

УДК 631.51;632.51

## К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С ГОРЧАКОМ ПОЛЗУЧИМ

Грибановский А.П., Рзалиев А.С., Голобородько В.П., Чирков А.Г., Евтифеев А.Г., Юсупов Ж.Е.

*ТОО «Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства», Алматы,  
e-mail: rzaliyev@mail.ru*

В комбинированных орудиях для обработки почвы с одновременным внутрипочвенным внесением гербицидов применяются стрельчатые лапы, в подлаповом пространстве которых установлены распылители, подающие раствор гербицида в сходящийся с крыльев лап пласт разрыхленной почвы. Показано, что при постоянных геометрических параметрах стрельчатой лапы высота и дальность полета пласта почвы в процессе работы меняются, что обусловлено физико-механическими свойствами почвы, глубиной рыхления и скоростью агрегата. Поэтому при подаче раствора в сходящийся с лап пласт почвы не обеспечивается равномерность его распределения по площади. Показано, что этот недостаток устраняется при подаче распылителями раствора в подлаповое пространство, параметры геометрического контура которого постоянны.

**Ключевые слова:** внутрипочвенное внесение гербицидов, равномерность распределения гербицидов, плоскорезная широкозахватная лапа, сходящийся поток почвы, подлаповое пространство

## FOR JUSTIFICATION OF THE SYSTEM PARAMETERS OF SUBSURFACE HERBICIDE INTEGRATION TO FIGHT CREEPING GORCHAK

Gribanovsky A.P., Rzaliev A.S., Goloborodko V.P., Chirkov A.G., Eftifeev A.G., Yusupov J.E.

*«Kazakh Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: rzaliyev@mail.ru*

In the combined instruments for soil treatment with simultaneous subsurface herbicide integration applied sweeps, in undersweeps space are installed dispensers which pour herbicide solution in coming down from the wings clutches loosened soil formation. It is shown that at constant geometric parameters of Sweeps height, range and soil formation is changed in the process of work, that is caused by physical and mechanical properties of the soil, loosening depth and speed of the unit. Therefore, when applying the solution which comes down from the clutches of the soil layer it is not ensured uniformity of its distribution area. It is shown that this disadvantage is eliminated when applying spray solution to undersweeps space, then geometric parameters are constant across all area.

**Keywords:** subsurface application of herbicides, uniformity of herbicides integration, plain cutting Wide sweep, coming down soil stream, undersweep space

Карантинный сорняк горчак ползучий наносит огромный вред сельскохозяйственному производству во всем мире. Распространен во всех 14 областях Казахстана. По данным РГП «Фитосанитария» общая площадь его распространения с 650 тыс. га в 1965-1970 годы возросла в 2008 году до 2,6 млн. га. В результате засорения посевов и сельскохозяйственных угодий горчаком ползучим ежегодные потери продукции составляют более 3 млрд. тенге [1, 2].

В борьбе с горчаком ползучим применяются такие агротехнологические приемы как плантажная вспашка, многочисленная механическая обработка пара, полупара, мелиоративных полей (от 8 до 15 обработок). Однако в силу своей дороговизны и трудоемкости эти приемы борьбы не нашли широкого распространения.

По имеющимся в литературе данным лучшие результаты по борьбе с горчаком дает сочетание внесения гербицидов с приемами разноступенчатой обработки почвы, поскольку установлено, что отрезки корней горчака менее 5 см практически не приживаются [3].

При разработке интегрированной системы борьбы с горчаком ползучим на посевах

сельскохозяйственных культур в условиях богарного земледелия юго-востока страны Казахский НИИ защиты и карантина растений обосновал целесообразность одновременного рыхления почвы рабочими органами культиватора-плоскореза на глубину 10-12, 14-16 и 18-20 см [4]. При этом гибель горчака составила 60,9%, что безусловно свидетельствует о высокой эффективности такого технологического приема, а при одновременном внутрипочвенном внесении равномерным экраном раствора гербицидов на глубину 14-16 см степень уничтожения горчака резко повышается.

В связи с изложенным возникла необходимость создания трехъярусного культиватора-плоскореза с одновременным внутрипочвенным внесением гербицидов под второй ярус на глубину 12-14 см.

В принципе особых трудностей при разработке такого орудия не возникает поскольку у КазНИИМЭСХ имеется большой опыт создания выпускаемых серийно культиваторов-плоскорезов КПН-4, КПШ-5, КПШ-9, КПШ-11, ОПТ-3-5.

