

УДК 631.348.45:378.245

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ РАСТИТЕЛЬНЫЙ СЛОЙ

Т.П. КОТ¹, к.т.н., e-mail: miau.cot2015@yandex.ru, тел.: +37529-111-33-61

И.С. КРУК¹, к.т.н.,

О.В. ГОРДЕЕНКО², к.т.н.,

С.Н. ГЕРУК³, к.т.н.

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

³Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

РЕЗЮМЕ

Цель исследований – исследовать воздействие воздушного потока на растительный слой с целью определения необходимой его скорости, при которой обеспечивается эффективное шевеление и поворот листьев растений для их равномерного покрытия каплями рабочего раствора пестицида.

Методика исследований. Теоретические исследования проводились на основе законов аэродинамики и механики; экспериментальные исследования – по частным методикам, разработанным согласно общепринятым методикам на модели воздухораспределительной системы опрыскивателя объемного действия.

Результаты исследований. В результате проведения исследований было установлено, что:

1. При истечении из воздухораспределительного рукава опрыскивателя объемного действия воздушный поток, образующийся после слияния независимых воздушных струй, направленный строго вертикально вниз, встречаясь с растениями, оказывает на них обжимающее действие (облицующий эффект). Вместо эффективного шевеления, поворота листьев и отклонения стеблей растений наблюдалась обратная картина: листья под действием скоростного

воздушного потока плотно прижимались к стеблям, что в реальных условиях опрыскивания делает доступ капель рабочего раствора пестицида к нижнему и среднему ярусам растений практически невозможным.

2. Максимально допустимая скорость направленного на растительный слой воздушного потока $\mathcal{V}_{\max_{\text{доп}}}$, при которой не происходит повреждений растений, составляет 15 м/с.

3. Поворот листьев в нижнем ярусе растений осуществляется до скорости 5 м/с. При меньших скоростях воздушного потока происходит только шевеление листьев.

4. Наиболее эффективным углом наклона выпускных насадок воздухораспределительной системы опрыскивателя объемного действия является угол 25–30° к вертикальной плоскости.

Выводы. Максимального эффекта проникновения рабочего раствора пестицида вглубь растений можно достичь создав эффективное силовое воздействие направленного воздушного потока на растения, при котором осуществляется шевеление и поворот листьев.

Ключевые слова: опрыскиватель объемного действия, воздушный поток, воздухораспределительная система, выпускные насадки, облицующий эффект.

INVESTIGATION OF THE PROCESS AIRFLOW THROUGH THE VEGETATION LAYER

T.P. KOT¹, Candidate of Technical Sciences, e-mail: miau.cot2015@yandex.ru, +37529-111-33-61,

I.S. KRUK¹, Candidate of Technical Sciences.,

O.V. GORDEENKO², Candidate of Technical Sciences,

S.N. GERUK³, Candidate of Technical Sciences

¹Belarusian state agrarian technical university

²Belarusian state academy of agriculture

³National scientific centre «institute for agricultural engineering and electrification»

SUMMARY

The purpose of research – to investigate the impact of air flow on the vegetation layer to determine whether the rate of air flow, which will ensure the effective stirring and turning the leaves of plants to their uniform coverage drops of a working solution of pesticides.

Methodology of research. Theoretical studies were based on the laws of aerodynamics and mechanics; pilot studies – Private technique, developed in accordance with a common method to model air distribution system sprayer volumetric.

The results of research. As a result of research it was found that:

1. After the expiry of the air distribution hose sprayer volumetric air flow formed after the merger of independent air jets directed straight down, meeting with the plants, providing them crimped action. Instead, effective perturbations, Turning leaves and stems of plants observed deviation reverse pattern:

leaves by the high speed air flow tightly against the stem that in real terms the spray droplets makes access working solution pesticides the lower and middle parts of plants is almost impossible.

2. The maximum speed Assume aimed at vegetation layer of air flow, in which there is no damage to the plants is 15 m/s.

3. Rotation of leaf in the lower tier of plants operating until the speed of 5 m / s. At lower speeds, the air flow occurs only stir the leaves.

4. The most effective angle of inclination of the discharge nozzle of the sprayer air distribution system is volumetric angle 25-30° to the vertical plane.

Conclusions: The maximum effect penetration depth of the working solution pesticides plants can achieve the power to create effective impact on the direction of air flow in which the plant is carried out stirring and turning leaves.

Key words: sprayer volumetric air flow, air distribution system, the exhaust nozzle.

