

УДК 631.331.5

К ОБОСНОВАНИЮ УГЛА АТАКИ ПЛОСКОГО ДИСКА РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА

Зыкин Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8-905-348-65-14; e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Ключевые слова: пропашные культуры, стрелчатая лапа, пропашной культиватор, междурядная обработка, уход за посевами

Предложен пропашной культиватор, оснащенный комбинированными рабочими органами, позволяющий за один проход качественно выполнить уход за посевами с полной обработкой защитных зон возделываемых культур. Обоснован угол атаки плоского диска для присыпания сорных растений слоем почвы требуемой толщины.

Введение

Уход за посевами пропашных культур при традиционной технологии возделывания предусматривает двух- и трехкратную механизированную междурядную обработку либо обработку гербицидами. Ширину защитной зоны с каждой последующей обработкой увеличивают, в результате площадь необработанной почвы увеличивается. Применение гербицидов, кроме положительной стороны – уничтожение сорных растений на 70...80 %, имеет и отрицательную сторону – снижение 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 и подрезать сорные растения в междурядьях и уничтожить сорные растения в защитных зонах рядков без применения экологически небезопасных гербицидов. При таком способе ухода за посевами достаточно выполнить одну-две механизированные обработки междурядий.

Обработку междурядий выполняют пропашным культиватором (рис. 1), на каждой секции которого устанавливают два

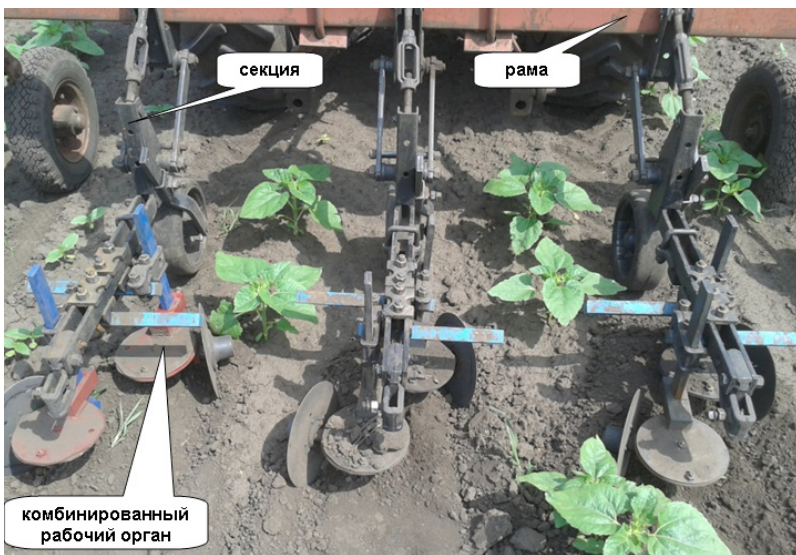


Рис. 1 – Пропашной культиватор

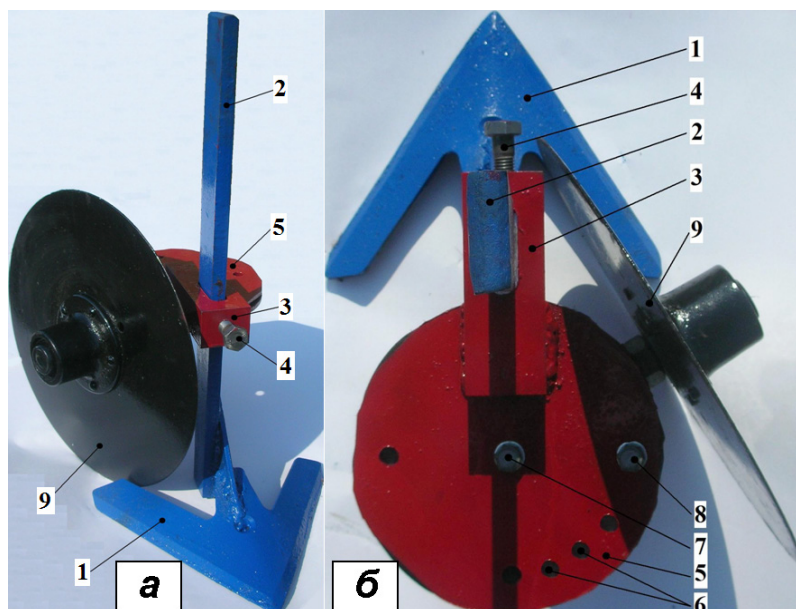


Рис. 2 – Комбинированный рабочий орган: а – общий вид; б – вид сверху; 1 – стрелчатая лапа; 2 – стойка; 3 – кронштейн; 4 – фиксатор; 5 – регулировочный диск; 6 – отверстия; 7, 8 – болты; 9 – плоский диск

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 (рис. 2).

