

УДК 632(575.1)



DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-76-80

Обоснование количества форсунок универсального вентиляторного опрыскивателя

Адилбек Агабекович Ахметов¹,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: tractor-v@mail.ru;

Азамат Исмаилович Юлдашев²,
соискатель, e-mail: Azamat3072@mail.ru;
Дилфуза Усманиевна Камбарова¹,
ассистент, e-mail: kdu.317@mail.ru

¹Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова, г. Ташкент, Республика Узбекистан;

²Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Реферат. Отметим недостатки вентиляторных опрыскивателей типа ОВХ-600 и ВП-1, связанные с неравномерностью внесения жидких средств химизации из-за колебательного движения рабочих органов. *(Цель исследования)* Повысить равномерность внесения раствора жидких средств химизации по всей ширине захвата вентиляторного опрыскивателя. *(Материалы и методы)* В СП «Agrixim» разработали универсальный вентиляторный опрыскиватель, предназначенный для обработки полевых культур, садов и виноградников управляемым воздушно-капельным потоком. Показали, что количество форсунок зависит от технологической схемы работы и ширины захвата опрыскивателя. *(Результаты и обсуждение)* Основными рабочими элементами универсального вентиляторного опрыскивателя, дозирующими норму внесения пестицидов, служат распыливающие наконечники, количество которых во многом зависит от технологической схемы работы и ширины захвата опрыскивателя. Определили оптимальное число форсунок – 25 штук. В зависимости от расхода рабочего раствора выделили три группы наконечников. *(Выводы)* Выявили, что в новой конструкции исключены колебательные движения рабочих органов опрыскивателя, значительная ширина захвата (24 метра против 16 метров в серийных моделях) позволяет резко повысить производительность работ, а число переналадок сведено к минимуму. Упростили и удешевили конструкцию опрыскивателя вследствие отказа от ряда кинематических пар и приводов. Повысили надежность агрегата, исключив трущиеся и движущиеся детали и узлы. Представили схему расположения 25 форсунок для качественной обработки пестицидами: 5 задних центральных установили на воздуховодах под углом относительно поверхности почвы, а на противоположно направленных воздуховодах разместили по 3 и 7 штук в каждой стороне от оси симметрии опрыскивателя. Рассчитали, что норму расхода рабочей жидкости в пределах 100-500 литров на гектар можно регулировать путем изменения давления в системе от 2 до 8 бар и рабочей скорости от 3 до 7 километров в час. **Ключевые слова:** вентиляторный опрыскиватель, форсунки, воздушно-капельные потоки, воздуховоды, равномерность внесения раствора пестицидов.

■ **Для цитирования:** Ахметов А.А., Юлдашев А.И., Камбарова Д.У. Обоснование количества форсунок универсального вентиляторного опрыскивателя // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №1. С. 76-80. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-76-80.

Justification the Number of Spray Tips of the Universal Fan Sprayer

Adilbek Agabekovich Akhmetov¹,
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: tractor-v@mail.ru;

Azamat Ismailovich Yuldashev¹,
aspirant, e-mail: Azamat3072@mail.ru;
Dilfuza Usmanaliyeva Kambarova²,
assistant, e-mail: kdu.317@mail.ru

¹Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan;

²Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract. The authors noted the disadvantages of fan sprayers such as OVH-600 and VP-1, associated with uneven application of pesticides due to the oscillatory motion of the working parts, especially in the junction of adjacent passages. *(Research purpose)* To increase the uniformity of the pesticide solution application over the entire width of the fan sprayer. *(Materials and methods)* The JV «Agrixim» developed a universal fan sprayer designed for the treatment of field crops, orchards and vineyards controlled by air-droplet flow. It was shown that the number of nozzles depends on the technological scheme of operation and the width of the sprayer. *(Results and discussion)* The authors determined the optimal number of injectors – 25 pieces. Depending on the flow rate of the working solution, three groups of tips were distinguished. *(Conclusions)* The authors revealed that the new design eliminates oscillatory movements of

the working parts of the sprayer, a significant width (24 meters vs. 16 meters in production models) allows to increase dramatically the productivity of work, and the number of changeovers is minimized. They simplified and cheapened the design of the sprayer due to the rejection of a number of kinematic pairs and drives. They increased reliability of the unit, eliminating rubbing and moving parts and components. They presented the layout of 25 nozzles for high-quality pesticide treatment: 5 rear central nozzles were installed on the air ducts at an angle relative to the soil surface, and on the opposite direction of the air ducts placed 3 and 7 nozzles in each side of the axis of symmetry of the sprayer. It was calculated that the rate of flow of the working fluid in the range of 100-500 liters per hectare can be adjusted by changing the pressure in the system from 2 to 8 bar and the working speed from 3 to 7 kilometers per hour.