УДК 631.348.45: 378.245

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОХОДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ КРІЗЬ РОСЛИННИЙ ШАР

Т.П. КОТ¹, к.т.н., e-mail: miau.cot2015@yandex.ru, тел.: +37529-111-33-61

І.С. КРУК¹, к.т.н.,

О.В. ГОРДІЄНКО², к.т.н.,

С.М. ГЕРУК³, к.т.н.

¹*УО «Білоруський державний аграрний технічний університет»*

²*УО «Білоруська державна сільськогосподарська академія»*

³*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

РЕЗЮМЕ

Мета досліджень – дослідити вплив повітряного потоку на рослинний шар з метою визначення необхідної його швидкості, при якій забезпечується ефективне ворухіння і повертання листя рослин для їх рівномірного покриття краплями робочого розчину пестициду.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження проводились на основі законів аеродинаміки і механіки; експериментальні дослідження – за приватними методиками, розробленими згідно загальноприйнятими методиками на моделі повітророзподільної системи обприскувача об'ємної дії.

Результати досліджень. У результаті проведення досліджень було встановлено, що:

1. При витіканні з повітророзподільного рукава обприскувача об'ємної дії повітряний

струмінь, що утворюється після злиття незалежних повітряних струменів, спрямований чітко вертикально вниз, натикаючись на рослини, чинить на них обгорткову дію (облягаючий ефект). Замість ефективного ворухіння, повертання листя і відхилення стебел рослин спостерігалася зворотна картина: листя під дією швидкісного повітряного струменя щільно притискалися до стебел, що в реальних умовах обприскування робить доступ крапель робочого розчину пестициду до нижнього і середнього ярусів рослин практично неможливим.

2. Максимально допустима швидкість спрямованого на рослинний шар повітряного струменя, при якій не відбувається ушкоджень рослин, становить 15 м / с.

3. Поворот листя в нижньому ярусі рослин здійснюється до швидкості 5 м / с. При менших швидкостях повітряного струменя потоку відбувається тільки ворухіння листя.

4. Найбільш ефективним кутом нахилу випускних насадок повітродозподільної системи обприскувача об'ємної дії є кут 25-30 ° до вертикальної площини.

Висновки. Максимального ефекту проникнення робочого розчину пестициду вглиб рослин можна досягти, створивши ефективний силовий

вплив спрямованого повітряного струменя на рослини, при якому здійснюється воружіння і повертання листя.

Ключові слова: обприскувач об'ємної дії, повітряний струмінь, повітродозподільна система, випускні насадки, облягаючий ефект.

ПРОБЛЕМА

Поражение растений болезнями, вредителями и сорной растительностью является одной из причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Потери урожайности при этом могут составлять 30-50 % и более [1,3,9,16-17,23,]. Сохранить урожайность сельскохозяйственных культур в этих условиях можно проведением комплекса мероприятий, включающих карантинные, агротехнические, механические, физические, химические, биологические и другие методы защиты.

В настоящее время наибольшее распространение получили химические методы защиты, к которым относятся протравливание, опрыскивание, опыливание, применение аэрозолей, фумигация.

Из существующих способов защиты растений при возделывании зерновых культур наиболее широко применяется опрыскивание, посредством которого вносят около 75% препаратов [1,16,21,26,27].

Анализ материалов зарубежных выставок дает возможность сделать вывод, что наиболее широко используются штанговые опрыскиватели.

В настоящее время на практике распространены щелевые распылители, работающие с широким размерным рядом образуемых капель – от 80 до 360 мкм. В реальных же условиях капли размером менее 80 мкм, содержание которых составляет около 5%, сносятся ветром или испаряются, не долетев до обрабатываемой поверхности. Капли размером свыше 350 мкм не удерживаются на листовой поверхности растений и скатываются с неё.

Существенно эффективнее инжекторные распылители. Они создают направленный поток пенных капель насыщенных воздушными пузырьками. Такие капли имеют размер 500 мкм и более. Соприкасаясь с обрабаты-

ваемой поверхностью, они лопаются и покрывают её тонкой пленкой. Это позволяет использовать препараты с минимальными потерями, так как пенные капли не скатываются с поверхности, а сносимые ветром мелкие капли при работе инжекторного распылителя отсутствуют [16-18, 21, 25, 28].

За предыдущие годы были разработаны технологии и технические средства, проведены исследования по совершенствованию распыляющих устройств, способов диспергирования жидкостей и внесения гербицидов Г.Н. Абрамовичем, А.В. Богдановым, В.С. Бурдом, В.Д. Василевским, И.С. Галус-товым, В.П. Гниломедовым, Ю.Ф. Дитякиным, В.Ф. Дунским, Б.Г. Копылко, А.М. Кобриным, Т.Н. Козиним, Н.В. Никитиным, Ф.И. Нуждовым, М.И. Небритским, Д.Г. Пажи, И.В. Шершабовым, М.И. Штеренталем и другими исследователями [1-5,10-14,16-18, 22, 25-28].

