

tion of plants on different phases of their development was studied. The obtained results and forecast yields were used to develop an application map of liquid nitrogen fertilizer on elementary sites of an experimental field and a traveling route of the machine. To draw a map of herbicides application the phytosanitary state of the field was surveyed.

Site specific application of liquid nitrogen fertilizers and pesticides has provided from 20% up to 60 % lower herbicide consumption, depending on a phytosanitary state of fields, and by 12,5 kg lower nitrogen consumption per hectare, depending on heterogeneity of soil fertility and nitrogen availability for grain crops. The economy of chemicals owing to lower herbicide and liquid nitrogen fertilizer inputs was from 138 to 650 roubles per hectare.

**И.С. Крук<sup>1</sup>, канд. техн. наук; Е.В. Послед<sup>1</sup>; Т.П. Кот<sup>2</sup>, канд. техн. наук;**

**О.В. Гордеенко<sup>3</sup>, канд. техн. наук; А.Е. Маркевич<sup>3</sup>, канд. техн. наук**

<sup>1</sup> *Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ), Республика Беларусь, г. Минск;* <sup>2</sup> *НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Республика Беларусь, г. Минск;* <sup>3</sup> *УО Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (УО БГСХА), Горки, Республика Беларусь*

## **СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ ИЗ-ЗА СНОСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБРАБОТОК В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ**

Процесс внесения пестицидов неизбежно сопровождается потерями, к которым относятся испарение и снос капель рабочего раствора ветром за пределы рабочей зоны опрыскивания. Особенно острой является проблема сноса препарата при проведении обработок в ветреную погоду, в результате чего снижается эффективность химической защиты и увеличивается нагрузка на экологию окружающей среды. В статье обоснованы пути снижения потерь пестицидов из-за сноса и приведен анализ конструкций устройств, позволяющих их реализовать. На основе проведенного анализа предложен способ классификации ветрозащитных устройств по принципу действия и обоснованы зависимости для определения их конструктивных параметров.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В связи с интенсификацией применения средств защиты растений в настоящее время остро стоят задачи снижения воздействия на экологию окружающей среды и загрязнения продуктов питания остаточными количествами пестицидов. Особенно они актуальны при проведении обработок в неблагоприятных погодных условиях, вызванных ветреной погодой. При этом возникает проблема сноса капель рабочего раствора из зоны обработки. Цели исследований: обосновать пути снижения потерь рабочего раствора пестицидов при обработках в ветреную погоду и разработать конструкции технических решений, позволяющих их реализовать.

Механизм осаждения капель на листьях растений сложен и многообразен. Капля, оторвавшись от выброшенной из сопла распылителя струи жидкости, обладая запасом кинетической энергии, замедленно движется в неподвижной среде под действием непосредственно силы тяжести и силы сопротивления среды. Спустя некоторое время, она достигает конечной скорости, когда движущая сила (силы тяжести) и сила сопротивления среды взаимно уравновешиваются. При воздействии на каплю воздушного потока, это равновесие сил нарушается, и она может существенно изменить траекторию

своего движения. Если скорость ветра превосходит конечную скорость падения капли, то она сносится воздушным потоком и не попадает на объект обработки, что приводит к появлению, как огрехов, так и мест 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 [2]. Воздействие ветра на каплю будет продолжаться от момента ее вылета из сопла распылителя до момента оседания на объект обработки. Количество снесенных капель зависит от их размеров и скорости ветра [1], поэтому для снижения объема снесенной жидкости необходимо увеличивать массу капель в факеле распыла или оградить их от прямого воздействия ветра.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что чем меньше диаметр капли, тем меньше ее масса и тем легче она сносится ветром. Поэтому необходимо увеличивать диаметр капель в факеле распыла и получать наилучший монодисперстный распыл, снижая при этом количество мелких капель. При работе гидравлических распылителей этого можно достигать изменением давления в напорной магистрали или увеличением размеров выходных отверстий. Однако регулирование рабочих параметров сопровождается изменением нормы внесения, а для изменения размеров выходных сопел необходим набор распылителей, смена которых увеличит время на подготовку агрегата к работе. Эти недостатки устраняются применением пневматических, ротационных и комбинированных распылителей, в которых изменение дисперстности распыла происходит при постоянном расходе. Однако данное техническое решение влечет к усложнению конструкции и ограничено агротехникой, которая допускает регулирование дисперстности распыла только в заданных пределах, определяемых объектом обработки, его состоянием, применяемым препаратом, испаряемостью рабочей жидкости и др. [3].

