

ТЕХНОЛОГО-ПРИРОДОВЕДЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОТДЕЛЕНИЕ В ВАРШАВЕ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND LIFE SCIENCES  
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE  
BRANCH WARSAW

**ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ  
ЖИВОТНОВОДСТВА С УЧЕТОМ ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОИЗВОДСТВА  
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ,  
В ТОМ ЧИСЛЕ БИОГАЗА**

МОНОГРАФИЯ

под научной редакцией проф. докт. Вацлава Романюка

---

PROBLEMS OF INTENSIFICATION OF ANIMAL PRODUCTION  
INCLUDING ENVIRONMENT PROTECTION  
AND ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION AS WELL AS BIOGAS

MONOGRAPH

under the scientific editorship of prof. doc. Waclaw Romaniuk

---

ТОМ XXVII

Фаленты – Варшава 2021  
Falenty – Warsaw 2021

Igor S. Kruk<sup>1)</sup>, Waclaw Romaniuk<sup>2)</sup>, Oleg V. Gordeenko<sup>3)</sup>, Tatiana P. Kot<sup>4)</sup>, Alexandr E. Markevich<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Białoruski Państwowy Uniwersytet Rolniczo-Techniczny, Mińsk, Republika Białorusi

<sup>2)</sup> Instytut Technologiczno-Przyrodniczy Państwowy Instytut Badawczy, Polska

<sup>3)</sup> Białoruska Państwowa Akademia Rolnicza, Gorki, Białoruś

<sup>4)</sup> Białoruski Narodowy Uniwersytet Techniczny, Mińsk, Białoruś

<sup>5)</sup> Remkom LLC, Gorki, Białoruś

## KONSTRUKCJA OSŁON WIATROWYCH DYSZ OPRYSKIWACZY POLOWYCH

### К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

#### Аннотация

Современные опрыскиватели должны обеспечивать требуемое качество внесения пестицидов, при наименьшей пестицидной нагрузке на почву, растения и окружающую среду даже при обработках в сложных климатических условиях. Потери пестицидов могут быть вызваны сносом при обработках в ветреную погоду. Поэтому важное внимание уделяется изучению процесса сноса капель ветром и разработке ветрозащитных устройств, позволяющих уменьшить воздействие ветра на факел распыла и снизить снос капель. В статье приведены конструкции различных ветрозащитных устройств и зависимости для расчета их технологических и конструктивных параметров.

**Ключевые слова:** ветрозащитное устройство, параметр, конструкция, расчет.

#### ВВЕДЕНИЕ

Агротехникой возделывания допускается проведение опрыскивания сельскохозяйственных культур при скорости ветра до 4 м/с. Скорость ветра оказывает влияние на закономерности падения капель и количественные потери препаратов из-за сноса. При проведении обработок в таких условиях возникает проблема сноса препарата, что с одной стороны влечет к снижению качества выполняемого технологического процесса, а с другой – приводит к неравномерности распределения и возникновению очагов с передозировкой препарата. Снос капель может наблюдаться и в безветренную погоду. Установлено, что при движении тракторного агрегата в безветренную погоду по полю со скоростью 10 км/ч, за ним создается турбулентный след возмущенных воздушных масс, движущихся в поперечном направлении со скоростью до 0,4 м/с [1].

#### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Воздействие ветра на каплю будет сопровождаться от момента ее вылета из сопла распылителя до момента оседания на объект обработки. Количество снесенных капель определяется их размерами, скоростью и направлением ветра, типом распылителей и параметрами их установки [1]. Во избежание или снижения прямого воздействия на факел распыла воздушного потока, создаваемого ветром, необходимо применять ветрозащитные устройства, которые по принципу действия делятся на три группы: пассивного, активного и комбинированного [1, 2, 3].

