

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 78–84  
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2023; (2–46): 78–84

### Научная статья

УДК 621.331  
Код ВАК 4.3.2

EDN: XVEYER

## ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОЗАРЯДКИ КАПЕЛЬ ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ

Андрей Владимирович Линенко<sup>1</sup>, Валерий Владимирович Лукьянов<sup>2</sup>, Айнур Иршатович Азнагулов<sup>3</sup>, Валинур Галинурович Байназаров<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>1</sup>linenko-bsau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6483-2442>

<sup>2</sup>smtnv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4480-7757>

<sup>3</sup>az370@inbox.ru.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1351-4321>

<sup>4</sup>baynazv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8980-5301>

**Аннотация.** В статье предлагается устройство для повышения эффективности опрыскивания сельскохозяйственных культур путем придания электрического заряда каплям вносимой жидкости. Электрически заряженные капли позволяют повысить равномерность опрыскивания, что ведет к сокращению расхода ядохимикатов и жидких минеральных удобрений. На основе теоретических исследований разработан опытный образец, позволяющий сравнить расчетные и экспериментальные исследования осаждения электрически заряженных капель. В статье представлены методики, оборудование и результаты экспериментальных исследований, определены рациональные напряжение на электроде и повторность проведения опрыскивания. Испытания по определению эффективности разработанного устройства для электрозарядки капель проводились в Учебно-научном центре Башкирского ГАУ (Уфимский район). Площадь опрыскивания пшеницы составила 50 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, размещение систематическое. На конопле опыты по изучению эффективности применения изучаемого метода выполнены при внесении гербицидов. Засоренность посевов была выше средней. Опрыскивание проводилось в фазе третьей пары настоящих листьев гербицидом Хилер (1 л/га) с нормой расхода рабочей жидкости 200 л на гектар согласно регламенту применения гербицида. Для определения плотности осаждения вносимой жидкости использовалась водочувствительная бумага, расположенная на листьях и стеблях обрабатываемых культур. Повторность проведения опрыскивания была трехкратная для каждой делянки с напряжением на электроде от 1 кВ до 3 кВ. При электростатическом опрыскивании урожайность яровой пшеницы увеличилась на 0,2 т/га по отношению к традиционному способу внесения удобрений и составила 2,6 т/га. Внесение гербицидов посредством электрически заряженных капель сократило воздушно-сухую массу сорняков с 48,3 г/м<sup>2</sup> до 31,7 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая эффективность опрыскивания растений электрически заряженными каплями наблюдается при напряжении на электроде U = 3 кВ. Полученные и обработанные результаты полевых испытаний доказывают эффективность разработанного технического решения и могут быть использованы для совершенствования существующих, разработки и изготовления новых типов опрыскивателей.

**Ключевые слова:** опрыскивание, сельскохозяйственные культуры, программно-аппаратный комплекс, электростатическое поле, электрозарядка капель, амплитудно-модулированное напряжение.

**Для цитирования:** Линенко А.В., Лукьянов В.В., Азнагулов А.И., Байназаров В.Г. Применение устройства электрозарядки капель при опрыскивании // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 78–84. EDN: XVEYER.

### Scientific article

## APPLICATION OF DROPS ELECTRIC CHARGER WHILE SPRAYING

Andrey V. Linenko<sup>1</sup>, Valerii V. Lukianov<sup>2</sup>, Aynur I. Aznagulov<sup>3</sup>, Valinur G. Baynazarov<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>1</sup>linenko-bsau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6483-2442>

<sup>2</sup>smtnv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4480-7757>

<sup>3</sup>az370@inbox.ru.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1351-4321>

<sup>4</sup>baynazv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8980-5301>