Keywords: fan sprayer, nozzles, air-drop streams, air ducts, uniformity of application of a solution of pesticides.

For citation: Akhmetov A.A., Yuldashev A.I., Kambarova D.Yu. Obosnovanie kolichestva forsunok universal'nogo ventilyatornogo opryskivatelya [Justification for the number of spray tips of a universal fan sprayer]. *Sel'skhozaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 76-80 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-76-80.

В целях повышения урожайности современные агротехнологии требуют обязательного проведения ряда мероприятий, в том числе по защите растений от вредителей и болезней химическим способом [1-3]. С этой целью применяют технические средства различных видов [4-6]. Важно правильно подобрать их в соответствии с формой пестицидов [7].

Из химических способов обработки растений от болезней или вредителей наилучшим считается опрыскивание. Однако вентиляторные опрыскиватели типа ОВХ-600 и ВП-1 имеют существенные недостатки, связанные с неравномерностью внесения ядохимикатов из-за колебательного движения рабочих органов, особенно в местах стыка смежных проходов [8, 9]. Кроме того особое внимание при опрыскивании ядохимикатами должно быть уделено снижению загрязнения окружающей среды [10, 11].

Цель исследования – повысить равномерность внесения раствора пестицидов по всей ширине захвата вентиляторного опрыскивателя.

Материалы и методы. В СП «Agrixim» разработали универсальный вентиляторный опрыскиватель для обработки полевых культур, садов и виноградников с управляемым воздушно-капельным потоком по всей ширине захвата агрегата в пределах $\pm 90^\circ$ от оси симметрии опрыскивателя (в общей сложности 180°), то есть по всему периметру зоны обработки и обеспечивающим при этом установленную норму расхода рабочего раствора. Несоблюдение норм расхода может привести к потере урожая [12]

Результаты и обсуждение. Навесной универсальный вентиляторный опрыскиватель содержит раму, на которой смонтированы вентилятор с патрубком; противоположно направленные левый и правый воздухопроводы с распыливающими наконечниками (форсунками), привод, связанный с валом отбора мощности трактора (рис. 1).

Воздуховоды смещены относительно друг друга в горизонтальной плоскости по ходу движения агрегата и в месте сочленения образуют короб, в нижней части которого установлены наклонные задние форсунки и выдувные трубки. Снизу воздухопроводов имеются левое и правое наклонные выдувные сопла, которые

снабжены форсунками и расположены под углом относительно поверхности почвы. Таким образом, можно выделить три группы форсунок, закрепленных на задней части короба, на наклонных воздухопроводах и на противоположно направленных воздухопроводах. На концах воздухопроводов размещены направлятели воздушного потока, положение которых регулируется винтовыми механизмами. Внутри рабочих органов смонтированы левый и правый полые цилиндры.

Опрыскиватель имеет гидросистему и резервуары для рабочего раствора или жидкости (рис. 2). Универсальный вентиляторный опрыскиватель работает следующим образом. Через вал отбора мощности трактора привод обеспечивает вращение крыльчатки вентилятора, создавая воздушный поток. Воздух через патрубок подается в короб, где диафрагмой делится на две части и направляется в левый и правый воздухопроводы. Одновременно из резервуаров к форсункам подается рабочий раствор, который подхватывается воздушной струей и наносится на поверхность растений (деревьев, виноградников), расположенных слева и справа от опрыскивателя.

Направление распыла по высоте можно регулировать посредством винтовых механизмов. Для обработки полевых культур дополнительно включают в работу выдувные сопла с форсунками, а также форсунки и выдувные трубки. Ламинарное движение воздуха для работы форсунок обеспечивается полыми цилиндрами. Напор воздуха регулируется усеченной заслонкой, которая в верхней части короба образует проходное окно для подачи воздуха к выдувным трубкам.

Короб сдвоенных сопел в задней части имеет пазуху завихрения, где сконцентрированный поток воздуха разворачивается и доставляется к выдувным трубкам, подхватывая распыленный рабочий раствор и нанося его на растения. Для выборочной обработки растений или обочин дорог применяют брандспойт.

