Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, E-mail: LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

E-mail: mail@vniigim.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, E-mail: LytovMN@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE UNIFORM APPLICATION OF A WORKING SOLUTION ON THE IMPACTED OBJECT DURING THE TREATMENT OF AROUND CROPS BY THE METHOD OF STRIP SPRAYING

I.B. Borisenko^{1,2}, M. V. Meznikova¹, E. I. Ulybina^{1,3}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*Federal State Budgetary Scientific Institution*

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

³*State Budget Professional Educational Institution*

«Sebryakovsky Technological College» Volgograd region, Russia

Received 12.09.2021

Submitted 15.11.2021

Abstract

Introduction. This article discusses the indicators and factors that affect the uniformity of the application of the solution to the processing object during the operation of chemical protection of row crops. The uniformity of the sunflower solution coating is estimated from the position of the traditional and strip technology of applying the solution to the plant. A theoretical justification is given for the indicator of the uniformity of applying a chemical solution to the culture in the longitudinal and transverse planes, depending on the vibrations of the sprayer rod. The analysis of the coefficient of variation of the solution distribution depending on the installation of the sprayers on the rod is also given. Since the effectiveness of covering the entire crop with drops of solution will depend on the drift of the drop by the wind, it is therefore necessary to try to install the sprayers as close as possible to the surface of the treatment, so that the drops of solution have time to reach the leaf plate of the plant without being vaporized. This is not always possible to achieve, since reducing the installation height of the sprayers. **Materials and methods.** To justify the factors affecting the reduction of rod vibrations during continuous and strip spraying, the operational and agro-technological requirements for rod sprayers were taken into account. They were also based on practical and theoretical studies previously obtained in the study of the parameters of rod sprayers. Mathematical dependences of the influence of vertical, transverse and angular vibrations of the rod on the uniformity of the coating of the plant with a chemical solution were derived. **Results and conclusions.** The theoretical justification of the factors affecting the uniformity of spraying along the line of movement in the longitudinal plane of the rod vibrations allowed us to determine the coefficient of variation as the most important parameter affecting the quality of spraying. The mathematical dependence of the height of the fusion of the H_c - zone of continuous spraying, on the distance between the sprayers M and the spray angle of the installed nozzle β , is also derived. The influence of vertical vibrations of the rod on the amount of coating of the culture with the spray torch is determined and the coefficient of change of these vibrations K_b is derived. According to the results of theoretical studies, it was concluded that for high-stemmed crops, such as sunflower, during the operation of chemical protection, it is necessary that the plant always remains in the zone of continuous directional spraying. Since with directional spraying, the maximum possibility of de-

stroying pests and diseases is achieved. The accuracy and uniformity of the application of the solution to the culture is significantly affected by the longitudinal, transverse and vertical, and angular vibrations of the rod. Due to the fact that during continuous spraying it is difficult to achieve the required quality of spraying without reducing the installation height of the sprayers on the rod, and therefore the zone of continuous spraying is constantly changing with such fluctuations. The technology of strip spraying, on the contrary, with the derived theoretical coefficients, shows a decrease in the height of spraying from vertical vibrations of the rod at a given installation height required by operational characteristics. This is due to the fact that when the sprayer rotates relative to its axis by 45° , the solution is redistributed, while the height of the fusion between the sprayers is reduced by half. This leads, on the contrary, to an increase in the spraying area for longline crops. By increasing the height of the confluence zone, you can reduce the installation of the sprayer rod, while the quality of spraying will only improve. The coating coefficient, which affects the quality of the spray, increases with a decrease in the height of the rod vibrations. Therefore, the maximum effect will be achieved in the uniformity and quality of spraying.

Key words: *rod sprayer, rod vibrations, modernization of sprayers, chemical plant protection, quality of spraying, strip method of chemical treatment, row crops, uniformity of spraying.*

Citation. Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Theoretical justification of the uniform application of a working solution on the impacted object during the treatment of around crops by the method of strip spraying *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 632.98:631.348.45

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ НАНЕСЕНИЯ РАБОЧЕГО РАСТВОРА НА ОБЪЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР СПОСОБОМ ПОЛОСОВОГО ОПРЫСКИВАНИЯ

И. Б. Борисенко^{1,2}, доктор технических наук, старший научный сотрудник
М. В. Мезникова¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Е. И. Улыбина^{1,3}, соискатель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, с. Соленое Займище, Астраханская область

³Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Себряковский технологический техникум, Волгоградская обл., г. Михайловка, Россия

Дата поступления в редакцию 12.09.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Актуальность. В данной статье рассматриваются показатели и факторы, влияющие на равномерность нанесения раствора на объект обработки при проведении операции химической защиты пропашных культур. Оценивается равномерность покрытия раствором подсолнечника с позиции традиционной и полосовой технологии нанесения раствора на растение. Дано теоретическое обоснование показателю равномерности нанесения химического раствора на культуру в продольной и поперечной плоскости в зависимости от колебаний штанги опрыскивателя, а также дан анализ коэффициента вариации распределения раствора в зависимости от установки распылителей на штанге. Так как эффективность покрытия каплями раствора всей культуры будет зависеть от сноса капли ветром, необходимо стремиться устанавливать распылители как можно ближе к поверхности обработки, чтобы капли раствора успевали долетать до листовой пластины растения не испаряясь. Этого не всегда удастся добиться, так как, снижая установочную высоту распылителей, необходимо обязательно учитывать рельеф поля и его неоднородность, чтобы избежать зацепов краем штанги опрыс-

квивателя за почву. Особенно это характерно для опрыскивателей с большой шириной захвата. Несоблюдение установочной высоты будет приводить к большим механическим повреждениям урожая или превышающему норму нанесению химического раствора на культуру, что ведет к токсичности и перенасыщению раствором растений. Для соблюдения всех требований к качеству и равномерности нанесения раствора на растение необходимо также учитывать и угловые колебания штанги относительно оси подвеса штанги. Учитывая все колебания штанги опрыскивателя, необходимо помнить, что подсолнечник – высокостебельная культура, которая должна находиться с учетом роста и развития в зоне максимального распыления раствора. Этого можно добиться изменив угол наклона оси распылителя на штанге и перераспределяя раствор. При этом распределении поток рабочего раствора можно сделать более стабильным и равномерным вне зависимости от колебаний штанги и рельефа поля и улучшить качественные показатели опрыскивания. **Материалы и методы.** Для обоснования факторов, влияющих на снижение колебаний штанги при сплошном и полосовом опрыскивании, учитывали эксплуатационные и агротехнологические требования, предъявляемые к штанговым опрыскивателям. Также основывались на практических и теоретических исследованиях, полученных ранее при изучении параметров штанговых опрыскивателей. Были выведены математические зависимости влияния вертикальных колебаний штанги на равномерность покрытия растения химическим раствором. **Результаты.** Теоретическое обоснование факторов, влияющих на равномерность опрыскивания вдоль линии движения в продольной плоскости колебаний штанги, позволило определить коэффициент вариации как наиболее важный параметр, влияющий на качество опрыскивания, также выведена математическая зависимость высоты слияния H_c – зоны сплошного опрыскивания, от расстояния между распылителями M и углом распыла установленной форсунки β для технологии полосового опрыскивания. Определено влияние вертикальных колебаний штанги на величину покрытия культуры факелом распыла. Выведен коэффициент изменения этих колебаний K_B . **Обсуждение и выводы.** По результатам теоретических исследований пришли к выводу, что для высокостебельных культур, таких как подсолнечник, при операции химической защиты необходимо, чтобы растение всегда оставалось в зоне сплошного направленного опрыскивания. Так как при направленном опрыскивании достигается максимальная возможность уничтожения вредителей и болезней. На точность и равномерность нанесения раствора на культуру существенное воздействие оказывают продольные, поперечные и вертикальные, и угловые колебания штанги, за счет которых при сплошном опрыскивании трудно добиться требуемого качества опрыскивания, не снижая установочной высоты распылителей на штанге, а следовательно, зона сплошного опрыскивания при таких колебаниях постоянно меняется. Технология полосового опрыскивания, наоборот, при выведенных теоретических коэффициентах показывает снижение высоты опрыскивания от вертикальных колебаний штанги при заданной установочной высоте, требуемой эксплуатационными характеристиками. Это объясняется тем, что при повороте распылителя относительно своей оси на 45° происходит перераспределение раствора, при уменьшении в два раза высоты слияния между распылителями, что приводит, наоборот, к увеличению зоны опрыскивания для ярусных культур. За счет увеличения высоты зоны слияния можно снижать установку штанги опрыскивателя, при этом качество опрыскивания будет только улучшаться. Коэффициент покрытия, влияющий на качество распыла, при снижении высоты колебаний штанги увеличивается, поэтому будет достигаться максимальный эффект в равномерности и качестве опрыскивания.

