

2. Параметры цепочно-прутковых питающих транспортеров необходимо согласовать с параметрами шнека-смесителя таким образом, чтобы за время перемещения прутка питающих транспортеров на расстояние, равное шагу, шнек совершал целое число оборотов. Это условие обеспечит непрерывную и равномерную укладку смешиваемых компонентов между витками шнека и, в конечном итоге, получение качественных смешанных удобрений.

### Библиография

1. О повышении смежной производительности навесных машин для внесения минеральных удобрений: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Р.Т. Вильдфлуша / Л.Я. Степук [и др.] / Горки, 17–19 октября 2006 г. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2005. – 245 с.
2. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология / Л.Я. Степук, И.С. Дмитриков, И.С. Нагорский. – Мн.: Ураджай, 1993. – 272 с.
3. Красниченко, А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / А.В. Красниченко. – М.: Машиз, 1962. – 655 с.
4. Красников, В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве / В.В. Красников. – М.: Колос, 1973. – 464 с.
5. Красников, В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве / В.В. Красников. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 440 с.

УДК 631.348/816.3:632.95

**И.С. Крук**

(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь);

**Т.П. Кот**

(РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь);

**О.В. Гордеенко, А.Е. Маркевич**

(УО «БГСХА», г. Горки, Республика Беларусь)

### СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ПРИ ВНЕСЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ В ВЕТРЕНУЮ ПОГОДУ

#### Введение

Современные технологии растениеводства невозможно представить без интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, в которой значительная роль отводится химическому методу. Эффективность использования пестицидов во многом определяется способностью технических средств поддерживать заданные концентрацию раствора и дозы внесения препаратов, равномерно распределять препарат в продольном и поперечном направлениях движения при любых климатических условиях, выполнять объемную обработку растений с высокой степенью облиственности.

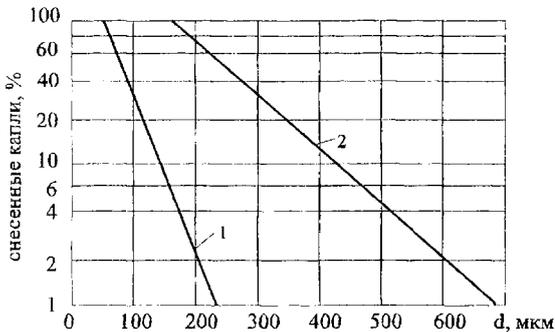
Процесс внесения пестицидов неизбежно сопровождается потерями, к которым относятся испарение и снос капель рабочего раствора ветром за пределы рабочей зоны опрыскивания.

Поэтому современные опрыскиватели должны обеспечивать требуемое качество внесения пестицидов при наименьшей пестицидной нагрузке на почву, растения и окружающую среду.

## Основная часть

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. Агротехникой возделывания допускается проведение опрыскивания сельскохозяйственных культур при скорости ветра до  $4 \text{ м/с}$ . Однако даже в таких условиях возникает проблема сноса препарата, что, с одной стороны, влечет снижение 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 по полю в безветренную погоду со скоростью  $10 \text{ км/ч}$  за ним создается турбулентный след возмущенных воздушных масс, движущихся в поперечном направлении со скоростью до  $0,4 \text{ м/с}$  [1].



1 – при скорости ветра до  $0,25 \text{ м/с}$ , когда все капли диаметром меньше  $80 \text{ мкм}$  снесаются; 2 – при скорости ветра до  $0,8 \text{ м/с}$ , когда все капли диаметром меньше  $250 \text{ мкм}$  снесаются

Рисунок 33 – Зависимость доли снесенных капель рабочей жидкости от их диаметра [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 (рисунок 33).

Из вышесказанного можно сделать вывод, что для снижения количества снесенной жидкости необходимо увеличивать массу капель в факеле распыла или ограждать их от прямого воздействия ветра.

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 монодисперсный распыл, снижая при этом количество мелких капель. При работе гидравлических распылителей этого можно достичь 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 дисперсности распыла происходит при постоянном расходе. Однако данное техническое решение ведет к усложнению конструкции и ограничено агротехникой, которая допускает регулирование дисперсности 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 данного способа 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.