Включение в работу всех форсунок позволяет получать сплошное качественное нанесение химических препаратов на зараженную поверхность полевых сельскохозяйственных растений, возделываемых на ровном поле или на грядках. Универсальный вентиляторный опрыскиватель заменяет не только вен-

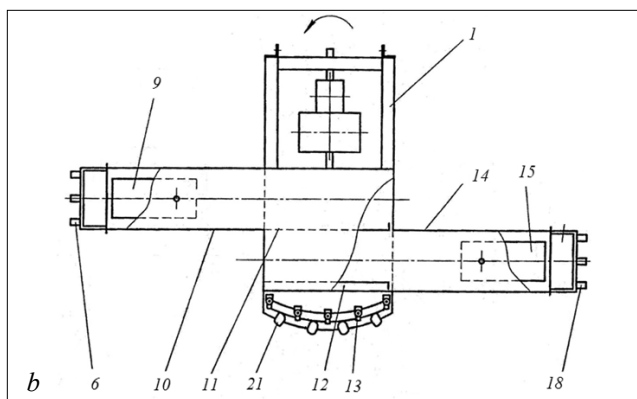
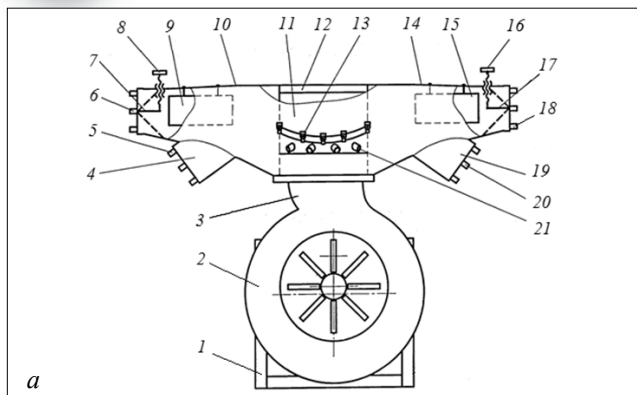


Рис. 1. Универсальный вентиляторный опрыскиватель для обработки полевых культур, садов и виноградников на основе управляемых воздушно-капельных потоков: а – вид сзади; б – вид сверху

1 – рама; 2 – вентилятор; 3 – патрубку; 4 и 19 – наклонные выдувные сопла; 5, 6, 13, 18 и 20 – распыливающие наконечники (форсунки); 7 и 17 – направлятели воздушного потока; 8 и 16 – винтовые механизмы; 9 и 15 – полые цилиндры; 10 и 14 – левый и правый воздуховоды; 11 – короб; 12 – усеченная заслонка; 21 – выдувные трубки

Fig. 1. Universal fan sprayer for treatment of field crops, orchards and vineyards based on controlled air-droplets: a-rear view; b-top view

1 – frame; 2 – fan; 3 – pipe; 4 and 19 – inclined blow nozzles; 5, 6, 13, 18 and 20 – spray tips (nozzles); 7 and 17 – air flow guides; 8 and 16 – screw mechanisms; 9 and 15 – hollow cylinders; 10 and 14 – left and right air ducts; 11 – box; 12 – truncated flap; 21 – blow tubes

тиляторные, но и штанговые модели. Исключение колебательных движений рабочих органов опрыскивателя, значительная ширина захвата, равная 24 м вместо 16 м у серийных опрыскивателей, позволяют резко повысить производительность работ, а также свести к минимуму количество переналадок. Если часовая производительность у серийного ОВХ-600 в зависимости от скорости движения трактора составляет 18-24 га/ч, то у разрабатываемого универсального вентиляторного опрыскивателя она доходит до 36 га/ч.

Отсутствие ряда кинематических пар и приводов дает возможность существенно упростить и удеше-

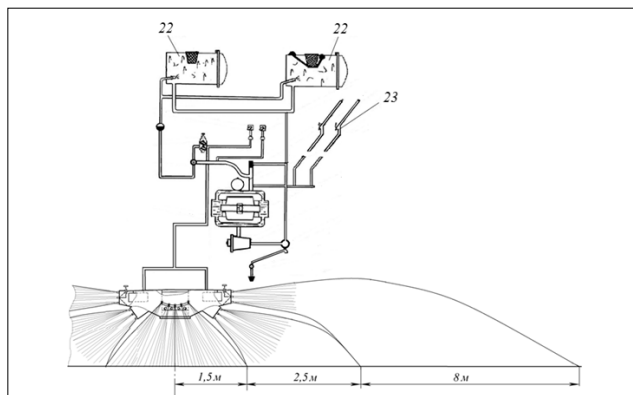


Рис. 2. Гидросистема универсального вентиляторного опрыскивателя: 1 – резервуары; 2 – брандспойт

