



УДК 631.331.5

**В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин**  
V.I. Kurdyumov, Ye.S. Zykin

## ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛА АТАКИ ПЛОСКОГО ДИСКА КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА

### OPTIMIZATION OF FLAT DISK APPROACH ANGLE OF THE COMBINED WORKING TOOL OF ROW CULTIVATOR

**Ключевые слова:** посев, гребень почвы, пропашные культуры, стрелчатая лапа, рабочий орган культиватора, физико-механические свойства почвы, пропашной культиватор, междурядная обработка, уход за посевами, защитная зона.

Предложен пропашной культиватор, оснащенный комбинированными рабочими органами, позволяющий за один проход качественно выполнить уход за посевами с полной обработкой защитных зон возделываемых культур. Обработку междурядий выполняют пропашным культиватором, на каждой секции которого устанавливают два комбинированных рабочих органа таким образом, чтобы их плоские диски были направлены в сторону рядка растений под острым углом, а крайние кромки крыльев стрелчатых лап располагают у нижнего основания гребня почвы. При движении пропашного культиватора стрелчатые лапы рыхлят почву на требуемую глубину и подрезают сорные растения, а плоские диски сдвигают слой почвы, сходящий с крыльев стрелчатых лап, в сторону рядков растений, окучивая их и присыпая сорняки. Теоретически обоснован угол атаки плоского диска для присыпания сорных растений

слоем почвы требуемой толщины. Выявлено, что угол атаки зависит радиуса плоского диска и глубины его хода в почве, исходных размеров гребня и физико-механических свойств почвы.

**Keywords:** planting, soil ridge, tilled crops, V-shaped sweep, cultivator working tool, physical and mechanical soil properties, row cultivator, inter-row tillage, crop tending, protection zone.

A row cultivator equipped with combined working tools and able to properly tend for crops in a single pass with complete treatment of crop protection zones is proposed. Inter-row tillage is performed with the row cultivator; each cultivator gang is equipped with two combined working tools in such manner that their flat disks are directed toward the crop row at an acute angle and the outer edges of V-shaped sweeps are positioned at the bottom of a soil ridge. The authors have theoretically proved the flat disk approach angle to cover the weeds with a soil layer of required thickness. It is revealed that the approach angle depends on the flat disk radius and the depth of its run in the soil, the original dimensions of the ridge and physical and mechanical soil properties.

**Курдюмов Владимир Иванович**, д.т.н., проф., зав. каф. «Безопасность жизнедеятельности и энергетика», Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина. E-mail: evg-zykin@yandex.ru.

**Зыкин Евгений Сергеевич**, к.т.н., доцент, каф. «Безопасность жизнедеятельности и энергетика», докторант, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина. E-mail: evg-zykin@yandex.ru.

**Kurdyumov Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Life Safety and Energy Engineering, Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin. E-mail: evg-zykin@yandex.ru.

**Zykin Yevgeniy Sergeevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Life Safety and Energy Engineering, Doctor Degree Applicant, Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin. E-mail: evg-zykin@yandex.ru.

#### Введение

Уход за посевами пропашных культур при традиционной технологии возделывания предусматривает двух-трехкратную механизированную междурядную обработку, либо обработку гербицидами. Ширину защитной зо-

ны с каждой последующей обработкой увеличивают, в результате площадь необработанной почвы также увеличивается. Применение гербицидов кроме положительной стороны – уничтожение сорных растений на 70-80%, имеет и отрицательную сторону – сни-