Ключевые слова: *штанговые опрыскиватели, колебания штанги, модернизация опрыскивателей, химическая защита растений, качество опрыскивания, полосовой способ химической обработки, пропашные культуры, равномерность опрыскивания.*

Цитирование. 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 НВ АУК.* 2021. 4 (64). 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Из-за поражения растений болезнями и вредителями потери при получении урожайности могут снижаться на 30-50 % [7, 8]. Поэтому так важен поиск новых технологий при выращивании культур, которые оказывали бы снижающее воздействие болезней, вредителей и сорной растительности [1, 2]. Для этого необходимо, чтобы новые подходы в выборе технологий включали в себя комплекс механических, карантинных, агротехнологических и химических мероприятий [14]. Химические методы защиты с точки зрения экономической выгоды являются наиболее затратными [6]. Проблема рационального использования химических растворов при опрыскивании культурных растений приобретает мировой масштаб, так как именно от этого зависит качество и количество получаемой продукции. А это прямопропорциональная зависимость экологического благополучия и здоровья человека [3].

При этом необходим тщательный подход к выбору новых технологий, которые учитывали бы равномерность нанесения капель на растение при опрыскивании, их однородность и уменьшение сноса капель при неблагоприятных погодных условиях [5, 15]. Нужны новые технологии, которые бы обеспечивали снижение расхода химических препаратов, при этом обеспечивая безопасность окружающей среды. На практике качество распыла оставляет желать лучшего из-за несовершенства конструкции штанговых опрыскивателей [9, 10].

Важно также помнить, что при новых способах опрыскивания выгодным является направленное опрыскивание. Сущность этого способа заключается в том, что раствор направляется только на те участки высокостебельных культур, которые подлежат обработке. Но даже при таком подходе высока вероятность зависимости качества распыла от вертикальных, угловых и продольных колебаний штанги опрыскивателя [4, 13]. Так, при сплошном направленном опрыскивании с применением современной системы распыла и смонтированных на штанге дополнительных понизителей для обработки обратной стороны листа высокостебельных культур не приведет к улучшению качества обработки, так как колебания штанги будут присутствовать и эффект от распыления снизится [12, 16]. Выбранный новый способ полосового нанесения раствора на растение позволяет за счет перераспределения раствора и направления его под определенным углом обеспечить максимальную густоту покрытия раствором мест скопления болезней и вредителей, а также минимизировать эффект от наличия вертикальных, продольных и угловых колебаний штанги.

Материалы и методы. Для достижения поставленной научной задачи, которая сводится к определению сравнительного анализа влияния вертикальных колебаний штанги на качество опрыскивания при сплошном и полосовом опрыскивании, были использованы материалы и рисунки, описанные в патенте способа полосовой химической обработки высокостебельных культур № 2709762 от 29.12.2019 года. Данный способ направлен на распыление рабочего раствора над рядами растений боковыми форсунками с ориентированными навстречу конусам распыла 65-80°. При этом угол пересечения конусов распыла составляет менее 180°, а нижние края находятся в зоне абриса проекции растений. Данный способ позволяет снизить вертикальные колебания штанги на ширину обрабатываемой полосы. Для определения снижения величины колебаний были применены и выведены единые обозначения параметров, связывающих высоту колебания штанги, ширину захвата обрабатываемой полосы для сплошного и полосового способа. Составлены математические уравнения с использованием зависимости параметров для двух способов. Сделан сравнительный анализ. Определены результаты.

Результаты и обсуждение. Для оценки результатов были определены качественные показатели нанесения рабочего раствора на растение. Эти показатели необходимо разделить на две составляющие: равномерное распределение препарата в продольной плоскости движения опрыскивателя (вдоль линии движения) и равномерность

распределения препарата в поперечной плоскости движения вдоль штанги опрыскивателя. Равномерность распределения препарата в продольной плоскости зависит от неровностей поля, скорости движения агрегата по полю. Сегодня, чтобы справиться с этими факторами, существуют автоматизированные компьютерные системы, которые поддерживают постоянный рабочий расход жидкости в зависимости от скорости движения по полю [11]. Эта зависимость будет характеризоваться коэффициентом вариации и вычисляться по формуле [9]:

$$K_B = 10^2 \frac{\sigma}{\bar{Q}}, \quad (1)$$

где σ – стандартное отклонение расхода жидкости между отдельными распылителями, $\text{дм}^3/\text{мин}$; $\bar{Q}$ – среднее арифметическое значение расхода жидкости отдельными распылителями по ширине захвата опрыскивателя, $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Между отдельными распылителями стандартное отклонение расхода жидкости вычисляют по формуле [9]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где n – число распылителей, шт.