При возделывании полевых сельскохозяйственных культур предпочтение отдается наземному штанговому опрыскиванию как наиболее эффективному и безопасному. Несмотря на явные преимущества штангового опрыскивания (более высокую равномерность распределения рабочих растворов пестицидов и значительно меньший снос) проблема качественной обработки и при данном способе опрыскивания сельскохозяйственных культур остается нерешенной.

Традиционные штанговые опрыскиватели не удовлетворяют в полной мере требованиям, предъявляемым к опрыскивателям. Им присущи:

– 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 [16].

Главный же недостаток обычных полевых опрыскивателей заключается в том, что они не обеспечивают объемную обработку растений, то есть 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 80 %) [9]. Для проведения объемной обработки с помощью традиционных штанговых опрыскивателей для сплошной поверхностной обработки необходима норма вылива рабочей жидкости в 400–600 л/га [17]. При такой норме может быть достигнут определенный эффект от обработки за счет 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. Несостоятельность традиционного опрыскивания потребовала изыскания новых технологий химической защиты растений.

Наиболее перспективной на сегодняшний день является технология объемного опрыскивания, при которой максимальный эффект проникновения пестицида вглубь растений достигается сочетанием достаточно высокой дисперсности рабочей жидкости с отклоняющим растением и транспортирующим к ним капли воздушным потоком (рис. 1).



Рис.1. Принципиальная схема объемного опрыскивания

Fig.1. Schematic diagram of the volumetric spray

Объемные опрыскиватели 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 [18].

Несмотря на схожесть (всеобъемные опрыскиватели дооборудованы воздухо-распределительной системой, включающей один (два) вентилятора, (воздухораспределительные рукава), в них имеются отличия в конструктивных и кинематических параметрах: у одних выходные отверстия (насадки) воздухо-распределительной системы направлены вертикально вниз, у других – под углом. Кроме того, для обработки одних и тех же культур при одинаковой высоте расположения воздухо-распределительных систем над ними рекомендуются совершенно разные скорости направленного воздушного потока.

Поскольку очевидное обоснование этому отсутствует, возникают сомнения в том, что и те и другие обеспечивают одно и тоже качество объемной обработки. Это обуславливает необходимость проведения исследований.

Методика исследований. Основное назначение воздухо-распределительной системы объемных опрыскивателей – доставка капель рабочих растворов пестицидов к объекту обработки. При этом максимальный эффект обработки достигается при повороте и шевелении листьев обрабатываемых растений. В этом случае капли проникают вглубь растения и оседают как на верхней, так и на нижней стороне листьев.

Рассмотрим процесс прохождения направленного воздушного потока сквозь растительный слой [3,4,21]. В качестве модели слоя растений (рис. 2) принят плоский полупроницаемый слой толщиной A , на который направлена воздушная струя.

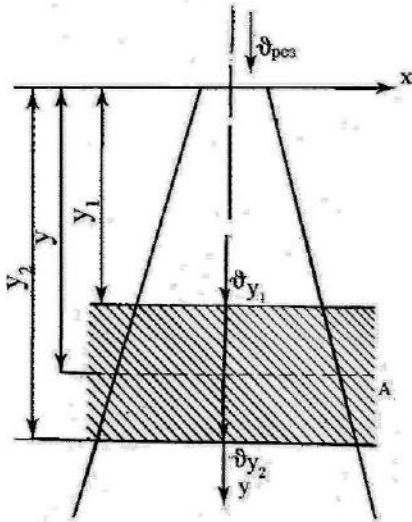


Рис. 2. Схема прохождения направленного воздушного потока сквозь полупроницаемый растительный слой [21]

Fig. 2. The scheme of passage of the air stream directed through the semi-permeable vegetation layer [21]

Набегающая часть струи ($0 < y < y_1$) существенно отличается от соответствующего участка невозмущенной струи лишь в непосредственной близости от слоя А, то есть как и в невозмущенной струе количество движения в набегающей части струи

$$K_0 = \text{const}_1.$$

В струе, прошедшей через слой А, ($y_2 < y$),

$$K_n = \text{const}_2 < K_0.$$

В полупроницаемом слое ($y_1 < y < y_2$) количество движения струи убывает. Принято, что убыль количества движения ΔK в малом элементе слоя пропорциональна объему этого элемента ΔV

$$\Delta K = \Delta V \cdot \xi \cdot \vartheta_{\text{рес}}^2 \cdot \rho_B \cdot t, \quad (1)$$

где ξ – величина, постоянная для всего слоя А, характеризующая степень его проницаемости («коэффициент проницаемости» растительного слоя), м^{-1} .