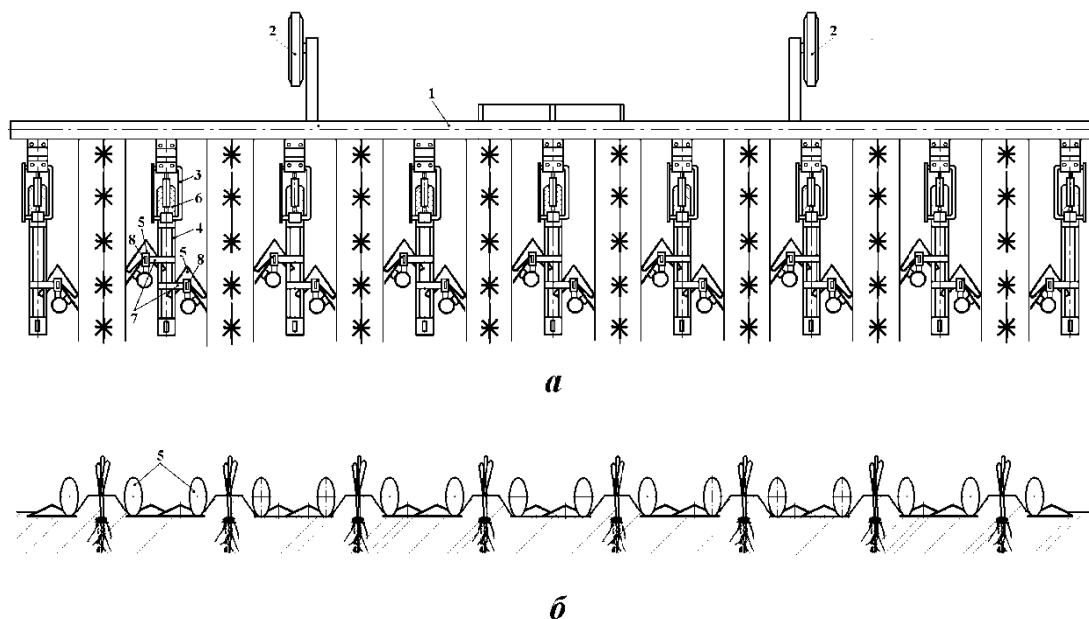
жение урожайности возделываемой культуры до 15%.

**Объекты и методы исследований**

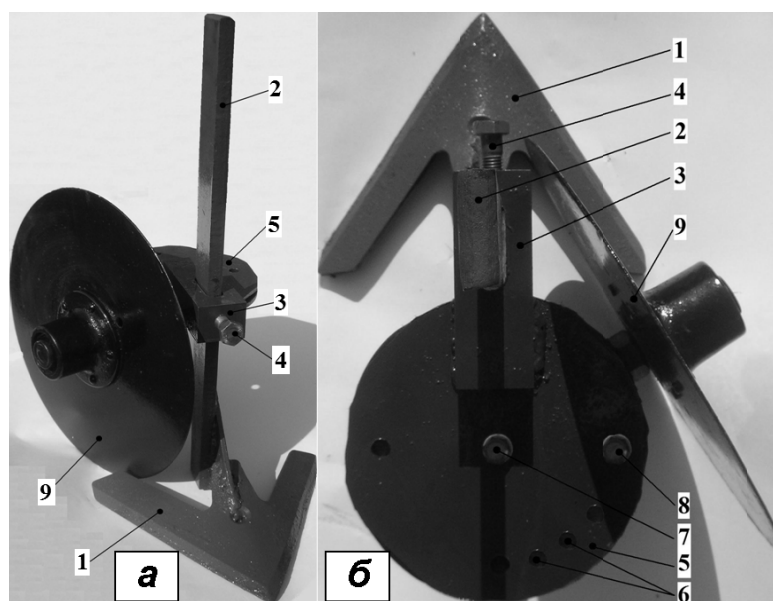
С целью исключения указанных выше недостатков разработаны способ возделывания [1] и средства механизации для ухода за посевами пропашных культур [2-4], позволяющие разрыхлить почву, подрезать сорные растения в междурядьях и уничтожить сорные растения в защитных зонах рядков без применения экологически небезопасных гер-

бицидов. При таком способе ухода за посевами достаточно выполнить одну-две механизированные обработки междурядий.

Обработку междурядий выполняют пропашным культиватором, на каждой секции которого устанавливают два комбинированных рабочих органа таким образом, чтобы их плоские диски были направлены в сторону рядка растений под острым углом (рис. 1), а крайние кромки крыльев стрелчатых лап располагают у нижнего основания гребня почвы (рис. 2).



