

УДК 632.98 631.348.45

UDC 632.98 631.348.45

05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛОСОВОГО ОПРЫСКИВАНИЯ КАК КОМПОНЕНТ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

TECHNOLOGICAL PROCESS OF STRIP SPRAYING AS A COMPONENT OF REGENERATIVE FARMING IN ROW CROPS

Борисенко Иван Борисович
д-р техн. наук, с.н.с., заслуженный изобретатель РФ
SPIN – код: 6532-2117
borisenivan@yandex.ru

Borisenko Ivan Borisovich
Dr.Sci.Tech., senior scientist, Honored inventor of the Russian Federation
RSCI SPIN – code: 6532-2117
borisenivan@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна
канд. техн. наук,
SPIN – код: 8687-8844
marina_roxette@mail.ru
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, Россия

Meznikova Marina Viktorovna
Candidate in Engineering
RSCI SPIN – code: 8687-8844
marina_roxette@mail.ru
FSBEI HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Белоусов Сергей Витальевич
канд. техн. наук, доцент, м.н.с.
SPIN – код: 6847-7933
sergey_belousov_87@mail.ru
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия
«АНЦ «ДОНСКОЙ», Зерноград, Россия*

Belousov Sergey Vitalievich
Candidate in Engineering, associate professor, Junior Researcher
RSCI SPIN – code: 6847-7933
sergey_belousov_87@mail.ru
*FSBEI HE Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
"ANC" DONSKOY, Zernograd, Russia*

Целью исследования является разработка технологии химической обработки при возделывании пропашных технических культур для дифференцированного и безопасного нанесения рабочего раствора и пути модернизации серийного штангового опрыскивателя под новую технологию. Описан технологический процесс опрыскивания при сплошном и полосовом способе внесения средств защиты и питания растений, выявлены преимущества и слабые места традиционных подходов при выполнении опрыскивания. Предложено техническое решение, улучшающее качественные показатели опрыскивания при одновременном снижении экологической нагрузки на окружающую среду. Предложенное техническое решение позволяет разделять потоки и направления жидкости по отношению к объекту обработки. При этом образуется новый, более стабильный по ширине и высоте поток, способствующий повышению качественных показателей опрыскивания и снижению загрязнения окружающей среды. При неизменной норме внесения средств химизации на объект обработки снижается гектарная норма внесения за счет перераспределения рабочего раствора с междурядья на полосу с культурным растением. Данные аспекты приводят к

The aim of the study is to develop a chemical treatment technology for cultivation of row crops for differentiated and safe application of the working solution and ways of modernization of a serial boom sprayer for the new technology. The work describes technological process of spraying at continuous and strip application of means of plant protection and nutrition; advantages and weak points of traditional approaches to spraying are revealed. The study proposes technical solution that improves the quality of spraying while reducing the ecological load on the environment. The proposed technical solution allows separating fluid flows and directions in relation to the treatment object. This creates a new, more stable flow in terms of width and height, contributing to improved quality indicators of spraying and reducing environmental pollution. With the same application rate of chemicals to the treatment object, the hectare application rate is reduced due to redistribution of the working solution from the inter-row to the lane with the cultivated plant. These aspects lead to improved environmental safety in crop production

улучшению экологической безопасности в области
производства продукции растениеводства

Ключевые слова: ПОЛОСОВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС,
ПОЛОСОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ФОРСУНКА,
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ОПРЫСКИВАНИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ

Keywords: STRIP CHEMICAL TREATMENT,
TECHNOLOGICAL PROCESS, STRIP FARMING,
NOZZLE, SPRAYING QUALITY INDICATORS,
ENVIRONMENTAL PROBLEMS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-174-005>

Процесс актуализации климатических проблем в мире необратим. Одним из проявлений «зеленого» направления развития мировой экономики является введение программных углеродных сборов для ввозимой в Европейский союз продукции с высоким углеродным следом [15,22].

Уникальность природно-климатического потенциала России делает возможным осуществление перехода от объекта углеродосодержащего рынка к крупнейшему субъекту по выдвиганию на глобальную климатическую повестку перспективных решений в области климатических вызовов, осуществив шаги по декарбонизации технологических процессов в различных областях промышленности, в том числе, сельском хозяйстве. Это связано с большим объемом углеродного рынка в России, который занимает первое место в мире [11].

Использование природных ресурсов в жизни человека с каждым годом становится все более интенсивным. От состояния природных ресурсов зависит наше благополучие и будущее нашей планеты [3,9,12]. Поэтому возможность ресурсосбережения и восстановления природных ресурсов в отрасли сельского хозяйства посредством применения технологий на основе процессов полосового воздействия жизненно необходимы и являются весьма актуальными с точки зрения комплексного решения проблем безопасного производства с особым вниманием к окружающей среде и вопросам экологической безопасности [1,13,23].

<http://ej.kubagro.ru/2021/10/pdf/05.pdf>

Минимизация использования агрохимикатов при обработке сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей, а также снижение гектарной нормы при внесении удобрений, является одним из направлений по снижению парниковых газов в атмосфере, что лежит в основах реализации регенеративного земледелия [2,10, 11].

Система защиты растений включает совокупность методов, приемов и средств, направленных на сохранение урожая, защиту культурных растений от болезней и вредителей, обеспечение безопасности выращиваемой продукции [20]. Применение химических средств защиты растений снижают риск потерь урожайности до 50 - 70%. Поэтому одним из наиболее распространенных методов защиты растений является химический метод, который предусматривает применение химических препаратов различных классов с целью уничтожения вредных организмов в различных областях хозяйствования человека [3-5,16].

При осуществлении технологических процессов по защите растений в области растениеводства чаще всего применяются рабочие растворы в жидких фракциях с применением опрыскивания [8]. Главным требованием к процессу внесения пестицидов является способность наносить рабочий раствор с требуемой точностью на объект воздействия [18,19,26]. Применение жидких форм пестицидов и удобрений способствуют более равномерному распределению по обрабатываемой площади и достижению требуемой точности попадания на объект обработки [7,16,19]. Проблема необоснованной неравномерности при внесении средств защиты растений и удобрений является серьезной экономической и экологической угрозой [17,19]. Как следствие, наблюдается недобор урожая, существенный перерасход вносимых препаратов, ущерб окружающей среде, а также повышение нитратов в выращиваемой продукции.

Рассмотрим технологический процесс опрыскивания при традиционном способе нанесения рабочего раствора на объект обработки (сплошное опрыскивание).

При традиционном способе опрыскивания форсунки располагаются с расстановкой через расстояние M на штанге опрыскивателя (Рисунок 1). Высота расположения форсунок H определяется зоной сплошного опрыскивания в поперечно-вертикальной плоскости, зависящей от точки слияния L факелов распыла от соседних форсунок. В свою очередь, высота h_L расположения точки слияния L зависит от угла α распыла форсунки. Оптимальной высотой установки штанги считается высота, при которой расстояние от штанги опрыскивателя до точки слияния равно половине расстояния от штанги до целевого объекта обработки. При применении щелевых форсунок проекция щели самого распылителя в вертикальной плоскости имеет смещение на $7,5-10^\circ$. Данное техническое решение применено для уменьшения неравномерности зоны повторного внесения химпрепаратов при двукратном попадании капель рабочего раствора на крайних участках, подлежащих обработке, от каждой форсунки на штанге при движении опрыскивателя.

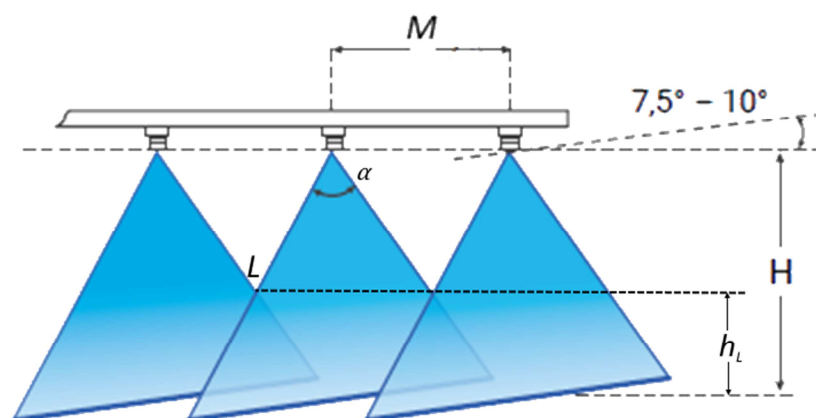


Рисунок 1 – Расположение факелов распыла при традиционном способе сплошного опрыскивания

В процессе рассмотрения технологического процесса полосового опрыскивания примем соответствующие допущения:

1. Все форсунки на штанге опрыскивателя исправны и обеспечивают равномерное распыление потока рабочей жидкости в равном объеме.
2. Штанга опрыскивателя обеспечивает постоянное положение форсунки от поверхности почвы.
3. Каждая форсунка занимает строго вертикальное положение относительно вертикальной оси обрабатываемого объекта.

Во время движения опрыскивателя через форсунки 1, 2, ..., n распыляется рабочий раствор. Под воздействием давления, создаваемого в опрыскивательной системе, в зависимости от конструкции форсунки капли рабочей жидкости распыляются с углом распыла α по отношению к поверхности почвы [6].

Капли совершают движение до момента встречи с препятствием (культурным растением или почвой). Отклонение от траектории прямолинейного движения возникает вследствие сил гравитации максимально при приближении к поверхности почвы. Однако при движении опрыскивателя с ориентированными распылителями по полосам с ориентированными распылителями по полосам происходит наложение потоков от соседних форсунок (Рисунок 2). В точке L начинает формироваться зона повторного внесения рабочего раствора в зоне перекрытия потоков рабочей жидкости, попадающей в пересекающиеся плоскости от соседних форсунок в сплошном опрыскивании серийными средствами механизации. Таким образом, весь распыляемый объем рабочего раствора распределяется на 2 зоны различного целевого назначения:

1. Объем рабочего раствора, попавший на культурное растение и в зону, формируемую проекцией абриса растения на почву (зона шириной A , объем V_1);

2. Объем рабочего раствора, попавший в междурядье (объем V_2 , образуемый при попадании на поверхность почвы полосы шириной, равной $B-A$). Объем V_2 включает участок повышенной концентрации рабочего раствора, который заключен в зоне, образуемой повторным попаданием рабочей жидкости от соседних потоков ниже точки слияния L (объем V_T).

При рассмотрении объемов V_1 и V_2 рабочего раствора по целевому назначению, только рабочий раствор, попавший на культурное растение, можно считать прецизионным (объем V_1). Прецизионным будем считать раствор, достигающий цели обрабатываемого объекта с высокой точностью. То есть рабочий раствор прецизионного действия обеспечивает соблюдение параметров опрыскивания с высокой точностью и лучшими качественными показателями.

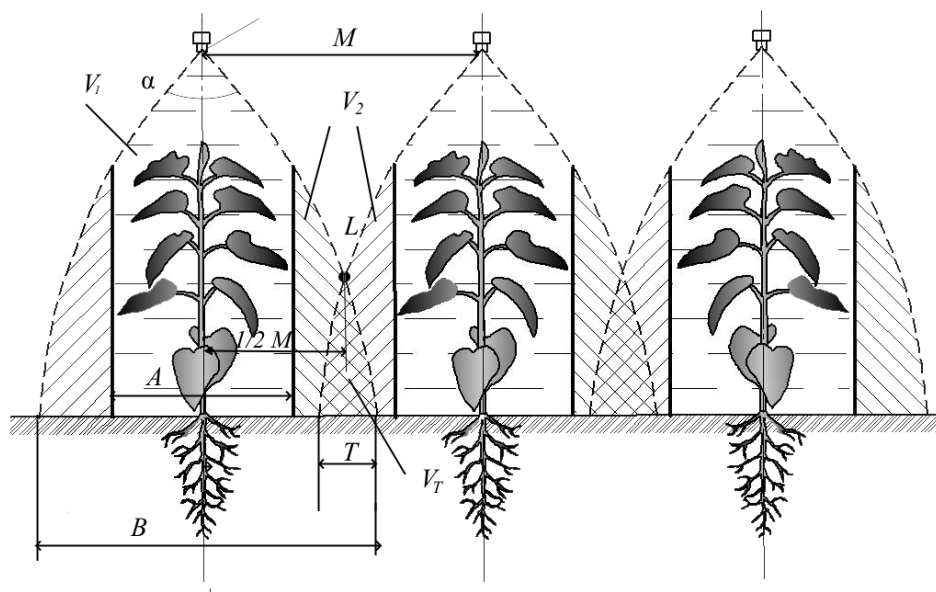


Рисунок 2 - Технологический процесс сплошного опрыскивания при установке форсунок через 0,7 м.

Данный объем обеспечивает достижение цели применяемой технологической операции, а именно, уничтожение болезней или

вредителей, внесение листовых подкормок или антидепрессантов, десикантов/дефолиантов [7].

Объем V_2 является непродуктивным расходом средств химизации, способствующим загрязнению межполосного пространства и увеличению затрат на процесс химизации. При этом зона V_T за счет повторного попадания капель рабочего раствора от двух соседних форсунок является еще и источником повышенного загрязнения окружающей среды [6,7].

Если говорить о качественных показателях опрыскивания, то такой способ нанесения рабочего раствора на объект обработки обеспечивает хорошее покрытие внешней части листа в верхней части растений. Обеспечить проникновение сквозь густой листовый покров к тыльной стороне листа и стеблю крайне затруднительно, а часто просто не достижимо. Однако, избежать данных нежелательных явлений в традиционном способе химической обработки не возможно, так как данные зоны обеспечивают соблюдение технологического процесса сплошной обработки и соблюдение заданной нормы внесения химических препаратов на всей площади обработки. Для улучшения покрытия рабочим раствором листьев средних и нижних ярусов применяются дополнительные форсунки, которые устанавливаются над междурядьями культурных растений. При выращивании подсолнечника с междурядьем 0,7м этот способ опрыскивания предусматривает установку форсунок на штанге опрыскивателя через 0.35 м. (Рисунок 3).

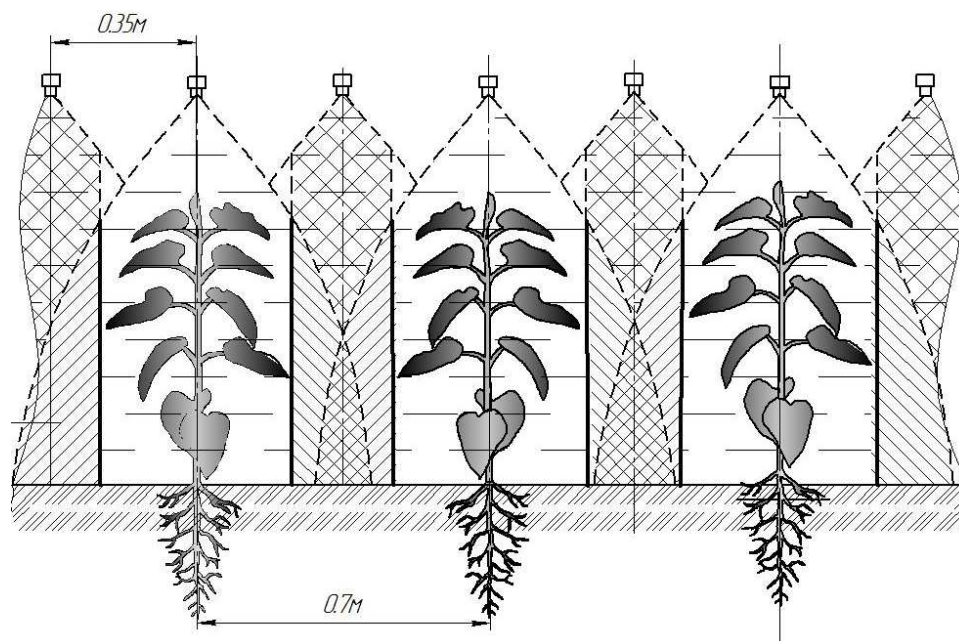


Рисунок 3 - Технологический процесс сплошного опрыскивания при установке форсунок через 0,35 м.

В этом случае производится сплошное внесение средств химизации, где зоны, образуемые пересечением соседних потоков рабочей жидкости, дополняются конусом распыла от форсунок, установленных над междурядьями. Прецизионность рабочего раствора снижается, так как большая часть химикатов используется не продуктивно, попадая вне объекта обработки. Тыльная сторона и стебель культурного растения при этом обрабатываются, но с худшими параметрами, чем внешняя сторона листьев [7].

Для улучшения качественных показателей технологического процесса сплошного опрыскивания в части обработки стебля и листьев культурных растений в нижней части применяются различные технические приспособления. Например, установка понизителей на штанге серийного опрыскивателя над междурядьями и установка форсунок с углом распыла 80° перпендикулярно к вертикальной оси растения дополняет перечень обработанных зон (V_1 , V_2) зоной V_3 , образуемой встречными потоками от форсунок, установленных на понизителях (Рисунок 4).

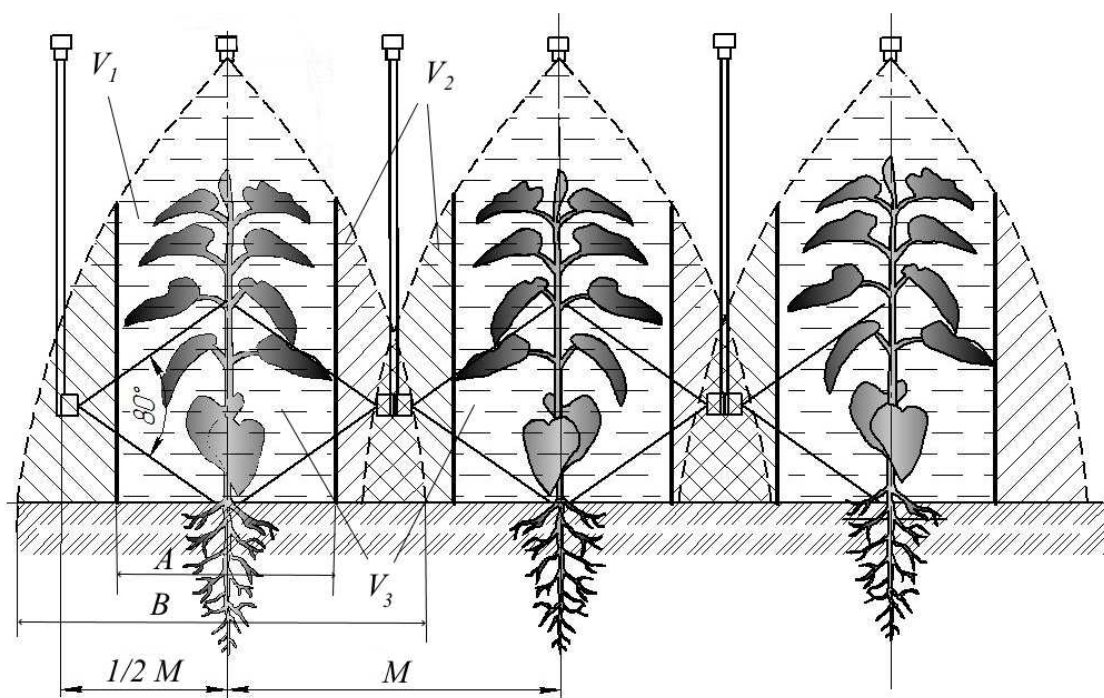


Рисунок 4 - Технологический процесс сплошного опрыскивания при установке понизителей.

Таким образом, весь распыляемый объем рабочего раствора при сплошном опрыскивании с применением понизителей распределяется на 3 зоны различного целевого назначения:

- 1) Объем рабочего раствора, попавший на культурное растение и в зону, формируемую проекцией абриса растения на почву (зона шириной A , объем V_1);
- 2) Объем рабочего раствора, попавший в междурядье (объем V_2 , образуемый при попадании на поверхность почвы полосы шириной, равной $B-A$);
- 3) Объем повышенной концентрации рабочего раствора, который заключен в зоне, образуемой пересечением соседних потоков от форсунок понизителей и фрагментами зон V_1 и V_2 при столкновении капель рабочего раствора от направленного движения от понизителей и форсунок над культурным растением (объем V_3).

Как видим, вариант с установкой понизителей обеспечивает улучшение качественных показателей опрыскивания. Однако, установка дополнительного оборудования может быть причиной более частых остановок опрыскивателя из-за поломок понизителей, что снижает надежность опрыскивательной системы в целом.

Модернизированный под новую технологию штанговый опрыскиватель имеет возможность вносить химикаты в пределах нужной полосы. Это достигается при помощи направленных конусов распыла рабочего раствора, образуемых боковыми форсунками, которые располагаются над междурядьями. Конусы распыла данных форсунок ориентированы навстречу друг к другу. Это позволяет образовывать зону пересечения потоков рабочего раствора во время распыления. Угол распыла зоны пересечения от верхних краев соседних распылителей составляет менее 180 градусов. Зоны распыла в нижней части при попадании на почву не выходит за пределы проекции зоны абриса растения [2].

Технологический процесс полосового опрыскивания состоит из одной технологической операции, выполняемой встречно направленными потоками от рабочих органов опрыскивателя: распыление рабочего раствора через делитель потока форсунками 1, 2,...n с образованием новых потоков от слияния ориентированных навстречу друг другу пар соседних форсунок с покрытием объекта обработки во всех проекциях (эффект 3-D). Охвату объекта обработки по всем поверхностям способствует перераспределение рабочего раствора по полосам воздействия в вертикальной плоскости. Это способствует формированию сконцентрированного эффекта объемного 3-D опрыскивания (Рисунок 5).

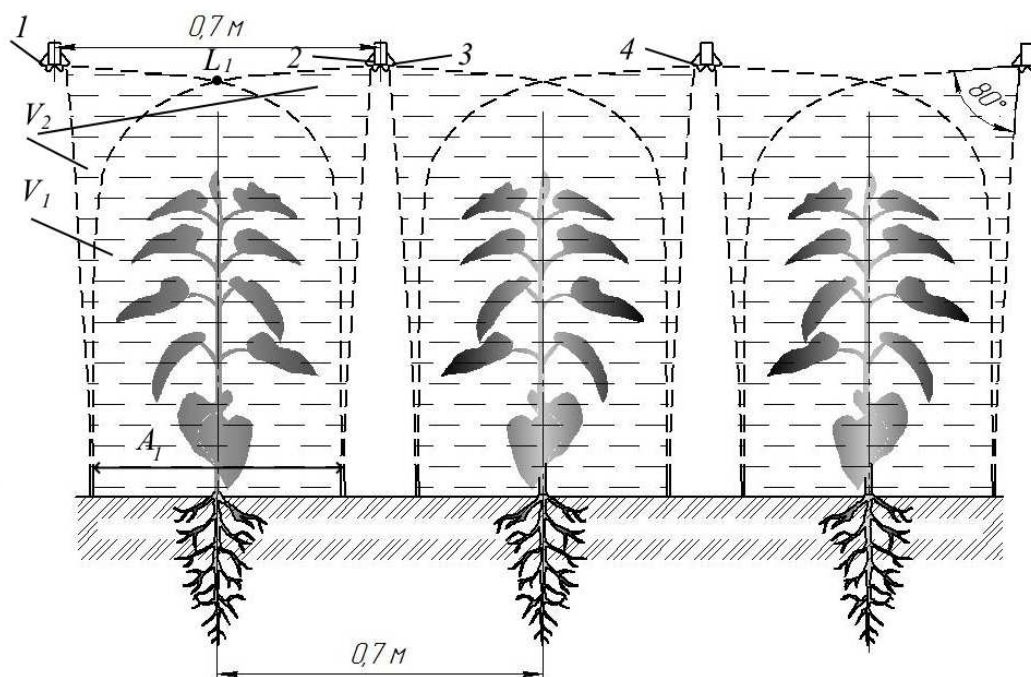


Рисунок 5 - Технологический процесс полосового опрыскивания

Как видно из рисунка, весь распыляемый объем V_2 рабочего раствора от двух форсунок, преобразовывается в объем V_1 . Данный объем V_1 формируется проекцией абриса растений на почву (зона шириной A_1).

Инновационный способ бокового распыла позволяет преобразовывать сливающиеся потоки V_2 от встречных форсунок в новый V_1 , с лучшими характеристиками по стабильности на горизонтальной плоскости. В результате применения предлагаемого способа опрыскивания удастся избежать существенного влияния вертикальных колебаний штанги на постоянство распределения (плотности) рабочего раствора, вносимого на объект опрыскивания.

Отличительной особенностью технологического процесса полосового опрыскивания является отсутствие зон объема V_T и/или V_3 . Объем повышенной концентрации рабочего раствора заключен в зоне, образуемой пересечением соседних потоков ниже точки слияния L_1 (объем V_1). Очевидно, что плотность распределения рабочего раствора соответствующего объема V вылива на плоскости требуемой зоны

воздействия шириною A будет наибольшая для предлагаемого способа полосового опрыскивания.

Относительно технологии сплошного опрыскивания на рисунке 2, объем рабочего раствора, вносимый при полосовом способе химической обработки, сформировался путем переноса не продуктивного расхода рабочего раствора с междурядья (зоны объема V_T) на объект обработки (зоны объема V_I). Кроме того, изменение траектории движения капель при столкновении обеспечивает хаотичность их движения, что вызывает улучшение качественных показателей опрыскивания при обработке тыльной стороны листьев и стебля объекта обработки без применения дополнительного оборудования [6,7].

В результате исследования обоснованы технологические отличия и выделены преимущества нового способа нанесения рабочего раствора на объект обработки [24]. В процессе исследования выявлены слабые места способа сплошной обработки химикатами при обработке от болезней и вредителей и питания по листу, а также доказаны технологические преимущества технологии полосовой химической обработки с точки зрения повышения экологической безопасности и качественных преимуществ эффекта 3-D эффекта обволакивания растения рабочим раствором. Кроме того, разработанное техническое решение позволяет оперативно настраивать опрыскиватель как на технологию сплошного, так и полосового опрыскивания.

Список использованных источников.

1. Belousov S.V. Methods and means of concentrated fertilizers plication Belousov S.V., Khanin Y.V., Zhadko V.V. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020 - Machine Science, Mechanization, Auotomatization and Robotics" 2020. С. 052050.

2. Meznikova, M. V. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliev, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP

Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>

3. Fuglie, K.O (1999) Conservation Tillage and Pesticide Use in the Cornbelt. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(1), 133–147

4. Palapin, A.V., & Belousov, S.V. (2016) Modern approach to chemical protection of plants. *British Journal of Innovation in Science and Technology*, 3, 13-24

5. Белоусов С.В. Химическая защита посадок картофеля / Белоусов С.В., Ханин Ю.В. В сборнике: Наука, образование, молодежь: горизонты развития. Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.П. Масюткина, науч. редактор Т.Н. Попова. 2021. С. 121-125.

6. Борисенко И.Б. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника / И.Б. Борисенко. М.В. Мезникова, Е.И. Улыбина [Текст] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2020. - № 4 (60). - С. 340 – 349.

7. Борисенко, И.Б. Качественные показатели опрыскивания при применении способа полосовой химической обработки подсолнечника / И.Б. Борисенко. М.В. Мезникова, Е.И. Улыбина [Текст] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2021. - № 2 (62). - С. 338 – 347.

8. Бородычев, В.В. Исследование насадки с малоэнергоёмким искусственным дождем / В.В. Бородычев, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов и др. // Научная жизнь. – 2016. - №2. – С.50 - 57.

9. Гуреев, И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы: Практическое руководство / И.И. Гуреев // Печатный город. -2011. - Россия, Москва.

10. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2020 году»/ Ред. колл.: Е.П. Православнова [и др.]; комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Ижевск: ООО «Принт», 2021. – 300 с.

11. Иванов, А.Ю. Битва за климат: Углеродное фермерство как ставка России / А.Ю. Иванов, Н.Д. Дурманов // Издательство Высшей школы экономики. – 2021. - Россия, Москва.

12. Кретинин, В.М. Агролесомелиорация почв / Волгоград: ВНИИАЛМИ, 2009. – 298 с.

13. Кулик К.Н. Красная книга почв Волгоградской области / К.Н. Кулик, В.М. Кретинин, А.С. Рулев, В.М. Шишкунов // Печать-2. -2017. - Россия, Ижевск.

14. Медведев, Г. А. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области / Г. А. Медведев, Н. Г. Екатериничева, А. В. Ткаченко [Текст] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. - 2020. - № 3 (59). - С. 116 – 124

15. Мельник, В.И. Эволюция систем земледелия - взгляд в будущее / В.И. Мельник // Земледелие. – 1. – 2015. - С. 8-12.

16. Помеляйко, С.А., & Белоусов, С.В. (ред.). (2017) Materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I.S. Kosenko. Научное обеспечение агропромышленного комплекса, Краснодар, Россия

17. Ударцева, О. В. Геоэкологические подходы к устойчивому развитию / О. В. Ударцева // Философия, методология, история знаний: тр. Сиб. ин-та знанияведения. – Барнаул : Изд-во АГУ, 2009. – Вып. 7. – С. 113-117.

18. Ударцева, О. В. Методология системного экологического мониторинга концентраций пестицидов в почве / О. В. Ударцева // Современный научный вестник. – 2012. – № 25(137). – С. 97-100.

19. Ударцева, О.В. Анализ основных критериев обеспечения экологической безопасности процесса распыления пестицидов / О.В. Ударцева // Fundamental and applied science. - Materials of the XI international research and practice conference // Volume 15. Ecology. Geography and geology. Sheffield. Science and education LTD, 2014. – С.21-26

20. Чурзин, В. Н. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства чернозема южного и урожайность гибридов подсолнечника / В. Н. Чурзин, А. О. Дубовченко [Текст] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. - 2020. - № 3 (59). - С. 181 – 189

21. Чурзин, В. Н. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области / В.Н. Чурзин, А. О. Дубовченко [Текст] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. - 2020. - № 1 (57). - С. 158 – 16

22. Шишкунов, В.М. Оценка степени загрязнения почв в местах размещения отходов / В.М. Шишкунов, В.Е. Сидоров, М.А. Мытарев // *Агрохимический вестник*. – 2009. - №2 – с.19-20

23. Щукин, С. В. Оценка действия энергосберегающих технологий основной обработки почвы на содержание органического вещества и агрофизические показатели плодородия / С. В. Щукин, Е. А. Горнич, А. М. Труфанов, А. Н. Воронин [Текст] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. - 2019. - № 4 (56). - С. 119 – 167.

24. Пат. 2709762 Российская Федерация, МПК А01М 7/00, А01С 23/02 Способ полосовой химической обработки растений / Борисенко И.Б., Овчинников А.С., Чамурлиев О.Г., Филин В.И., Мезникова М.В., Улыбина Е.И., Лама П.Ф., Патрика Б., Вачугов С.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. № 2019102345; заявл. 28.01.19; опубл. 19.12.19, Бюл. № 35. - 7 с.

References

1. Belousov S.V. Methods and means of concentrated fertilizers application Belousov S.V., Khanin Y.V., Zhadko V.V. V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020 - Machine Science, Mechanization, Auotomatization and Robotics" 2020. S. 052050.

2. Meznikova, M. V. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliev, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>

3. Fuglie, K.O (1999) Conservation Tillage and Pesticide Use in the Cornbelt. Journal of Agricultural and Applied Economics, 31(1), 133–147

4. Palapin, A.V., & Belousov, S.V. (2016) Modern approach to chemical protection of plants. British Journal of Innovation in Science and Technology, 3, 13-24

5. Belousov S.V. Ximicheskaya zashhita posadok kartofelya / Belousov S.V., Xanin Yu.V. V sbornike: Nauka, obrazovanie, molodezh': gorizonty` razvitiya. Sbornik trudov po materialam Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod obshhej redakciej E.P. Masyutkina, nauch. redaktor T.N. Popova. 2021. S. 121-125.

6. Borisenko I.B. Nauchny`e aspekty` texnicheskoj modernizacii opry`skivatelej dlya ximicheskoy zashhity` podsolnechnika / I.B. Borisenko, M.V. Meznikova, E.I. Uly`bina [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2020. - № 4 (60). - S. 340 – 349.

7. Borisenko, I.B. Kachestvenny`e pokazateli opry`skivaniya pri primenenii sposoba polosovoj ximicheskoy obrabotki podsolnechnika / I.B. Borisenko, M.V. Meznikova, E.I. Uly`bina [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2021. - № 2 (62). - S. 338 – 347.

8. Borody`chev, V.V. Issledovanie nasadki s maloe`nergoemkim iskusstvenny`m dozhdem / V.V. Borody`chev, A.E. Novikov, M.I. Filimonov i dr. // Nauchnaya zhizn`. – 2016. - №2. – S.50 - 57.