Для внесения гербицидов одновременно с обработкой почвы создано и освоено про-

изводство навесного оборудования, которое устанавливается на различных типах почвообрабатывающих машин, например ОКЖ-5,6 (ООО «Агро-Тех», Ростовская область, г. Таганрог) и др., и позволяют обеспечить подачу заданного объема раствора гербицидов на 1 га (примерно 100-120 литров).

В основу широкозахватной (990 мм) плоскорезной лапы культиваторов-плоскорезов положен прямой клин с углом постановки ножа ко дну борозды  $\alpha_0 = 25^\circ$  и углом  $\gamma = 35^\circ$  к направлению движения и высотой подъема пласта  $OZ = h = 35$  мм (рис. 1).

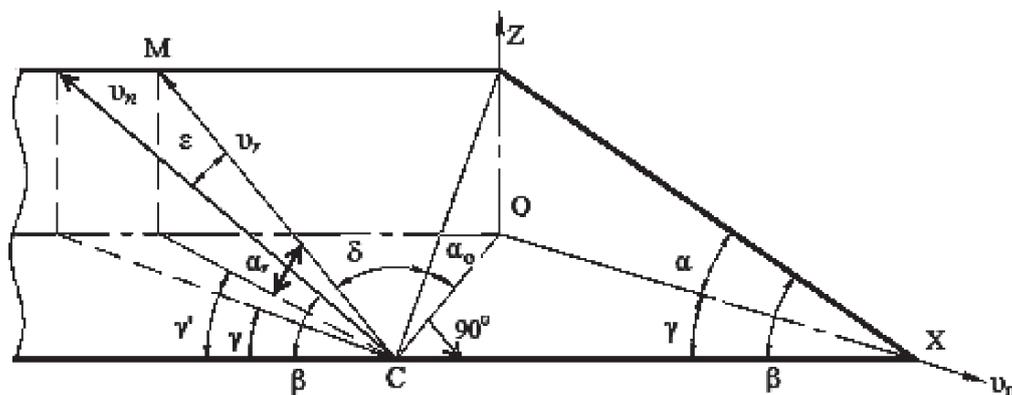


Рис. 1. К анализу работы плоскорезной лапы

В связи с этим движущийся по поверхности косо поставленного клина пласт почвы со скоростью  $v_r$  будет сходиться под некоторым углом  $\epsilon$  к направлению её поступательной скорости  $v_n$  [5]. При этом высота и дальность полета пласта почвы определяются параметрами траектории полета как тяжелой материальной точки М брошенной под углом  $\alpha_r$  к горизонту с определенной скоростью  $v_r$ . Между нижней поверхностью сходящегося лапы пласта почвы и дном борозды образуется незначительное по высоте, длине и ширине свободное от почвы пространство. Поэтому возникают определенные трудности в обеспечении допустимой  $\pm(5,0 \div 10,0)\%$  неравномерности распределения экрана гербицидного раствора по площади под широкозахватной плоскорезной лапой. Это обстоятельство предопределяет целесообразность применения щелевых распылителей раствора гербицидов (например, типа ST), формирующих незначительной толщины плоский конусный факел распыла с углом при вершине  $80^\circ$ - $120^\circ$ . Это позволит устанавливать под широкозахватную лапу меньшее количество распылителей, что упрощает конструкцию и снижает вероятность забивания в процессе работы выходных отверстий распылительной системы.

Диаметр отверстия (калибр) щелевого распылителя зависит от заданного (100-120 л) объема подачи гербицидного раствора на 1 га. При ширине захвата 3-х ярусного культиватора-плоскореза 2,77 м, скорости

его движения 8 км/ч и норме внесения раствора 120 л/га объем подачи раствора под одну лапу будет равен 1,3 л/мин. При установке, например, семи щелевых распылителей на ширину захвата лапы объем подачи раствора одним распылителем будет равен 0,19 л/мин, что обеспечивается, например, серийно выпускаемым распылителем ST 110-01.

Распылители целесообразно располагать по контуру заднего обреза подлапника лапы толщиной 16 мм на высоте примерно 27 мм от поверхности дна борозды и ниже на 8 мм горизонтальной поверхности подлапника (рис. 2).

Формируемый щелевым распылителем плоский конический факел, плоскость которого должна быть параллельна дну борозды, встретится со сходящимся с лапой пластом почвы в точке А (см. рис. 2). Пласт почвы насыщенный гербицидным раствором под действием силы тяжести опустится на дно борозды и должен образовать гербицидный экран, который и будет уничтожать непосредственно или препятствовать развитию расположенной ниже дна борозды корневой системы горчака ползучего. Контур и координаты линии пересечения факела распыла и нижней плоскости пласта сходящейся лапы почвы и будут определять необходимое количество распылителей под лапой и угол отклонения оси факела относительно направления её поступательной скорости. Определение рациональных значений этих параметров и позволит обеспечить необхо-

димую равномерность распределения рас-  
твора по площади под лапой.