**Abstract.** The article proposes a device for increasing the efficiency of spraying crops by giving an electric charge to the drops of the applied liquid. Electrically charged droplets improve the uniformity of spraying, which leads to a reduction in the consumption of pesticides and liquid mineral fertilizers. On the basis of theoretical studies, a prototype was developed that makes it possible to compare calculated and experimental studies of the precipitation of electrically charged drops. The article presents methods, equipment and results of experimental studies, determines the rational voltage on the electrode and the repetition of spraying. Tests to determine the effectiveness of the developed device for electric droplet charging were carried out at the Educational and scientific center of the Bashkir state agrarian university (Ufimskiy district). Wheat spraying area was 50 m<sup>2</sup>. The spraying was repeated three times, the placement was systematic. The experiments of the effectiveness of the application of the

studied method on hemp were carried out with the introduction of herbicides. The weed infestation of crops was above average. Spraying was carried out in the phase of the third pair of true leaves with Healer herbicide (1 l/ha) with a working fluid consumption rate of 200 l per hectare according to the herbicide application regulations. To determine the precipitation density of the introduced liquid, water-sensitive paper was used.

It was located on the leaves and stems of the cultivated crops. The repetition of spraying was three times for each plot with voltage on the electrode from 1 kV to 3 kV. With electrostatic spraying, the yield of spring wheat increased by 0.2 t/ha compared to the traditional method of fertilizing. It comprised 2.6 t/ha. Herbicide application by using electrically charged droplets reduced weed air dry weight from 48.3 g/m<sup>2</sup> to 31.7 g/m<sup>2</sup>. The highest efficiency of spraying plants with electrically charged drops of the applied liquid is observed when the voltage on the electrode is U=3 kV. The obtained and processed results of field tests prove the effectiveness of the developed technical solution and can be used to improve existing sprayers, develop and manufacture new types of ones.

**Keywords:** spraying, crops, software and hardware appliance, electrostatic field, electric charger of drops, amplitude-modulated voltage.

**For citation:** Linenko A.V., Lukianov V.V., Aznagulov A.I., Baynazarov V.G. Application of drops electric charger while spraying // Vestnik Kurganskoy GSXA. 2023; (2-46): 78-84. EDN: XVEYER. (In Russ).

**Введение.** Жизнедеятельность насекомых-вредителей на полях сельскохозяйственных культур и сорная растительность являются одними из основных причин снижения показателей урожайности. Своевременное опрыскивание посредством высокоэффективного оборудования позволяет обеспечить должную защиту посевов [1-3]. Эффективность опрыскивания повышается с уменьшением капель вносимой жидкости, однако в то же время растет и вероятность сноса ветром и испарения капель вносимой жидкости [4-6]. Решением данного вопроса является электрорядка капель вносимой жидкости, что обеспечивает равномерность внесения ядохимиката по всей площади обрабатываемой поверхности растения, а также способствует увеличению скорости осаждения капель вносимой жидкости [7]. На основе теоретических исследований в лаборатории мехатроники и беспилотных мобильных агрегатов ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ» было разработано устройство электрорядки капель при амплитудно-модулированном электростатическом напряжении.

Цель – экспериментальное исследование электростатического опрыскивания для определения эффективности разработанного технического решения. В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- разработать программу и методику испытаний разработанного и теоретически исследованного устройства придания электрического заряда каплям вносимой жидкости;

- создать опытный образец устройства придания электрического заряда каплям вносимой жидкости и провести его полевые испытания.

**Материалы и методы.** Высокая эффективность электрорядки капель достигается путем использования резонансного трансформатора [8] и периодического прерывания работы генератора резонансного трансформатора (рисунок 1).

Устройство для электрорядки жидкостно-воздушных капель состоит из источника питания 1, электронного ключа 2, обеспечивающего обрыв питающей цепи с низкой частотой, мультивибратора 3 с колебательным контуром  $L_1C_1$ , высокой частоты, причем индуктивность  $L_1$  является

низковольтной обмоткой резонансного трансформатора 4, индуктивность  $L_2$  является высоковольтной обмоткой резонансного трансформатора 4 и образует с конденсатором  $C_2$  второй колебательный контур  $L_2C_2$ , к которому присоединяются последовательно диод 5 и электрод 6, представляющий собой цилиндр – устанавливается за распылителем 7. На рисунке 2 представлена временная зависимость потенциала на поверхности электрода.