Убыль количества движения струи на участке протяженностью dy

$$dK = -\xi \cdot K dy. \quad (2)$$

При $y = y_1$, $K = K_0$. После интегрирования

$$K(y) = K_0 \cdot e^{-\xi \cdot (y - y_1)}, \quad (3)$$

и при $y > y_2$,

$$K_n(y) = \text{const}_2 = K_0 \cdot e^{-\xi \cdot (y_2 - y_1)}. \quad (4)$$

Для оценки распределения скоростей в струе, проходящей через слой А, принято, что в ней как и в невозмущенной струе, сохраняется подобие профилей скорости, и что эти профили приблизительно соответствуют уравнению профиля для основного участка невозмущенной струи.

Из принятого подобия профилей скорости следует прямолинейность границ струи.

Скорость струи при $y < y_1$

$$\vartheta_{y_1} \approx 0,22 - K_1.$$

Для участка $y_2 < y < y_1$

$$\vartheta_{y_2} = \vartheta_{y_1} \cdot e^{-\xi \cdot (y - y_1)}. \quad (4 \text{ a})$$

Расход воздуха для этого участка:

$$Q_2 = Q_1 \cdot e^{-\xi \cdot (y - y_1)}. \quad (5)$$

При $y = y_1$ $Q_2 \sim y_1$, то есть с увеличением y расход растет. Очевидно, что при $y \rightarrow \infty$, $Q \rightarrow 0$. Расход воздуха через поперечное сечение струи при увеличении y сначала растет, достигает максимума, затем убывает. Но уменьшение расхода воздуха в турбулентной струе физически невозможно: вследствие неразрывности течения и турбулентной диффузии расход воздуха с увеличением y может лишь возрастать. Поэтому принятые допущения о сохранении подобия профилей скорости оказываются физически возможными только при определенных ограничениях, а именно, при условии, что расход воздуха через сечение струи на участке ($y_2 < y < y_1$) растет с увеличением y [4].

Максимум расхода достигается при

$$\xi = \frac{2}{y_2 - y_1} = \frac{2}{\Delta \partial}, \quad (6)$$

где $\Delta \partial$ – толщина растительного слоя, м.

При $\frac{2}{\xi} \leq \Delta \partial$ критическая толщина

слоя становится равной нулю или приобретает отрицательные значения. Это означает, что при густом слое, достаточно

удаленном от начального сечения струи, струя уже не в состоянии преодолеть слой полностью. При этом через слой проходит часть струи, а часть растекается вдоль него в виде веера [22].

Для равномерной обработки листовой поверхности необходимо, чтобы воздушный поток, создаваемый воздухораспределительной системой объемного опрыскивателя, обеспечивал кроме транспортировки капель еще и эффект шевеления и поворота листьев. Для этого необходимо знать максимально и минимально эффективное силовое воздействие потока на растения. В нашем случае необходимо знать $\mathcal{G}_{\max_{дон}}$ – максимально допустимую скорость, при которой не повреждаются растения и $\mathcal{G}_{\min_{eff}}$ – минимально эффективную скорость, при которой достигается эффект поворота листьев.

Зная минимально эффективную скорость влияния потока на нижнюю зону растений, можем выразить необходимую скорость вхождения потока в растительный слой.

Для этого из формулы (5) выразим \mathcal{G}_{y_1} :

$$\mathcal{G}_{y_1} = \frac{\mathcal{G}_{y_2}}{e^{-\xi(y-y_1)}} = \frac{\mathcal{G}_{y_2}}{e^{-\xi\Delta\theta}}, \quad (7)$$

где \mathcal{G}_{y_2} – скорость потока в нижней зоне растительного слоя, м/с.

При этом должны выполняться следующие условия $\mathcal{G}_{y_2} \geq \mathcal{G}_{\min_{eff}}$, $\mathcal{G}_{y_1} \leq \mathcal{G}_{\max_{дон}}$.

Кроме того, скорость вхождения направленного воздушного потока в растительный слой должна быть больше скорости естественного ветра ($\mathcal{G}_{y_1} < \mathcal{G}_{ветра}$).