9. Gureev, I.I. Sovremenny`e texnologii vozdel`vaniya i uborki saxarnoj svekly`: Prakticheskoe rukovodstvo / I.I. Gureev // Pechatny`j gorod. -2011. - Rossiya, Moskva.

10. Doklad «O sostoyanii okruzhayushhej srede` Volgogradskoj oblasti v 2020 godu»/ Red. koll.: E.P. Pravoslavnova [i dr.]; komitet prirodny`x resursov, lesnogo xozyajstva i e`kologii Volgogradskoj oblasti. – Izhevsk: ООО «Print», 2021. – 300 s.

11. Ivanov, A.Yu. Bitva za klimat: Uglerodnoe fermerstvo kak stavka Rossii / A.Yu. Ivanov, N.D. Durmanov // Izdatel`stvo Vy`sshej shkoly` e`konomiki. – 2021. - Rossiya, Moskva.

12. Kretinin, V.M. Agrolesomeliaciya pochv / Volgograd: VNIIALMI, 2009. – 298 s.

13. Kulik K.N. Krasnaya kniga pochv Volgogradskoj oblasti / K.N. Kulik, V.M. Kretinin, A.S. Rulev, V.M. Shishkunov // Pechat`-2. -2017. - Rossiya, Izhevsk.

14. Medvedev, G. A. E`ffektivnost` innovacionny`x sistem vozdel`vaniya podsolnechnika na yuzhny`x chernozemax Volgogradskoj oblasti / G. A. Medvedev, N. G. Ekaterinicheva, A. V. Tkachenko [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2020. - № 3 (59). - S. 116 – 124

15. Mel`nik, V.I. E`volyuciya sistem zemledeliya - vzglyad v budushhee / V.I. Mel`nik // Zemledelie. – 1. – 2015. - S. 8-12.

16. Pomelyajko, S.A., & Belousov, S.V. (red.). (2017) Materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I.S. Kosenko. Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa, Krasnodar, Rossiya

17. Udarceva, O. V. Geoe`kologicheskie podxody` k ustojchivomu razvitiyu / O. V. Udarceva // Filosofiya, metodologiya, istoriya znaniy: tr. Sib. in-ta znanievedeniya. – Barnaul : Izd-vo AGU, 2009. – Vy`p. 7. – S. 113-117.

18. Udarceva, O. V. Metodologiya sistemnogo e`kologicheskogo monitoringa koncentracij pesticidov v pochve / O. V. Udarceva // Sovremenny`j nauchny`j vestnik. – 2012. – № 25(137). – S. 97-100.

19. Udarceva, O.V. Analiz osnovny`x kriteriev obespecheniya e`kologicheskoy bezopasnosti processa raspy`leniya pesticidov / O.V. Udarceva // Fundamental and appliedscience. - Materials of the XI international researchand practice conference // Volume 15. Ecology. Geography and geology. Sheffield. Science and education LTD, 2014. – S.21-26

20. Churzin, V. N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki na vodno-fizicheskie svojstva chernozema yuzhnogo i urozhajnost` gibridov podsolnechnika / V. N. Churzin, A. O. Dubovchenko [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2020. - № 3 (59). - S. 181 – 189

21. Churzin, V. N. Urozhajnost` gibridov podsolnechnika v zavisimosti ot vlagoobespechennosti posevov na chernozemax Volgogradskoj oblasti / V.N. Churzin, A. O.

Dubovchenko [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2020. - № 1 (57). - S. 158 – 16

22. Shishkunov, V.M. Ocenka stepeni zagryazneniya pochv v mestax razmeshheniya otkhodov / V.M. Shishkunov, V.E. Sidorov, M.A. My`tarev // Agroximicheskij vestnik. – 2009. - №2 – s.19-20

23. Shhukin, S. V. Ocenka dejstviya e`nergoberegayushhix texnologij osnovnoj obrabotki pochvy` na sodержanie organicheskogo veshhestva i agrofizicheskie pokazateli plodorodiya / S. V. Shhukin, E. A. Gornich, A. M. Trufanov, A. N. Voronin [Tekst] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. - 2019. - № 4 (56). - S. 119 – 167.

24. Pat. 2709762 Rossijskaya Federaciya, MPK A01M 7/00, A01S 23/02 Sposob polosovoj ximicheskoy obrabotki rastenij / Borisenko I.B., Ovchinnikov A.S., Chamurliev O.G., Filin V.I., Meznikova M.V., Uly`bina E.I., Lama P.F., Patrika B., Vachugov S.Yu.; zayavitel` i patentoobladatel` FGBOU VO Volgogradskij GAU. № 2019102345; zayavl. 28.01.19; opubl. 19.12.19, Byul. № 35. - 7 s.