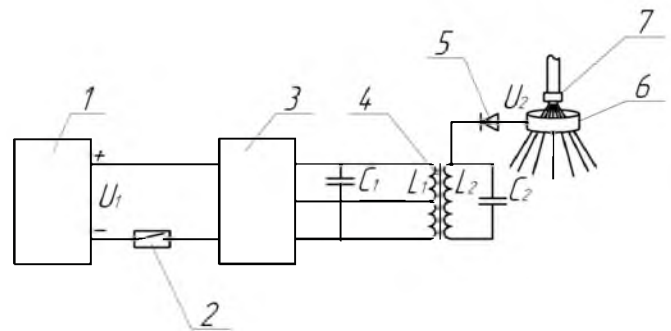


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для электрорядки капель

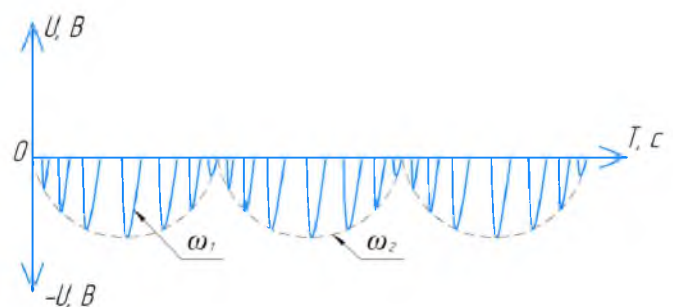


Рисунок 2 – Временная зависимость потенциала на поверхности электрода

Принцип работы предлагаемого устройства для электрорядки жидкостно-воздушной смеси описывается следующим образом. Мультивибратор 3 с колебательным контуром  $L_1C_1$  формирует несущий (модулируемый) сигнал  $\omega_1$ , а электронный ключ 2, обрывающий питающую сеть с низкой частотой, формирует моделирующий сигнал  $\omega_2$ . Далее полученное амплитудно-модулированное напряжение повышается резонансным трансфор-

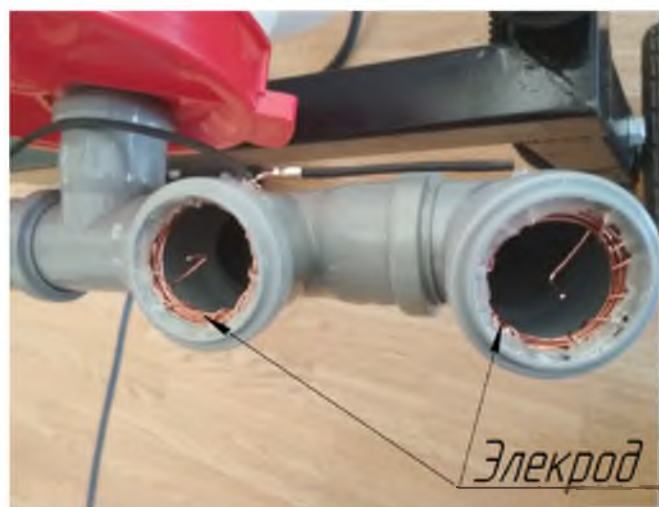
матором 4, выпрямляется диодом 5 и подается на электрод 6 [1]. Данное устройство установлено на беспилотный агрегат, разработанный в лаборатории мехатроники и беспилотных мобильных агрегатов ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ» [9]. Внешний вид агрегата с устройством электрозарядки капель представлен на рисунке 3.

Испытания по определению эффективности разработанного устройства для электрозарядки капель проводились в Учебно-научном центре Башкирского ГАУ (Уфимский район) [10]. Полевые опыты закладывались на яровой пшенице, конопле, озимой пшенице и ржи (рисунок 4).

Площадь опрыскивания пшеницы составила 50 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, размещение систематическое. В качестве удобрения использовали Бионекс-Кеми жидкий (NPK 10:10:10) производства НВП «Башинком», который смешивали в разных дозах с водой и вносили в качестве подкормки. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный.