Траекторию полета пласта почвы  
сходящего с лапы можно рассматри-

вать как движение тяжелой материаль-  
ной точки  $M$ , брошенной под углом к го-  
ризонту  $\alpha_r$  с определенной скоростью  $v_r$   
(рис. 2).

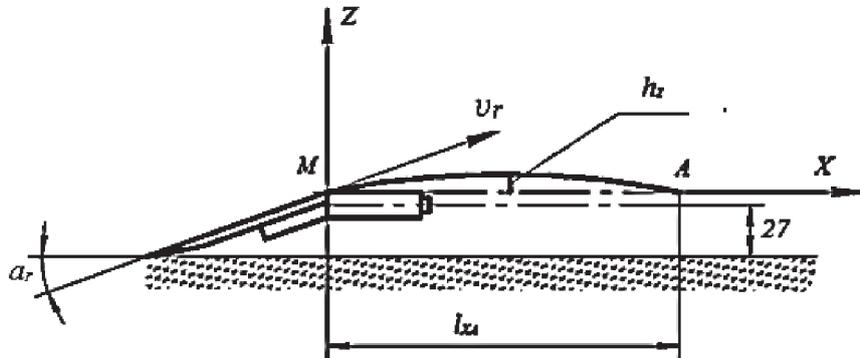


Рис. 2. К определению параметров траектории полета сходящего с лапы пласта почвы

Траектория движения брошенной под  
углом  $\alpha_r$  к горизонту тяжелой материальной  
точки  $M$  в системе координат  $XMZ$  опреде-  
ляется уравнением [6]

$$\left. \begin{aligned} l_{0A} &= v_r t \cos \alpha_r \\ h_z &= v_r t \sin \alpha_r - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $l_{XA}$  – дальность полета почвы в точке  $M$ ;  
 $g$  – ускорение свободного падения тела;  $h_z$  –  
высота траектории полета почвы в точке  $M$ .

Найдем уравнение этой траектории  
в непараметрической форме. Для этого из  
первого уравнения системы (1) определим  
 $t$ , подставим во второе уравнение и после  
преобразования получим

$$h_z = l_{XA} \operatorname{tg} \alpha_r - \frac{g l_{XA}^2}{2 v_r^2 \cos^2 \alpha_r}. \quad (2)$$

Для определения дальности полета по-  
чвы в точке  $M$  положим в (2), что  $h_z = 0$ .  
В этом случае

$$l_{XA} \left( \operatorname{tg} \alpha_r - \frac{g l_{XA}}{2 v_r^2 \cos^2 \alpha_r} \right) = 0,$$

т.е. получим две точки пересечения тра-  
ектории с осью  $MX$ , т.е. начала координат  
 $l_{XM} = 0$ , и

$$l_{XA} = \frac{v_r^2 \cdot \sin 2\alpha_r}{g}. \quad (3)$$

Для нахождения максимальной высоты  
подъема траектории  $h_z$  приравняем в (2)  
производную  $\frac{dh_z}{dl_{XA}}$  нулю, и, преобразуя,  
найдем

$$h_z = \frac{v_r^2}{2g} \cdot \sin^2 \alpha_r. \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) скорость брошен-  
ного под углом к горизонту пласта почвы  
для плоскорезной лапы принимаем равной  
его относительной скорости перемещения  
по поверхности ножа лапы, т.е.  $v_r$ .

По экспериментальным и расчетным  
данным [5] для плоскорезной лапы с пара-  
метрами  $\alpha_0 = 25^\circ$ ,  $g = 35^\circ$ ,  $h = 35$  мм и её посту-  
пательной скорости 2,17 м/с ( $\approx 7,8$  км/ч) от-  
носительная скорость перемещения почвы  
по поверхности ножа лапы  $v_r \approx 1,7$  м/с.

Угол  $\alpha_r$ , образованный вектором отно-  
сительной скорости перемещения почвы по  
поверхности ножа с горизонтальной пло-  
скостью у плоскорезной лапы (см. рис. 1),  
является фактическим углом резания и на-  
ходится по формуле [5]

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \gamma', \quad (5)$$

где  $\gamma'$  – угол между проекцией скорости  $v_r$   
на горизонтальную плоскость и лезвием  
ножа косо поставленного клина и равен [5]

$$\gamma' = \operatorname{arc} \operatorname{tg}(c \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_0). \quad (6)$$

Угол  $\delta$ , характеризующий отклонение  
вектора скорости перемещения пласта по-  
чвы по поверхности ножа от перпендикуля-  
ра к его лезвию (см. рис. 1), при указанных

выше параметрах лапы и скорости её поступательного движения будет равен примерно  $45^\circ$  [5]. Тогда согласно (6) и (5) угол  $\gamma' \approx 41^\circ$ , а фактический угол резания  $\alpha_r$  будет равен  $\approx 17^\circ$ .

