

пользования распыленной жидкости определяется только высотой его установки над обрабатываемой поверхностью.

По показателям качества опрыскивания (дисперсионный состав, равномерность отложения по ширине ленты, густота покрытия обрабатываемого объекта) для внесения гербицидов по верхней поверхности гребня рекомендуются распылители: TP40015E «Тееjet», 30НСХЗ «Ligmark» (высота установки над обрабатываемой поверхностью: 0,3-0,4 м; рабочее давление 0,2-0,3 МПа); РОК-0.6; РОК-0.9 (высота установки над обрабатываемой поверхностью 0,15-0,2 м; рабочее давление 0,2-0,3 МПа).

#### Литература

1. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Горки, 2004. - 169с.

2. 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.

Кандидаты технических наук  
О.В.Гордеенко (БГСХА, г. Горки, Беларусь), И.С.Крук,  
инженер Танана А.А. (БГАТУ,  
г. Минск, Беларусь)

#### ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОСАДОК ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР ОТ СОРНЯКОВ

Для поддержания посадок в чистом от сорняков состоянии в технологиях возделывания пропашных культур проводится комплекс механических и химических обработок. При этом значительное место в получении стабильных высоких урожаев отводится химическому методу борьбы с сорняками. Однако широкое применение гербицидов в сельском хозяйстве, а также высокая их стоимость,

вызывают необходимость внедрения прогрессивных способов химической защиты растений и разработки средств механизации, которые позволят уменьшить расход и потери препаратов, обеспечить безопасность их применения для окружающей среды, улучшить экологию агроландшафтов.

Перспективным направлением в технологии ухода за посадками (посевами) пропашных культур является ленточный способ внесения гербицидов, суть которого заключается в совместном проведении технологических операций рыхления междурядий и опрыскивания защитных зон гребней рабочим раствором. Применение данного способа позволяет сократить в 2-3 раза расход дорогостоящих препаратов и снизить опасность их накопления в конечной продукции растениеводства.

Экономическая и технологическая эффективность данного метода была подтверждена при использовании его в технологии ухода за посадками картофеля [1].

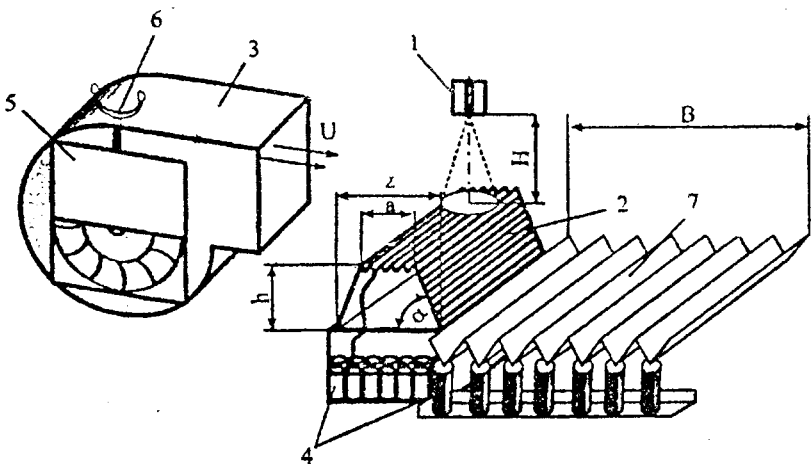


Рисунок 1 – Схема установки для изучения влияния ветра на качество опрыскивания защитной зоны гребня: 1 – распылитель; 2 – макет гребня; 3 – вентилятор; 4 – мерные цилиндры; 5 – заслонка; 6 – регулятор; 7 – дополнительная приемная поверхность; а – ширина верхней поверхности (0,2 м); h – высота макета (0,19 м); z – ширина основания (0,4 м);  $\alpha$  – угол наклона боковой поверхности ( $60^\circ$ )

