

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЕГО РАБОТЫ

**Крук И.С.¹, к.т.н., доцент, Маркевич А.Е.², к.т.н., доцент,
Карпович С.К.³, к.э.н., доцент, Юркевич С.Б.⁴, Зубович В.Д.¹**

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет»,*

²*ООО «Ремком»,*

³*Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь,*

⁴*Республиканское объединение «Белагросервис»*

Введение. Возрастающие требования к качеству внесения средств химизации в растениеводстве предъявляют жесткие условия к конструкциям средств механизации. Агрегаты должны обеспечивать качественное внесение пестицидов при наименьших расходе и потерях рабочего раствора. Работа опрыскивателей предусматривает последовательное выполнение следующих технологических операций: приготовление рабочего раствора пестицидов; его дозирование; подача, распыление и транспортирование капель к обрабатываемой поверхности.

Одним из показателей качества является равномерность распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности в продольном и поперечном направлениях, которая во многом определяется правильной работой распылителей, постоянством расстояния между ними и обрабатываемой поверхностью в процессе работы агрегата. Следует учитывать, что увеличение ширины захвата приводит не только к повышению производительности агрегата, но и влечет увеличение массы несущей конструкции штанги, снижение ее надежности и качество проведения опрыскивания. Правильная установка штанги над обрабатываемой поверхностью имеет решающее значение для

равномерного распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности.

Основная часть. Установка штанги относительно обрабатываемого объекта характеризуется двумя основными параметрами: высота установки и угол наклона. Оптимальной считается высота, при которой пересечение факелов распыления рабочей жидкости происходит на середине расстояния между штангой и обрабатываемой поверхностью. Для полевых опрыскивателей, в конструкции которых используются щелевые распылители, высота установки штанги может находиться в пределах 0,30...0,70 м от выходного сопла до обрабатываемой поверхности, а с учетом высоты посевов, может быть более 2,0 м над поверхностью земли. Высота штанги определяется углом при вершине факела распыла распылителя: чем он больше, тем меньше ее высота над обрабатываемой поверхностью. В большинстве случаев настройка высоты выполняется исходя из отношения расстояния между распылителями к высоте, равного 1:1. Например, плоскоструйные распылители с углом распыления 110...120° и расстоянием 0,5 м друг от друга устанавливаются на высоте 0,5 м над обрабатываемой поверхностью. Допускается установка штанги на высоту до 0,75 м, но при этом надо либо увеличить шаг расстановки распылителей до 0,75 м, либо использовать распылители с углом распыления 80...90°, учитывая отношение расстояния между распылителями к высоте 1:1,5 [1,2]. Критическим фактором является достижение двойного перекрытия рисунка распыления. При изменении высоты штанги всего на 10 см расход рабочей жидкости в зоне перекрытия увеличивается на 40 %, а в остальной зоне – снижается на 30 % [3].

В конструкциях полевых штанговых опрыскивателей изменение высоты установки штанги над обрабатываемой поверхностью осуществляется с использованием гидравлической или электрической систем энергетического средства. При этом данный процесс может осуществляться следующими способами: штанга навешивается на шток гидроцилиндра изменения высоты, штанга навешивается на параллелограммный механизм изменения высоты, звенья которого изменяют угол наклона при помощи одного или двух гидроцилиндров, высота установки штанги

изменяется при помощи элементов гибкой связи (тросо-блочная система).

Для точного расположения штанги над обрабатываемой поверхностью и корректировки его в процессе работы в конструкциях современных опрыскивателей используются автоматизированные системы контроля и управления, основанные на использовании различных датчиков.

Вторым немаловажным параметром, влияющим на равномерность распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности, является угол установки штанги относительно обрабатываемой поверхности (рисунок 1 *а, б*).

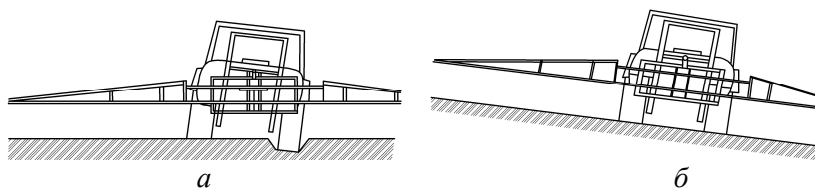


Рисунок 1. – Схема расположения штанги над обрабатываемой поверхностью: *а* – при движении колеса в неровности; *б* – при движении по склону

Важным условием качественной работы опрыскивателя является постоянство расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью по всей длине штанги. Изменение угла наклона штанги приводит к нарушению геометрии факелов распыла, что влечет перераспределение рабочей жидкости по ширине захвата. При этом неравномерность тем выше, чем больше угол уклона. При наклоне крайней секции штанги ухудшается качество распределения жидкости более чем в 2 раза, причем в большей степени это сказывается при установке узкофакельных распылителей. Поэтому при движении по склону должна соблюдаться параллельность установки штанги обрабатываемой поверхности [4].

