нераспавшегося участка пленки $l = \frac{r^2}{K_3}$ при $\frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}} > 0,17 \cdot 10^3$ определяют по уравнению [5]:

$$l = 9,73 \cdot 10^2 \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}} \right)^{1,5} (We)^{-1}, \quad (3)$$

где $\rho_{в}$ – плотность воздуха, кг/м³.
 В уравнении (3) значение числа Вебера определяется по выражению

$$We = \frac{\omega^2 K_3^{0,5}}{\sigma}, \quad (4)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м.
 Приведенные выше результаты исследований могут быть положены в основу для определения рациональной технологии штангового опрыскивателя с щелевыми распылителями жидкости. Выполнение требований по числу капель/см² на объекте обработки перекрытия факелов распыла жидкости обеспечивает равномерное распределение капель по ширине опрыскивания. Поэтому достаточно сведений о дроблении толщины пленки жидкости по оси факела распыла жидкости на капли и получения их числа в единицу времени. Оценка классовых размеров капель полидисперсного аэрозоля при этом может определяться на образующей длине элементарных участках ds пленки в лабораторных условиях [8–10]. Изображение пленки жидкости для различных режимов и условий функционирования щелевых распылителей возможно получать при помощи ее

фотографирования цифровым фотоаппаратом с передачей изображения на монитор компьютера (рис. 1). Определение углов факела распыла характерно только для качества изготовления распылителей. Полученные при этом информационные сведения о дисперсности капель являются предварительными характеристиками распылителей.

В качестве примера реализации результатов исследований можно привести следующее: при применении щелевого сопла LU-015, давлении жидкости 4 МПа и расходе жидкости 0,68 дм³/мин при скорости ее движения (одинаковой по всем направлениям пленки) 23,35 м/с при $K_3=222,5$ в одну секунду образуется 729 688,8 капель. Такие условия при скоростях движения опрыскивателя 10 км/ч и 20 км/ч и ширине опрыскивания позволят обеспечить число капель 68,4 шт./см² и 24,2 шт./см² соответственно. Расходы рабочей жидкости при этом составляют 10,2 дм³/га и 5,1 дм³/га.

ВЫВОД

Результатами проведенных исследований показано, что рекомендации по рациональным технологиям применения щелевых распылителей жидкости опрыскиванием растений гербицидами, фунгицидами и инсектицидами при выполнении агротехнических требований по числу капель на объектах обработки можно получить в лабораторных условиях фотографированием факела распыла и расчетом скоростного режима движения опрыскивателя.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. И.М. Куреев — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, экспертная оценка, утверждение финальной версии; З.М. Коваль — написание текста рукописи, редактирование текста рукописи; Ф.А. Зимин — создание изображений; М.В. Данилов — поиск публикаций и проведение лабораторных опытов по теме статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Научное исследование проведено в соответствии с научно-тематическим планом Минсельхоза России № 082-00086-22-01 за счет средств федерального бюджета.

Благодарность. Авторы выражают благодарность референту статьи Лысочкиной Людмиле Игоревне за уделенное статье время на отзыв.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. *I.M. Kireev* — search for publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, expert opinion, approval of the final version; *Z.M. Koval'* — writing the text of the manuscript, editing the text of the manuscript; *P.A. Zimin* — creating images; *M.V. Danilov* — search for publications and laboratory experiments on the topic of the article. All authors identified the ICMJE criteria in their authors (all authors made

a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work).

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. The scientific study was carried out in accordance with the scientific and thematic plan of the Ministry of Agriculture of Russia No. 082-00086-22-01 at the expense of the federal budget.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the referent of the article, Lyudmila I. Lysochkina, for taking the time to review the article.

ЛИТЕРАТУРА

1. TeeJet Technologies [электронный ресурс]. Technologies 50A-RU. Режим доступа: <http://teejet.it/russian/home/litera-ture/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> Дата обращения: 15.12.2022.
2. Федоренко В.Ф., и др. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике. Москва: Росинформагротех, 2011. 248 с.
3. ГОСТ 34630-2019. Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200174759> Дата обращения: 15.12.2022.
4. Патент РФ на изобретение № RU 73162 U1 / Бюл. № 14. Киреев И.М., Коваль З.М. Устройство для фотографирования и измерения углов факела распыливаемой жидкости. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU73162U1_20080520 Дата обращения: 15.12.2022.
5. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. Москва: Химия, 1984. 256 с. (Серия: «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии»).
6. Дитякин Ю.Ф., Кляко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. Распыливание жидкостей. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1977. 207 с.
7. Дунский В.Ф., Никитин Н.В. Монодисперсное распыление жидкостей вращающимися распылителями // Аэрозоли в сельском хозяйстве: научные труды / под ред. Ю.Н. Фадеева. Москва: Колос, 1973. С. 71–106.
8. Киреев И.М., Коваль З.М. Определение основного критерия при агротехнической оценке опрыскивателей // Агроинженерная наука в сфере АПК: инновации, достижения. Сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции, 11–12 апреля. Зерноград, 2012. С. 115–121.
9. Киреев И.М., Коваль З.М. Устройство для оценки качества работы щелевых распылителей // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 3. С. 16–18.
10. Коваль З.М. Характеристики дисперсности щелевых распылителей некоторых производителей при моделировании их функционирования на стендовом оборудовании // Международный научный журнал «Educatio». 2016. № 6. С. 15–21.