Были проведены опыты на натурной модели воздухораспределительной системы объемного опрыскивателя по определению максимально допустимой скорости воздействия воздушного потока на растения картофеля в фазе средней облиственности. На растения направлялся воздушный поток со

скоростями 10, 15, 17, 20 м/с. Фиксировалось количество поврежденных листьев.

Для определения минимально эффективной скорости воздушного потока $\mathcal{G}_{\min_{eff}}$, проводились замеры скоростей при прохождении потока сквозь растения, при этом начальные скорости вхождения воздушного потока в растение \mathcal{G}_{y_1} устанавливались соответственно 7, 9, 11, 13, 15 м/с.

При прохождении потока сквозь растения в каждом ярусе визуально фиксировался эффект поворота листьев. По полученным экспериментальным значениям скоростей определялся коэффициент проницаемости.

Результаты исследований. В результате проведения исследований было установлено, что при истечении из воздухораспределительного рукава воздушный поток, образующийся после слияния независимых воздушных струй, направленный строго вертикально вниз, встречаясь с растениями, оказывает на них обжимающее действие (облицующий эффект). Вместо эффективного шевеления, поворота листьев и отклонения стеблей растений наблюдалась обратная картина: листья под действием скоростного воздушного потока плотно прижимались к стеблям, что в реальных условиях опрыскивания делает доступ капель рабочего раствора пестицида к нижнему и среднему ярусам растений практически невозможным. В связи с этим были проделаны опыты с наклонными струями, в ходе которых было установлено, что наиболее эффективным углом наклона выпускных насадков является угол 25–30° к вертикальной плоскости [6].

В результате исследований было также установлено, что максимально допустимая скорость воздушного потока $\mathcal{G}_{\max_{дон}}$, при которой не происходит повреждений растений, составляет 15 м/с. Данные исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние максимальной скорости воздушного потока на растения картофеля

Table 1. The influence of the maximum air flow rate on potato plants

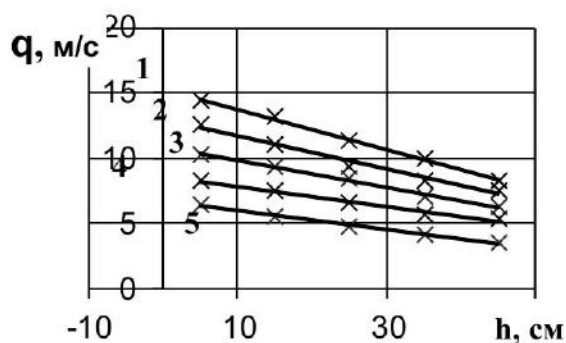
Номер опытного растения	Количество листьев на растении, шт.	Количество поврежденных листьев, (шт.) при скорости воздушного потока				
		10 м/с	15 м/с	16 м/с	17 м/с	20 м/с
1	72	–	–	6	24	43
2	79	–	–	4	19	47
3	65	–	–	5	21	38
4	76	–	–	3	26	36
5	68	–	–	5	15	45
6	71	–	–	4	23	43

Результаты исследований прохождения воздушного потока через растения при различных скоростях вхождения представлены в таблице 2 и на рис. 3.

Таблица 2. Средние скорости воздушного потока при прохождении через растения картофеля

Table 2. The average speed of the air flow passing through potato plants

Расстояние от вершины растения h , см	Средняя скорость прохождения воздушного потока через растительный слой \bar{q} , (м/с) при скорости вхождения воздушного потока в растения				
	15 м/с	13 м/с	11 м/с	9 м/с	7 м/с
5	14,37	12,53	10,35	8,3	6,37
15	13,12	10,99	9,43	7,46	5,53
25	11,42	9,42	8,42	6,52	4,78
35	9,91	8,35	6,98	5,73	4,16
45	8,35	7,48	6,22	5,08	3,27


Рис. 3. Изменение скорости воздушного потока по мере проникновения в растительный слой при начальных скоростях:

1 – 15 м/с; 2 – 13 м/с; 3 – 11 м/с; 4 – 9 м/с; 5 – 7 м/с

Fig. 3. Change the speed of the air stream as penetration into the vegetation layer when the initial velocity:

1 – 15 m/s; 2 – 13 m/s; 3 – 11 m/s; 4 – 9 m/s; 5 – 7 m/s

При проведении опытов было установлено, что поворот листьев в нижнем ярусе растений осуществляется до скорости 5 м/с. При меньших скоростях воздушного потока

происходило только шевеление листьев. Рассчитанный по формуле (6) коэффициент проницаемости ξ для картофеля в фазе средней облиственности составил 1,04–1,38 м⁻¹.

ВЫВОДЫ

1. Максимального эффекта проникновения и равномерного распределения рабочего раствора пестицида по всему объему растений можно достичь, создав эффективное силовое воздействие направленного воздушного потока на растения. При этом должны учитываться морфологические особенности конкретной культуры: при обработке определенной культуры должны подбираться оптимальные скоростные характеристики направленного воздушного потока, создаваемого воздухораспределительной системой объемного опрыскивателя. Так, для картофеля допустимая скорость вхождения направленного воздушного потока в растительный слой $q_{\max_{\text{дон}}}$, при которой не происходит повреждений растений, составляет 15 м/с, а

минимально эффективная скорость, при которой осуществляется поворот листьев в нижнем ярусе – 5 м/с.

2. Качество объемной обработки вегетирующих культур и энергоемкость 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, так как капли оседают только на верхней стороне листьев. Воздушный поток должен быть направлен под углом и обеспечивать поворот и активное шевеление листьев обрабатываемых растений. Наиболее эффективным углом наклона выпускных насадков является угол 25–30° к вертикальной плоскости.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Груздев Г.С., Зинченко В.А. и др. Химическая защита растений. – М.: Колос, 1980. – 448 с.
2. Дунский, В.Ф. Монодисперсные распылители для тракторного опрыскивателя. / В.Ф. Дунский, В.В. Никитин // Механизация и электрификация с.х. 1981. – №8. – с.24-27.
3. Дунский, В.Ф. Об опрыскивании растений воздушно-капельной струей. / В.Ф. Дунский, Л.М. Мондрус // Тракторы и сельхозмашины. -1973. №2. с.28-30.
4. Лысов, А.К. Совершенствование механизации опрыскивания растений. / А.К. Лысов // Защита и карантин растений, № 9, 2003. С. 38 -39
5. Абубикеров, В.А. Монодисперсный штанговый опрыскиватель. / В.А. Абубикеров, А.В. Богданов, Н.В. Никитин // Защита растений. 1983. №12. С. 36-38.
6. Степук Л.Я., Литвинова Т.П. Совершенствование конструкции объемного опрыскивателя типа «AIR PLUS» // Агропанорама. – 2000. – № 1. – С. 23–25.
7. Савушкин, С.Н. Опрыскиватели. / С.Н. Савушкин, В.А. Вялых // Защита и карантин растений.- 2003.- №2.- с. 37-39.
8. Сушко, И.И. Тенденция развития машин для защиты растений. / И.И. Сушко, Е.А. Барыш // Защита и карантин растений №12. М., 2002.-С. 30-33.
9. Новое в механизации защиты растений / Я.К.Омелюх, Е.А.Барыш, Т.В.Троцюк // Защита растений. – 1986. – № 10. – С. 52–54.
10. Балашов, Е.В. Исследование неустановившегося движения одиночных капель жидкости в газовом потоке. / Е.В. Балашов, А.Н. Плановский, А.П. Фокин // Теоретические основы химической промышленности. 1968. – Т.2. – №4.
11. Бородин, В.А. Распыливание жидкостей. / В.А. Бородин, Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко, В.И. Ягодкин М.: Машиностроение, 1967. – 263 с.
12. Бородин, В.А. О дроблении сферической капли в газовом потоке / В.А. Бородин, Ю.Ф. Дитякин, В.И. Ягодкин // Прикладная и техническая физика. 1962. -№1.
13. Братута, Э.Г. Обобщенная функция распределения объема капель по размерам. / Э.Г. Братута, А.Р. Переселков // Изв. вузов. Энергетика. -1978. -№3.
14. Лышевский, А.С. Движение жидких капель в газовом потоке. / А.С. Лышевский // Изв. вузов. Энергетика. 1963. – №7.
15. Матвеев, Л.Т. К вопросу распределения скорости ветра в приграничном слое атмосферы и определению параметров турбулентного обмена. / Л.Т. Матвеев // Метеорология и гидрология, 1949, №3.- с. 123-128.
16. Крук И.С. Повышение эффективности химической защиты посадок картофеля от сорняков усовершенствованием культиватора-опрыскивателя: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Горки, 2001. – 133 с.
17. Ловкис З.В., Дорофейчик Д.М., Крук И.С. Объемная обработка картофельного куста против болезней и вредителей – залог получения высоких урожаев // Наука производству: Материалы четв. межд. науч.-практ. конф., Гродно, май 2001 г. / Мин-во сельск. х-ва и прод. Респ. Беларусь. Гродн. с.-х. ин-т. – Гродно, 2001. – ч. 1. – с. 265.
18. Кот Т.П. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей: Дис. ... к.т. наук: 05.20.01. – Минск, 2006. – 152 с.
19. Дунский В.Ф., Мондрус Л.М. Об опрыскивании растений воздушно-капельной струей // Тракторы и сельхозмашины. – 1973. – № 2. – С. 28–30.
20. Лысов А.К. Средства механизации и методы, улучшающие технологию применения пестицидов в защищенном грунте: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Ленинград–Пушкин, 1983. – 204 с.
21. Мондрус Л. М. Исследование некоторых элементов процесса опрыскивания растений воздушно-капельными струями: Дис. ... канд. техн. наук:05.20.01. – Москва, 1971. – 186 с.
22. Лысов А.К. Средства механизации и методы, улучшающие технологию применения пестицидов в защищенном грунте: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Всесоюзн. научн.-