К ветрозащитным устройствам пассивного действия относятся различные конструкции козырьков или щитков (рис. 1). Недостатком данных конструкций является невозможность полной защиты факела распыла от ветра вследствие наличия зазора между нижними краями козырька и обрабатываемым объектом, необходимого для исключения повреждения растений вследствие возникновения колебаний несущих конструкций, на которых закреплены ветрозащитные устройства (например, штанга опрыскивателя). При этом в пространство между нижними краями козырька и поверхностью проникает направленный воздушный поток, имеющий большую скорость. Это приводит к повышенному боковому воздействию на оседающие капли, изменению траекторий их движения, следовательно, к небольшому сносу рабочего раствора и повышению неравномерности распределения пестицидов по обрабатываемому объекту. Кро-

ме того, использование козырьков, с одной стороны, позволяет снизить степень воздействия ветра на капли пестицида, а с другой – приводит к увеличению аэродинамической нагрузки, что приводит к возрастанию сопротивления движению агрегата и увеличению энергозатрат на выполнение технологического процесса. Повышенное аэродинамическое воздействие при возникновении колебаний штанги в горизонтальной плоскости может привести к увеличению амплитуды ее колебаний и поломке несущей конструкции, а также к повышению неравномерности распределения пестицида по обрабатываемой поверхности и.



Рис. 1. Ветрозащитные устройства пассивного действия

*Ветрозащитные устройства активного действия* создают дополнительный воздушный поток, который осаждает капли на объект обработки (рис. 2). Он позволяет проводить опрыскивание при скорости ветра до 8 м/с [4], практически сводя к минимуму снос мелких капель, обеспечивает экономию препаратов до 25–30%, а также создает условия для качественного покрытия обрабатываемых растений за счет проникающей способности направленной воздушной струи. Образующийся при распыливании воздушно-капельный поток, обладая высокой кинетической энергией, в наименьшей степени подвержен сносу, что позволяет производить опрыскивание при ветреной погоде, удлинняя время дневной работы. Одновременно снижается испарение воды, что обеспечивает работу при более высоких дневных температурах. Кроме того, появляется возможность до 50% увеличить рабочую скорость агрегата, следовательно, и производительность [1, 5].

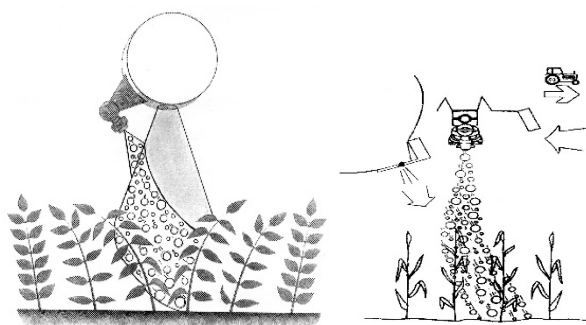


Рис. 2. Схемы ветрозащитных устройств активного действия

Для этого традиционные штанговые опрыскиватели дооборудуются воздухораспределительной системой, включающей вентилятор гидроприводом и воздухораспределительные рукава (рис. 3). Принцип действия объемных опрыскивателей заключается в следующем: при включенном насосе рабочая жидкость подается через регулятор расхода под определенным давлением к гидравлическим распылителям, установленным на штанге, которые в виде воздушно-капельных струй выбрасывают ее в атмосферу. Одновременно, при включенном вентиляторе, воздух нагнетается в воздухораспределительные рукава, откуда вылетает струями через выпускные насадки. Воздушный поток, формирующийся после слияния независимых струй, вступает во взаимодействие со сплошным воздушно-капельным потоком от распылителей, подхватывает распыленные частицы рабочей жидкости и с ускорением доставляет вглубь растений, обрабатывая не только всю листовую поверхность, но и стебли растений мелкой дисперсной

средой Совместное использование ветрозащитных устройств активного действия и инжекторных распылителей позволяет на 13% повысить качество покрытия обработанной поверхности [6, 7].



Рис. 3. Опрыскиватель с системой воздушного сопровождения капель рабочего раствора (ветрозащитное устройство активного действия)

Эффективность работы объемных опрыскивателей определяется в первую очередь согласованностью работы воздухораспределительной и гидравлической систем, добиться которой можно за счет обоснованного взаимного расположения систем (рис. 4). Так в опрыскивателе ОПО-18 предложена схема взаимного расположения рабочих систем, при которой в горизонтальной плоскости (рисунок 4,б) каждый из распылителей на штанге должен располагаться от близлежащей боковой стенки воздухораспределительного рукава на расстоянии, определяемом по выражению [1, 5]:

$$x_i = (0,5D_{Bi} + l_H) \sin \alpha'' + \frac{h_2}{\cos \gamma_p} \sin(\alpha' + \gamma_p) + \frac{0,5d_n + h_1 \operatorname{tg} \gamma_B}{\cos \alpha''} + \sin \alpha'' (h_1 - \operatorname{tg} \alpha'' (h_1 \operatorname{tg} \gamma_B + 0,5d_n)) - 0,5D_{Bi}.$$

