

**Т.П. Кот, И.С. Крук**  
(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)  
**О.В. Гордеенко**  
(УО «БГСХА»,  
г. Горки, Могилевская обл.,  
Республика Беларусь)  
**С.В. Сорока**  
(РУП «Институт защиты  
растений»,  
аг. Прилуки, Минская обл.,  
Республика Беларусь)

**ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА  
ОПРЫСКИВАНИЯ  
ПОЛЕВЫМИ ШТАНГОВЫМИ  
НАЗЕМНЫМИ МАШИНАМИ**

**Введение**

Широкое применение средств защиты растений обусловлено их высокой экономической эффективностью. Согласно результатам исследований РУП «Институт защиты растений», проведение защитных мероприятий обеспечивает в среднем прибавку урожая от 5,7 до 6,5 ц/га зерна, 40–60 ц/га картофеля, корнеплодов, плодов и овощей, 1,5–2 ц/га льноволокна при окупаемости затрат в 1,7–2 и более раз. В 2000–2005 годах применение средств защиты растений в нашей республике позволяло ежегодно сохранять до 878,3 тыс. тонн зерна, 257,5 тыс. тонн картофеля, 471,7 тыс. тонн сахарной свеклы и 13,3 тыс. тонн льноволокна. Уровень рентабельности защитных мероприятий колеблется от 118,2 % на зерновых культурах до 205,5 % на картофеле [1].

В мире на внесение химических средств защиты растений затрачивается в среднем 16,5 доллара на гектар.

Урожайность напрямую зависит от степени подверженности сельскохозяйственных культур вредителями и болезнями, засоренности посевов, поэтому необходимо обеспечить эффективные защитные мероприятия.

В структуре комплексной системы защиты растений особая роль по праву отводится химическому методу и, в частности, опрыскиванию.

**Основная часть**

Эффективность работы опрыскивателей в первую очередь определяется качеством проводимых операций: способностью поддерживать заданные норму расхода рабочей жидкости, равномерное распределение препарата в продольном и поперечном направлениях движения при любых климатических условиях, пределы диспергирования, густоту и полноту покрытия обрабатываемой поверхности растений каплями рабочей жидкости.

*Норма расхода рабочей жидкости.* В зависимости от нормы расхода рабочей жидкости опрыскивание делится на ультрамалообъемное, малообъемное и полнообъемное. При ультрамалообъемном опрыскивании расход рабочей жидкости на полевых культурах составляет от 1 до 5 л/га, при малообъемном – от 10 до 200 л/га, при полнообъемном – свыше 300 л/га [2].

Полнообъемное опрыскивание необходимо отнести к наиболее консервативным и наименее производительным способам сплошного опрыскивания. Его основные недостатки: большие затраты энергии, низкая производительность из-за частых остановок опрыскивателя для заправки рабочей жидкостью, в результате чего коэффициент рабочего времени смены в производственных условиях иногда имеет

значение менее 0,5. Еще один недостаток данного способа – загрязнение почвы пестицидами, которые стекают с растений в результате их излишнего смачивания.

Для ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) не требуется растворитель (вода), а вследствие низких норм расхода рабочего раствора этот способ обработки очень производителен и малотрудоемок. Однако технология УМО имеет и существенные недостатки: сильную зависимость качества обработки от метеорологических условий, значительный снос рабочей жидкости. При скорости ветра около 3 м/с количество сносимой распыленной жидкости по отношению к осевшей на ширине захвата составляет от 20 до 50 % [3]. Возникают сложности в дозировании препарата, так как каждому распылителю должны подаваться равные количества жидкости. Кроме того, расход жидкости через распылители зависит от ее вязкости, которая меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Сложен контроль работы распылителей из-за плохой видимости факела распыла. Вследствие высокой агрессивности препаратов для УМО требуется применение высококачественных коррозионно-стойких материалов для изготовления узлов опрыскивателя. Все это резко увеличивает стоимость машины и стоимость работ по защите растений.

Малообъемное опрыскивание является одним из наиболее прогрессивных способов применения пестицидов, обладающим рядом преимуществ. При его использовании отмечаются увеличение производительности машин вследствие увеличения коэффициента использования рабочего времени смены, снижение затрат труда, более высокая дисперсность распыла, достигается более высокое качество обработки, в частности лучшее проникновение капель в глубину растительного слоя и более высокая равномерность покрытия, отсутствие стекания рабочей жидкости с поверхностей растений на почву. Осадок пестицидов, образовавшийся после испарения жидкости, дольше удерживается на растениях, менее подвержен воздействию ветра, росы, дождя, солнечных лучей, сохраняя при этом токсичность к вредным организмам [4].

Таким образом, современные штанговые опрыскиватели должны быть ориентированы на малообъемное опрыскивание.

*Распределение распыленной рабочей жидкости.* Распределение рабочей жидкости по объекту обработки зависит от ряда причин: неравномерности распределения по ширине захвата опрыскивателя и вдоль его движения, скорости ветра, состояния воздуха, способности рабочей жидкости проникать вглубь растительного слоя.

При опрыскивании полевых культур очень важно обеспечить как можно более равномерное распределение рабочей жидкости по объему обрабатываемых растений: по всем ярусам – верхнему, среднему, нижнему, наружной (адаксиальной) и внутренней (абаксиальной) поверхностям листьев, стеблям.

Необходимость обработки всего растения (объемной) продиктована биологическими особенностями большинства полевых сельскохозяйственных культур. Эта особенность состоит, прежде всего, в том, что вредные организмы и возбудители болезней обитают и размножаются не только на внешней поверхности, но и во внутренней зоне растения, где формируются наиболее благоприятные условия для их жизнедеятельности.

Равномерное распределение рабочей жидкости позволяет снизить расход пестицидов без уменьшения технической эффективности. Так как стоимость пестицидов составляет более половины затрат на защиту растений, то уменьшение расхода дает значительный экономический эффект.

Неравномерность распределения по ширине захвата зависит от типа опрыскивателя, постоянства рабочего захвата, типа, конструкции и расположения распылителей.

Для штанговых опрыскивателей неравномерность распределения рабочей жидкости включает в себя две составляющие:

- неравномерность продольного распределения рабочей жидкости по ходу движения опрыскивателя;
- неравномерность распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя по ширине захвата.

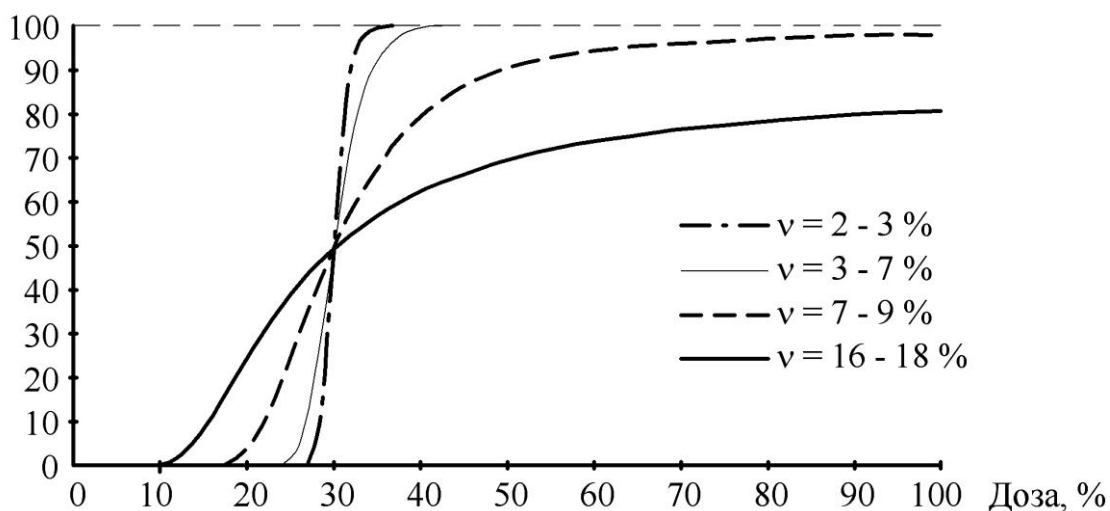
Неравномерность продольного распределения зависит от постоянства оборотов двигателя, скорости движения опрыскивателя по полю, наличия и работоспособности системы стабилизации штанги в горизонтальной плоскости. Немаловажное значение имеет и состояние поверхности поля, наличие неровностей. При соблюдении требуемых технологических режимов работы эту составляющую неравномерности внесения можно свести к минимуму.

Неравномерность распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя определяется высотой расположения штанги опрыскивателя и ее колебаниями. При изменении высоты штанги всего на 10 см норма расхода в зоне перекрытия увеличивается на 40 %, а в остальной зоне снижается на 30 % [5]. Особенно сильно влияние высоты штанги проявляется при работе со сниженными и минимальными нормами препаратов. Увеличение высоты штанги всего на 10 см увеличивает в 2 раза потери препарата из-за сноса, которые дополнительно увеличиваются при сильном ветре [6].

Неравномерность распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя характеризуется коэффициентом вариации ( $v$ ). На каждый процент неравномерности распределения рабочей жидкости приходится 0,4 % (по объему) его непроизводительного использования, то есть если опрыскиватель распределяет рабочую жидкость с коэффициентом вариации  $v = 20$  %, то около 8 % раствора пестицида теряется [5, 7].

Если избежать указанных выше потерь, можно значительно снизить дозировку пестицида на единицу площади. На рисунке 1 представлена зависимость эффективности применения пестицидов от неравномерности их внесения, выявленная в результате исследований шведских ученых [7].

Эффект, %



**Рисунок 1. – Эффективность применения пестицидов при различной неравномерности их распределения**

Анализ рисунка 1 показывает, что при коэффициенте вариации менее 7 % достигается 100 % эффективность при снижении дозы внесения более чем в 2 раза. В случае высокой неравномерности (более 16 %) невозможно достичь приемлемой эффективности даже при полной дозе применения препарата. Приведенные данные

позволяют рассматривать неравномерность распределения как один из важнейших показателей качества опрыскивания.

В соответствии с существующими агротехническими требованиями неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата машины не должна превышать 15 %, неравномерность расхода рабочей жидкости между распылителями не должна превышать 5 % [6–8].

**Степень покрытия.** Для получения хороших биологических результатов важную роль играет степень покрытия обрабатываемого объекта отдельными каплями распыла.

Степень покрытия – это отношение площади поверхности, покрытой рабочей жидкостью пестицида, к общей площади поверхности объекта обработки.

В результате анализа большого экспериментального материала установлено, что для различных видов пестицидов степень покрытия должна быть: для гербицидов – не менее 0,5–1 %, для инсектицидов и фунгицидов – 2,0–3,0 % [8].

Указанные значения степени покрытия являются критическими, так как их уменьшение ведет к резкому снижению эффективности применения пестицидов.

Степень покрытия зависит от трех параметров: густоты покрытия и размеров капель, способности к проникновению внутрь стеблестоя.

**Густота покрытия.** Густота покрытия, или количество капель на целевом объекте, зависит от типа препарата, культуры, вредителей, сорняков и их чувствительности. Густоту покрытия обуславливают также столкновение, улавливание, седиментация капель.

Для большинства дождевых гербицидов достаточно 20 капель на 1 см<sup>2</sup> целевого объекта. Для послежидкового применения гербицидов рекомендуется 30 капель на 1 см<sup>2</sup> целевого объекта. Для получения хорошего биологического эффекта при обработке фунгицидами требуется 50–70 капель на 1 см<sup>2</sup>, инсектицидами, обладающими контактным действием, – 40 капель на 1 см<sup>2</sup>. Общее требование к штанговым опрыскивателям – покрытие каплями 80 % верхней и 60 % нижней листовой поверхности [9].

**Пределы диспергирования рабочей жидкости (размер капель).** Для каждого вида опрыскивания характерен определенный размер капель факела распыла. По этому показателю опрыскивание делится на: аэрозольное – со средним диаметром капель до 50 мкм, мелкокапельное – от 50 до 150 мкм, среднекапельное – от 150 до 300 мкм, крупнокапельное – свыше 300 мкм [7].

Необходимо отметить, что для каждого конкретного случая существует свой оптимальный размер капель, зависящий от многих факторов: вида растения, его состояния, применяемого препарата, интенсивности сноса частиц ветром, рассеивания их в приземном слое атмосферы, испаряемости рабочей жидкости, смачиваемости листовой поверхности, размеров обрабатываемого участка и др.

Крупнокапельное опрыскивание снижает эффективность действия пестицидов, требует повышенных доз внесения: из-за стекания капель с объектов обработки значительно увеличиваются потери препарата.

Повышению эффективности действия пестицидов способствует мелкокапельное опрыскивание. При уничтожении насекомых на листовой поверхности инсектицидами наилучший эффект достигается при обработке каплями 50–80 мкм; при обработке фунгицидами – каплями 50–150 мкм (при условии минимального сноса) [10, 11].

Самые мелкие капли осаждаются медленно (частицы диаметром 100 мкм падают со скоростью 30 см/с, а 50 мкм – 7,5 см/с), легко сносятся ветром. Даже при небольшом объеме сносимой жидкости проблема сноса обостряется при низкой относительной влажности воздуха: вода (растворитель) начинает испаряться, размер капель резко уменьшается, и они дольше остаются в воздухе. Чем выше концентрация рабочего раствора, тем больше скорость испарения капель (срок жизни капли).

Например, капли размером менее 100 мкм в жаркую сухую погоду могут существовать всего несколько секунд [12].

**Способность к проникновению внутрь стеблестоя** – один из ключевых факторов, влияющих на качество опрыскивания. Злаковые культуры представляют собой вертикально растущие объекты, поэтому для них оптимальны капли крупного размера с хорошей проникающей способностью, падающие вертикально вниз. В случае с широколиственными культурами, наоборот, крупные капли оседают на верхней поверхности листьев и не попадают на нижние ярусы. Например, для проникновения в стеблестой картофеля лучше использовать мелкокапельное опрыскивание, так как мелкие капли перемещаются также в горизонтальной плоскости и лучше проникают вглубь сквозь слои листьев.

Кроме перечисленных параметров физической и биологической эффективности, существенное влияние оказывают и такие показатели, как рабочая скорость опрыскивателей, ширина захвата, определяющие производительность опрыскивания.

**Рабочая скорость опрыскивателей.** Современные опрыскиватели позволяют теоретически работать со скоростью более 20 км/ч. Однако на практике это нереализуемо, так как качество опрыскивания будет весьма низким.

При выборе оптимальной скорости необходимо исходить из нескольких факторов: рекомендуемого расхода рабочего раствора; давления, которое может обеспечить опрыскиватель; погодных условий (скорости ветра); типа применяемых распылителей.

Высокая скорость движения может привести к значительным потерям рабочих растворов пестицидов в результате сноса и испарения из-за сильного набегающего потока воздуха в дополнение к ветру. Так, при оптимальной скорости движения опрыскивателя (до 8 км/ч) на капли действует воздушный поток скоростью 2 м/с, а при скорости 30 км/ч (теоретической) – уже 8 м/с. К тому же распылителей, способных пропустить при 30 км/ч необходимое количество раствора, например 200 л/га для пестицидов, с приемлемым спектром капель, не существует [13].

Помимо перечисленных факторов, при высокой скорости резко возрастают колебания штанги, что не только влечет за собой неравномерность внесения препаратов, но и может привести к выходу из строя всего опрыскивателя.

Одним из решений для работы на высоких скоростях является применение объемных опрыскивателей с воздухораспределительными рукавами (рисунок 2).



**Рисунок 2. – Объемные опрыскиватели фирм Kyndestoft, RAU (Германия), Hardi (Дания)**

Данные опрыскиватели позволяют работать на более высоких скоростях (до 12 км/ч) при скорости ветра до 8 м/с. Преимуществом воздухораспределительных рукавов является то, что при опрыскивании растений направленный воздушный поток из рукавов колеблет растения, ударяясь о землю и возвращаясь назад, он подхватывает рабочий раствор и наносит его на нижнюю сторону листьев. Кроме того, образующийся при распыливании воздушно-капельный поток, обладая высокой кинетической энергией, в наименьшей степени подвержен сносу, что позволяет производить опрыскивание при ветреной погоде.

Однако данные опрыскиватели также имеют ряд недостатков. В результате проведенных в 2010 году опытов выяснилось, что воздушный поток, создаваемый воздухораспределительными рукавами, подхватывает с поверхности почвы пыль, с которой смешиваются и нейтрализуются капли рабочего раствора. Попадая на растения уже в форме комочков грязи, они таким образом могут потерять всякую эффективность. Поэтому существуют ограничения по использованию данных типов опрыскивателей в сухую погоду. Кроме того, их конструкция более энергоемкая по сравнению с обычными штанговыми опрыскивателями [14].

Альтернативно можно использовать инжекторные распылители. При прохождении жидкости через распылитель в нее попадает воздух, всасываемый через диффузор, и смешивается со струей жидкости, образуя при этом капли, содержащие воздух. Наполненная воздухом капля лучше удерживается на листовой поверхности, чем такая же цельная капля. Благодаря высокой скорости движения, капли способны проникать внутрь стеблестоя. При этом кратковременность нахождения капель в воздухе позволяет снизить потери за счет испарения и сноса.

### Заключение

Современная задача сельскохозяйственного производства – получение максимального эффекта от применения пестицидов, что возможно при создании средств механизации, в наибольшей степени соответствующих требованиям, предъявляемым к процессу опрыскивания.

Предельное внимание следует уделять разработке универсальной опрыскивающей техники, обеспечивающей высокое качество выполнения технологического процесса опрыскивания при высокой производительности, снижении расхода и уменьшении сноса рабочих жидкостей.

В статье приведен анализ требований к качеству процесса внесения рабочих растворов пестицидов полевыми штанговыми опрыскивателями и условий его выполнения.

28.11.2016

### Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 13 июня 2008 г. № 858 «О Государственной программе «Химические средства защиты растений на 2008–2013 годы» // Новости Беларуси [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://laws.newsby.org/documents/sovetm/pos00/sovmin00485/page2.htm>. – Дата доступа: 11.09.2016.
2. Механизация защиты растений: справочник / И.Н. Велецкий [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1992. – 223 с.
3. Маркевич, А.Е. Повышение качества опрыскивания пестицидами путем совершенствования щелевых распылителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Е. Маркевич. – Горки, 1998. – 186 с.
4. Ченцов, В.В. Новые перспективные способы и средства механизации защиты растений: обзор. информ. / В.В. Ченцов, Т.Ф. Аленчикова, Т.И. Кузькина; ЦНИИТЭИ тракторосельхозмашин. – М., 1988. – 53 с. – (Сельскохозяйственные машины и оборудование. Сер. 2. Вып. 6).
5. 8 приемов успешного опрыскивания / И. Редкозубов [и др.] // Зерно. Журнал сучасного агропромисловця [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.zerno-ua.com/journals/2011/iyun-2011-god/8-priemov-uspeshnogo-opryskivaniya>. – Дата доступа: 11.09.2016.
6. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография / И.С. Крук, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко. – Минск: БГАТУ, 2015. – 284 с.
7. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации в растениеводстве / Л.Я. Степук, И.В. Барановский. – Минск: БОИМ, 2003. – 242 с.

8. Маркевич, А.Е. Основы эффективного применения пестицидов: справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве / А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. – Горки: Ремком, 2004. – 60 с.
9. Велецкий, И.Н. Технология применения гербицидов / И.Н. Велецкий. – Л.: Агропромиздат, 1989. – 176 с.
10. Вялых, В.А. Рекомендации по применению наземного и авиационного опрыскивания при возделывании сельскохозяйственных культур / В.А. Вялых. – Воронеж: Истоки, 2004. – 68 с.
11. Дидио, Ж.-Р. Техника и технология безопасного применения средств защиты растений / Ж.-Р. Дидио, Д.-К. Фишер, М. Лерх [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 186 с.
12. РГАУ-МСХА. Зооинженерный факультет. Обработка растений в период вегетации [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/obrabotka-rastenij-fungicidami-v-period-vegetacii>. – Дата доступа: 11.10.2016.
13. Мэтьюз, Дж. А. Борьба с вредителями сельскохозяйственных культур / Дж. А. Мэтьюз; пер с англ. И.Н. Заикиной; под ред. Н.М. Гольшина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 205 с.
14. Герасименко, И.В. Технологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственных опрыскивателей / И.В. Герасименко, А.А. Шошин // Современные тенденции технических наук: материалы II междунар. науч. конф., г. Уфа, май 2013 г. – Уфа: Лето, 2013. – С. 62–65.