При движении пропашного культиватора стрелчатые лапы 1 рыхлят почву на требуемую глубину и подрезают сорные растения, а плоские диски 2 сдвигают слой почвы, сходящий с крыльев стрелчатых лап, в сторону рядков растений, окучивая их

и присыпая сорняки.

Результаты исследований

Окучивание культурных растений осуществляется за счет переноса объема почвы V_1 , м³, каждым плоским диском (рис. 3а) из междурядья на гребень почвы. После переноса почвы на вершину гребня почвы происходит ее частичное осыпание под углом естественного откоса гребня почвы γ , град., который, в зависимости от физико-механических свойств почвы, колеблется от 26° до 40° [5] (угол $B_1A_1D_1$ фигуры $A_1B_1E_1D_1$). Толщина присыпаемого слоя h_1 , м, на гребень почвы зависит от угла атаки α , град., плоских дисков, а также глубины h , м, их хода в почве (рис. 3б).

Таким образом, для присыпания сорняков и окучивания культурных растений необходимо, чтобы объем почвы V_1 , м³, который следует перенести на исходный гребень почвы, был равен объему почвы в формируемом вторичном гребне V_2 , м³,

$$V_1 = V_2. \quad (1)$$

Для определения объема почвы V_1 , м³, переносимого на вершину исходного гребня, образованного плоским диском, воспользуемся рис. 4.

Объем почвы, м³, переносимый одним плоским диском, при угле его атаки α ,

$$V_1 = 0,5 V_{IQG} \frac{l}{l'} = 0,5 S_{IQG} \ell, \quad (2)$$

где S_{IQG} – площадь поперечного сечения бороздки, образуемой после прохода рабочего органа гребневой сеялки с плоским диском, м²;

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

$$\ell = UZ \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

где UZ – хорда плоского диска, м.

Хорда плоского диска

$$UZ = 2 r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2}, \quad (4)$$

где $r_{\text{пд}}$ – радиус плоского диска, м.
Подставив выражение (4) в (3) получим

$$\ell = 2 r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (5)$$

Площадь

$$S_{\text{IQG}} = S_{\text{UWZ}} \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

где S_{UWZ} – площадь контакта плоского диска с почвой, м².

Площадь контакта плоского диска с почвой, м²,

$$S_{\text{UWZ}} = S_{\text{OUWZ}} - S_{\text{OUZ}}, \quad (7)$$

где S_{OUWZ} – площадь сектора плоского диска, м²;

S_{OUZ} – площадь треугольника ΔOUZ , м².

Площадь, м², сектора плоского диска

$$S_{\text{OUWZ}} = \pi r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta}{360^\circ}. \quad (8)$$

Из рис. 3а следует, что треугольник ΔOUZ – равнобедренный, следовательно,

$$S_{\text{OUZ}} = 2S_{\text{OUT}} = 2 \cdot 0,5 UT \cdot TO = UT \cdot TO. \quad (9)$$

$$UT = 0,5 UZ = 0,5 \times 2 r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} = r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2}. \quad (10)$$

$$TO = OW - TW = r_{\text{пд}} - h. \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) в (9), получим

$$S_{\text{OUZ}} = r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} (r_{\text{пд}} - h). \quad (12)$$

Подставив (8) и (12) в (7), определим площадь контакта плоского диска с почвой:

$$S_{\text{UWZ}} = \pi r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} (r_{\text{пд}} - h). \quad (13)$$

Подставив (13) в (6), определим площадь поперечного сечения бороздки (рис. 4):

$$S_{\text{IQG}} = \left[\pi r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} (r_{\text{пд}} - h) \right] \sin \alpha. \quad (14)$$