где  $D_{Bi}$  – диаметр воздухораспределительного рукава на  $i$ -ом участке, м;  $l_H$  – длина выпускных насадков, м;  $\alpha''$  – угол, характеризующий отклонение воздушного потока от вертикали, град.;  $h_2 = 0,5 b (\operatorname{tg} \gamma_p)^{-1}$  – расстояние, соответствующее зоне слияния факелов распыла рядом расположенных распылителей, м;  $b$  – межосевое расстояние между распылителями, м;  $2\gamma_p$  – угол факела распыла распылителей, град.;  $\alpha'$  – угол, характеризующий отклонение воздушно-капельного потока, создаваемого распылителями, от вертикали, град.;  $d_n$  – диаметр выпускных насадков, м;  $\gamma_B$  – угол бокового расширения воздушной струи, град.;  $h_1 = (b_1 - 0,5d_n) (\operatorname{tg} \gamma_B)^{-1}$  – расстояние, соответствующее зоне двойного перекрытия факелов распределения воздуха, м;  $b_1$  – межосевое расстояние между выпускными насадками воздухораспределительных рукавов, м.

В вертикальной плоскости (рисунок 4,в) ось расположения распылителей параллельна оси размещения выпускных насадков воздухораспределительного рукава и удалена на расстояние, определяемое по выражению:

$$z = \cos \alpha'' (h_1 - \operatorname{tg} \alpha'' (h_1 \operatorname{tg} \gamma_B + 0,5d_n)) - \cos(\alpha' + \gamma_p) \frac{h_2}{\cos \gamma_p}.$$

Высота установки воздухораспределительного рукава над растительным слоем определяется по формуле:

$$H_{Bi} = \cos \alpha'' (z_{li} + l_H + 0,5D_{Bi}) - 0,5D_{Bi},$$

где  $z_{li} = \frac{x_i + 0,5D_{Bi} - \sin \alpha'' (0,5D_{Bi} + l_H)}{\sin \alpha''}.$

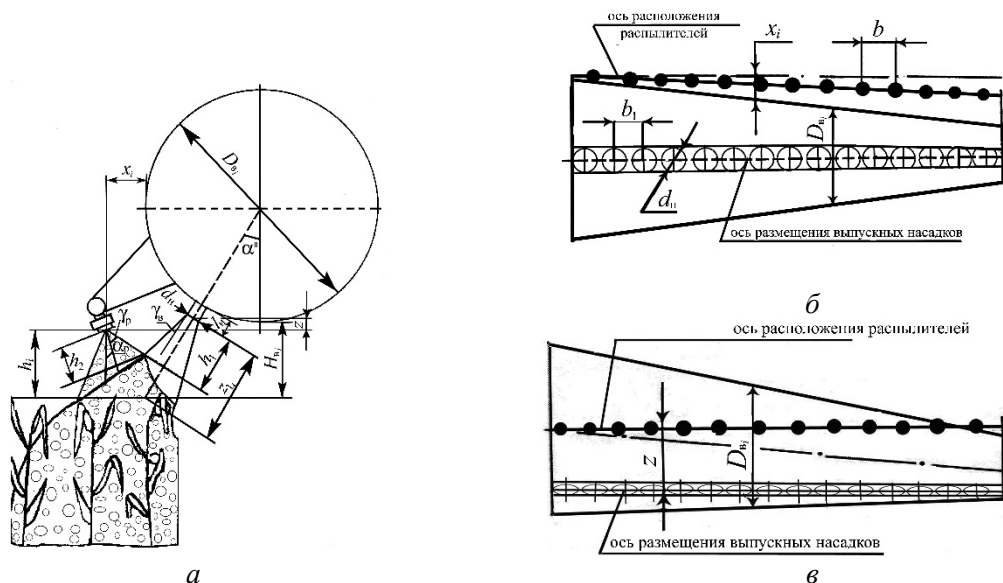


Рис. 4. Схема взаимного расположения гидравлических распылителей и выпускных насадков: вид сбоку (а) в горизонтальной (б) (вид снизу) и вертикальной (в) (вид сбоку) плоскостях

