

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИАМЕТРА ПЛОСКОГО ДИСКА РАБОЧЕГО ОРГАНА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Зыкин Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Шаронов Иван Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

**Ключевые слова:** технология, посев, почва, культивация, прикатывание, междурядья

Разработана гребневая сеялка, применение которой позволяет с минимальными затратами за один проход выполнить предпосевную культивацию, высев семян, образовать над строчкой высеянных семян бугорок почвы, уплотнить бугорок почвы с трех сторон и окончательно сформировать гребень почвы требуемых размеров и плотности в нем. Теоретически обоснован оптимальный диаметр плоского диска рабочего органа гребневой сеялки из условия его вращения в почве с минимальным скольжением, а также надежного разрезания комков почвы и сорных растений, а также сдвига почвы из междурядий на высеянные семена. Выявлено, что диаметр плоского диска при заданной агротехническими требованиями глубине хода рабочего органа и определенном в зависимости от размеров получаемого гребня почвы угле его атаки зависит от физико-механических свойств почвы.

### Введение

Проанализировав известные способы предпосевной подготовки поля и гребневого возделывания пропашных культур, можно заключить, что гребни почвы при посеве формируют различными средствами механизации с активными и пассивными рабо-

чими органами, в частности, плоскими дисками. Однако задача качественного формирования гребней почвы плоскими дисками решена недостаточно, поэтому необходимо обосновать оптимальные конструктивные и режимные параметры гребневой сеялки, оснащенной новыми рабочими органами, включающими в себя, в частности, плоские диски [1, 2, 3, 4].

### Объекты и методы исследований

Для практической реализации гребневого способа посева пропашных культур [5, 6] разработана гребневая сеялка [7, 8, 9], одновременно выполняющая предпосевную культивацию, высев семян во влажный слой почвы на уплотненное ложе, формирование над семенами бугор-



**Рис. 1** – Посевная секция гребневой сеялки: 1 – параллелограммный механизм; 2 – грядиль; 3 – опорное колесо; 4 – лапа-сошник; 5, 6 – рабочие органы с правым и левым плоскими дисками; 7 – каток-гребнеобразователь

ка почвы, прикатывание его с трех сторон и окончательное формирование гребня почвы требуемых размеров и плотности в нем.

На каждой посевной секции (рис. 1) гребневой сеялки установлены лапа-сошник, два рабочих органа с плоскими дисками и каток-гребнеобразователь.

Рабочие органы (рис. 2) устанавливаются таким образом, чтобы их плоские диски под острым углом были направлены в сторону движения гребневой сеялки.

### Результаты исследований

При движении гребневой сеялки крылья лапы-сошника приподнимают слой почвы толщиной 2...3 см, смещают его в разные стороны, образуя влажное уплотненное ложе, на которое укладывают семена. Следом идущие рабочие органы крыльями стрельчатых лап также приподнимают почву и правым и левым плоскими дисками отбрасывают ее из междурядья в сторону продольной оси симметрии гряды (на высеянные семена).

Процесс прямолинейного движения и вращения плоского диска радиусом  $R$ , м, в почве на глубине  $h$ , м, должен происходить так, чтобы при встрече с комками плоский диск защемлял их между своей режущей кромкой и почвой и разрезал их. В этом случае угол  $Q$  контакта с почвой является углом защемления [10] (рис. 3).

При взаимодействии режущей кромки плоского диска с комком почвы  $A$  возникают две нормальные силы:  $N_1 = N \operatorname{tg} \beta$ , стремящаяся вытолкнуть комок почвы, и  $N_2 = N / \cos \beta$  – перпендикулярная режущей кромке плоского диска. Результирующая сила  $N = N_1 + N_2$  – стремится вытолкнуть комок почвы из раствора режущей кромки и поверхности почвы в направлении положительной части оси  $Ox$ .