Fig. 2. Hydraulic system of a universal fan sprayer: 1 – tanks; 2 – hose

вить конструкцию опрыскивателя. В универсальном вентиляторном опрыскивателе практически нет трущихся и движущихся деталей и узлов, что повышает его надежность. Основные рабочие элементы – форсунки, которые должны точно дозировать ядохимикаты в процессе работы опрыскивателя, сохраняя установленный расход рабочего раствора или жидкости на единицу обрабатываемой площади с перекрытием факелов распыления [13].

Минутный расход рабочего раствора или жидкости опрыскивателем определяют из выражения [14]:

$$q_v = \frac{V_m B_p Q}{600}, \quad (1)$$

где q_v – расход рабочего раствора или жидкости всеми форсунками, л/с;

V_m – скорость агрегата, м/с;

B_p – рабочий захват опрыскивателя, м;

Q – норма расхода рабочего раствора или жидкости, л/м².

Из выражения определяем потребное количество форсунок:

$$n_p = \frac{q_v}{q_p}, \quad (2)$$

или же

$$n_p = \frac{V_m B_p Q}{600 q_p}, \quad (3)$$

где q_p – расход рабочего раствора или жидкости через одну форсунку, л/с.

Всю ширину захвата обрабатывают три группы форсунок. Первая группа охватывает центральный сектор шириной 1,5 м от оси симметрии опрыскивателя, то есть участок шириной $1,5 \times 2 = 3$ м. Вторая группа обрабатывает по двум бокам от центрального сектора участок шириной $2,5 \times 2 = 5$ м, третья группа, соответственно, – $8 \times 2 = 16$ м.

Дальность полета частиц рабочего раствора зави-

сит от давления и скорости воздушного потока в каждой группе форсунок, расположенных попарно относительно оси симметрии агрегата. Поэтому выражение (3) запишем в виде:

$$n_p = \frac{V_m Q}{600} \sum_{i=1}^n \frac{2b_{pi}}{q_{pi}}, \quad (4)$$

где i – порядковый номер группы форсунок;

n – число групп форсунок;

b_{pi} – ширина площади, обрабатываемой форсунками i -ой группы, м;

q_{pi} – расход рабочего раствора или жидкости через одну форсунку в i -ой группе, л/с.

Тогда для нашего случая:

$$n_p = \frac{V_m Q}{300} \left(\frac{b_{p1}}{q_{p1}} + \frac{b_{p2}}{q_{p2}} + \frac{b_{p3}}{q_{p3}} \right), \quad (5)$$

где b_{p1}, b_{p2}, b_{p3} – ширина участка обрабатываемой распыливающими наконечниками первой, второй и третьей группы соответственно, м; q_{p1}, q_{p2}, q_{p3} – расход рабочей жидкости через один распыливающий наконечник в первой, второй и третьей группе соответственно, л/с.

Конструкция универсального вентиляторного опрыскивателя позволяет при частоте вращения ВОМ трактора 540 мин^{-1} создать в системе опрыскивателя два рабочих давления: 2 и 8 бар.

При обработке мелкокапельным опрыскиванием расход рабочей жидкости будет в пределах 150 л/га. При обычном опрыскивании норма расхода гербицида 6-7 кг/га, расход рабочей жидкости – в пределах 300 л/га. Тогда средний расход составляет 225 л/га, или же $0,0225 \text{ л/м}^2$. Экспериментальными исследованиями установлено, что при давлении 2 бар для покрытия листовой поверхности каплями со средним диаметром 300 мкм расход жидкости через один распылитель для первой, второй и третьей группы будет, соответственно, 0,74; 1,0 и 1,5 л/мин [9]. При давлении 8 бар эти показатели составят 1,6; 2,15 и 3,1 л/мин.