**Рис. 1. Схема расстановки рабочих органов на раме культиватора при уходе за посевами:**  
 а – вид сверху; б – вид сзади; 1 – рама культиватора; 2 – опорные колеса;  
 3 – параллелограммный механизм; 4 – грядиль; 5 – рабочие органы культиватора с правым и левым плоскими дисками; 6 – опорное колесо секции;  
 7 – направляющие; 8 – держатели



**Рис. 2. Комбинированный рабочий орган культиватора:**  
 а – общий вид; б – вид сверху; 1 – стрелчатая лапа; 2 – стойка; 3 – кронштейн;  
 4 – фиксатор; 5 – регулировочный диск; 6 – отверстия; 7, 8 – болты; 9 – плоский диск



Объем почвы,  $m^3$ , переносимый одним плоским диском, при угле его атаки  $\alpha$ :

$$V_1 = 0,5 V_{IOG} G' O' I' = 0,5 S_{IOG} \ell, \quad (1)$$

где  $S_{IOG}$  – площадь поперечного сечения бороздки, образуемой после прохода рабочего органа гребневой сеялки с плоским диском,  $m^2$ ;

$\ell = G' I'$  – путь, пройденный плоским диском в единицу времени, м.

Из рисунка 3а следует, что расстояние

$$\ell = UZ \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где  $UZ$  – хорда плоского диска, м.

Хорда плоского диска

$$UZ = 2 r_{нд} \sin \frac{\theta}{2}, \quad (3)$$

где  $r_{нд}$  – радиус плоского диска, м.

Подставив выражение (3) в (2), получим

$$\ell = 2 r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (4)$$

Площадь равна

$$S_{IOG} = S_{UWZ} \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

где  $S_{UWZ}$  – площадь контакта плоского диска с почвой,  $m^2$ .

Площадь контакта плоского диска с почвой,  $m^2$ :

$$S_{UWZ} = S_{OUWZ} - S_{OUZ}, \quad (6)$$

где  $S_{OUWZ}$  – площадь сектора плоского диска,  $m^2$ ;

$S_{OUZ}$  – площадь треугольника  $\Delta OUZ$ ,  $m^2$ .

Площадь,  $m^2$ , сектора плоского диска

$$S_{OUWZ} = 0,5 r_{нд}^2 \frac{\theta}{360^\circ}. \quad (7)$$

Из рисунка 3а следует, что треугольник  $\Delta OUZ$  – равнобедренный, следовательно,

$$S_{OUZ} = 2 S_{OUT} = 2 \cdot 0,5 UT \cdot TO = UT \cdot TO. \quad (8)$$

$$UT = 0,5 UZ = 0,5 \cdot 2 r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} = r_{нд} \sin \frac{\theta}{2}. \quad (9)$$

$$TO = OW - TW = r_{нд} - h. \quad (10)$$

Подставив (9) и (10) в (8), получим

$$S_{OUZ} = r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} (r_{нд} - h). \quad (11)$$

Подставив (7) и (11) в (6), определим площадь контакта плоского диска с почвой:

$$S_{UWZ} = 0,5 r_{нд}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} (r_{нд} - h). \quad (12)$$

Подставив (12) в (5), определим площадь поперечного сечения бороздки (рис. 4):

$$S_{IOG} = \left[ 0,5 r_{нд}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} (r_{нд} - h) \right] \sin \alpha. \quad (13)$$

Подставив выражения (4) и (13) в (1) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$V_1 = \left[ 0,5 r_{нд}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} (r_{нд} - h) \right] \cdot 2 \cdot r_{нд} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (14)$$

Образованный объем почвы,  $m^3$ :

$$V_2 = V_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A M N P P_1 N_1 M_1} = S_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A} \cdot C_1 P_1, \quad (15)$$

где  $S_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A}$  – площадь поперечного сечения присыпаемого слоя почвы одним плоским диском,  $m^2$  (рис. 4).

$C_1 P_1 = I I'$ , м.

Из рисунка 4 следует, что  $I I' = \ell$ . С учетом выражения (4)

$$C_1 P_1 = I I' = \ell = 2 r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (16)$$

Искомую площадь  $S_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A}$  определим следующим образом:

$$S_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A} = S_{A_1 B_1 C_1 C' A_1} - S_{A B C C'}, \quad (17)$$

где  $S_{A_1 B_1 C_1 C' A_1}$  – площадь половины поперечного сечения вторичного гребня почвы,  $m^2$ ;

$S_{A B C C'}$  – площадь половины поперечного сечения исходного гребня почвы,  $m^2$ .

Из рисунка 4 следует, что площадь определяется

$$S_{A_1 B_1 C_1 C' A_1} = \frac{(H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma}{2} + (H + h_1) \left( \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right), \quad (18)$$

где  $H$  – высота исходного гребня почвы, м;

$F$  – ширина верхнего основания исходного гребня почвы, м.

Площадь  $S_{A B C C'}$  представим в виде двух площадей – треугольника и прямоугольника:

$$S_{A B C C'} = S_{A B B'} + S_{B' B C C'}. \quad (19)$$

Площадь треугольника,  $m^2$ :

$$\frac{B B' \cdot A B'}{2} = \frac{H^2 \operatorname{tg} \gamma}{2}, \quad (20)$$

где  $B B' = H$ , м;

$A B' = B B' \operatorname{tg} \gamma = H \operatorname{tg} \gamma$ , м.

После подстановки (18) и (19) в (17), и, соответствующих преобразований получим:

$$S_{A_1 B_1 C_1 C_2 B A} = \frac{(H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[ (H + h_1) \left( \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F)}{2}. \quad (21)$$

Подставив (21) и (16) в (15) и выполнив соответствующие преобразования, определим объем почвы,  $m^3$ , получаемый после ее переноса на гребень одним диском:

$$V_2 = \left\{ (H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[ (H + h_1) \left( \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F) \right\} r_{нд} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (22)$$



Для определения необходимого угла атаки  $\alpha$ , град., плоского диска, приравняем выражение (14) к (22):

$$\begin{aligned} & \left[ 0,5 r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} (r_{\text{пд}} - h) \right] \\ & \cdot 2 r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \\ & = \left\{ (H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[ (H + h_1) \left( \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F) \right\} \\ & r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \quad (23)$$

Выполнив преобразования уравнения (23), определим угол атаки плоского диска

$$\alpha = \arcsin \frac{\left\{ (H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[ (H + h_1) \left( \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F) \right\}}{2 \left[ 0,5 r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} (r_{\text{пд}} - h) \right]}. \quad (24)$$

### Результаты и их обсуждение

Таким образом, для создания вторичного гребня с требуемой толщиной присыпаемого слоя почвы  $h_1$  необходимо установить плоский диск под углом атаки  $\alpha$ , который при известных размерах исходного гребня почвы  $F$  и  $H$  и угле естественного откоса почвы  $\gamma$  зависит от радиуса плоского диска  $r_{\text{пд}}$  и глубины его хода в почве  $h$ .

Исследования средств механизации в производственных условиях показали, что при оптимальных параметрах, выявленных в процессе лабораторных исследований, образуется гребень почвы требуемых размеров (рис. 5). Окучивание культурных растений способствует образованию у них придаточных корней. При этом слой почвы толщиной 4-6 см при первой междурядной обработке и 6-8 см при второй позволяет засыпать всходы сорных растений, предотвращая их прорастание, без ущерба для культурных растений (рис. 6).



Рис. 5. Гребень почвы после первой междурядной обработки



Рис. 6. Междурядья подсолнечника до (а) и после (б) обработки предлагаемыми средствами механизации

В сравнении с традиционной технологией возделывания пропашных культур, при предлагаемой гребневой технологии урожайность сои, подсолнечника и кукурузы увеличилась на 20, 16 и 38% соответственно.