Среднее арифметическое значение расхода жидкости отдельными распылителями по ширине захвата опрыскивателя вычисляют по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}. \quad (3)$$

На коэффициент вариации оказывает действие качество работы распылителей и техническое состояние штанги и высота ее установки. Согласно руководству по эксплуатации, штанга должна устанавливаться параллельно рельефу поля, ее отклонение от рекомендуемой высоты 50-70 см будет приводить к поломкам или несимметричному формированию факелов распыла. Нужно всегда стремиться к минимальной высоте установки штанги, уменьшая тем самым снос рабочей жидкости ветром. Но при этом будет страдать качество распыла. Влияние колебания штанги на равномерность распределения раствора по ширине захвата приведено на рисунке 1 [2].

Рисунок 1 – Влияние колебания штанги на равномерность распределения раствора по ширине захвата

Figure 1 – Influence of vibrations of the rod on the uniformity of distribution of the solution over the working width

Коэффициент вариации распределения жидкости – это неявная и не всем понятная характеристика. Для большей наглядности отметим, что на каждый процент неравномерности распределения препарата приходится 0,4 % (по объему) его производимости.

тельного использования. Иными словами, если опрыскиватель распределяет пестицид с коэффициентом вариации 20 %, то около 8 % препарата теряется. Приведенные выше данные позволяют рассматривать равномерность распределения препарата как один из важнейших показателей качества опрыскивания и зафиксировать ее численную оценку в агротехнических требованиях. Так, для России принято, что при установке отечественных распылителей потери на качество не должны превышать 25 %, а с использованием зарубежных распылителей эти потери составляют не более 15 %. Поэтому так важно снизить зависимость вертикальных колебаний штанги от качества распыла.

При движении опрыскивателя возникают колебания штанги в вертикальной и горизонтальной плоскостях, которые влияют на равномерность распределения рабочей жидкости по эффективной ширине захвата. Соответственно, высота установки штанги определяется минимальным расстоянием над объектом воздействием с учетом допустимых колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскостях, и относительно оси подвеса. При этом при распылении факелов распыла из соседних форсунок будет происходить пересечение факелов, образуя точку слияния. Расстояние от форсунки до точки слияния будет определяться высотой слияния факелов распыла H_c , которая зависит от расстояния между форсунками M и углом распыла β . Для сплошного опрыскивания эта зависимость показана на рисунке 2.

Рисунок 2 – Высота слияния факелов распыла H_c , м при сплошном опрыскивании

Figure 2 – Height of spray torch convergence H_c m in case of continuous spraying

Данная величина определяется выражением:

$$H_c = \frac{M}{2} \tan \alpha, \quad (4)$$

где M – расстояния между распылителями M , м; α – обратная величина половины угла распыла β , град.

Учитывая, что:

$$\alpha = 90^\circ - \frac{\beta}{2}, \quad (5)$$

тогда:

$$H_c = \frac{M}{2} \tan\left(\alpha - \frac{\beta}{2}\right). \quad (6)$$

В серийных опрыскивателях наибольшее распространение нашло расстояние между форсунками 0,5 м и форсунки с углом распыления 110° и 80° , 65° . Откуда находим: $H_{c110}=0,175$ м; $H_{c80}=0,298$ м, $H_{c65}=0,392$ м.

Для способа полосового опрыскивания угол распыла β поворачиваем на величину 45° относительно центральной оси форсунки, направляя потоки рабочего раствора навстречу друг другу. Высоту слияния для полосового способа обозначим $H_{сп}$, м (рисунок 3).