Для регулировки угла установки штанги в вертикальной плоскости относительно горизонта в конструкциях опрыскивателей имеются соответствующие механизмы, которые в зависимости от способа выполнения процесса подразделяются на механического, электрического, гидравлического и комбинированного действия [5–10]. Принцип их действия данных механизмов основан на

возможности смещения центра тяжести штанги относительно опоры (подвеса). При этом в конструкциях опрыскивателей используются механизмы изменения угла наклона всей штанги, или отдельно каждого ее крыла или каждой секции.

Механизмы механического действия широко используются в конструкциях отечественных опрыскивателей. Они содержат винтовой (пара винтовых) механизм, при помощи которого регулируется угол наклона штанги. Недостатками механизмов данной группы являются присутствие ручного труда механизатора и необходимость совершения остановок для регулировки угла положения штанги, что в условиях постоянного изменения рельефа почвы приводит к большим потерям времени на настройку агрегата, соответственно, к снижению производительности агрегата. Кроме того, для изменения угла наклона штанги данным способом механизатору необходимо приложить большое усилие (масса штанги может быть более 600 кг). Также имеет место большая погрешность параллельности установки штанги. Растворы пестицидов, обладая активным коррозионным действием и взаимодействуя с пылью, воздействуют на рабочие поверхности элементов резьбового механизма, что требует постоянного ежесменного ухода. Применение механизмов механического действия не исключает установку системы автоматизированного контроля за положением штанги, но не позволяет производить регулировку угла наклона штанги в автоматическом режиме.

Для точного копирования рельефа поля на крайних секциях штанги опрыскивателей могут устанавливаться дополнительные опорные колеса [9]. Однако они эффективны при довосходовых обработках, так как при движении по технологической колее возможны повреждения всходов даже при отклонении движения агрегата на 0.10 м.

В конструкциях современных опрыскивателей широко используются механизмы гидравлического и электрического действия, управление которыми осуществляется из кабины трактора [5–8]. Использование механизмов изменения углов наклона электрического и механического действия позволяет применять в конструкциях опрыскивателей датчики и системы автоматизированного управления положениями штанги для более точной установки при работе на склонах. Датчики измеряют

расстояние от штанги до земли и позволяют контролировать параллельность расположения штанги. Однако существенное усложнение конструкции влечет повышение стоимости самого опрыскивателя.

Анализируя конструкции механизмов и систем обеспечения регулировки положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности, следует отметить, что в настоящее время предпочтение отдается системам автоматизированного контроля, основанным на использовании гидравлических, электрических и гидромеханических механизмов изменения угла наклона штанг.

При проектировании механизмов изменения угла наклона штанги необходимо учитывать усилие, необходимое для смещения штанги (масса более 600 кг [8]), воздействие на рабочие элементы кратковременной ударной нагрузки (до 100 кг), условие обеспечения быстроты изменения угла наклона и увеличения цены опрыскивателя вследствие модернизации.

В результате проведенных исследований условий работы и конструкций опрыскивателей были определены требования, которым должна отвечать система микропроцессорного автоматизированного регулирования и ее узлы, а также обоснованы ее технические характеристики/ При этом в алгоритм работы системы заложены следующие требования:

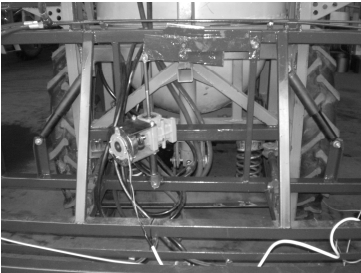
- 1) погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом – 0,04 м;
- 2) диапазон измерения 0,2...2,0 м;
- 3) продолжительность постоянного измерительного сигнала, после которого вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный привод, 3 с.

Первое требование введено в связи с вероятной невыровненностью поверхности поля и возможными колебаниями штанги, поэтому в пределах перепадов измерений между двумя датчиками до 0,04 м система изменять положение штанги не будет.

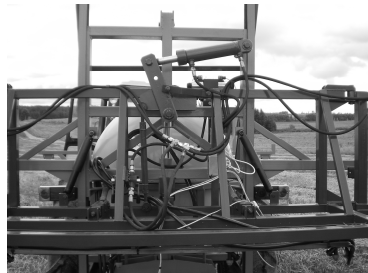
Второе – в соответствии с требованиями изменения высоты установки штанги над обрабатываемой поверхностью, чтобы в этих пределах сила сигнала, подаваемого датчиком, оставалась постоянной.