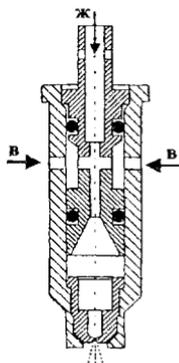


Рисунок 34 – Инжекторный распылитель

В последнее время широко используются инжекторные распылители (рисунок 34), 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 при опрыскивании существенным образом влияют расстояние до обрабатываемой поверхности, скорость и направление ветра [3].

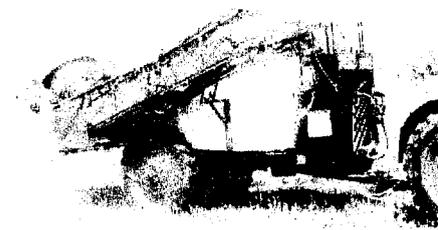
Во избежание и для снижения прямого воздействия на факел распыла воздушного потока, создаваемого ветром, необходимо применять ветрозащитные устройства.

По принципу действия их можно разделить на три группы: пассивные, активные и комбинированные.

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 фирмы «Jon Deere», «Lemken» и др.

**Ветрозащитные устройства активного действия** создают дополнительный воздушный поток, который осаждаёт 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 объемных опрыскивателей, оснащенных оборудованием для создания дополнительного воздушного потока, активно занимаются зарубежные фирмы «RAU» (Германия), «Hardi» (Дания), «Degania» (Израиль) и «Jacto» (Бразилия). ОАО «Мекосан» изготовлен отечественный объемный опрыскиватель ОПО-18 (рисунок 35).



**Рисунок 35 – Объемный опрыскиватель ОПО-18**

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.

Воздухораспределительные рукава проходят вдоль штанги и прикрепляются к ней хомутами таким образом, чтобы в рабочем положении их выпускные отверстия были расположены строго определенным образом по отношению к гидравлическим распылителям.

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 (отверстия, щель). 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.

Эффективность работы объемных опрыскивателей определяется в первую очередь согласованностью работы воздухораспределительной и гидравлической систем, добиться которой можно за счет обоснованного взаимного расположения систем.

Так, в опрыскивателе ОПО-18 предложена схема взаимного расположения рабочих систем, когда в горизонтальной плоскости (рисунок 36 а) каждый из распылителей на штанге должен располагаться от близлежащей боковой стенки воздухораспределительного рукава на расстоянии, определяемом по выражению [4]:

$$x_i = (0,5D_{ai} + l_n) \cdot \sin \beta + \frac{h_2}{\cos \frac{\alpha_p}{2}} \cdot \sin \left( \theta + \frac{\alpha_p}{2} \right) + \frac{0,5d_n + h_2 \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} + \sin \beta \cdot (h_1 - \operatorname{tg} \beta \cdot (h_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma + 0,5 \cdot d_n)) - 0,5 \cdot D_{ai}, \quad (1)$$

где  $D_{ai}$  – диаметр воздухораспределительного рукава на  $i$ -м участке, м;

$l_n$  – длина выпускных насадков, м;

$\beta$  – угол, характеризующий отклонение воздушного потока от вертикали, град.;

$h_2 = \frac{0,5 \cdot b_2}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_p}{2}}$  – 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 насадков, м;

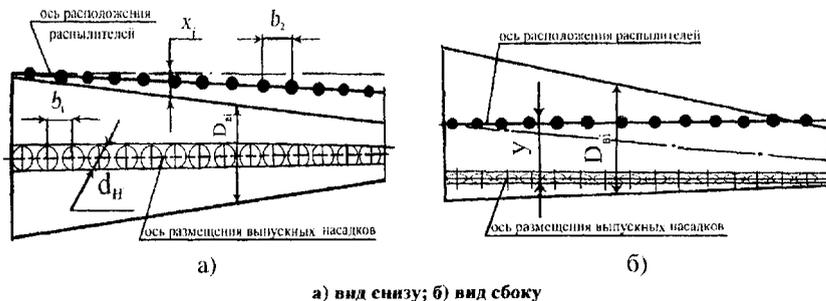
$\gamma$  – угол бокового расширения воздушной струи, град.;

$h_1 = \frac{b_1 - 0,5 \cdot d_n}{\operatorname{tg} \gamma}$  – расстояние, соответствующее зоне двойного перекрытия факелов распределения воздуха, м;

$b_1$  – межосевое расстояние между выпускными насадками воздухораспределительных рукавов, м.