а



б

а – общий вид; б – сопла агрегата с электродами

Рисунок 3 – Беспилотный агрегат с устройством электрозарядки капель



а



б

в

а – космоснимок места проведения, б – делянка яровой пшеницы, в – делянка конопли

Рисунок 4 – Место проведения полевых испытаний электростатического опрыскивания

На конопле заложен опыт по изучению эффективности применения изучаемого метода при внесении гербицидов.

Засоренность посевов была выше средней, так как предшественником был занятый пар (таблица 1). Опрыскивание проводилось в фазе третьей пары настоящих листьев гербицидом Хилер (1 л/га) с нормой расхода рабочей жидкости 200 л на гектар согласно регламенту применения гербицида. Для определения плотности осадения вносимой жидкости использовалась водочувствительная бумага, расположенная на листьях и стеблях обрабатываемых культур [11-12]. Повторность проведения опрыскивания была трехкратная для каждой делянки с напряжением от 1 кВ до 3 кВ.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Опрыскивание электрически заряженными

каплями посредством разработанного технического устройства позволило повысить количество продуктивных стеблей, длину колоса, массу 1000 зерен и соответственно увеличить урожайность пшеницы сорта Ватан. Результаты влияния обработки с устройством придания электрического заряда каплям вносимой жидкости представлены в таблице 2.

Максимальную урожайность яровая пшеница сформировала на варианте с электростатическим опрыскиванием с дозой NPK 5 л/га + 200 л воды, и она составила 2,6 т/га, что больше на 0,2 т/га, чем при внесении удобрений традиционным способом. Результат обеспечен благодаря равномерному распределению распыляемых капель на поверхности и усиленному прилипанию рабочего раствора [13-14].

Полевые испытания, проведенные на конопле посевной, показали положительную динамику внесения ядохимикатов с устройством при-

дания электрического заряда каплям вносимой жидкости в сравнении с традиционным опрыскиванием. Основные результаты обработки представлены в таблице 3.

Установлено, что опрыскивание гербицидом Хилер в целом дало заметное уменьшение количества сорняков через две недели после опрыскивания. В варианте Эталон количество сорняков стало в 4 раза больше (в воздушно-сухой массе). Наибольшая эффективность была при опрыскивании с устройством электрической зарядки капель вносимой жидкости (рисунок 5) [8].

Наибольшая эффективность опрыскивания наблюдается при прикладывании на электрод напряжения  $U = 3$  кВ, при котором средняя удельная плотность осаждения электрически заряженных капель составляет  $N_{уд.ср} = 284$  шт./см<sup>2</sup> (рисунок 6)

Таблица 1 – Засоренность конопли посевной до опрыскивания

Вариант опыта	Всего сорняков, т./м <sup>2</sup>	В том числе		Воздушно-сухая масса сорняков, г/м <sup>2</sup>
		малолетних	многолетних	
Эталон (опрыскивание водой)	20	12	8	104
Контроль (опрыскивание традиционное)	20	12	8	104
Опрыскивание с устройством электрической зарядки капель вносимой жидкости	20	12	8	104