Третье – с целью исключения случайных сигналов, подаваемых датчиками. Так, например, если на пути сигнала попался камень или временная неровность, то система на них не отреагирует, так как через 3 с повторный сигнал их не обнаружит.

В соответствии с предъявленными требованиями в Белорусском государственном аграрном техническом университете совместно с ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси» разработана и изготовлена конструкция системы микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности СМАР-1, состоящая из датчиков положения штанги, микропроцессорной электроники обработки измерительной информации и выработки управляющего сигнала, силовой установки. Ее исполнительными элементами управления штангой могут выступать как механизмы с электрическим (рисунок 2,а), так и гидравлическим (рисунок 2,б) принципами действия.



а



б

Рисунок 2. – Механизмы управления штангой опрыскивателя ОШ-2300-18 электрического (а) и гидравлического (б) действия

В системе использованы ультразвуковые датчики положения, выбор которых обусловлен слабым искажением сигнала при прохождении через облако распыленной жидкости, образующееся при работе опрыскивателя. Также этот выбор оправдан необходимостью привязки к поверхности поля, а не к растительному покрову. Сигнал, образованный ультразвуковым датчиком, проходит через посеы и, достигнув поверхности поля, отражается. В то время как сигнал, посылаемый оптическим датчиком, искажается облаком рабочего раствора пестицида,

достигает растительного покрова и сразу отражается. Кроме того, сила сигнала оптического датчика зависит от удаленности от объекта.

СМАР-1 управляется при помощи пульта из кабины трактора и имеет два режима работы: ручное и автоматическое управление. Ручное управление штангой осуществляется механизатором при помощи регулятора с пульта управления. Эта функция введена для сокращения времени на установку штанги в рабочее положение на разворотных полосах. В дальнейшем используется функция автоматической регулировки.

Блок управления является главным управляющим устройством в системе, в его функции включается опрос всех подчиненных устройств, по результатам опроса принимается решение о дальнейших действиях устройства. Он содержит управляющий микроконтроллер, связанный с ультразвуковыми сенсорами и пультом управления по интерфейсу.

Система была установлена на опрыскивателе ОШ-2300-18 с различными исполнительными механизмами. Ее использование позволило повысить производительность на 1 га/ч сменного времени, снизить расход топлива на 0,04 кг/га, годовые затраты труда на 7,2%, прямые эксплуатационные затраты на 8,8 % [11].

Заключение. Важную роль в соблюдении данного требования играют механизмы изменения угла наклона штанги и элементы автоматизации, позволяющие контролировать и регулировать положение штанги при работе опрыскивателя. Данные функции выполняет разработанная система микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности СМАР-1, которая состоит из пульта и блока управления, ультразвуковых датчиков положения; исполнительных механизмов управления штангой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болвонович, В. Берем потери пестицидов под контроль / В. Болвонович, Э. Могилевский // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 5 (133). – С. 12–14.

2. Теория и практика опрыскивания 2010 :метод пособие / И.А. Редкозубов [и др.]. – Дюпон ; Lechler, 2010. – 19 с.
3. Ротенберг, Ю. Ю. Высота штанги полевого опрыскивателя / Ю. Ю. Ротенберг, Т. В. Раскатова, И. А. Редкозубов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – С. 42–43.
4. Защита растений в устойчивых системах землепользования : в 4 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск : Орех, 2004. – Кн. 4. – 374 с.
5. Крук, И. С. Научно-технические основы проектирования рабочих органов штанговых опрыскивателей / И. С. Крук. – Минск : БГАТУ, 2018. – 272 с.
6. Ключков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 228 с.
7. Методика оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей и технологические требования ним / С. К. Карпович, Л. А. Маринич, И. С. Крук [и др.] ; под общ. ред. И. С. Крука. – Минск : БГАТУ, 2016. – 140 с.
8. Проектирование несущих конструкций, схем подвесок и систем стабилизации штанг полевых опрыскивателей. Рекомендации / И.С. Крук [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 172 с.
9. Ground Following system / AG SHIELD. – URL: <http://www.agshield.com>. – Дата обращения: 16.02.2018.
10. Сельскохозяйственные машины (основные тенденции развития тракторных опрыскивателей) / В. В. Ченцов. – М. : ЦНИИТЭИ Тракторное и с.-х. машиностроение, 1984. – Вып. 12. – 58 с.
11. Протокол № 218Б1/2-2009 (от 23 декабря 2009 г.) приемочных испытаний опытного образца системы микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя СМАР-1 / Бел. МИС. – Пос. Привольный, 2009. – 35 с.