При таком взаимном расположении распылителей и выпускных насадков воздухораспределительных рукавов капельно-воздушный поток из распылителей и воздушный поток из насадков воздухораспределительных рукавов вступают во взаимодействие, будучи уже сплошными и равномерными, на одинаковом расстоянии до объектов обработки по всей длине штанги. Единый поток, сформировавшийся после их слияния, имеет одинаковые скоростные характеристики, а следовательно, одинаковое влияние на растительный слой по всей длине захвата опрыскивателя. Поскольку энергия воздушного потока существенно выше, чем у воздушно-капельного, то первый подхватывает и с ускорением доставляет капли рабочего раствора к целевому объекту.

Следует отметить, что использование ветрозащитных устройств активного действия имеет следующие недостатки: увеличение энергоемкости выполняемого технологического процесса, усложнение и удорожание конструкции опрыскивателя. Кроме того воздействие направленного воздушного потока данных ветрозащитных устройств в сухую погоду при недостаточной влажности отраженный восходящий воздушный поток подхватывает с поверхности почвы пыль, с которой смешиваются и нейтрализуются капли рабочего раствора. Попадая на растения уже в форме комочков грязи, они потеряют эффективность. Кроме того листья растений покрываются слоем пыли, что снижает эффективность действия препарата, и приводит к скатыванию капель и осаждению их на почву. Поэтому не рекомендуется использовать поддержку воздухом в сухую погоду [4].

Частично этот недостаток можно решить использованием объемного опрыскивателя с двусторонним расположением воздушных отверстий относительно распылителя в направлении движения агрегата [7, 8]. Данные технические решения обеспечивают перенаправление отраженного восходящего потока в сторону обрабатываемого объекта, что позволяет снизить вынос капель рабочего раствора.

Конструкции *ветрозащитных устройств комбинированного действия* основаны на положительных сторонах предыдущих групп и позволяют использовать энергию ветра для защиты факела распыла. Конструкции ветрозащитных устройств подобраны так, что обеспечивают перенаправление потока ветра, который не только транспортирует капли к обрабатываемому объекту, но и, взаимодействуя с основным воздушным потоком, защищает факел распыла от прямого воздействия ветра на него. Данные устройства могут быть выполнены в виде набора щитков (рис. 5) [1, 2, 9] жалюзийной решетки (рис. 6) [1, 10, 11], или щитков с вертикально установленными вентиляторами (рис. 7) [1, 12].



Рис. 5. Ветрозащитное устройство комбинированного действия: *а* – схема; *б* – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель; 4, 5, 9, 10 – кронштейны; 6 – козырьки; 7 – внутренние щитки; 8 – наружные щитки; 11 – факел распыла; 12 – посеы сельскохозяйственной культуры



Рис. 6. Ветрозащитное устройство комбинированного действия: *а* – схема; *б* – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель; 4 – кронштейн; 5 – прямоугольные или изогнутые пластины (жалюзи); 6 – рамка

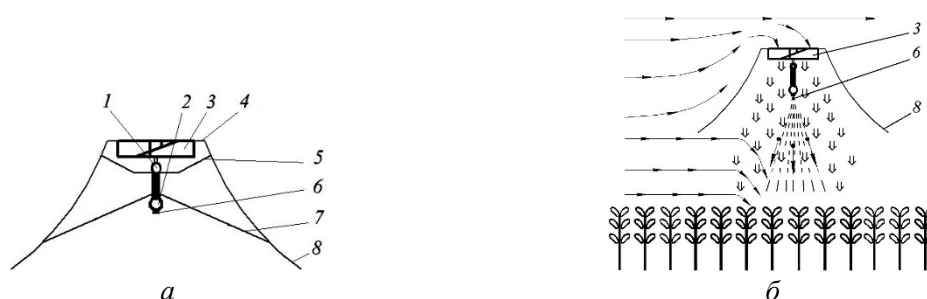


Рис. 7. Ветрозащитное устройство комбинированного действия: *а* – схема; *б* – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – вентиляторы; 4 – козырек; 5, 7 – кронштейны; 6 – распылитель; 8 – ветрозащитные устройства (щитки)