Таблица 2 – Влияние внесения жидких удобрений на урожайность яровой пшеницы

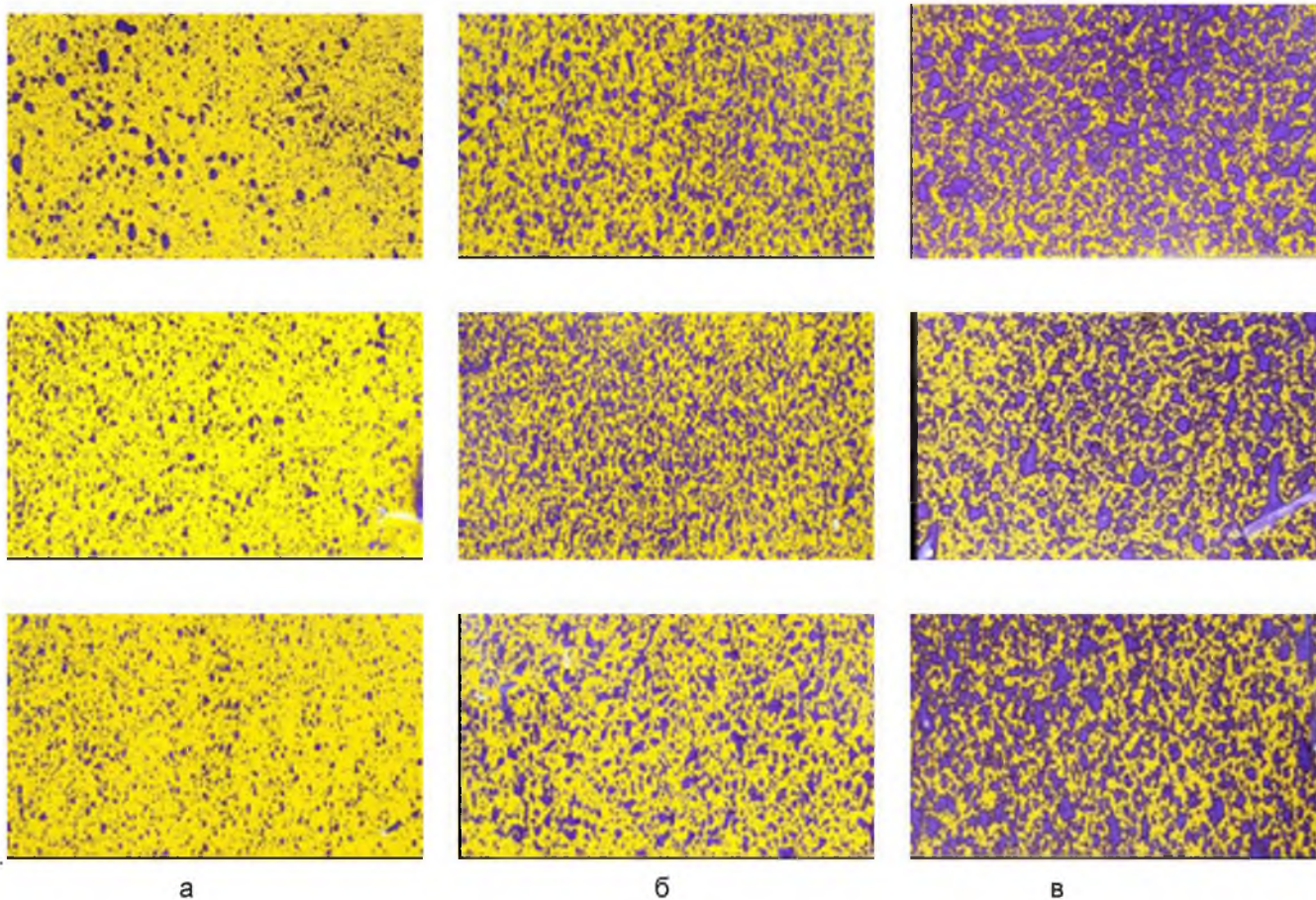
Схема опыта	Урожайность, т/га
Вариант 1. Традиционная – NPK 5 л/га + 200 л. воды (контроль)	2,4
Вариант 2. Электростатическое опрыскивание – NPK 5 л/га + 200 л. воды	2,6

Таблица 3 – Засоренность конопли посевной через 2 недели после опрыскивания

Вариант опыта	Всего сорняков, шт./м <sup>2</sup>	В том числе		Воздушно-сухая масса сорняков, г/м <sup>2</sup>
		малолетних	многолетних	
Эталон (опрыскивание водой)	32	19	13	424
Контроль (опрыскивание традиционное)	8	6	2	48,3
Опрыскивание посредством с устройством электрической зарядки капель вносимой жидкости	5	4	1	31,7

Снижение средней удельной плотности осаждения электрически заряженных капель при дальнейшем увеличении напряжения связано с уменьшением диаметра

капель из-за их дополнительного дробления в электростатическом поле, в итоге капли становятся более чувствительными движению воздушных масс [15].