Опрыскиватель обеспечивает работу первой, второй и третьей группы распылителей с расходом рабочего раствора в пределах 0,74-1,60; 1,00-2,15 и 1,50-3,10 л/мин, то есть в среднем 1,17; 1,57 и 2,30 л/мин. При этом 11-55% площади поверхности F покрывается каплями диаметром d_k , равным 114-508 мкм, в среднем – 311 мкм, что вполне достаточно для удержания капли на поверхности листьев растений (рис. 3) [14].

Подставляя числовые значения показателей в выражение (5) и учитывая то, что в соответствии с агротехническими требованиями рабочая скорость движения опрыскивателя должна быть 3-7 км/ч, то есть в среднем 5 км/ч, находим потребное количество форсунок для полной ширины захвата опрыскивателя, или для $2 \cdot (1,5 + 2,5 + 8) \text{ м}$. При расчете для каждой группы распылителей значение будем округлять до целого числа в сторону возрастания:

$$\begin{aligned} n_p &= \frac{V_m Q}{300} \left(\frac{b_{p1}}{q_{p1}} + \frac{b_{p2}}{q_{p2}} + \frac{b_{p3}}{q_{p3}} \right) = \\ &= \frac{5 \cdot 225}{300} \left(\frac{1,5}{1,17} + \frac{2,5}{1,575} + \frac{8}{2,3} \right) = \\ &= 3,75(1,282 + 1,587 + 3,478) = \\ &= 4,81 + 5,95 + 13,04 \approx \\ &\approx 5 + 6 + 14 = 25 \text{ шт.} \end{aligned}$$

Таким образом, для нормальной работы универсального опрыскивателя необходимо 25 форсунок.

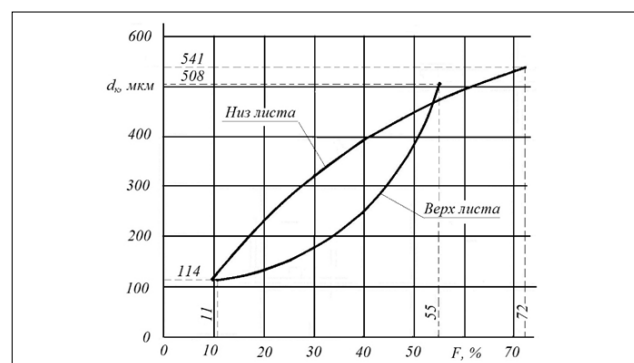


Рис. 3. Распределение рабочего раствора по листовой поверхности хлопчатника

Fig. 3. The distribution of the working solution on the leaf surface of cotton

На основе проведенных исследований сконструировали промышленный образец универсального вентиляторного опрыскивателя (рис. 4). Его апробировали в работе при внесении гербицидов против борьбы с сорняками на хлопковых полях. У универсального



Рис. 4. Промышленный образец универсального вентиляторного опрыскивателя

Fig. 4. Industrial design of a universal fan sprayer

вентиляторного опрыскивателя при неизменном количестве форсунок 25 шт. норму расхода рабочей жидкости в пределах 100-500 л/га можно регулировать путем изменения давления в системе от 2 до 8 бар и рабочей скорости от 3 до 7 км/ч. Форсунки располагаются следующим образом: 5 шт. – наклонные задние центральные; в каждой стороне от оси симметрии опрыскивателя по 3 шт. установлены под углом относительно поверхности почвы на воздуховодах и по 7 шт. – на противоположно направленных воздуховодах.

Выводы. Исключение колебательных движений рабочих органов опрыскивателя, значительная ширина захвата (24 м против 16 м в серийных моделях) позволяют резко повысить производительность работ, а также свести к минимуму число переналадок.

Отсутствие ряда кинематических пар и приводов

существенно упрощает и удешевляет конструкцию опрыскивателя. Здесь практически нет трущихся и движущихся деталей и узлов, что повышает надежность конструкции. Универсальный вентиляторный опрыскиватель обеспечивает качественную обработ-