Ветрозащитные устройства, выполненные в виде жалюзийной решетки позволяет разделить и перенаправить создаваемый ветром воздушный поток в направлении обрабатываемого объекта. Количество перенаправленных потоков определяется количеством установленных пластин. Условием правильной работы таких ветрозащитных устройств является исключение оседания капель на их рабочие элементы, то есть в любой момент времени траектория движения капли в факеле распыла не должна пересекать оси рабочих элементов (рис. 8) [1, 3].

Расстояние от точки *M*, находящейся на траектории движения капли в произвольный момент, до оси решетки жалюзийной решетки определяется по зависимости

$$d = \left| \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} [(X_T + a_1) \operatorname{tg} \alpha + Y_T + C_1] \right|,$$

где  $X_T$ ,  $Y_T$  – координаты точки *M* соответственно вдоль осей *OX* и *OY*;  $C_1$  – расстояние между распылителем и линией крепления устройства;  $a_1 = (0,02 \dots 0,03)$  – конструктивный размер, определяемый из условия монтажа распылителя, м;  $\alpha$  – угол наклона оси решетки к горизонту.

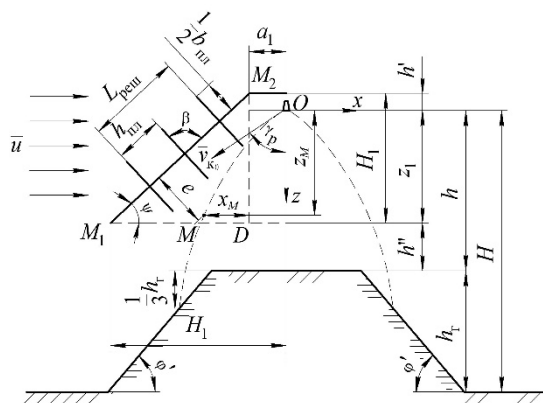


Рис. 8. Расчетная схема геометрических параметров ветрозащитной решетки

Расстояние  $e$  от данной точки параболы до оси решетки определяется по зависимости

$$e = -\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \psi}} [z_M + x_M \cdot \operatorname{tg} \psi + a_1 \cdot \operatorname{tg} \psi].$$

Ширина пластины ветрозащитной решетки равна

$$b_{\text{пл}} = 2e.$$

Задавшись густотой решетки, определяется шаг пластин

$$h_{\text{пл}} = \frac{b_{\text{пл}}}{\delta_{\text{пл}}}.$$

Число пластин определяется из соотношения:

$$n_{\text{пл}} = \frac{L_{\text{реш}}}{h_{\text{пл}}},$$

где  $L_{\text{реш}} = \frac{H_1}{\sin \psi}$  – расстояние между точками  $M_1$  и  $M_2$  оси решетки. Этот параметр определяется как гипотенуза прямоугольного треугольника  $M_1DM_2$ :

Приведенные зависимости позволяют определить геометрические и технологические параметры ветрозащитной решетки, обеспечивающие уменьшение сноса капель из зоны обработки при химической защите растений в ветреную погоду.

Комбинированные ветрозащитные устройства эффективны на агрегатах, применяемых для ленточного внесения гербицидов. Недостатком комбинированных ветрозащитных устройств является необходимость их установки на распределительной штанге по всей ее длине. Это влечет к увеличению массы штанги, а следовательно, необходимости модернизации систем ее навески и демпфирующих устройств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения требуемого качества внесения пестицидов и снижения их потерь из-за сноса в конструкциях опрыскивателей используются ветрозащитные устройства. По принципу действия их можно разделить на пассивные, активные и комбинированные.

В статье приведен анализ и обоснованы новые конструкции ветрозащитных устройств активного и комбинированного действия и предложены зависимости для обоснования их конструктивных и технологических параметров:

- взаимное расположение гидравлических распылителей и выпускных насадок воздухораспределительных рукавов устройств активного действия;

– размеры и параметры установки пластин в жалюзийных решетках устройств комбинированного действия.