Рисунок 3 – Высота слияния факелов распыла $H_{сп}$, м при полосовом способе нанесения раствора на растение

Figure 3 – Height of fusion of spray torches $H_{сп}$, m at strip method of solution application to the plant

Тогда для полосового способа высота слияния $H_{сп}$, м будет выражаться формулой:

$$H_{сп} = \frac{M_p}{2} \tan \alpha_n, \quad (7)$$

Учитывая, что:

$$\alpha_n = 90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha_1 \quad (8)$$

где угол α_1 – это угол поворота форсунки на 45° относительно центральной оси согласно техническому решению,

Находим высоту слияния $H_{сп}$ для полосовой технологии серийных форсунок с углом распыла 80° и 65° соответственно: $H_{сп 65^\circ}=0,055$ м, $H_{сп 80^\circ}=0,022$ м.

Сравнивая высоту слияния при сплошном и полосовом способе опрыскивания для форсунок с одинаковыми углами распыла, делаем вывод, что высота слияния уменьшается, а зона сплошного опрыскивания увеличивается. В случае объемной обработки высокостебельных растений высота опрыскивания будет складываться из высоты установки

штанги, высоты растения H_p , высоты сплошного опрыскивания $H_{сп}$ и колебаний штанги в вертикальной плоскости Δ . Колебания штанги, согласно справочникам по химической защите растений, составляет 0,2-0,3 м. Тогда высота опрыскивания будет:

$$H_{п} = H_p + H_{сп} + \Delta. \quad (9)$$

Отсюда следует, что при постоянных колебаниях штанги и известной величине высоты растения влиять на величину высоты опрыскивания будет высота слияния и чем меньше она будет, тем будет меньше высота опрыскивания. Значит, можно будет снизить высоту установки штанги на эту величину и уменьшить нахождение капли в полете, при этом качество и равномерность опрыскивания улучшается.

Выводы. Анализ результатов исследования высоты слияния потоков рабочих растворов в зависимости от вертикальных колебаний штанги показывает, что при полосовой технологии показатель $H_{сп}$, уменьшается, при этом зона сплошного опрыскивания увеличивается. Увеличение по сравнению со сплошным нанесением раствора на растение происходит для форсунок с углом распыла 80° на 0,276 м, а для форсунок с углом распыла 65° – на 0,337 м. При этом зона опрыскивания увеличивается на эти же показатели. Соответственно, на эти показатели можно снизить установку штанги опрыскивателя.

Применение метода оценки качества опрыскивания при полосовой химической обработке растений на примере подсолнечника с использованием коэффициента вариации и снижение вертикальных колебаний штанги в вертикальной плоскости позволят в дальнейшем оценить равномерность нанесения раствора при объемном ярусном опрыскивании и оценить зависимость распределения раствора от угловых и горизонтальных колебаний штанги.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Новые технологии применения опрыскивателя // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 4-5,13.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 1-11.
3. Варфоломеева М. М., Фомина И. В. Из опыта модернизации прицепного штангового опрыскивателя // Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 128-134.
4. Данилов М. В., Абаев В. В. Особенности технологии защиты растений с применением штанговых опрыскивателей и ее недостатки // Вестник научных конференций. 2019. № 3-1 (43). С. 46-47.
5. Киреев И. М., Коваль З. М. Результаты моделирования технологического процесса распределения капельной жидкости между распылителями штанговых опрыскивателей // Техника и оборудование для села. 2018. № 12. С. 16-21.
6. Константинов М. М., Петренко Е. С. Техничко-экономическое обоснование ширины захвата штангового опрыскивателя // Известие Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (69). С. 122-125.
7. Корнилов Т. В. Экзамен не выдержали // Защита и карантин растений. 2019. № 12. С. 39.
8. Лукомец В. М., Пивень В. Т., Тишков Н. М. Защита подсолнечника от вредителей и болезней // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 14-16.
9. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 116-124.
10. Повышение эффективности химической обработки пропашных культур в рамках полосовой технологии / М. В. Мезникова, И. Б. Борисенко, Е. И. Улыбина, О. В. Бояркина // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 453-465.

11. Фомина И. В., Варфоломеева М. М. Современное состояние и тенденции развития техники для химической защиты растений // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 182-189.

12. Цепляев А. Н., Абезин В. Г., Скрипкин Д. В. Технология уборки картофеля комбайном // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 276-284.

13. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.

14. Kruk I. S., Tiunchik A. A. Simulation of rod vibration process with an independent pendular suspension and vertical stabilization system // The Belarusian State Agrarian Technical University. 2018. Vol 56. No 4. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-469-480>.

15. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

16. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliov, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>

Conclusion. Analysis of the results, the height of the merger of the working solution flows from the vertical vibrations of the rod, shows that with the band technology, the Nsp indicator decreases, while the continuous spraying zone increases. The increase compared to the continuous application of the solution to the plant occurs for injectors with a spray angle of 80° by 0.048 m, and for injectors with a spray angle of 110° by 0.058 m. At the same time, the spraying area increases by the same indicators. The use of the method of assessing the quality of spraying of the method of strip chemical treatment of plants, for example, sunflower, using the coefficient of variation and reducing the vertical vibrations of the rod in the vertical plane will further assess the uniformity of the application of the solution during volumetric long-line spraying and assess the dependence of the distribution of the solution on the angular and horizontal vibrations of the rod.

References

1. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. New technologies for the use of spraying // Rural machine operator. 2019. No. 8. P. 4-5,13.

2. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of technical modernization of sprayers for chemical protection of sunflower // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: nauka i vysshee professional obrazovanie. 2020. No. 4 (60). P. 1-11.

3. Varfolomeeva M. M., Fomina I. V. From the experience of modernization of a trailed barbell sprayer // Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural Chemical Support of Agriculture. 2017. No. 11. P. 128-134.

4. Danilov M. V., Abaev V. V. Features of plant protection technology using barbell sprayers and its shortcomings // Bulletin of scientific conferences. 2019. No. 3-1 (43). P. 46-47.

5. Kireev I. M., Koval Z. M. Results of modeling the technological process of distribution of drip liquid between sprayers of rod sprayers // Technika i oborudovanie dlya sela. 2018. No. 12. P. 16-21.

6. Konstantinov M. M., Petrenko E. S. Feasibility study of the working width of the rod sprayer // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 1 (69). P. 122-125.

7. Kornilov T. V. The exam did not pass // Protection and quarantine of plants. 2019. No. 12. P. 39.

8. Lukomets V. M., Piven V. T., Tishkov N. M. Protection of sunflower from pests and diseases // Protection and quarantine of plants. 2017. No. 5. P. 14-16.

9. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A. V. Efficiency of innovative systems of sunflower cultivation on the southern chernozems of the Volgograd region // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. No. 3 (59). P. 116-124.

10. Improving the efficiency of chemical treatment of pro-arable crops within the framework of strip technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, E. I. Ulybina, O. V. Boyarkina // Bulletin RUDN. Series: Agronomy and animal husbandry. 2019. V. 14. No. 4. P. 453-465.

11. Fomina I. V., Varfolomeeva M. M. Current state and trends in the development of technology for chemical plant protection // Problems of mechanization of agrochemical support of agriculture: All-Russian Research Institute for Mechanization and informatting of agrochemical support of agriculture. 2017. № 11. P. 182-189.

12. Tseplyaev A. N., Abezin V. G., Skripkin D. V. Technology of harvesting potatoes with a harvester // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No. 1 (49). P. 276-284.

13. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.

14. Kruk I. S., Tiunchik A. A. Simulation of rod vibration process with an independent pendular suspension and vertical stabilization system // The Belarusian State Agrarian Technical University. 2018. Vol 56. No 4. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-469-480>.

15. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

16. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliiev, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>.

Authors information

Borisenko Ivan Borisovich, Honored inventor of the Russian Federation, doctor of technical sciences, senior researcher, Department of agriculture and Agrochemistry, Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russia, Caspian research Institute of arid agriculture, Salt zaymishche village, Astrakhan region, (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskiy) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, t.+7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42, E-mail: borisenivan@yandex.ru

Meznikova Marina Viktorovna candidate of technical sciences, senior researcher of "Research Institute for Advanced Innovations and Research in the Agroindustrial Complex" of the of the FSBEI HE Volgograd SAU, Volgograd (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskiy), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, t.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Ulybina Ekaterina Ivanovna, teacher GBPOU «Sebryakovsky technological technical» (Russia, 403345, Volgograd region, Mikhaylovka, 146a Communesreet), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-478t>, t.+7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

Информация об авторах:

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26); Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия (с. Солёное Займище, Астраханская область). <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, т. +7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42. E-mail: borisenivan@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, т.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Улыбина Екатерина Ивановна, преподаватель ГБПОУ «Себряковский технологический техникум» (РФ, 403345, Волгоградская обл., г. Михайловка, ул. Коммуны д. 146 а), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-4478> т. +7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru