

BASIC AGROTECHNIC REQUIREMENTS OF SPRAYING PROCESS. REVIEW ANALYSIS AND EVALUATION OF SPRAYING METHODS AND UNIVERSAL SPRAYERS

Summary

In the paper the analysis of spraying methods was presented and the evaluation of functional features of commonly used sprayers was carried out.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОЦЕССУ ОПРЫСКИВАНИЯ ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Большой ассортимент препаратов, применяемых для всех сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях выдвигает требования универсальности технологического процесса опрыскивания с регулируемым диапазоном режимных параметров: нормы расхода рабочей жидкости, распределения распыленной жидкости, пределов диспергирования, густоты и полноты покрытия обрабатываемой поверхности растений каплями рабочей жидкости.

1. Норма расхода рабочей жидкости

В зависимости от нормы расхода рабочей жидкости опрыскивание делится на большеобъемное, обычное, малообъемное и ультрамалообъемное. При ультрамалообъемном опрыскивании расход рабочей жидкости составляет до 5 л/га; при малообъемном - 10 - 100 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях - 100-500 л/га; при обычном - 150-300 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях 500-1200 л/га; при большеобъемном - свыше 300 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях - свыше 1200 л/га [1].

Большеобъемное (многообъемное) опрыскивание необходимо отнести к наиболее консервативным и наименее производительным способам сплошного опрыскивания. Основной его недостаток - низкая производительность агрегатов 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. Ещё один недостаток данного способа - загрязнение почвы ядохимикатами, которые стекают с растений в результате излишнего смачивания ими растений.

Обычное опрыскивание нашло в настоящее время наиболее широкое применение, так как при расходах рабочей жидкости 150-300 л/га достигаются достаточно высокие качественные показатели технологического процесса, а, следовательно, и хорошая технологическая эффективность при относительно низких по сравнению с многообъемным опрыскиванием затратах труда.

Малообъемное опрыскивание является одним из наиболее прогрессивных способов применения ядохимикатов, обладающим рядом преимуществ по сравнению с обычным. При его использовании отмечается 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 покрова и более высокая равномерность покрытия, отсутствие стекания рабочей жидкости с поверхности растений на почву. Осадок пестицидов, образовавшийся после испарения жидкости, дольше удерживается на растении, менее подвержен воздействию ветра, росы, дождя, солнечных лучей, сохраняя при этом токсичность к вредным организмам [2]. Недостатки этого метода - необходимость в точной дозировке препарата и распределении капель по обрабатываемому объекту. Несмотря на отмеченные недостатки, преимущества малообъемного опрыскивания неоспоримы.

Применение ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) началось за рубежом в 60-х годах, а в нашей стране значительно позже. Для УМО не требуется растворитель (вода), а вследствие низких норм расхода рабочего раствора этот способ обработки очень производительен и малотрудоемок. Наряду с этим технология УМО имеет и недостатки: сильная зависимость обработки от метеорологических условий, неуниверсальность, 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 (дроссели) зависит от её вязкости, которая меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Сложен контроль за работой распылителей из-за плохой видимости факела распыла. Вследствие высокой агрессивности препаратов для УМО требуется применение высококачественных

коррозионно стойких материалов для изготовления узлов опрыскивателя. Все эти недостатки, в конечном счёте, резко увеличивают стоимость машины и себестоимость работ по защите растений.

2. Распределение распыленной рабочей жидкости

Распределение рабочей жидкости по объекту обработки зависит от ряда причин: неравномерности распределения по ширине захвата опрыскивателя и вдоль его движения, несоответствия применяемого способа доставки капель рабочей жидкости и обрабатываемого объекта, скорости ветра, состояния воздуха.

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) поверхности листьев. Необходимость обработки всего растения (объемная обработка) продиктована биологическими особенностями большинства полевых сельскохозяйственных культур. Эта особенность, прежде всего, состоит в том, что вредные организмы и возбудители болезней обитают и размножаются не только на 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.

Наиболее высокую равномерность по ширине захвата обеспечивают штанговые опрыскиватели. Равномерность распределения рабочей жидкости штанговыми опрыскивателями в 4,3 раза лучше, чем вентиляторными (рис. 1) [1].

Согласно существующим агротехническим требованиям неравномерность отложений рабочей жидкости по ширине захвата при штанговом малообъемном и обычном опрыскивании не должна превышать 15%.

3. Густота (степень) покрытия

При получении хороших биологических результатов третье место по важности занимает степень покрытия обрабатываемого объекта отдельными каплями распыла. Чем больше капель попало на единицу площади (1 см^2), тем лучший достигается эффект. Густота покрытия или количество капель на целевом объекте зависит от препарата, культуры, вредителей, сорняков и их чувствительности. Общее требование к штанговым опрыскивателям при обычном и малообъемном опрыскивании – не менее 30 шт./ см^2 на 80% верхней и 60% нижней листовой поверхности.

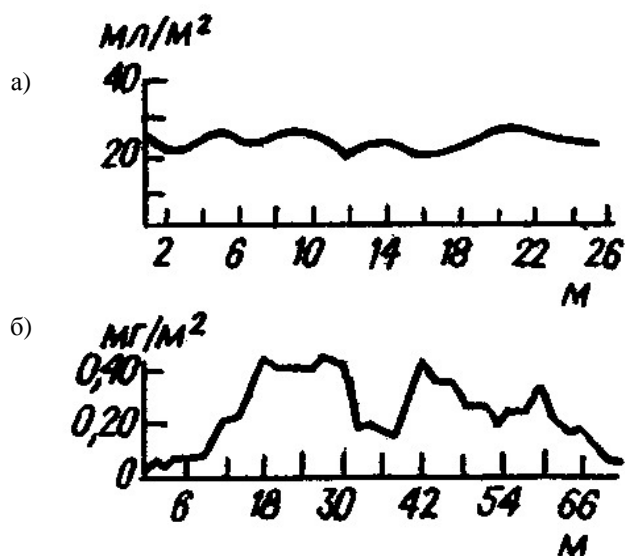


Рис. 1. Распределение рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателей:

а) штанговый опрыскиватель; б) вентиляторный опрыскиватель

Fig. 1. Working liquid distribution during spraying: a) lance sprayer; b) blower sprayer

4. 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 51 до 150 мкм; среднекапельное - от 151 до 300 мкм; крупнокапельное - свыше 300 мкм [4].

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).

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

Ширина рабочего захвата штанговых опрыскивателей должна быть кратной ширине захвата посевных и посадочных агрегатов. Диапазон рабочих скоростей для штанговых опрыскивателей - 4-12 км/ч. Неравномерность расхода рабочей жидкости через распылители должна быть не более 5%.

Итак, что для достижения высокого качества обработки сельскохозяйственных культур необходимо выполнение следующих требований:

- минимальный расход жидкости (до 100 л/га);

- мелкокапельное монодисперсное опрыскивание (медианно-массовый диаметр осевших капель 50-150 мкм);
- равномерное распределение рабочей жидкости по ширине захвата машины и полнота обработки всей поверхности обрабатываемых культур;
- густота покрытия не менее 30 шт./см²;
- минимальная зависимость от метеорологических условий - минимальный снос;
- высокая производительность;
- универсальность опрыскивающей техники – возможность использования на пропашных и на зерновых культурах.

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.

Разнообразие технологий применения пестицидов потребовало создания соответствующих средств механизации. Все известные машины можно подразделить на две группы: однооперационные машины (нанесение пестицидов) и комбинированные агрегаты, выполняющие операции междурядной обработки посевов с одновременным нанесением на них пестицидов. Преимущественно выпускаются однооперационные машины, из которых наибольшее распространение получили опрыскиватели.

Несмотря на большое разнообразие опрыскивателей, проблема качественного выполнения технологического процесса опрыскивания, обеспечивающего эффективную защиту растений от вредителей, болезней и сорняков, остается достаточно острой.

Для того, чтобы объективно оценить перспективность использования выпускаемых промышленностью опрыскивателей проведем их анализ на соответствие требованиям, предъявляемым к процессу опрыскивания.

Наибольший интерес для наших исследований представляют опрыскиватели, используемые для обработки полевых культур. В связи с этим, следует отметить не перспективность использования вентиляторных и авиационных опрыскивателей. Анализ технологий дистанционного и авиационного опрыскиваний, показывает, что при использовании таких опрыскивателей отмечается очень высокая неравномерность распределения рабочего раствора пестицида (коэффициент вариации вентиляторных опрыскивателей – более 40%, авиационных – в 2-3 раза выше) и значительные потери препарата (до 60% - у вентиляторных и до 90% - у авиационных опрыскивателей) из-за сноса ветром.

Традиционные штанговые опрыскиватели также не удовлетворяют в полной мере требованиям, предъявляемым опрыскивателям. В частности:

- получаемый при опрыскивании полевых культур медианно-массовый диаметр капель в среднем составляет 200-500 мкм (по требованиям – 50-150 мкм), высокая полидисперсность распыла (варьирование диаметров капель от 20 до 500 мкм);
- зависимость качества обработки от погодных условий: нельзя проводить опрыскивание при скорости

ветра более 3 м/с, а также в дневное время из-за восходящих потоков воздуха, обусловленных инверсией температуры, препятствующих осаждению капель рабочей жидкости и уносящих их за пределы обрабатываемых площадей;

– главный же недостаток обычных полевых опрыскивателей заключается в том, что они не обеспечивают объемную обработку растений, т.е. обработку всех ярусов - верхнего, среднего, нижнего, наружной (адаксиальной) и внутренней (абаксиальной) поверхности листьев, стеблей.

При норме расхода рабочей жидкости 200-300 л/га на нижние ярусы растений препарат практически не попадает, оседая на верхних (более 90%) [5]. Для проведения объемной обработки с помощью традиционных штанговых опрыскивателей для сплошной поверхностной обработки, необходима норма вылива рабочей жидкости в 400-600 л/га. При такой норме может быть достигнут определённый эффект от обработки за счёт перераспределения препарата на растения из-за стекания капель с обработанных поверхностей на необработанные. При этом часть жидкости, порядка 250-350 л, стекает на поверхность почвы, а на нижних листьях растений оседает меньше 10% израсходованного пестицида [6].

Несостоятельность традиционного опрыскивания потребовала изыскания новых технологий химической защиты растений. Для повышения качества обработки сельскохозяйственных культур предлагается ряд конструкторских решений: применение электрической зарядки частиц, использование пенного опрыскивания, применение пестицидно-полимерных нитей, установка дополнительных распылителей и специальных отклоняющих устройств, принудительная доставка капель к объекту обработки воздушным потоком.

Одним из известных способов повышения качественных показателей процесса опрыскивания является применение электрических полей для электризации и осаждения диспергируемого жидкого пестицида на обрабатываемые растения. Диспергируемый раствор пестицидов искусственно заряжается в сильном электрическом поле. Дальнейшее осаждение аэрозоля происходит с участием электрических сил, которые по своей величине могут быть соизмеримы и в несколько раз превосходить силы гравитации и воздушной среды. Силы внешнего электрического поля оказывают воздействие на пути движения частиц от зарядного устройства до растения. Они заставляют двигаться заряженные частицы от источника аэрозоля к обрабатываемому растению вдоль линий напряженности электрического поля. Эти линии имеют криволинейную форму и замыкаются на различных поверхностях растений, поэтому движущиеся по ним частицы могут проникать по всем поверхностям.

В реальных условиях под действием инерционных, гравитационных, центробежных сил заряженные капли при движении отклоняются от направления силовых линий электрического поля и часть из них не достигает объектов обработки.

Кроме того, опрыскиватели с использованием электрической зарядки капель дорогостоящи, сложны в изготовлении и эксплуатации и поэтому не находят широкого распространения.

Удерживаемость пестицидов и их проникновение вглубь растения можно повысить применением рабочих жидкостей в виде пены. Добавление небольших количеств поверхностно-активных веществ к раствору пестицида обеспечивает ряд преимуществ в сравнении с обычным опрыскиванием. Основные достоинства пенного опрыскивания: уменьшение степени сноса; экономия препарата за счёт лучшего проникновения и осаждения на обрабатываемый объект; меньшая опасность повреждения соседних культур, чувствительных к вносимым пестицидам; возможность работы машины при более сильном ветре; чёткая фиксация границ обработки.

Несмотря на это, пенное опрыскивание не находит широкого применения. Основные причины: большие затраты на изготовление и эксплуатацию. А главное это то, что пенное опрыскивание не решает в полной мере проблему объемной обработки: пена хорошо распределяется на наружной стороне листьев, практически не оседая на внутренней. Помимо прочего, пенное опрыскивание не является универсальным и неприемлемо для ряда сельскохозяйственных культур.

В последнее время на уровне предложения стала известна принципиально новая технология использования связанного аэрозоля, получаемого путем добавления к пестициду незначительного (1,4-3%) количества экологически нейтральной нитеобразующей добавки и наполнителя (технического ксилола). Радикальное уменьшение сноса связано с различием процессов распыления жидкости и прядения нитей. Сокращение доз пестицида обусловлено повышенной долей попадания пестицидно-полимерных нитей непосредственно на обрабатываемые объекты. В силу специфики процесса попадание пестицида в почву и ее загрязнение сокращаются по сравнению с обычным опрыскиванием.

Наиболее сложными и не решенными аспектами новой технологии являются получение длинных тонких нитей (20-60 мкм) и нанесение их на обрабатываемые объекты. При скорости современных опрыскивателей 6-10 км/ч необходимо производить около 4000м нити в секунду [7].

Для улучшения проникновения препарата вглубь растения применяют специальные распределительные штанги, оборудованные подвесками, на которых крепятся дополнительные распылители. Выделяют ярусные, вертикальные и арочные штанги (рис. 2). Их применяют исключительно для опрыскивания рядковых культур, для культур сплошного сева они совершенно не пригодны.

Для улучшения проникновения капель рабочего раствора в массив растения применяют также полевые штанги, оборудованные специальным отклоняющим устройством - обычно в виде трубы (рис. 3). Такое устройство находится спереди, по ходу движения, и несколько ниже штанги, оно отклоняет растения, а распылители обрабатывают их открывающиеся поверхности рабочей жидкостью.

Следует отметить, что такие приспособления можно применять при обработке зерновых культур и растений, имеющих прямостоящий стебель. Совершенно они не годятся для листовых культур. Здесь применимы только штанги с подвесками, которые в свою очередь

совершенно не пригодны для обработки зерновых культур.

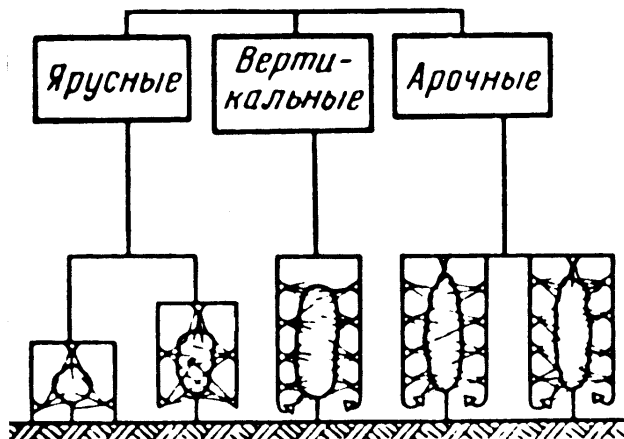


Рис. 2. Специальные распределительные штанги
Fig. 2. Types of special spray lances

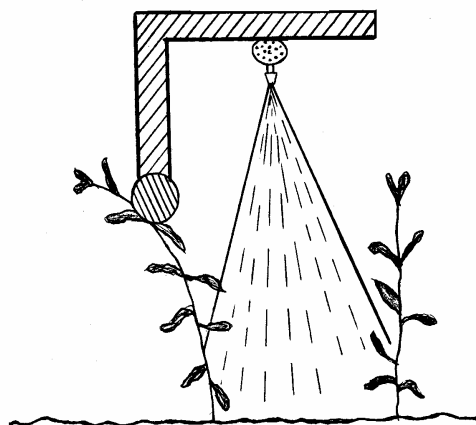


Рис. 3. Полевая штанга, оборудованная специальным отклоняющим устройством
Fig. 3. Field spray lances fitted with plant deflector

Из сказанного, следует, что необходим универсальный опрыскиватель, позволяющий обрабатывать как плоские поверхности (довсходовое внесение гербицидов), верхние части растений, так и проводить объемную обработку всего растения.

Максимальный эффект проникновения пестицида вглубь растений достигается сочетанием достаточно высокой дисперсности рабочей жидкости с отклоняющим растением и транспортирующим к ним капли воздушным потоком.

Ряд известных зарубежных фирм-производителей сельскохозяйственной техники "Hardi" (Дания), "Kyndestoft" (Германия), "Dammann" (Германия), "RAU" (Германия), "Degania Sprayers" (Израиль), "Теснома" (Франция), «Krukowiak» (Польша) и др. выпустили опытные образцы штанговых опрыскивателей, работающих по такому принципу (в дальнейшем будем называть их объемными опрыскивателями) (рис. 4, 5, 6).

Объемные опрыскиватели в наибольшей степени соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству опрыскивания. Прежде всего, они универсальны - пригодны для обработки всех сельскохозяйственных

культур, высокопроизводительны, позволяют более чем на 25-30% снизить дозу внесения препарата, обеспечивают мелкокапельное опрыскивание (воздушный поток дополнительно дробит капли рабочей жидкости), равномерное распределение рабочей жидкости по ширине захвата машины и по объему обрабатываемых культур. Образующийся при распыливании воздушно-капельный поток, обладая высокой кинетической энергией, в наименьшей степени подвержен сносу, что позволяет производить опрыскивание при ветреной погоде.



Рис. 4. Объемный опрыскиватель фирмы «Kyndestoft» (Германия)

Fig. 4. Additional air-stream sprayer of Kyndestoft (Germany)



Рис. 5. Объемный опрыскиватель фирмы «Hardi» (Дания)

Fig. 5. Additional air-stream sprayer of Hardi (Denmark)



Рис. 6. Объемный опрыскиватель фирмы «RAU» (Германия)

Fig. 6. Additional air-stream sprayer of RAU (Germany)

Все объёмные опрыскиватели, в целом, аналогичны по конструкции: дооборудованы воздухораспределительной системой, включающей один (два) вентилятора, воздухораспределительные рукава (воздуховоды) с проделанными в нижней части выпускными отверстиями или сплошной щелью. Вентилятор направляет воздух в воздухораспределительные рукава. Через выходные отверстия воздушный поток подаётся вниз на обрабатываемые растения, захватывая при этом капли распыленной рабочей жидкости и доставляя их к целевому объекту. Капли за счет завихрений, создаваемых воздушным потоком, проникают вглубь насаждений. Факел распыленной жидкости окончательно формируется под рукавами на расстоянии 20-30 см.

Вместе с тем, известные объёмные опрыскиватели имеют конструктивные отличия, касающиеся взаимного расположения воздухораспределительной и гидравлической систем. В одних опрыскивателях выходные отверстия воздухораспределительной системы направлены вертикально вниз и располагаются выше, чем гидравлические распылители, а в других наоборот. Поскольку схемы взаимного расположения основных рабочих систем объёмных опрыскивателей существенно отличаются и, очевидное обоснование этому отсутствует, возникают сомнения в том, что и те и другие обеспечивают одно и то же качество объёмной обработки.

Хозяйственные испытания опрыскивателя фирмы "RAU" подтвердили сделанный нами вывод. При обработке растений с навешенными на них специальными карточками 1% -ным раствором нигрозина в воде было обнаружено, что карточки на верхней (адаксиальной) поверхности растений были обработаны каплями размером 200-400 мкм с густотой покрытия 30-150 шт./см² и более. На нижней (абаксиальной) поверхности 40% карточек оказались не обработанными, остальные имели густоту покрытия менее 30 шт./см² каплями размером менее 50 мкм. Опрыскиватель не обеспечивал необходимое качество объёмной обработки.

Равномерное распределение капель рабочей жидкости на растениях (осуществление объёмной обработки) возможно в том случае, если их доставка осуществляется равномерным воздушно-капельным потоком по всей ширине захвата опрыскивателя (длины штанги).

Получить равномерный поток можно только при условии, если два независимых потока, воздушный от воздухораспределительной системы и воздушно-капельный поток от гидравлической системы, к моменту их слияния будут сплошными и равномерными.

Кроме того, качество объёмной обработки вегетирующих культур и энергоёмкость этого процесса зависят от угла вхождения воздушного потока в растения. При ориентации воздушного потока вертикально вниз происходит прижимание листьев к

стеблям растений (облицирование), а значит эффект объемной обработки не достигается, т.к. капли оседают только на верхней стороне листьев. Следовательно, воздушный поток должен быть направлен под углом.

Проведем анализ известных опрыскивателей объемного действия на соответствие выше изложенным требованиям.

Рассмотрим опрыскиватели объемного действия "Air Plus" фирмы "RAU" и "Kyndestoft". В них выпускные отверстия воздухораспределительной системы ориентированы вертикально вниз и размещены выше выходной плоскости гидравлических распылителей. Гидравлические распылители направлены под углом к отверстиям воздухораспределительных рукавов (рис. 7).

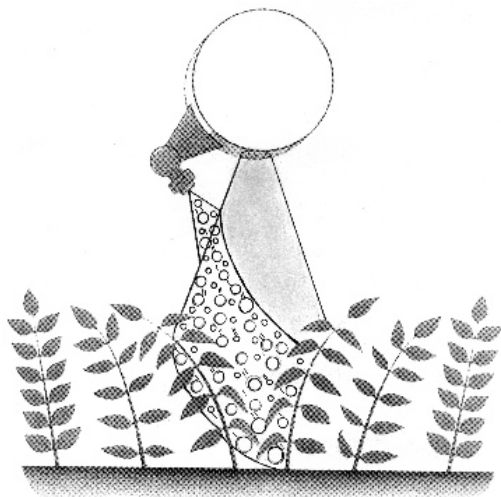


Рис. 7. Общая схема взаимного расположения рабочих систем объемного опрыскивателя фирмы «Kyndestoft»
Fig. 7. Arrangement of the working set of additional air-stream sprayer produced by Kyndestoft

При воздействии на растения воздушного потока, ориентированного вертикально вниз, наблюдается облицующий эффект. В результате, основная часть рабочего раствора распределяется на адаксиальной (наружной) стороне листьев, стебли и нижняя поверхность листьев (абаксиальная) обрабатываются слабо. Эффект объемной обработки не достигается.

Кроме того, при расположении отверстий выше гидравлических распылителей для обеспечения необходимого скоростного режима у входа в растительный слой, при котором достигается эффект шевеления листьев и отклонения стеблей, требуется большой расход воздуха, что связано с повышенными энергозатратами.

Общий главный недостаток рассмотренных объемных опрыскивателей заключается в том, что влияние воздушно-капельного и воздушного потоков не одинаково по длине штанги, а это не позволяет обеспечить необходимое качество обработки растений по ширине захвата опрыскивателя.

Рассмотрим опрыскиватель объемного действия Twin Stream фирмы «Hardi».

В этом опрыскивателе наоборот гидравлические распылители ориентированы вертикально вниз и размещены выше по отношению к выходной плоскости отверстий воздухораспределительных рукавов,

которые, в свою очередь, направлены под углом к вертикальной плоскости (рис. 8).