С точки зрения минимизации потерь наиболее эффективен способ, основанный на использовании сил электростатики для принудительного осаждения капель. Его можно разделить на следующие электрофизические процессы: зарядка жидкости электричеством, ее распыливание, образование факела распыла, движение получившихся заряженных капель к обрабатываемому объекту, осаждение материала на обрабатываемом объекте. Неоспоримым достоинством является отсутствие потерь от сноса пестицида ветром. В качестве недостатков следует отметить дорогостоящее, громоздкое и сложное оборудование, которое работает от источников высокого напряжения, что предъявляет повышенные требования к технике безопасности.

В последнее время широко используются инжекторные распылители (рис. 1), позволяющие увеличить массу капель за счет введения в них пузырьков воздуха. Такие капли подвержены сносу только при больших скоростях ветра и в результате удара об обрабатываемую поверхность разлетаются на множество капель малого диаметра, обеспечивая достаточную степень покрытия.

На величину потерь существенным образом оказывают влияние расстояние до обрабатываемой поверхности, скорость и направление ветра [3].

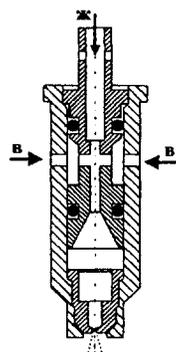


Рис. 1. Распылитель с инъекцией воздуха

Во избежание и для снижения прямого воздействия на факел распыла воздушно-го потока, создаваемого ветром, необходимо применять ветрозащитные устройства. По принципу действия их можно разделить на три группы: пассивного, активного и комбинированного.

К ветрозащитным устройствам пассивного действия относятся различные конструкции козырьков, которые полностью или частично закрывают факел распыла от воздействия ветра, перенаправляя его воздушный поток вверх так, что он проходит над распылителем, не воздействуя на капли. Данный тип устройств нашел применение в опрыскивателях фирм «Jon Deere», «Lemken» и др.

Ветрозащитные устройства активного действия создают дополнительный воздушный поток, который осаждает капли на объект обработки. Он позволяет проводить опрыскивание при скорости ветра до 9 м/с, практически сводя к минимуму снос мелких капель, обеспечивает экономию препаратов до 25-30%, а также создаёт условия для качественного покрытия обрабатываемых растений за счет проникающей способности направленной воздушной струи. Сегодня выпуском опрыскивателей такого типа активно занимаются зарубежные фирмы «RAU» (Германия), «Hardi» (Дания), «Degania» (Израиль), «Jacto» (Бразилия), и отечественный производитель – ОАО «Мекосан».

В целом все известные объемные опрыскиватели аналогичны в конструктивном исполнении. В отличие от традиционных штанговых опрыскивателей они дооборудованы воздухораспределительной системой, включающей вентилятор с системой гидропривода и воздухораспределительные рукава (рис. 2). Воздухораспределительные рукава проходят вдоль штанги и закрепляются к ней хомутами таким образом, чтобы в рабочем положении их выпускные отверстия были расположены строго определенным образом по отношению к гидравлическим распылителям рабочей жидкости.

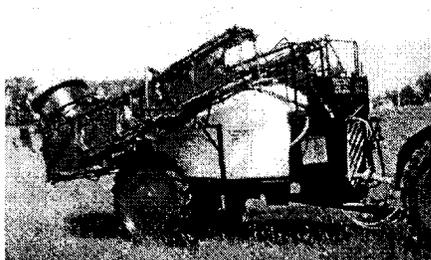


Рис. 2. Объемный опрыскиватель ОПО-18, производимый ОАО «Мекосан»

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, кото-

рые в виде воздушно-капельных струй выбрасывают ее в атмосферу. Одновременно, при включенном вентиляторе, воздух нагнетается в воздуховодораспределительные 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. Эффективность работы объемных опрыскивателей определяется в первую очередь согласованностью работы воздуховодораспределительной и гидравлической систем, добиться которой можно за счет обоснованного взаимного расположения систем.