исслед. ин-т защиты растений. – Ленинград–Пушкин, 1983. – 16 с.

23. Лепехин, Н.С. Результаты испытаний штанговых УМО опрыскивателей. / Н.С. Лепехин, В.Я. Горбач // В кн.: Аэрозоли в защите растений.- М.: Колос, 1982.

24. Ellis M.C.B., Swan T., Miller P.C.H., Waddelow S., Bradley A., Tuck C.R. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles // Biosystems Engg.-2002.-Vol.82,N 3.-P. 289-296.-Англ.-Bibliogr.: p.295-296

25. Panneton B. Geometry and performance of a rotary cup atomizer // Appl. Engg in Agr.-2002.-Vol. 18,N 4.-P. 435-441.-Англ.-Bibliogr.: p.440-441.

26. Smith, D.B. Broadcast spray deposits from fan nozzles / D.B. Smith, D. Oakley, D. Williams, A. Kirkpatrick // Appl. Engg in Agr. 2000. – Vol.16. – №2. -p. 109-113.

27. Swensson, S.A. Converging air jets in orchard spraying. Influence on deposition, air velocities and forces on trees: Doctoral thesis / S.A. Swensson. -Alnarp., 2001.- 106p.

28. Tian, L. Dynamic deposition pattern simulation of modulated spraying / L.Tian, J. Zheng // Trans. ASAE. St. Joseph (Mich.). – 2000. – Vol.43 – №1. – p. 5-11.

REFERENCES

1. Gruzdev G.S., Zinchenko V.A. i dr. Himicheskaja zashhita rastenij. – М.: Kolos, 1980. – 448 s.

2. Dunskej, V.F. Monodispersnye raspyliteli dlja traktornogo opryskivatelja. / V.F. Dunskej, V.V. Nikitin // Mehanizacija i jelek-trifikacija s.h. 1981. – №8. – s.24-27.

3. Dunskej, V.F. Ob opryskivanii rastenij vozdušno-kapelnoj struej. / V.F. Dunskej, L.M. Mondrus // Traktory i selhozmashiny. -1973. №2. s.28-30.

4. Lysov, A.K. Sovershenstvovanie mehanizacii opryskivanja rastenij. / A.K. Lysov // Zashhita i karantin rastenij, № 9, 2003. S. 38 -39

5. Abubikerov, V.A. Monodispersnyj shtangovyj opryskivatel. / V.A. Abubikerov, A.B. Bogdanov, N.V. Nikitin // Zashhita rastenij. 1983. №12. S. 36-38.

6. Stepuk L.Ja., Litvinova T.P. Sovershenstvovanie konstrukcii obemnogo opryskivatelja tipa «AIR PLUS» // Agropanorama. – 2000. – № 1. – S. 23–25.

7. Savushkin, S.N. Opryskivately. / S.N. Savushkin, V.A. Vjalyh // Za-shhita i karantin rastenij.- 2003.- №2.- s. 37-39.

8. Sushko, I.I. Tendencija razvitija mashin dlja zashhity rastenij. / I.I. Sushko, E.A. Barysh // Zashhita i karantin rastenij №12. М., 2002.-S. 30-33.

9. Novoe v mehanizacii zashhity rastenij / Ja.K.Omeljuh, E.A.Barysh, T.V.Trocjuk // Zashhita rastenij. – 1986. – № 10. – S. 52–54.

10. Balashov, E.V. Issledovanie neustanovivshegosja dvizhenija odinochnyh kapel zhidkosti v gazovom potoke. / E.V. Balashov, A.N. Planovskij, A.P. Fokin // Teoreticheskie osnovy himicheskij promyshlennosti. 1968. – T.2. – №4.