Подставив выражения (5) и (14) в (2) и

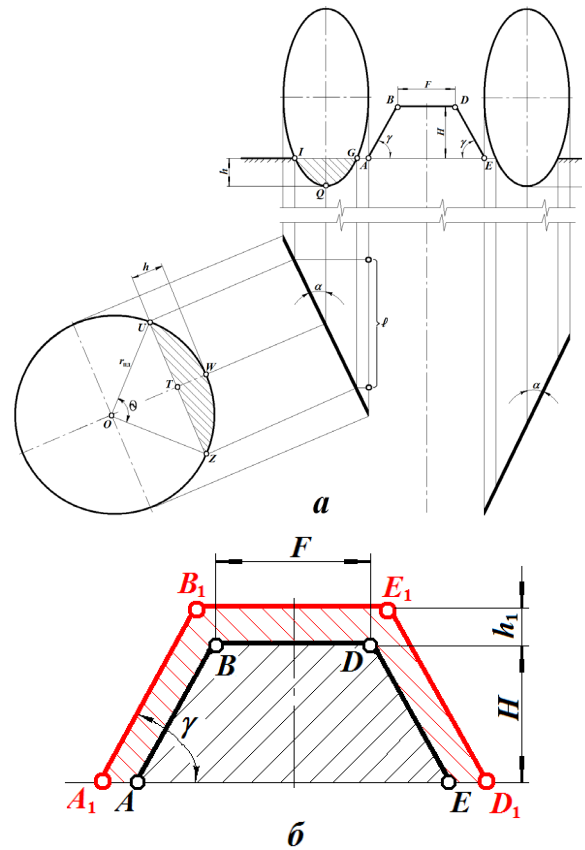


Рис. 3 – Схемы окучивания (а) и профиль присыпаемого слоя почвы на гребень (б)

выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$V_1 = 2 r_{\text{пд}} \left[0,5 r_{\text{пд}} \frac{\theta}{360^\circ} - (r_{\text{пд}} - h) \sin \frac{\theta}{2} \right] r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (15)$$

Образованный объем почвы, м³,

$$V_2 = V_{A_1 B_1 C_1 C B A M N P P_1 N_1 M_1} = S_{A_1 B_1 C_1 C B A} \cdot C_1 P_1, \quad (16)$$

где $S_{A_1 B_1 C_1 C B A}$ – площадь поперечного сечения присыпаемого слоя почвы одним плоским диском, м², (рис. 4);

$$C_1 P_1 = l l', \text{ м.}$$

Из рис. 4 следует, что $l l' = \ell$. С учетом выражения (5)

$$C_1 P_1 = l l' = \ell = 2 r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (17)$$

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

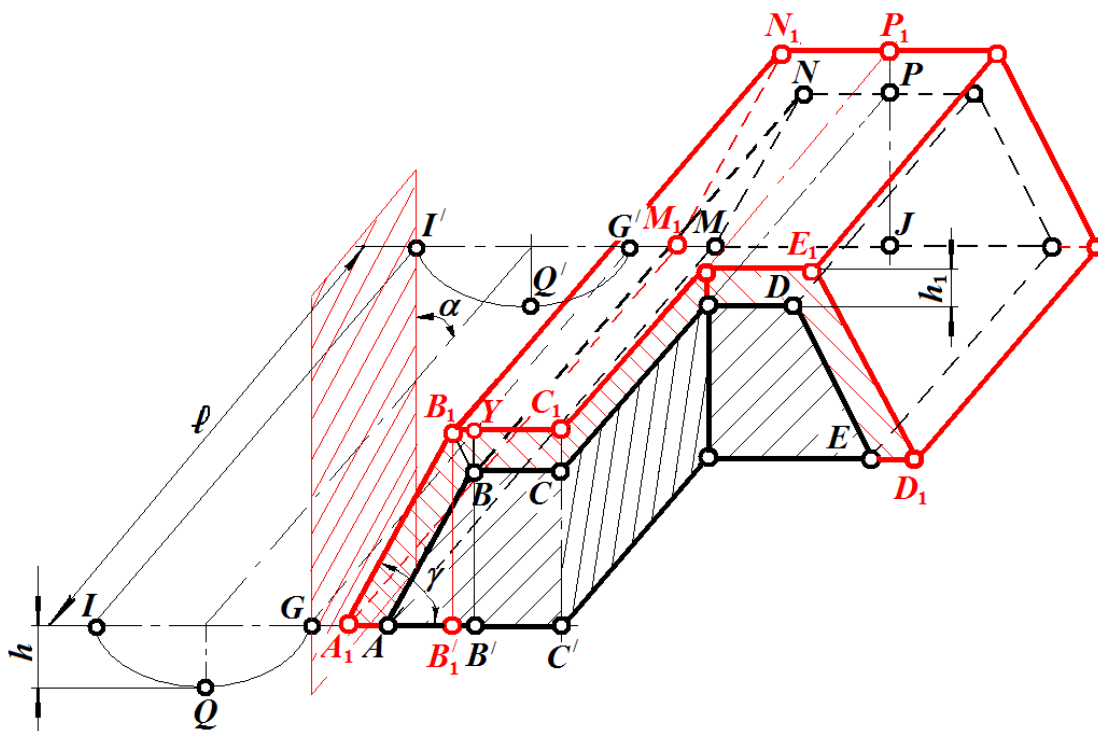


Рис. 4 – К определению переносимого объема почвы в зависимости от угла атаки α плоского диска