Так в опрыскивателе ОПО-18 предложена схема взаимного расположения рабочих систем, при которой в горизонтальной плоскости (рис. 3, а) каждый из распылителей на штанге должен располагаться от близлежащей боковой стенки воздуховодораспределительного рукава на расстоянии, определяемом по выражению [4]:

$$x_i = (0,5D_{oi} + l_n) \cdot \sin \beta + \frac{h_2}{\cos \frac{\alpha_p}{2}} \cdot \sin \left( \theta + \frac{\alpha_p}{2} \right) + \frac{0,5d_n + h_1 \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} + \sin \beta \cdot (h_1 - \operatorname{tg} \beta \cdot (h_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma + 0,5 \cdot d_n)) - 0,5 \cdot D_{oi}; \quad h_2 = \frac{0,5 \cdot b_2}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_p}{2}}; \quad h_1 = \frac{b_1 - 0,5 \cdot d_n}{\operatorname{tg} \gamma},$$

где  $D_{oi}$  – диаметр воздуховодораспределительного рукава на  $i$ -м участке, м;  $l_n$  – длина выпускных насадок, м;  $\beta$  – угол, характеризующий отклонение воздушного потока от вертикали, град.;  $h_2$  – расстояние, соответствующее зоне слияния факелов распыла рядом расположенных распылителей, м;  $b_2$  – межосевое расстояние между распылителями, м;  $\alpha_p$  – угол факела распыла распылителей, град.;  $\theta$  – угол, характеризующий отклонение воздушно-капельного потока, создаваемого распылителями, от вертикали, град.;  $d_n$  – диаметр выпускных насадок, м;  $\gamma$  – угол бокового расширения воздушной струи, град.  $h_1$  – расстояние, соответствующее зоне двойного перекрытия факелов распределения воздуха, м;  $b_1$  – межосевое расстояние между выпускными насадками воздуховодораспределительных рукавов, м.

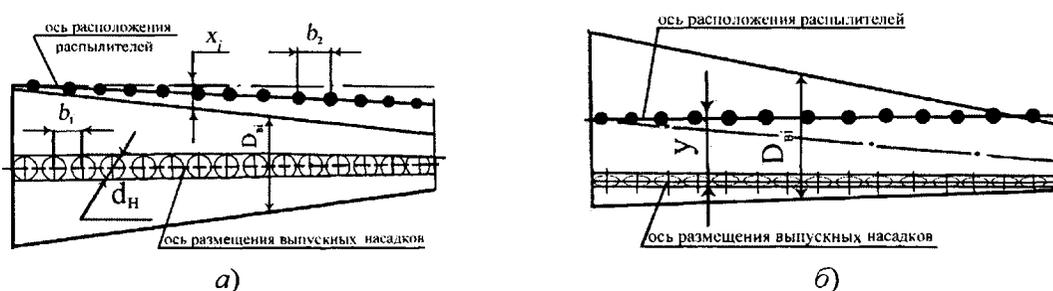


Рис. 3. Схема взаимного расположения гидравлических распылителей и выпускных насадок в горизонтальной (а) (вид снизу) и вертикальной (б) (вид сбоку) плоскостях

В вертикальной плоскости (рис. 3, б) ось расположения распылителей параллельна оси размещения выпускных насадок воздухораспределительного рукава и удалена на расстояние, определяемое по выражению:

$$y = \cos \beta (h_1 - \operatorname{tg} \beta \cdot (\operatorname{tg} \gamma \cdot h_1 + 0,5d_n)) - \cos \left( \theta + \frac{\alpha_p}{2} \right) \cdot \frac{h_2}{\cos \frac{\alpha_p}{2}}.$$

Высота установки воздухораспределительного рукава над растительным слоем определяется по формуле:

$$H_{ei} = \cos \beta \cdot \left( \frac{x_i + 0,5 \cdot D_{ei} - \sin \beta \cdot (0,5D_{ei} + l_n)}{\sin \beta} + l_n + 0,5 \cdot D_{ei} \right) - 0,5 \cdot D_{ei}.$$

Поскольку энергия воздушного потока существенно выше, чем у воздушно-капельного, то первый подхватывает и с ускорением доставляет капли рабочего раствора к целевому объекту. Совместное использование данного метода и инжекторных распылителей позволяет на 13% повысить качество покрытия обработанной поверхности (рис. 4). Недостатком такого технического решения является существенное усложнение и удорожание конструкции опрыскивателя. Однако объемное действие, уменьшение потерь и возможность снижения дозы внесения этот путь полностью оправдывают.