REFERENCES

1. TeeJet Technologies [Electronic resource]. Technologies 50A-RU. Available from: <http://teejet.it/russian/home/litera-ture/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> Accessed: 15.12.2022.
2. Fedorenko VF, et al. Technical and technological requirements for promising agricultural machinery. Moscow: Rosinformagrotekh, 2011. 248 p. (In Russ).
3. GOST 12.2.019-2015. Interstate standard. Agricultural machinery. Machinery for crop protection. Spraying equipment. Test methods. (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200174759> Accessed: 15.12.2022.
4. Patent RUS No. RU 73162 U1 / Byul. No. 14. Kireev IM, Koval ZM. Device for photographing and measuring the angles of the torch of the sprayed liquid. (In Russ). Available from: https://yandex.ru/patents/doc/RU73162U1_20080520 Accessed: 15.12.2022.
5. Pages DG, Galustov VS. Fundamentals of the technique of spraying liquids. Moscow: Khimiya; 1984. 256 p. (Series: "Processes and devices of chemical and petrochemical technology"). (In Russ).
6. Dityakin YuF, Klyachko LA, Novikov BV, Yagodkin VI. Spraying of liquids. 2nd revised and updated. Moscow: Mashinostroenie; 1977. 207 p. (In Russ).
7. Dunsy VF, Nikitin NV. Monodisperse spraying of liquids by rotating sprayers. In: Aerosols in agriculture: scientific works. Ed. by Yu.N. Fadeev. Moscow: Kolos; 1973. P. 71–106. (In Russ).
8. Kireev IM, Koval ZM. Determination of the main criterion for agrotechnical evaluation of sprayers. In: Agroengineering science in the field of agriculture: innovations, achievements. Collection of scientific papers of the VII International Scientific and Practical Conference, April 11–12. Zernograd; 2012. P. 115–121. (In Russ).
9. Kireev IM, Koval ZM. A device for evaluating the quality of slot sprayers. Tractors and agricultural machinery. 2011;(3):16–18. (In Russ).
10. Koval ZM. Characteristics of dispersion of slot atomizers of some manufacturers when modeling their functioning on bench equipment. *Educatio*. 2016;(6):15–21. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Коваль Зинаида Михайловна,**

канд. техн. наук,
главный научный сотрудник лаборатории разработки
испытательного оборудования;
адрес: Российская Федерация, 352243, Краснодарский край,
Новокубанск, ул. Красная, д. 15;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5214-2110>;
eLibrary SPIN: 1378-2953;
e-mail: zinakoval@mail.ru

Киреев Иван Михайлович,

д-р техн. наук,
ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией
испытательного оборудования;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0723-4515>;
eLibrary SPIN: 4348-1536;
e-mail: kireev.I.M@mail.ru

Данилов Михаил Владимирович,

канд. техн. наук,
заведующий кафедрой процессов и машин в агробизнесе;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8369-3329>;
eLibrary SPIN: 5193-0379;
e-mail: danilomaster80@mail.ru

Зимин Филипп Александрович,

инженер лаборатории разработки испытательного
оборудования;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6655-3976>;
eLibrary SPIN: 4290-8248;
e-mail: philippza91@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку

AUTHORS' INFO

***Zinaida M. Koval',**

Cand. Sci. (Tech.),
Chief Scientist of the Laboratory for Development of Test
Equipment;
address: 15 Krasnaya street, Novokubansk,
352243 Krasnodar Region, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5214-2110>;
eLibrary SPIN: 1378-2953;
e-mail: zinakoval@mail.ru

Ivan M. Kireev,

Dr. Sci. (Tech.),
Leading Researcher, Head of the Laboratory of the Laboratory
for Development of Test Equipment;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0723-4515>;
eLibrary SPIN: 4348-1536;
e-mail: kireev.I.M@mail.ru

Mikhail V. Danilov,

Cand. Sci. (Engin.),
Head of the Processes and Machines in Agribusiness Department;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8369-3329>;
eLibrary SPIN: 5193-0379;
e-mail: danilomaster80@mail.ru

Filipp A. Zimin,

Engineer of the Laboratory for Development
of Test Equipment;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6655-3976>;
eLibrary SPIN: 4290-8248;
e-mail: philippza91@gmail.com

*Corresponding author