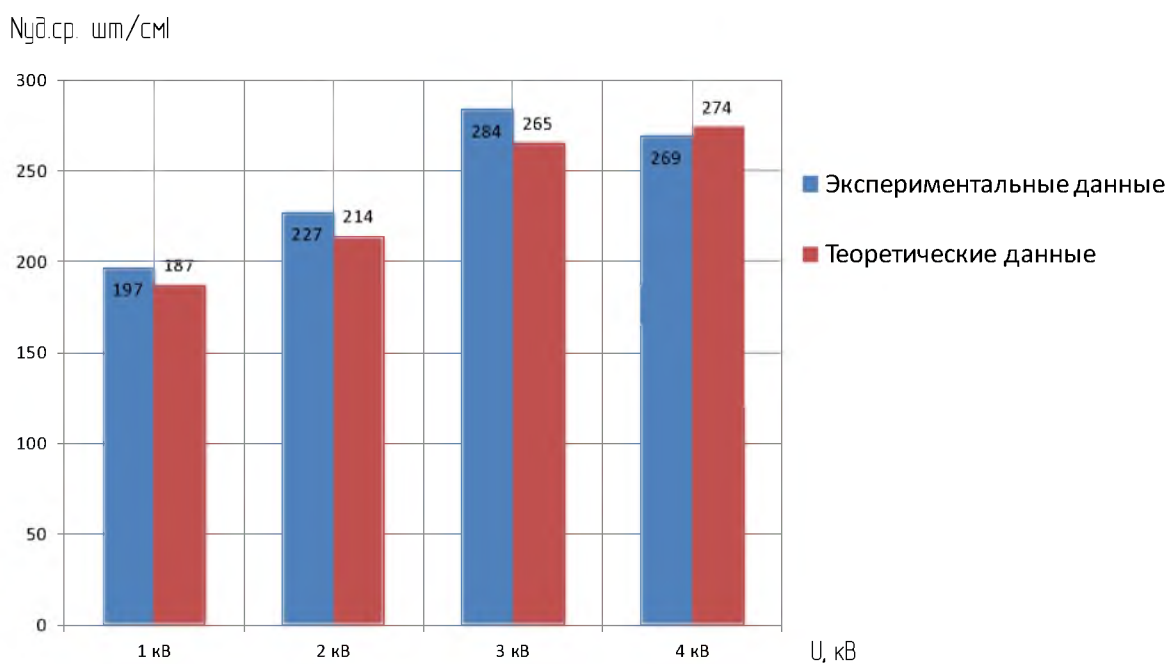
а

б

в

а – 1 кВ; б – 2 кВ; в – 3 кВ

Рисунок 5 – Изображения маркеров при электростатическом опрыскивании

Рисунок 6 – Сравнение теоретических и экспериментальных значения удельной плотности осаждения электрически заряженных капель  $N_{уд.ср}$  от напряжения на электроде  $U$

**Заключение.** Согласно биологической оценки ведущих агрономов ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ», результаты полевых исследований показывают высокое качество обработки сельскохозяйственных культур через электростатическое поле. Качество обеспечивается за счет однородности образуемых капель и равномерности их распределения на поверхности листьев сельскохозяйственных культур, увеличения количества осаждаемых капель рабочего раствора на растении и обволакивания листьев. Урожайность яровой пшеницы при электростатическом опрыскивании составила 2,6 т/га, что больше на 0,2 т/га, чем при внесении удобрений традиционным способом. Данная прибавка урожайности обеспечивает сокращение себестоимости продукции на 1412,26 рублей с 1 га. Внесение гербицидов посредством электрически заряженных капель позволило сократить воздушно-сухую массу сорняков с 48,3 г/м<sup>2</sup> до 31,7 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая эффективность опрыскивания растений электрически заряженными каплями вносимой жидкости наблюдается при напряжении на электроде U=3 кВ. Данный показатель отличен от результата, полученного в ходе теоретических исследований, в связи с тем, что более мелкие капли сносятся посредством движения воздушных масс из-за дополнительного электростатического дробления.