$$S_{A_1B_1C_1CBA} = S_{A_1B_1C_1C'A_1} - S_{ABCC'} \quad (18)$$

где $S_{A_1B_1C_1C'A_1}$ – площадь половины поперечного сечения вторичного гребня почвы, m^2 ;

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

Площадь $S_{A_1B_1C_1C'A_1}$ представим в виде двух площадей – треугольника и прямоугольника:

$$S_{A_1B_1C_1C'A_1} = S_{A_1B_1B_1'} + S_{B_1'B_1C_1C'} \quad (19)$$

Площадь треугольника, m^2 ,

$$S_{A_1B_1B_1'} = \frac{B_1B_1' \cdot A_1B_1'}{2}, \quad (20)$$

где $B_1B_1' = H + h_1$, m ;

H – высота исходного гребня почвы, m .

$$A_1B_1' = B_1B_1' \cdot \operatorname{tg} \gamma = (H + h_1) \operatorname{tg} \gamma. \quad (21)$$

Подставив (21) в (20) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$S_{A_1B_1B_1'} = \frac{(H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma}{2}. \quad (22)$$

Площадь прямоугольника, m^2 ,

$$S_{B_1'B_1C_1C'} = B_1B_1' \cdot B_1C_1. \quad (23)$$

Из рис. 4 следует, что

$$B_1C_1 = B_1Y + YC_1 = \frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2}, \quad (24)$$

где F – ширина верхнего основания исходного гребня почвы, m .

Подставив полученное значение в (23) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$S_{B_1'B_1C_1C'} = \frac{h_1(H + h_1)}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2}. \quad (25)$$

Подставив (22) и (25) в (19) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$S_{A_1B_1C_1C'A_1} = \frac{(H + h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma}{2} + (H + h_1) \left(\frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right). \quad (26)$$

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

$$S_{ABCC'} = S_{ABB'} + S_{B'BC'}. \quad (27)$$

Площадь треугольника, m^2 ,

$$S_{ABV'B'} = \frac{BB' \cdot AB'}{2}, \quad (28)$$

где $BB' = H$, м.

$$AB' = BB' \operatorname{tg} \gamma = H \operatorname{tg} \gamma. \quad (29)$$

После подстановки (29) в (28) и соответствующих преобразований получим:

$$S_{ABV'B'} = \frac{(H+h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[(H+h_1) \left(\frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F)}{2}. \quad (30)$$

Подставив (30) и (17) в (16) и выполнив соответствующие преобразования, определим объем почвы, м³, получаемый после ее переноса на гребень одним диском:

$$V_2 = \left\{ (H+h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[(H+h_1) \left(\frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F) \right\} r_{\text{пл}} \quad (31)$$

Для определения необходимого угла атаки α , град., плоского диска приравняем выражение (15) к (31):

$$2 r_{\text{пл}} \left[0,5 r_{\text{пл}} \frac{\theta}{360^\circ} - (r_{\text{пл}} - h) \sin \frac{\theta}{2} \right] r_{\text{пл}} \sin \frac{\theta}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \left\{ (H+h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[(H+h_1) \left(\frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F) \right\} r_{\text{пл}} \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (32)$$

Выполнив преобразования уравнения (32), определим угол атаки плоского диска

$$\alpha = \arcsin \frac{(H+h_1)^2 \operatorname{tg} \gamma + 2 \left[(H+h_1) \left(\frac{h_1}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{F}{2} \right) \right] - H(H \operatorname{tg} \gamma + F)}{2 r_{\text{пл}} \left[0,5 r_{\text{пл}} \frac{\theta}{360^\circ} - (r_{\text{пл}} - h) \sin \frac{\theta}{2} \right]}. \quad (33)$$

Вывод

Таким образом, для создания вторич-

ного гребня с требуемой толщиной присыпаемого слоя почвы h_1 необходимо установить плоский диск под углом атаки α , который при известных размерах исходного гребня почвы F и H и угле естественного откоса почвы γ зависит от радиуса плоского диска $r_{\text{пл}}$ и глубины его хода в почве h .

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