Между поверхностями комка почвы и

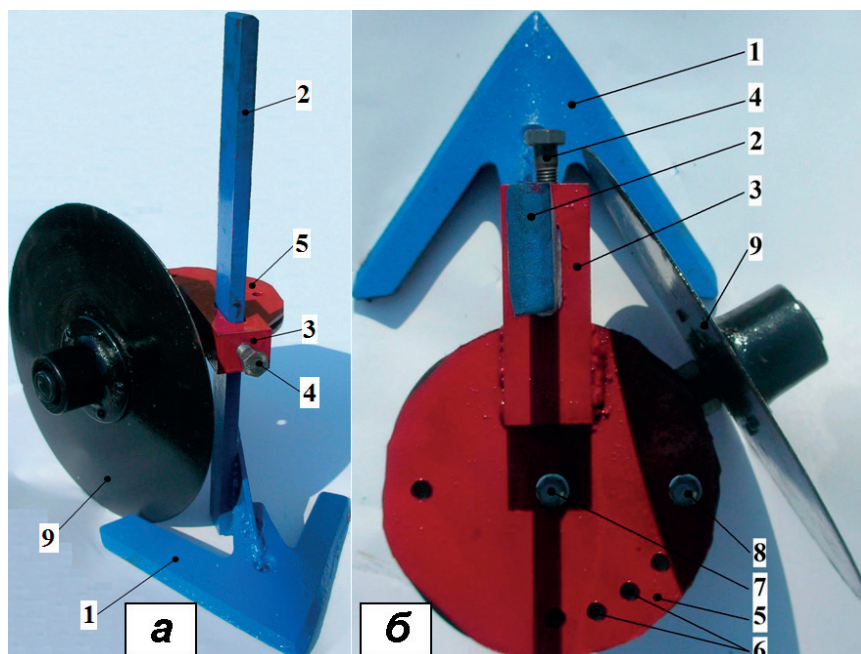


Рис. 2 – Рабочий орган гребневой сеялки: а – общий вид; б – вид сверху; 1 – стрельчатая лапа; 2 – стойка; 3 – кронштейн; 4 – фиксатор; 5 – регулировочный диск; 6 – отверстия; 7, 8 – болты; 9 – плоский диск

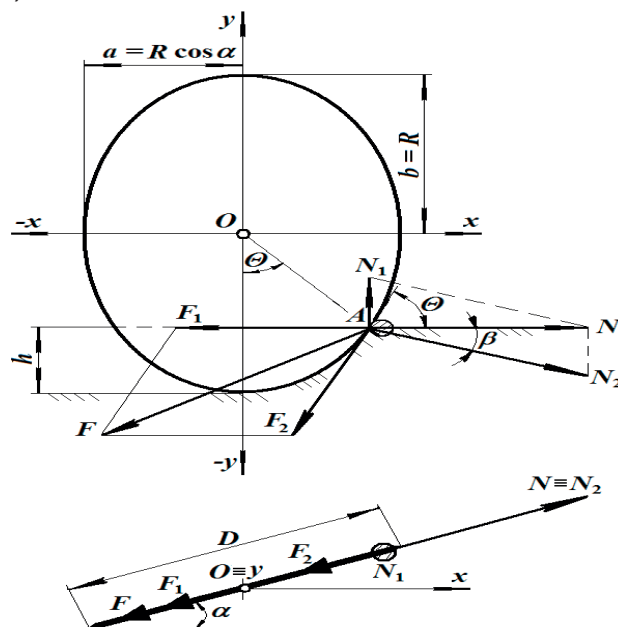


Рис. 3 – К определению диаметра плоского диска

почвы возникает сила трения  $F_1$  и сила  $F_2$  – между режущей кромкой плоского диска и почвой. Результирующая сила трения  $F = F_1 + F_2$  направлена в сторону, противоположную направлению вращения плоского диска [10, 11].

Из рис. 3 следует, что:

$$F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (1)$$

$$F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2)$$

где  $\varphi_1$  – угол трения между режущей кромкой плоского диска и комком почвы, град.;

$\varphi_2$  – угол трения между поверхностями комка почвы и почвой, град.

Защемление комка почвы между режущей кромкой и почвой произойдет при условии

$$F_1 + F_2 \cos \theta \geq N, \quad (3)$$

или

$$N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 + N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \cos \beta \geq N \quad (4)$$

Подставив в уравнение (4) значения  $N_1$  и  $N_2$ , и, учитывая, что  $\beta = 90^\circ - \theta$ , получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \geq 1. \quad (5)$$

Если же  $\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 < 1$ , то комок почвы будет выталкиваться из раствора между режущей кромкой плоского диска и поверхностью почвы.

Для вращения плоского диска в почве с минимальным скольжением и сопротивлением качению необходимо обосновать его диаметр. Плоский диск с оптимальным диаметром должен обеспечить надежное разрезание комков почвы и сорных растений и сдвиг определенного объема почвы из междурядий на высеянные семена.

Так как плоский диск рабочего органа установлен с углом атаки  $\alpha$ , град., к направлению движения гребневой сеялки, то в продольно-вертикальной плоскости проекция плоского диска представляет эллипс с полуосями  $R$  и  $R \cos \alpha$  [11, 12].

Каноническое уравнение эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (6)$$

где  $a = R \cos \alpha$  – малая ось эллипса, м;

$b = R$  – большая ось эллипса, м.