Угол  $\varepsilon$ , характеризующий отклонение вектора  $\bar{v}_r$  от  $\bar{v}_n$  на поверхности ножа, определится из соотношения [5]

$$\varepsilon = 90^\circ - (\beta + \delta), \quad (7)$$

где  $\beta$  – угол скоса ножа лапы и определяется

по известной формуле  $\text{tg } \beta = \frac{\text{tg } \gamma}{\cos a_0}$  и при

$\gamma = 35^\circ$  и  $\alpha_0 = 25^\circ$   $\beta$  будет равно  $37^\circ$ . Тогда угол

$\varepsilon$  согласно (7) будет равен  $8^\circ$ , т.е. пласт почвы при сходе с лапы будет двигаться в направлении к продольной в горизонтальной плоскости оси лапы, поскольку  $|\gamma'| > |\gamma|$ .

Для определения времени движения  $t$  пласта почвы из точки  $M$  в точку  $A$  (см. рис. 2) подставим в первое уравнение системы (1) значение  $l_{XA}$  (3) и преобразуя получим

$$t = \frac{2v_r}{g} \cdot \sin a_r. \quad (8)$$

При  $a = 17^\circ$  и  $v_r = 1,7$  м/с согласно (8), (3) и (4)  $t = 0,1$  секунде, путь  $l_{XA} = 16,5$  см и высота  $h_z = 1,2$  см.

Зная длину  $l_{XA} = 16,5$  см и угол  $\varepsilon = 8^\circ$  представляется возможным построить предполагаемый контур линии пересечения факела распыленного раствора гербицида с нижней плоскостью пласта почвы. При этом в зависимости от скорости движения агрегата и физико-механических свойств почвы сход почвы в точке  $M$  может произойти как с поверхности заднего контура полапника при небольшой скорости движения агрегата, так и с верхней точки ножа лапы при более высоком значении этой скорости. Для построения предполагаемой контурной линии пересечения берем произвольные близко расположенные между собой точки схода пласта с подлапника и отложив в направлении  $\bar{v}_r$  длину траектории  $l_{XA} = 16,5$  см, получим линию  $A_n A_n$  (рис. 3).

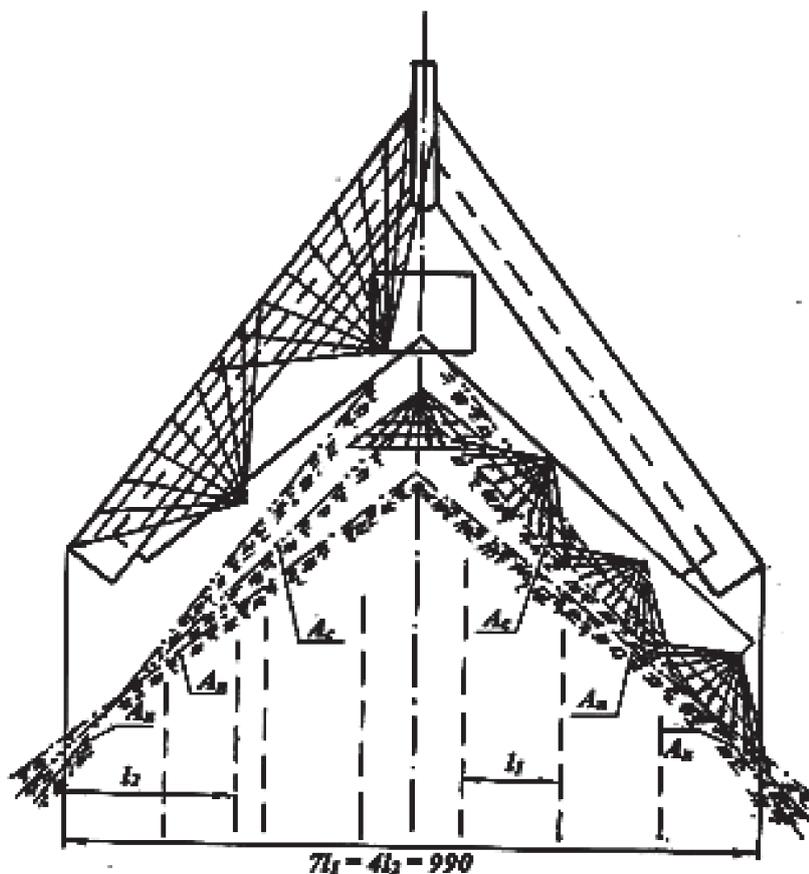


Рис. 3. К определению размещения целевых распылителей для подачи раствора гербицида под плоскорезную лапу