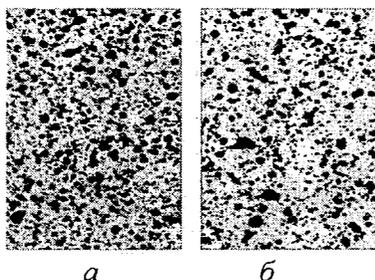


Рис. 4. Качество обработки при использовании инжекторного распылителя с принудительным осаждением (а) и без принудительного осаждения (б)

Конструкции ветрозащитных устройств комбинированного действия основаны на положительных сторонах предыдущих групп. Они 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 его прямого воздействия. Данные устройства могут быть выполнены в виде набора щитков (рис. 5, а) или жалюзийной решетки (рис. 5, б).

Условием правильной работы таких ветрозащитных устройств является недопущение оседания капель на их рабочие элементы. Т.е. в любой момент времени траектория движения капли в факеле распыла не должна пересекать оси рабочих элементов.

Для определения расстояния от точки М (рис. 5, б), находящейся на траектории движения капли в произвольный момент, до оси решетчатой жалюзийной решетки используем зависимость:

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

где  $X_T$ ,  $Y_T$  – координаты точки М соответственно вдоль осей ОХ и ОУ;  $C_1$  – 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.

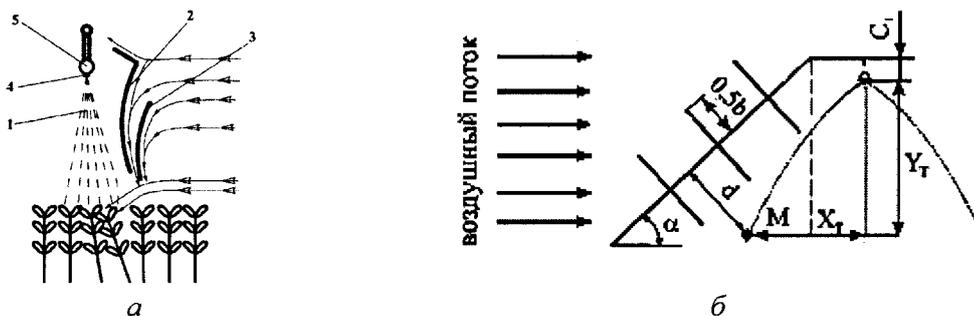


Рис. 5. Комбинированные ветрозащитные устройства:  
 а - в виде двух сужающихся щитков; б - жалюзийная решетка:  
 1 – факел распыла, 2,3 – пластины, 4 – распылитель, 5 – штанга.

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.

## ВЫВОДЫ

Современный уровень развития средств механизации химического метода защиты растений характеризуется непрерывно возрастающими требованиями, предъявляемыми к конструкциям полевых опрыскивателей, которые должны обеспечивать высокое качество выполнения технологического процесса при высокой производительности.

Одним из путей повышения эффективности химической защиты посевов и уменьшения воздействия на экологию окружающей среды является снижение потерь пестицидов из-за сноса капель рабочего раствора ветром. В результате проведенного обобщенного анализа технических решений и способов защиты факела распыла от прямого воздействия ветра, предложены зависимости для определения конструктивных параметров комбинированного и активного ветрозащитных устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степук Л.Я. и др. Механизация процессов химизации и экология /Л.Я.Степук, И.Н.Нагорский, В.П.Дмитрачков. – Мн.: Ураджай,1993. – 272с.
2. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Горки, 2004. – 169с.

3. Крук И.С. Повышение эффективности химической защиты посадок картофеля от сорняков усовершенствованием культиватора-опрыскивателя: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Минск, 2001. – 200с.

4. Кот Т.П. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Минск, 2006. – 152 с.

Получено 11.01.2009.