### Вывод

Следовательно, использование разработанных нами средств механизации гребневого возделывания пропашных культур с оптимизированными конструктивными параметрами и режимами работы позволяет повысить урожайность пропашных культур до 38% без применения экологически небезопасных гербицидов. За счет совмещения нескольких технологических операций за один проход агрегата эксплуатационные затраты на предпосевную обработку почвы, посев и уход за посевами снизились на 45%.

### Библиографический список

1. Пат. 2443094 Российская Федерация, МПК А01В79/02, А01G1/00. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010141211/13; заявл. 07.10.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
2. Пат. 2507730 Российская Федерация, МПК А01В39/18. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». – № 2012137736/13; заявл. 04.09.2012; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.
3. Пат. 2507729 Российская Федерация, МПК А01В35/00. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». – № 2012136083/13; заявл. 21.08.2012; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.

4. Пат. 2464755 Российская Федерация, МПК А01В35/16, А01В35/18. А01В39/20. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2011145008/13; заявл. 07.11.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30.

5. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. К обоснованию угла атаки плоского диска рабочего органа гребневой сеялки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4 (20). – С. 127-130.

#### References

1. Pat. 2443094 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01V79/02, A01G1/00. Sposob vozdeystviya propashnykh kul'tur / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; заявитель i patentoobladatel' FGOU VPO «Ul'yanovskaya GSKhA». – № 2010141211/13; заявл. 07.10.2010; opubl. 27.02.2012, Byul. № 6.

2. Pat. 2507730 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01V39/18. Propashnoi kul'tivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; заявитель i paten-

toobladatel' FGBOU VPO «Ul'yanovskaya GSKhA im. P.A. Stolypina». – № 2012137736/13; заявл. 04.09.2012; opubl. 27.02.2014, Byul. № 6.

3. Pat. 2507729 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01V35/00. Propashnoi kul'tivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; заявитель i patentoobladatel' FGBOU VPO «Ul'yanovskaya GSKhA im. P.A. Stolypina». – № 2012136083/13; заявл. 21.08.2012; opubl. 27.02.2014, Byul. № 6.

4. Pat. 2464755 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01V35/16, A01V35/18. A01V39/20. Rabochii organ kul'tivatora / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, I.A. Sharonov; заявитель i patentoobladatel' FGBOU VPO «Ul'yanovskaya GSKhA». – № 2011145008/13; заявл. 07.11.2011; opubl. 27.10.2012, Byul. № 30.

5. Kurdyumov V.I., Zykin E.S. K obosnovaniyu ugla ataki ploskogo diska rabochego organa grebnevoi seyalki // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2012. – № 4 (20). – S. 127-130.



УДК 621.315: 620.193

Г.А. Елгина, Е.В. Ивойлов, С.М. Слободян  
G.A. Yelgina, Ye.V. Ivoylov, S.M. Slobodyan

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАМЫКАНИЙ В РЕЗОНАНСНОМ ШУНТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

### ESTIMATION OF CLOSINGS EFFECT IN RESONANT SHUNT OF ELECTRICAL GRID

**Ключевые слова:** оценка, эффективность, контакт, виток, модель, индуктивность реактор.

Представлено оригинальное теоретическое и экспериментальное научное исследование индуктивности реактора как модели витковой топологии индуктивной структуры, проводящей ток, с замыканиями смежных витков. Показаны особенности аппаратной реализации физической модели реактора на примере описания её практического исполнения и приведены фрагменты закономерностей, полученных на конкретных практических моделях индуктивности, что позволяет более чётко увязать при испытаниях реактора искажения

тестового сигнала с особенностями нарушений его топологии. Использовано преобразование замены электрической цепи индуктивной структуры реактора с точками замыкания витков как токовыми отводами в эквивалентную ей схему без взаимных индуктивностей. Предложена методика преобразования эквивалентных схем индуктивных структур реактора с исходно однородной топологией витков и с нарушенной межвитковым замыканием топологией индуктивных структур реактора в параметры эквивалентной схемы реактора с межвитковыми замыканиями. Для этого введены коэффициенты, определяемые отношениями токов в точках замыкания, величина которых зависит