Аналогичным образом строим контурную линию  $A_n A_n$  при сходе пласта с верхней точки ножа лапы. Поскольку в процессе работы фактическое положение контурной линии будет меняться между её крайними положениями  $A_n A_n$  и  $A_n A_n$ , то для расчета необходимого числа распылителей и направления оси факела распыла целесообразно построить контурную линию  $A_c A_c$ , расположенную между контурными линиями  $A_n A_n$  и  $A_n A_n$ , (см. рис. 3).

Для обеспечения равномерного распределения раствора гербицида по площади под лапой проекции длины линий пересечения факела конусного распылителя с пластом почвы на характеризующую ширину захвата лапы линию должны быть равными между собой. Это условие представляется возможным выполнить только лишь в случае если осевая линия конусного факела распыла будет перпендикулярна контурной линии пласта почвы, например, линии  $A_c A_c$ , а вершина конусного факела будет находиться на одинаковом от этой линии расстоянии. При использовании щелевого распылителя с углом факела  $110^\circ$ , для плоскорезной лапы с шириной захвата 990 мм потребуется семь форсунок. Схема их размещения (три с правой и три с левой стороны лапы и одна по центру) приведена на рис. 3. Таким образом, если контурная линия пересечения  $A_c A_c$  не будет менять свои координаты (положение), а каждая из семи форсунок будет подавать в единицу времени одинаковый объем раствора, то необходимая равномерность распределения жидкости по площади под лапой будет обеспечена.

Однако в процессе работы из-за изменения скорости движения агрегата, физико-механических свойств почвы и глубины рыхления контурная линия пересечения сходящего с лапы пласта почвы с факелом может находиться в любом положении между их крайними координатами  $A_n A_n$  и  $A_n A_n$ . В этом случае, поскольку координаты размещения распылителей не меняются, длина линий пересечения факела и почвенного пласта у каждого распылителя будут разные. Это не позволит обеспечить необходимую равномерность распределения жидкости по площади под плоскорезной лапой.

Таким образом, при внесении гербицидного раствора под широкозахватную пло-

скорезную лапу с использованием принципа подачи факела распыла жидкости под сходящий с лапы пласт почвы практически неприемлем.

Решить поставленную задачу представляется возможным при использовании свободного от почвы подлапового пространства. При этом в качестве контурной линии пересечения факела распыла принять лезвие ножей лапы, расположив должным образом распылители по линии заднего контура подлапника. В этом случае, если каждая из форсунок будет подавать в единицу времени одинаковый объем раствора, то равномерность распределения жидкости по площади будет обеспечиваться, поскольку координаты свободного от почвы подлапового пространства не меняются при изменении скорости движения агрегата, физико-механических свойств почвы и глубины рыхления. К тому же значительное расстояние лезвия ножей лапы от заднего контура подлапника позволит увеличить длину линии пересечения факела распыла с ножом. Это позволит сократить число распылителей под одну лапу с семи до четырех. Положение распылителей в этом случае и линии факелов распыла приведены на рис. 3.

Результаты этих теоретических исследований подлежат экспериментальной проверке.

#### Список литературы

1. Обзор распространения карантинных объектов в Республике Казахстан. – Главная Государственная инспекция по карантину растений Республики Казахстан. – Астана. – 2004. – 47 с.
2. Госсен Э., Сагитов А., Жарокова Р. Пора остановить губительный процесс наступления карантинного сорняка горчачка ползучего (розового) // Агроинформ. – 2005. – №3. – С.13-15.
3. Жарокова Р.Г., Кидришев Т. Из опыта борьбы с горчачком ползучим на севере Казахстана // Защита растений. – 1973. – №3. – С.40-41.
4. Баядилов К.О. Разработка комплексных мер борьбы с карантинным сорняком горчачком ползучим в зоне богарного земледелия Юго-востока Казахстана. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Алматы. – 2007. – 99 с.
5. Грибановский А.П., Бидлингмайер Р.В. Комплекс противозерозионных машин (теория, проектирование). – Алма-Ата: Кайнар, 1990. – 256 с.
6. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Часть I. Кинематика, статика, динамика материальной точки. – 8-е изд. перераб. – М.: Наука, 1969. – 468 с.