Данные решения позволяют обосновать рациональные конструкции ветрозащитных устройств, позволяющих повысить качество внесения рабочих растворов пестицидов при обработках в ветреную погоду.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Крук И.С. 2015. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И.С. Крук, Т.П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 284 с.
2. KAMINSKI E. 2011. Sposoby zapobiegania znoszeniu cieczy roboczej podczas zabiegow ochrony roslin / E. Kaminski, I.S. Kruk // Technika rolnicza ogrodnicza lesna. — № 4, 25–26.
3. ГОРДЕЕНКО О.В. 2004. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / О.В. Гордеенко. – Горки, 169 с.
4. РЕДКОЗУБОВ И.А. 2010. Lechler. Теория и практика опрыскивания И.А. Редкозубов [и др.] – Lechler, 19 с.
5. КОТ Т.П. 2006. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Т.П. Кот. – Минск, 152 с.
6. КРУК И.С. 2007. Способы и устройства защиты факела распыла при внесении пестицидов в ветреную погоду / И.С. Крук [и др.] // Механизация и электрификация: Межведомственный тематический сб. / НПЦ НАН Беларуси по механиз. сел. хоз-ва / ред. колл. В.Н. Дашков [и др.]. – Минск, С. 106–113.
7. КЛОЧКОВ А.В. 2017. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании : монография / А.В. Клочков, П.М. Новицкий, А.Е. Маркевич. – Горки : БГСХА, 230 с.
8. ВОЖИК Ю.Г. 2020. Використання повітряної завіси для протидії зустрічному вітру під час обприскування польових культур / Ю.Г. Вожик, П.І. Вітрух, Ю.В. Косовець, В.І. Панасюк / Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 11(110), с. 72–81.
9. КРУК И.С. 2007. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 3928 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, А.В. Маркевич, О.В. Гордеенко, А.И. Гайдуковский, М.И. Назарова, Е.В. Послед; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20070215; заявл. 26.03.2007; опубл. 30.10.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – № 5 (58), с. 163.
10. КРУК И.С. 2010. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 6648 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Е.В. Послед, А.И. Гайдуковский, Г.Ф. Назарова, А.А. Новиков, П.Э. Гринкевич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20100267; заявл. 18.03.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – № 5 (76), С. 161.
11. КРУК И.С. 2012. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 16589 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, Е.В. Послед, О.В. Гордеенко, С.В. Якубовский, П.Э. Гринкевич, Г.Ф. Назарова; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20100608; заявл. 08.06.2010; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – № 6 (89), С. 62.
12. КРУК И.С. 2013. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 9714 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Д.Р. Мальцев, О.В. Гордеенко; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20130442; заявл. 28.05.2013; опубл. 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – № 6 (95), с. 171.

#### **CONSTRUCTION OF WIND PROTECTORS SPRAY TORCH FOR FIELD SPRAYERS**

Igor S. Kruk, Waclaw Romaniuk, Oleg V. Gordeenko, Tatiana P. Kot, Alexandr E. Markevich

#### **Summary**

Modern sprayers must provide the required quality of pesticide application, with the lowest pesticide load on the soil, plants and the environment, even when processing in difficult climatic conditions. Pesticide losses can be caused by drift during windy treatments. Therefore, great attention is paid to the study of the drift of droplets by the wind and the development of wind protection devices that can reduce the effect of wind on the spray torch and reduce drift of droplets. The article presents



the designs of various wind protection devices and dependencies for calculating their technological and design parameters.

**Key words:** wind protection device, parameter, design, calculation.

## **KONSTRUKCJA OSŁON WIATROWYCH DYSZ OPRYSKIWACZY POŁOWYCH**

Igor S. Kruk, Waław Romaniuk, Oleg V. Gordeenko, Tatiana P. Kot, Alexandr E. Markevich

### **Streszczenie**

Nowoczesne opryskiwacze powinny zapewniać odpowiednią jakość aplikacji pestycydów, przy jak najmniejszym obciążeniu gleby, roślin i środowiska, nawet w trudnych warunkach klimatycznych.

**Słowa kluczowe:** osłony wiatrowe, parametry konstrukcyjne, straty pestycydów, opryskiwacz.