#### Список источников

1. Устройство электрической зарядки капель для опрыскивания сельскохозяйственных культур / А.В. Линенко [и др.] // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (62). С. 125-128. DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-125-128. EDN: ISWPAE.
2. Методика с результатами теоретико-экспериментальных исследований посева семян сельскохозяйственных культур и внесения гидрогеля при изменении скорости агрегата / В.А. Цепляев [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 71-80.
3. Уханов Д.А., Уханов А.П., Хохлов А.А. Методология определения параметров электродозаторов смесителя компонентов бионефтяного топлива // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 203-209.
4. Мекшун А.Н., Мекшун Ю.Н., Мекшун А.Ю. Технологии мониторинга техники и оборудования в промышленном производстве // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 2 (38). С. 62-68.
5. Electrostatic treatment of agricultural crops with an unmanned electric device / A.V. Linenko [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20. No. 3. P. 841-851. DOI: 10.5937/jaes0-33133. EDN: IBWKJY.
6. Володько О.С., Быченин А.П., Хохлов А.Л. Использование органических поверхностно-активных веществ в качестве противоизносных присадок к дизельному топливу // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (59). С. 12-19.
7. Захаренко В.А. Экономическая эффективность пестицидов в агроэкосистемах стратегически важных культур при использовании техники с элементами информационных технологий и точного земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 4-7. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_2\_4. EDN: RUWQNK.
8. Повышение эффективности опрыскивания сельскохозяйственных культур / А.В. Линенко [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 151-155. EDN: DDMNIB.
9. Farm tractor mechatronic steering module / A.V. Linenko [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. 2019. Vol. 17. No. 3. Pp. 354-361. DOI: 10.5937/jaes17-22052. EDN: BDMMXS
10. Electrostatic treatment of agricultural crops with an unmanned electric device / A.V. Linenko [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20. No. 3. Pp. 841-851. DOI: 10.5937/jaes0-33133. EDN: IBWKJY.
11. Технологический процесс опрыскивания полевых сельскохозяйственных культур щелевыми распылителями / И.М. Киреев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89. № 6. С. 395-401. DOI: 10.17816/0321-4443-115022. EDN: JRYQAE.
12. Борисенко И.Б., Мезникова М.В., Улыбина Е.И. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31. EDN: SCTXTD.
13. Raul D., Ghosh K. Performance of chip-on-board and surface-mounted high-power LED luminaires at different relative humidities and temperatures // Lighting Research and Technology. 2018. No. 51. Pp. 1249-1262. DOI: 10.1177/1477153518819040.
14. An advance air-induced air-assisted electrostatic nozzle with enhanced performance / M.K. Patel [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. Т. 135. С. 280-288.
15. Обоснование применения электрофизического метода для мониторинга численности и фазы развития насекомых-вредителей овощных культур / Д.О. Суринский [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2013. № 1 (76). С. 126-129.

#### References

1. Linenko A.V. et al. Ustroistvo elektricheskoi zaryadki kapel' dlya opryskivaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Electric Droplet Charg-

ing Device for Crop Spraying]. Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2022; (2-62): 125-128. DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-125-128. EDN: ISWPAE. (In Russ).

2. Tseplyaev V.A. et al. Metodika s rezul'tatami teoretiko-eksperimental'nykh issledovaniy poseva semyan sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i vneseniya gidrogelya pri izmenenii skorosti agregata [Methodology with the results of theoretical and experimental studies of crop seeding down and hydrogel application when changing the speed of the unit]. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2022; (3-43): 71-80. DOI: 10.52463/22274227\_2022\_43\_71. (In Russ).

3. Ukhanov D.A., Ukhanov A.P., Khokhlov A.A. Metodologiya opredeleniya parametrov elektrodozatorov smesitelya komponentov bioneftyanogo topliva [Methodology for Determining the Parameters of the Electrometers of the Mixer of Bio-Oil Fuel Components]. Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2023; (1-61): 203-209. (In Russ).

4. Mekshun A.N., Mekshun Y.N., Mekshun A.Y. Tekhnologii monitoringa tekhniki i oborudovaniya v promyshlennom proizvodstve [Technologies for monitoring machinery and equipment in industrial production]. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2021; (2-38): 62-68. (In Russ).