ку пестицидами посредством 25 форсунок, расположенных специальным образом. Норму расхода рабочей жидкости в пределах 100-500 л/га можно регулировать путем изменения давления в системе от 2 до 8 бар и рабочей скорости – от 3 до 7 км/ч.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Drincha V.M., Rufai I. Prospective areas in Agricultural Engineering Research for Sustainable Agriculture and Rural development. Moscow: VIM. 2005. 168.
2. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: РАСХН. ВНИИФ. 2010. 189 с.
3. Sadduth K.A., Borgelt S.C., Hou J. Performance of chemical injection sprayer system. *Transactions of the ASAE*. 1995. Vol. 11(3). 343-348.
4. Pearson S.L., Reed T., Gobel B. New Developments in Spray Tips to Reduce Drift. ASAE Paper № 931081. 1996. 15.
5. Матчанов Р.Д. Защита растений в системе культура-вредитель-препарат-машина. Ташкент: Фан. 2016. 360 с.
6. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений. М.: Арт-Лион. 2003. 208 с.
7. Воловик А.С., Глез В.М., Замотаев А.И. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Агропромиздат. 1989. 205 с.
8. Ахметов А.А., Мирзаев Б.С. Технические средства для химической защиты растений. Ташкент: ТИИМСХ. 2018. 116 с.
9. Матчанов Р., Юлдашев А., Воинов С., Шеруимова Г. Экспериментальные исследования вентиляторного опрыскивателя с двойным соплом // *Agrotexnika dunyosi*. 2018. № 6. С. 26-28.
10. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. М.: Колос. 2012. 247 с.
11. Rufai I., Drincha V. Ecological aspects of agricultural mechanization. Published by ABU Press Ltd. 2009. 262.
12. Grisso R.B., Dickey E.C., Schulze L.D. The cost of misapplication of herbicides. *Applied Engineering in Agriculture*. 1989. 5(3). 344-347.
13. Derksen R.C. Hydraulic nozzles for boom sprayers. NRAES. 1994. 6.
14. Johnson M.P., Swetnam L.D. Sprayer nozzles: selection and calibration. University of Kentucky. Pat 3. 2000. 1-6.

REFERENCES

1. Drincha V.M., Rufai I. Prospective areas in Agricultural Engineering Research for Sustainable Agriculture and Rural development. Moscow: VIM. 2005. 168.
2. Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Nauchno-prakticheskie aspekty tekhnologii primeneniya sovremennykh gerbicidov v rastenievodstve [Scientific and practical aspects of the technology of using modern herbicides in crop production]. Moscow: RAAS. VNIIF. 2010. 189.
3. Sadduth K.A., Borgelt S.C., Hou J. Performance of chemical injection sprayer system. *Transactions of the ASAE*. 1995. Vol. 11(3). 343-348.
4. Pearson S.L., Reed T., Gobel B. New Developments in Spray Tips to Reduce Drift. ASAE Paper № 931081. 1996. 15.
5. Matchanov R.D. Zashchita rasteniy v sisteme kul'tura-vreditel'-preparat-mashina [Plant protection in the culture-pest-drug-machine system]. Tashkent: Fan, 2016. 360.
6. Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. Osnovy himicheskoy zashchity rasteniy [Fundamentals of chemical plant protection]. Ed. Professor S.Ya. Popov. Moscow: Art-Lion. 2003. 208.
7. Volovik A.S., Glez V.M., Zamotaev A.I., et al. Zashchita kartofelya ot bolezney, vreditel'ey i sornyakov [Protecting Potatoes from Diseases, Pests, and Weeds]. Moscow: Agropromizdat. 1989. 205.
8. Akhmetov A.A., Mirzaev B.S. Tekhnicheskie sredstva dlya himicheskoy zashchity rasteniy [Technical means of chemical plant protection]. Tashkent: TIAME. 2018. 116.
9. Matchanov R., Yuldashev A., Voinov S., Sherimova G. Eksperimental'nye issledovaniya ventilyatornogo opryskivatelya s dvoynym soplom [Experimental studies of a double-nozzle fan sprayer]. *Agrotexnika dunyosi*. Tashkent: 2018. № 6. 26-28.
10. Zinchenko V.A. Himicheskaya zashchita rasteniy: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost' [Chemical protection of plants: means, technology and environmental safety]. Moscow: Kolos. 2012. 247.
11. Rufai I., Drincha V. Ecological aspects of agricultural mechanization. Published by ABU Press Ltd. 2009. 262.
12. Grisso R.B., Dickey E.C., Schulze L.D. The cost of misapplication of herbicides. *Applied Engineering in Agriculture*. 1989. 5(3). 344-347.
13. Derksen R.C. Hydraulic nozzles for boom sprayers. NRAES. 1994. 6.
14. Johnson M.P., Swetnam L.D. Sprayer nozzles: selection and calibration. University of Kentucky. Pat 3. 2000. 1-6.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 19.09.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 19.09.2019

Статья принята к публикации 24.02.2020
The paper was accepted
for publication on 24.02.2020