Полученные результаты позволили сделать вывод о нецелесообразности проведения сплошного опрыскивания в сравнении с ленточным, так как затраты на дополнительный расход дорогостоящих препаратов не окупается прибылью, полученной от реализации прибавки к урожаю. Кроме того возникает дополнительное экологическое давление на окружающую среду. Эффективность применения пестицидов определяется техническим состоянием машины, умелой ее эксплуатацией, сроками, способами и качеством их внесения. Отклонение от сроков может быть вызвано ветреной погодой. Период внесения гербицидов ограничен агротехникой возделывания, которая допускает проведение опрыскивания сельскохозяйственных культур при скорости ветра до 5 м/с. При проведении технологических операций внесения гербицидов ленточным методом в ветреную погоду (при скорости ветра в агротехнически допустимых пределах) наиболее остро стоит проблема сноса капель распыленной рабочей жидкости воздушным потоком из зоны обработки. При этом гербицид сносится в междурядья, уже обработанные механически, что влечет за собой снижение эффективности химической обработки.

Для количественной оценки параметров сноса распыленной жидкости из зоны обработки была разработана и изготовлена лабораторная установка, включающая в себя опрыскиватель, макет объекта обработки, имеющий в поперечном сечении размеры реального гребня, и оборудование для изучения влияния ветра на качество опрыскивания защитной зоны.

Направленный воздушный поток создается центробежным вентилятором 3 установленным на валу электродвигателя мощностью 3,5 кВт с номинальной частотой вращения  $1450 \text{ мин}^{-1}$ . Скорость  $U$  потока воздуха изменяется дроссельным устройством, состоящим из заслонки 5 и регулятора 6. Винтовой механизм привода позволяет просто и достаточно точно регулировать скорость воздушного потока от 0,5 до 10 м/с, которая измеряется анемометром в зоне установки распылителя. Дополнительная приемная поверхность 7 установлена на одном уровне с приемной поверхностью макета гребня 2. Дополнительная поверхность набрана из желобков длиной 1,2 метра. Желобки в поперечном сечении представляют собой равносторонние треугольники со стороной 50 мм. Ширину  $V$  приемной поверхности можно изменять путем установки дополни-

тельных секций желобков. Объем жидкости, снесенный воздушным потоком за область, ограниченную поверхностью макета гребня и дополнительной приемной поверхностью, определяли как разность между объемом жидкости пролитой через распылитель и суммарным объемом жидкости в цилиндрах 4 за время опыта. Дальность сноса распыленной жидкости от границы защитной зоны в направлении воздушного потока определяли с помощью мерительной ленты (рулетки). Опыты проведены при скорости воздушного потока 0 - 7 м/с. В качестве исследуемых приняты шелевой TP400155E «Teejet», вихревой 30HCX3 «Lurmark» и центробежный РОК-0.6 распылители, обеспечивающие требуемый минутный расход для ленточного опрыскивания. Высота установки распылителя Н, ориентация факела распыла и давление Р в магистрали определяли для каждого типа распылителя, исходя из обеспечения заданного качества обработки при скорости ветра равной нулю. В результате исследований определено влияние скорости воздушного потока на процентное содержание жидкости, снесенной за границу защитной зоны в направлении дрейфа (табл. 1).


Анализ данных табл. 1 показывает, что при ленточном опрыскивании даже допустимая агротребованиями скорость воздушного потока оказывает значительное негативное влияние на качество обработки. Увеличение скорости воздушного потока свыше 5 м/с приводит к резкому увеличению объема жидкости, уносимой за пределы защитной зоны. Например, при скорости воздушного потока  $U=7$  м/с, из зоны обработки сносится до 77 % капель жидкости, генерируемых распылителем TP4005E. Учитывая то, что сносу в первую очередь подвержены капли малого диаметра, можно утверждать, что в защитной зоне оседают крупные капли, которые могут скатываться с обрабатываемой листовой поверхности, еще более ухудшая качество проводимых мероприятий.

Поэтому, при химической обработке защитной зоны растений ленточным способом необходимо использовать дополнительные устройства, позволяющие снизить потери рабочих растворов пестицидов и качественно выполнить технологический процесс опрыскивания, несмотря на возможное действие ветра.

Снизить потери рабочего раствора гербицидов при обработках в ветреную погоду можно применением различных распылителей

или защитой факела распыла специальными ветрозащитным устройствами.

Таблица 1 – Влияние направленного воздушного потока на снос распыленной жидкости

Тип распылителя и условия эксплуатации	Скорость воздушного потока U, м/с	Количество жидкости, осевшей в пределах контролируемой зоны, %				
		защитная зона 	0-0,2 м	0,2-0,5 м	0,5-1,0 м	>1,0 м
ТР40015Е «Teerjet»; P=0,3МПа; q=0,6 л/мин; H=0,4 м	0	92	8	-	-	-
	2	71,2	22,1	4,95	1,68	0,07
	3	66,6	19,6	8,4	4,2	1,2
	4	52	16,93	15,07	10,2	5,8
	5	34,1	20,2	19,2	17,2	9,3
	6	29,7	22,37	20,51	17,4	10,02
	7	22,7	26,34	21,72	18,04	11,2
30НСХЗ «Lurmark»; P=0,3МПа; q=0,199 л/мин; H=0,3 м	0	79,7	20,3	-	-	-
	2	75,1	17,84	4,88	2,08	0,1
	3	65,5	18,1	9,2	6,1	1,1
	4	49,2	20,6	17,4	9,38	3,42
	5	32,5	27,75	20,03	12,37	7,55
	6	19,3	35,2	21,4	14,4	9,7
РОК 0.6; P=0,3МПа; q=0,6 л/мин; H=0,15 м	0	90	10	-	-	-
	2	68,6	29,04	1,56	0,85	0,15
	3	68,2	29,3	1,47	0,9	0,13
	4	67,5	29,45	1,57	1,23	0,25
	5	53,4	36,2	5,8	3,3	1,3
	6	48,5	38,87	6,58	4,16	1,89
	7	34,2	47,81	9,31	6,32	2,36

Применение пневматических распылителей позволяет регулировать дисперсность распыла за счет изменения давления в пневматической магистрали, что обеспечивает снижение сноса препарата при обработках в ветреную погоду в сравнении с гидравлическими

на 11,1-23,4 % /1/. Однако снижение дисперсности распыла может осуществляться до определенного, агротехнически допустимого размера осевших капель (0,5 мм), при этом густота покрытия обрабатываемой поверхности должна составлять не менее 30 шт./см<sup>2</sup>. Поэтому изменять давление в пневматической магистрали возможно только до определенного значения.

Большое внимание уделяется разработке специальных ветрозащитных устройств, позволяющих полностью или частично (на выходе струи из распылителя) защитить факел распыла от воздействия бокового воздушного потока. В качестве эффективного ветрозащитного устройства нами разработана конструкция в виде плоской жалюзийной решетки, представляющей собой систему пластин, конгруэнтно смещенных вдоль оси решетки  $M_1M_2$  (рис. 2). Основной принцип уменьшения непроизводительных потерь пестицида от сноса — изменить величину и направление воздушного потока в зоне распыла жидкости. То есть заставить поток ветра совершать полезную работу для транспортировки капель рабочей жидкости к месту осаждения на обрабатываемую поверхность. Механизм реализации этого принципа состоит в том, что пластины жалюзийной решетки, установленные под определенными углами ( $\beta=90^\circ$ ,  $\alpha=45^\circ-75^\circ$ ) к горизонту, делят направленный поток воздуха на отдельные струйки и изменяют их направление. Вследствие соударений струек между собой и воздушными массами, отраженными от поверхности гребня, скоростной поток гасится, и в зоне факела создаются оптимальные для опрыскивания условия, даже при скорости ветра перед решеткой, превышающей установленные агропотребованиями ограничения /2/.

Ветрозащитные показатели решетки определяются не только углами установки  $\alpha$  и  $\beta$ , но и густотой решетки  $\delta$  /3/:

$$\delta = \frac{b}{h}, \quad (1)$$

где  $b$ ,  $h$  — соответственно ширина пластин и шаг их установки, м.

Экспериментальными исследованиями /3/ установлено, что жалюзийные решета сельскохозяйственных машин с густотой решетки  $\delta = 1,0 - 1,05$  обладают наилучшими аэродинамическими свойствами по равномерности распределения воздушного потока за решеткой и наименьшего давления набегающего потока на пластины.



где  $(X_1; X_2)$  и  $(Y_1; Y_2)$  – координаты точек  $M_1$  и  $M_2$ , определяемые из соотношений (рис.2):

$$\begin{aligned} M_1 [X_1 = -a_1; Y_1 = -c_1]; \\ M_2 [X_2 = -(a_1 + H_1 / \operatorname{tg} \alpha); Y_2 = (H - t)], \end{aligned} \quad (3)$$

где  $a_1 = (0,02 - 0,03)$ ;  $c_1 = (0,01 - 0,03)$  – конструктивные размеры, определяемые из условий монтажа распылителя в ветрозащитном устройстве, м;

$t = (0,03 - 0,05)$  – расстояние между ветрозащитным устройством и верхней поверхностью гребня, м;

$H$  – высота установки распылителя над обрабатываемой поверхностью, м;

$H_1$  – проекция оси решетки на ось  $OY$ , м.

С учетом координат точек  $M_1$  и  $M_2$  уравнение (2) приводится к нормальному виду:

$$-\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} [(X + a_1) \operatorname{tg} \alpha + Y + c_1] = 0. \quad (4)$$

Координата  $X_T$  капли  $M$  на траектории ее полета определяется из уравнения /2/:

$$X_T = -\frac{V_0(-V_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0 + \sqrt{(V_0^2 + 2 \cdot g \cdot Y_T) \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_0 + 2 \cdot g \cdot Y_T})}{g \cdot (1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_0)}, \quad (5)$$

где  $V_0$  и  $\varphi_0$  – соответственно скорость и угол между вектором скорости и вертикалью в момент вылета капли из сопла распылителя;

$Y_T$  – координата точки  $M$  вдоль оси  $OY$ , которая изменяется в пределах:  $Y_T = 0 - H$ .

Подставив в формулу (4) координаты точки  $X_T$  и  $Y_T$ , определяемые из уравнения (5), получим зависимость для определения расстояния от точки  $M$ , находящейся на траектории движения капли в произвольный момент, до оси решетки:

$$d = -\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} [(X_T + a_1) \operatorname{tg} \alpha + Y_T + c_1]. \quad (6)$$

Из расчетной схемы находим ширину пластины ветрозащит-



ной решетки:

$$b = 2d . \quad (7)$$

Задаввшись густотой решетки  $\delta = 1,0...1,05$ , по зависимости (1) определяем шаг решетки  $h$ . Число пластин определяется из соотношения:

$$n = L/h , \quad (8)$$

где  $L$  – расстояние между точками  $M_1$  и  $M_2$ , определяется как гипотенуза прямоугольного треугольника  $M_1M_2D$  (рис. 2).

В результате теоретических исследований были получены следующие геометрические размеры и параметры установки решетки:  $\beta=90^\circ$ ;  $\alpha=45^\circ - 75^\circ$ ;  $b=0,04\text{м}$ ;  $\delta=1,07$ ;  $h=0,037$ ;  $n=11$ . По данным размерам была изготовлена конструкция жалюзийной решетки и проведены лабораторные исследования закономерностей сноса капель жидкости направленным воздушным потоком.

Из полученных результатов можно отметить, что, воздействуя ветрозащитной решеткой на воздушный поток, можно повысить коэффициент целевого использования жидкости даже при скорости ветра 6 м/с. Так при установке оси решетки под углом  $45^\circ$  к горизонту и скорости воздушного потока 4 м/с, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 52 (без решетки) до 70,4%. Хотя по сравнению с неподвижной средой этот показатель меньше на 1,2%. При увеличении скорости воздушного потока с 4 до 6 м/с и неизменных параметрах распыла и установки решетки, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 29,7 (без ветрозащитного устройства) до 61%, что на 10,6% меньше, чем в неподвижной среде. Увеличение угла наклона оси решетки с  $45^\circ$  до  $60^\circ$  приводит к незначительному уменьшению коэффициента целевого использования на 6,4 и 10% соответственно при скорости воздушного потока в 4 и 6 м/с.

При изменении угла установки решетки в пределах  $45^\circ-60^\circ$  и скорости воздушного потока 4-6 м/с, асимметрия отложения жидкости по поверхности гребня, характерная при распыле жидкости без защиты факела, заметно снижается.

На основании полученных результатов по определению сноса жидкости из зоны обработки построены эпюры распределения рабочего раствора в защитной зоне рядка (рис.3).

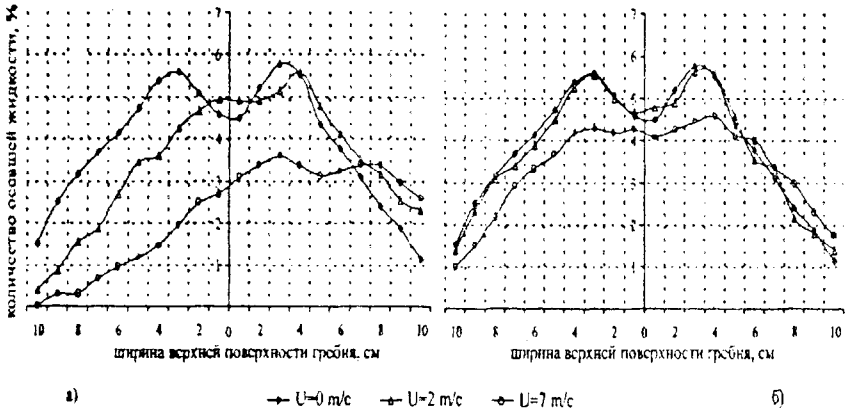


Рисунок 3 – Эпюры распределения жидкости распылителем 30НХСЗ в пределах верхней поверхности гребня при давлении жидкости  $P=0,2$  МПа, высоте установки распылителя 0,4 м и скорости воздушного потока  $U$ : а) без ветрозащитного устройства; б) с ветрозащитным устройством

Из анализа полученных результатов следует, что ветрозащитная решетка, изготовленная по приведенной выше методике, уменьшает снос капель распыляемой жидкости на 30-40%, а горизонтальная составляющая скорости воздушного потока, вызывающая снос, удовлетворяет агротехническим требованиям по химической защите растений даже при скорости ветра в зоне обработки 7 м/с.

Разработанное ветрозащитное устройство было использовано в конструкции культиватора-опрыскивателя для ухода за посевами овощных культур (рис. 4). Полевыми опытами подтверждены результаты теоретических и лабораторных исследований по качественной и количественной оценке эффективности использования ленточного опрыскивания в системе ухода за овощными культурами, возделываемыми на гребнях; подтверждена надежность рекомендаций о выборе технических средств и технологических параметров, обеспечивающих эффективность ленточного внесения гербицидов (табл. 2).

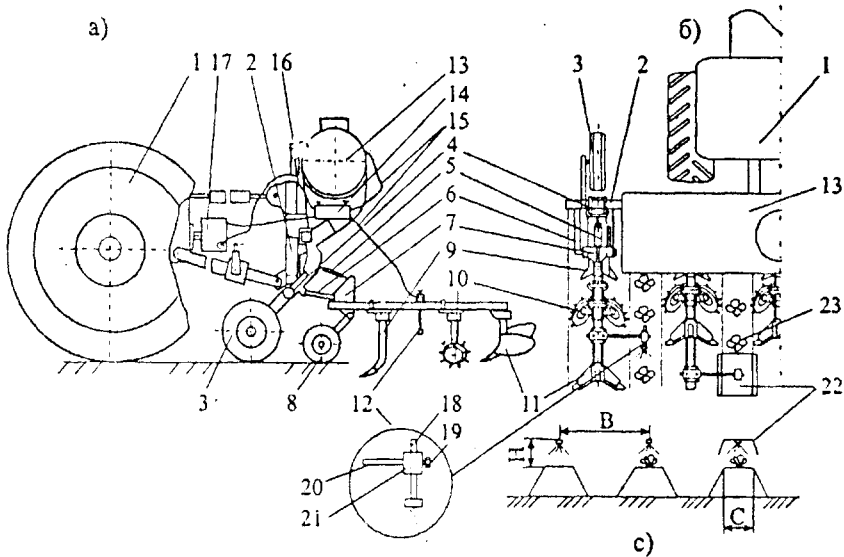


Рисунок 4 - Агрегат для междурядной обработки и ленточного внесения гербицидов: а) вид сбоку; б) вид сверху; в) параметры обрабатываемой поверхности; 1- трактор; 2 - рама культиватора; 3 - колесо ходовое; 4 - кронштейн передний; 5- вит регулировочный; 6 - тяга; 7 - кронштейн задний; 8 - колесо опорное; 9 - стойка с рыхлительной лапой; 10 - борона роторная; 11 - корпус окучивающий; 12 - распыляющий рабочий орган; 13 - емкость для рабочего раствора; 14 - регулятор давления; 15 - всасывающая и нагнетательная коммуникация; 16 - фильтр; 17 - насос шестеренный; 18 - штанга вертикальная; 19 - фиксатор; 20 - штанга горизонтальная; 21 - втулка направляющая; 22 - устройство ветрозащитное; 23 - возделываемые растения

Данные табл. 2 показывают, что окупить затраты по уходу за овощами на гребнях и получить прибыль около 45 у.е. с каждого гектара позволяет ленточное внесение гербицидов. Использование ветрозащитного устройства в качестве дополнительного оборудования для ленточного опрыскивателя позволит снизить расход пестицидов до биологически эффективных норм, уменьшить непроизводительные потери и получить прибыль около 57 у.е. с гектара.

Таблица 2 – Оценка методов внесения гербицидов на экономическую эффективность гребневой технологии возделывания овощей

Оценочные критерии	Вариант обработки	Культура			
		капуста	морковь	лук	свекла
Планируемый урожай ц/га		50	40	20	30
Закупочные цены, у.е./ц		10-29	14-34	24-58	12-32
Затраты по уходу при двукратной обработке, у.е./га	1*	98,2	98,2	98,2	100,6
	2	51,8	51,8	51,8	52,6
	3	43,8	43,8	43,8	43,8
Количество сохраненной продукции за счет проведенных мероприятий, ц/га		11	8,8	4,4	6,6
Количество урожая, окупающего затраты, ц/га	1	14,7	10,5	6,14	12,3
	2	7,8	5,6	3,2	6,5
	3	6,6	4,7	2,7	5,5
Прибыль от реализации сохраненной продукции, у.е./га	1	-37	-23,8	-41,8	-68,4
	2	32	44,8	28,8	1,2
	3	44	57,4	40,8	13,2

\* Варианты обработки: 1 – сплошное опрыскивание и междурядная обработка как отдельные операции; 2 – междурядная обработка и ленточное опрыскивание защитной зоны растений без ветрозащитного устройства как одна операция; 3 – междурядная обработка и ленточное опрыскивание защитной зоны растений с ветрозащитным устройством как одна операция.

### Литература

1. 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.
2. Гордеев О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Горки, 2004. – 169 с.
3. Жуковский М.И. Расчет обтекания решеток профилей турбомашин. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы.- М., 1960. – 260с.