5. Linenko A.V. et al. Electrostatic treatment of agricultural crops with an unmanned electric device. Journal of Applied Engineering Science. 2022; (20-3): 841-851. DOI: 10.5937/jaes0-33133. EDN: IBWKJY.

6. Volodko O.S., Bychenin A.P., Khokhlov A.L. Ispol'zovanie organicheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v kachestve protivoznosnykh prisadok k dizel'nomu toplivu [Use of organic surfactants as anti-wear additives in diesel fuel]. Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2022; (3-59): 12-19. (In Russ).

7. Zakharenko V.A. Ekonomicheskaya effektivnost' pestitsidov v agroekosistemakh strategicheskii vazhnykh kul'tur pri ispol'zovanii tekhniki s elementami informatsionnykh tekhnologii i tochnogo zemledeliya [Economic efficiency of pesticides in agroecosystems of strategically important crops when using equipment with elements of information technology and precision farming]. Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2022; (36-2): 4-7. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_2\_4. EDN: RUWQNK. (In Russ).

8. Linenko A.V. et al. Povyshenie effektivnosti opryskivaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Improving crop spraying efficiency]. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022; (3-95): 151-155. EDN: DDMNIB. (In Russ).

9. Linenko A.V. et al. Farm tractor mechatronic steering module. Journal of Applied Engineering Science. 2019; (17-3): 354-361. DOI: 10.5937/jaes17-22052. EDN: BDMMXS.

10. Linenko A.V. et al. Electrostatic treatment of agricultural crops with an unmanned electric device. Journal

of Applied Engineering Science. 2022; (20-3): 841-851. DOI: 10.5937/jaes0-33133. EDN: IBWKJY.

11. Kireev I.M. et al. Tekhnologicheskii protsess opryskivaniya polevykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur shchelevymi raspylitelyami [Technological process of spraying field crops with slotted sprayers]. Tractors and agricultural machinery. 2022; (89-6): 395-401. DOI: 10.17816/0321-4443-115022. EDN: JRYQAE. (In Russ).

12. Borisenko I.B., Meznikova M.V., Ulybina E.I. Teoreticheskoe obosnovanie ravnomernosti naneseniya rabocheho rastvora na ob'ekt vozdeistviya pri obrabotke propashnykh kul'tur sposobom polosovogo opryskivaniya [Theoretical substantiation of the uniformity of applying the working solution to the object of influence when treating tilled crops by the method of strip spraying]. Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education. 2021; (4-64): 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31. EDN: SCTX-TD. (In Russ).

13. Raul D., Ghosh K. Performance of chip-on-board and surface-mounted high-power LED luminaires at different relative humidities and temperatures. Lighting Research and Technology. 2018; (51): 1249-1262. DOI: 10.1177/1477153518819040.

14. Patel M.K. et al. An advance air-induced air-assisted electrostatic nozzle with enhanced performance. Computers and Electronics in Agriculture. 2017; (135): 280-288.

15. Surinsky D.O. et al. Obosnovanie primeneniya elektrofizicheskogo metoda dlya monitoringa chislennosti i fazy razvitiya nasekomykh-vreditel'ei ovoshchnykh kul'tur [Substantiation of the application of the electrophysical method for monitoring the number and development phase of insect pests of vegetable crops]. The Bulletin of KrasGAU. 2013; (1-76): 126-129.

#### Информация об авторах

А.В. Линенко – доктор технических наук, профессор; AuthorID 368066.

В.В. Лукьянов – AuthorID 1009406.

А.И. Азнагулов – AuthorID 1022862.

В.Г. Байназаров – AuthorID 819486.

#### Information about the author

A.V. Linenko – Doctor of Technical Sciences, Professor; AuthorID 368066.

V.V. Lukyanov – AuthorID 1009406.

A.I. Aznagulov – AuthorID 1022862.

V.G. Baynazarov – AuthorID 819486.

Статья поступила в редакцию 13.07.2023; одобрена после рецензирования 10.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.

The article was submitted 13.07.2023; approved after reviewing 10.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.