В вертикальной плоскости (рисунок 36 б) ось расположения распылителей параллельна оси размещения выпускных насадков воздухораспределительного рукава и удалена на расстояние, определяемое по выражению

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



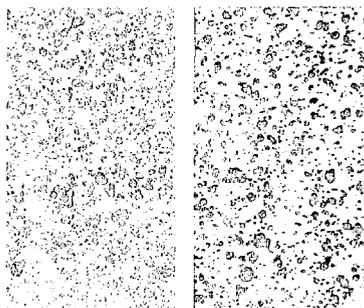
а) вид снизу; б) вид сбоку

**Рисунок 36 – Схема взаимного расположения гидравлических распылителей и выпускных насадков в горизонтальной и вертикальной плоскостях**

Высота установки воздухораспределительного рукава над растительным слоем определяется по формуле

$$H_{с.} = \cos \beta \cdot \left( \frac{x_i + 0,5 \cdot D_{ni} - \sin \beta \cdot (0,5 D_{ni} + l_n)}{\sin \beta} + l_n + 0,5 \cdot D_{ni} \right) - 0,5 \cdot D_{ni}. \quad (3)$$

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.



а) б)

а) с принудительным осаждением;  
б) без принудительного осаждения

**Рисунок 37 – Качество обработки при использовании инжекторного распылителя**

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 (рисунок 37).

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.

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 (рисунок 38 а) или жалюзийной решетки (рисунок 38 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.

Расстояние от точки М (рисунок 38 б), находящейся на траектории движения капли в произвольный момент, до оси решетки жалюзийной решетки определяется зависимостью

$$d = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} [(X_T + a_1) \operatorname{tg} \alpha + Y_T + C_1], \quad (4)$$

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

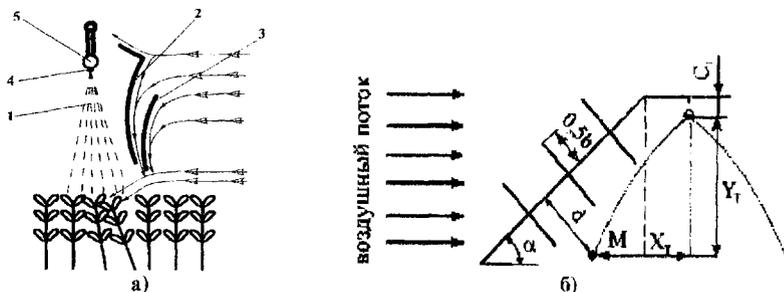
$C_1$  – расстояние между распылителем и линией крепления устройства;

$a_1 = (0,02 \dots 0,03)$  – конструктивный размер, определяемый из условия монтажа распылителя, м;

$\alpha$  – угол наклона оси решетки к горизонту.

При этом ширина пластины ветрозащитной решетки

$$b = 2d. \quad (5)$$



а) в виде двух сужающихся щитков; б) жалюзийная решетка  
1 – факел распыла, 2, 3 – пластины, 4 – распылитель, 5 – штанга

Рисунок 38 – Комбинированные ветрозащитные устройства

Недостатком комбинированных ветрозащитных устройств является необходимость их установки на распределительной штанге по всей ее длине. Это

влечет к увеличению массы штанги, а следовательно, к необходимости модернизации систем ее навески и демпфирующих устройств.

### **Заключение**

Эффективность применения пестицидов зависит от сроков, способов и качества их внесения, технического состояния машины, умелой ее эксплуатации, правильной работы отдельных узлов и деталей, почвенно-климатических условий, в которых производится обработка, и т.д.

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 предложена классификация ветрозащитных устройств по принципу действия.

Предложены зависимости для определения конструктивных параметров комбинированных и активных ветрозащитных устройств.

### **Библиография**

1. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология / Л.Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Мн.: Ураджай, 1993. – 272 с.
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 / О.В. Гордеенко. – Гомель, 2004. – 169 с.
3. Крук, И.С. Повышение эффективности химической защиты посадок картофеля от сорняков усовершенствованием культиватора-опрыскивателя: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И.С. Крук. – Мн., 2001. – 200 с.
4. Кот, Т.П. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Т.П. Кот. – Мн., 2006. – 152 с.

УДК 631.312.4

**Н.Н. Стасюкевич**

*(РИИ «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ САПР**

### **Введение**

Главную роль в увеличении производства сельскохозяйственной продукции играет урожайность. Одним из путей ее повышения является обеспечение высокого качества основной обработки почвы. Качество пахоты во многом определяется совершенством геометрических параметров рабочих органов.