11. Borodin, V.A. Raspylivanie zhidkostej. / V.A. Borodin, Ju.F. Ditjakin, L.A. Kljachko, V.I. Jagodkin М.: Mashinostroenie, 1967. – 263 s.

12. Borodin, V.A. O droblenii sfericheskoj kapli v gazovom potoke / V.A. Borodin, Ju.F. Ditjakin, V.I. Jagodkin // Prikladnaja i tehniche-skaja fizika. 1962. -№1.

13. Bratuta, Je.G. Obobshhennaja funkcija raspredelenija obema kapel po razmeram. / Je.G. Bratuta, A.R. Pereselkov // Izv. vuzov. Jenergetika. - 1978. -№3.

14. Lyshevskij, A.C. Dvizhenie zhidkih kapel v gazovom potoke. / A.C. Lyshevskij // Izv. vuzov. Jenergetika. 1963. – №7.

15. Matveev, L.T. K voprosu raspredelenija skorosti vetra v prigranichnom sloe atmosfery i opredelenie parametrov turbulentnogo obmena. / L.T. Matveev // Meteorologija i gidrologija, 1949, №3.- s. 123-128.

16. Kruk I.S. Povyshenie jeffektivnosti himicheskij zashhity posadok kartofelja ot sornjakov usovershenstvovaniem kultivatora-opryskivatelja: Dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01. – Gorki, 2001. – 133 s.

17. Lovkis Z.V., Dorofejchik D.M., Kruk I.S. Obemnaja obrabotka kartofelnogo kusta protiv boleznij i vreditelej – zalog poluchenija vysokih urozhaev // Nauka proizvodstvu: Materialy четв. mezhd. nauch.-prakt. konf., Grodno, maj 2001 g. / Min-vo selsk. h-va i prod. Resp. Belarus. Grodn. s.-h. in-t. – Grodno, 2001. – ch. 1. – s. 265.

18. Kot T.P. Povyshenie jeffektivnosti obrabotki vegetirujushhij kultur obosnovaniem parametrov vozduhoraspredelitelnoj i gidravlicheskoj sistem shtangovyh opryskivateljev: Dis. ... k.t. nauk: 05.20.01. – Minsk, 2006. – 152 s.

19. Dunskej V.F., Mondrus L.M. Ob opryskivanii rastenij vozdušno-kapelnoj struej // Traktory i selhozmashiny. – 1973. – № 2. – S. 28–30.

20. Lysov A.K. Sredstva mehanizacii i metody, uluchshajushhie tehnologiju primenenija pesticidov v zashhishhennom grunte: Dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01. – Leningrad–Pushkin, 1983. – 204 s.

21. Mondrus L. M. Issledovanie nekotoryh jelementov processa opryskivanja rastenij vozdušno-kapelnymi strujami: Dis. ... kand. tehn. nauk:05.20.01. – Moskva, 1971. – 186 s.

22. Lysov A.K. Sredstva mehanizacii i metody, uluchshajushhie tehnologiju primenenija pesticidov v zashhishhennom grunte: Avtoref. dis. ... kand. tehn.

nauk: 05.20.01 / Vsesojuzn. nauchn.-issled. in-t zashhity rastenij. – Leningrad–Pushkin, 1983. – 16 s.

23. Lepehin, N.S. Rezultaty ispytaniy shtangovyh UMO opryskivatelyj. / N.S. Lepehin, V.Ja. Gorbach // V kn.: Ajerzoli v zashhite rastenij, -M.: Kolos, 1982.

24. Ellis M.C.B., Swan T., Miller P.C.H., Waddelow S., Bradley A., Tuck C.R. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles // Biosystems Engg.-2002.-Vol.82,N Z.-R. 289-296.-Angl.-Bibliogr.: p.295-296

25. Panneton B. Geometry and performance of a rotary cup atomizer // Appl. Engg in Agr.-2002.-Vol. 18,N 4.-P. 435-441.-AHrji.-Bibliogr.: p.440-441.

26. Smith, D.B. Broadcast spray deposits from fan nozzles / D.B. Smith, D. Oakley, D. Williams, A. Kirkpatrick // Appl. Engg in Agr. 2000. – Vol.16. – №2. -p. 109-113.

27. Swensson, S.A. Converging air jets in orchard spraying. Influence on deposition, air velocities and forces on trees: Doctoral thesis / S.A. Swensson. -Alnarp., 2001.- 106p.

28. Tian, L. Dynamic deposition pattern simulation of modulated spraying / L.Tian, J. Zheng // Trans. ASAE. St. Joseph (Mich.). – 2000. – Vol.43 – №1. – p. 5-11.