**I.S. Kruk, Cand Sc (Eng); E.V. Posled**

*Belarusian State Agrarian Technical University (BSATU), Minsk;*

**Tatiana P. Kor, Cand Sc (Eng)**

*Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture Mechanization" Minsk, Republic of Belarus*

**O.V. Gordeenko, Cand Sc (Eng); A.E. Markevich, Cand Sc (Eng),**

*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus.*

## **REDUCTION IN PESTICIDE DRIFTING LOSS WHEN SPRAYING IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS**

### **Summary**

Modern crop production technologies are hardly thinkable without an integrated system of crop protection against pests, diseases and weeds, in which chemical method plays a significant role. The efficiency of pesticide use is primarily defined by the capacity of technical devices to maintain preset solution concentration values and rates of fertilizer application, to distribute the mixture evenly over the treated surface, and to carry out volume plant treatment with a high degree of leaf formation. Pesticide application is inevitably accompanied with losses, including evaporation and drifting of working mixture drops by the wind beyond the spraying zone. The mixture drifting when treating the plants in adverse weather conditions is especially acute.

The drops settling on the foliage is a complex and versatile process. The drop upon separation from the spraying nozzle due to its momentum is slowly moving in stationary medium directly under gravity and medium resistance. Over a period of time it reaches the terminal settling velocity. When the airflow is applied to the drop, this force equilibrium is upset, and the drop may drastically change its motion trajectory. If the wind speed is higher than the terminal settling velocity of the drop, the latter is drifted by the airflow and fails to reach the process target resulting in both fail patches and overdose spots, and thus reducing chemical plant protection and causing soil pollution, environmental damage and contamination of end crop products with pesticides. To reduce the amount of drifted liquid it is essential to increase the drop mass in the spray cone or to prevent the drops from being directly impacted by wind. The drop mass may be increased through the use of different types of sprayers, which allow for adjustment of spray dispersion without affecting consumption of liquid (pneumatic, injection, joint rotation). Furthermore, the losses can be minimized through application of electrical sprayers.

To avoid and reduce the direct impact of the airflow created by wind on the sprayer cone, various types of wind-breaking installations may be applied. They may be divided into three categories by their operation mode: passive, active, and combined. Passive wind-breaking devices entirely or partially shield the sprayer cone from the wind. Active devices create additional airflow, which settles the drops over the treated surface. Combined devices allow for redirection of airflow and help to use it to transfer the drops to the treated surface.

This article substantiates the reduction methods of pesticide drifting losses and provides the design analysis of devices used to implement these methods. Based on the performed analysis, a new method is offered to group the wind-breaking devices by their operation; dependences for the assessment of their design parameters are justified.

**Г.И. Личман, д-р техн. наук; Н.М. Марченко, д-р техн. наук; А.Н. Марченко**

*ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт*

*механизации сельского хозяйства (ГНУ ВИМ), г. Москва*

### **АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАННОГО СОСТАВА ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ**

Статья посвящена рациональному использованию жидких органических удобрений (ЖОУ). Рассматриваемая технология и технические решения обеспечивают не только более эффективное использование ЖОУ, но и снижение загрязнения окружающей среды.

В статье обоснована целесообразность приготовления рабочих растворов органо-минеральных удобрений на основе ЖОУ. Предложена математическая модель и алгоритм расчета необходимой концентрации содержания элементов питания в рабочем растворе. При этом предусмотрено, что при выполнении технологического процесса не только вносится необходимое количество элементов питания, но и обеспечивается рациональное выполнение технологического процесса.

В решении проблемы продовольственной безопасности нашей страны ведущее место занимает расширенное воспроизводство почвенного плодородия. По мнению американских, немецких, французских специалистов в системе мер повышения урожаев наибольший вес (в процентах) отводится удобрениям - 41-50; гербицидам - 13-20; благоприятным погодным условиям - 15; гибридным семенам - 8; ирригации - 5; прочим факторам - 11-18.

По данным государственной агрохимической службы России в настоящее время 56 млн га пашни характеризуются низким содержанием гумуса. Учитывая ограниченное применение минеральных удобрений, без рационального использования всех ресурсов органических удобрений невозможно решить проблему увеличения производства сельскохозяйственной продукции.

По экспертной оценке только за счет сокращения использования минеральных, органических и известковых удобрений в настоящее время наша страна недополучает 90-100 млн т сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно стоимостью более 10 млрд долларов.