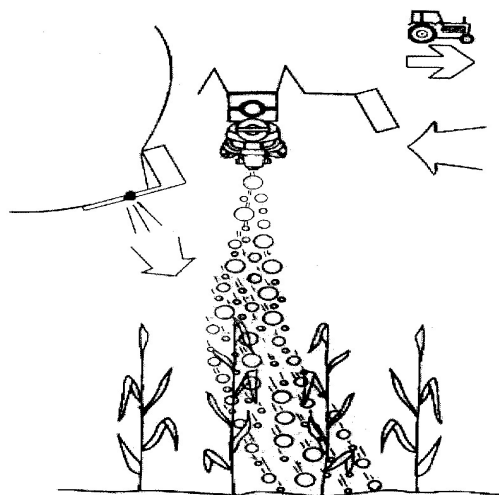


Рис. 8. Общая схема взаимного расположения рабочих систем объемного опрыскивателя фирмы «Hardi»
Fig. 8. Arrangement of the working set of the Hardi sprayer

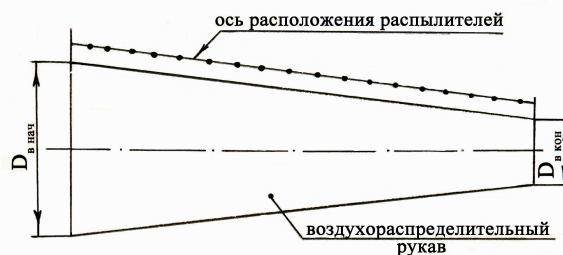


Рис. 9. Схема взаимного расположения рабочих систем объемного опрыскивателя фирмы «Hardi» (вид сверху)
Fig. 9. Mutual location of the working sets of additional air-stream sprayer produced by Hardi (top view)

К недостаткам данного опрыскивателя, как и ранее рассмотренных, следует отнести высокую неравномерность обработки вегетирующих культур по ширине захвата машины. Это объясняется тем, что гидравлическая штанга (ось расположения распылителей) в горизонтальной плоскости размещена параллельно близлежащей боковой стенке воздухораспределительного рукава (рис. 9). При таком расположении не соблюдается условие равномерного вхождения воздушного потока в воздушно-капельный поток от распылителей по длине штанги. На начальном участке, где диаметр воздухораспределительного рукава наибольший, воздушный поток до встречи с воздушно-капельным потоком проходит большее расстояние, чем на конечном участке при наименьшем диаметре рукава. При этом нарушается равномерность скоростного поля: суммарный поток неодинаково воздействует на растения в начале и в конце штанги, капли распределяются по объему растений не равномерно.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что известные зарубежные объемные опрыскиватели высокоэнергоемки, не удовлетворяют в полной мере предъявляемым к ним требованиям, не обеспечивают

необходимое качество обработки сельскохозяйственных культур. Это обуславливает необходимость проведения исследований для обоснования и выбора рациональной схемы объемного опрыскивателя и основных конструктивных и режимных параметров.

Список использованных источников

- [1] Механизация технологических процессов защиты растений./ Под редакц. Н.М. Голышина – Всесоюзн. акад. с./х. наук им. Ленина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 168 с.
- [2] Диссертация. Маркевич А.Е. Повышение качества опрыскивания пестицидами путем совершенствования щелевых распылителей. Горки, 1998.

- [3] Механизация процессов химизации и экология. Л.Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Мн.: Ураджай, 1993. – 272 с.
- [4] Пестициды: справочник/ Мартыненко В.И., Прамоненков В.К., Кукаленко С.С. и др. – М.: Агропромиздат, 1992 – 386 с.
- [5] Техника и технология безопасного применения средств защиты растений./ Дидио Ж.-Р., Фишер Д.-К., Лерх М. и др. – М.: Агропромиздат, 1991 – 186 с.
- [6] Н.Ф. Соловьева Технологии и технические средства для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней.–М.:ФГНУ "Росинформаготех", 2001.–60 с.
- [7] Омелюх Я.К., Барыш Е.А., Троцюк Т.В. и др. Новое в механизации защиты растений.–2003.– с. 52.