С учетом параметров плоского диска уравнение (6) запишем следующим образом:

$$\frac{x^2}{R^2 \cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{R^2} = 1. \quad (7)$$

Из уравнения (7) выразим величину  $y$ :

$$y = \sqrt{R^2 \left( 1 - \frac{x^2}{R^2 \cos^2 \alpha} \right)} = \frac{\sqrt{R^2 \cos^2 \alpha - x^2}}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

Для определения угла  $Q$ , образованного силой  $N$  в направлении оси  $Ox$  и касательной линией к режущей кромке плоского диска необходимо продифференцировать выражение (8) по переменной величине  $x$ :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{dy}{dx} = \left( \frac{\sqrt{R^2 \cos^2 \alpha - x^2}}{\cos \alpha} \right)' = -\frac{x}{\cos \alpha \sqrt{R^2 \cos^2 \alpha - x^2}} \quad (9)$$

Для определения  $x$  необходимо учесть, что в точке  $A$  контакта режущей кромки плоского диска с комком почвы

$$y = -(R - h). \quad (10)$$

Тогда, подставив выражение (10) в уравнение (7), получим:

$$\frac{x^2}{R^2 \cos^2 \alpha} + \frac{(-(R - h))^2}{R^2} = 1. \quad (11)$$

Выражая из уравнения (11) переменную величину  $x$ , получим:

$$x = \pm \cos \alpha \sqrt{2hR - h^2}. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в уравнение (9), получим:

$$\operatorname{tg} \theta = -\frac{\left( \pm \cos \alpha \sqrt{2hR - h^2} \right)}{\cos \alpha \sqrt{R^2 \cos^2 \alpha - \left( \pm \cos \alpha \sqrt{2hR - h^2} \right)^2}} \quad (13)$$

Возведем в квадрат обе части уравнения (13) с учетом, что  $\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2$  и, выполнив соответствующие преобразования, получим квадратичное уравнение:

$$R^2 (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha - 2hR [1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha] + h^2 [1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha] \geq 0. \quad (14)$$

Выразив  $\left[ (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha \right]$  через  $i$ , а  $\left[ 1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha \right]$  через  $j$ , и решая уравнение (14) относительно радиуса  $R$  плоского диска, получим:

$$R_1 \geq \frac{hj}{i} - \frac{h\sqrt{j(j-i)}}{i}$$

и

$$R_2 \geq \frac{h\sqrt{j(j-i)}}{i} + \frac{hj}{i}, \quad (15)$$

или

$$R_{1,2} \geq \frac{h(j \pm \sqrt{j(j-i)})}{i}. \quad (16)$$

Выполнив обратную замену переменных  $i$  и  $j$ , определим оптимальный диаметр плоского диска рабочего органа гребневой сеялки из условий его надежного сцепления с почвой и минимального скольжения:

$$D \geq \frac{2h(1 + (\operatorname{tg}\varphi_1 + \operatorname{tg}\varphi_2)^2 \cos^2 \alpha \pm \sqrt{1 + (\operatorname{tg}\varphi_1 + \operatorname{tg}\varphi_2)^2 \cos^2 \alpha})}{(\operatorname{tg}\varphi_1 + \operatorname{tg}\varphi_2)^2 \cos^2 \alpha} \quad (16)$$

Угол трения между режущей кромкой плоского диска и комком почвы (или угол трения почвы по стали) для черноземных почв  $\varphi_1 = 20...24^\circ$ , а угол трения между поверхностями комка почвы и почвой  $\varphi_2 = 48^\circ$  [13]. Тогда при глубине хода рабочего органа с плоским диском  $h = 0,06$  м, минимальный диаметр плоского диска при угле его атаки  $\alpha = 5^\circ$  составит  $D = 0,08...0,26$  м, при  $\alpha = 35^\circ$  -  $D = 0,07...0,32$  м.

#### Вывод

Таким образом, оптимальный диаметр плоского диска гребневой сеялки зависит от глубины хода  $h$  рабочего органа, угла атаки  $\alpha$  плоского диска и физико-механических свойств почвы. Однако, как показали проведенные исследования рабочих органов гребневой сеялки, для формирования гребня почвы необходимых геометрических размеров и перемещения соответствующих объемов почвы, минимальный диаметр плоского диска должен быть не менее  $0,25...0,3$  м [14].

#### Библиографический список

1. Курдюмов, В.И. К обоснованию угла атаки плоского диска рабочего органа гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сель-

скохозяйственной академии. - 2012. - № 4 (20). - С. 127 - 130.

2. Курдюмов В.И. Энергосберегающие средства механизации гребневого возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 1(21). - С.144-149.

3. Курдюмов В.И. Исследование катка-гребнеобразователя в лабораторных условиях / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2009. - № 2 (9). - С. 91 - 95.

4. Экспериментальные исследования универсального катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.П. Зайцев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 4 (16). - С. 107 - 112.

5. 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.

6. Пат. 2265305 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Способ посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2004109411/12; заявл. 29.03.2004; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.

7. Пат. 2435352 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010129255/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

8. Пат. 2435353 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010129256/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

9. Пат. 108902 Российская Федерация, МПК А01В49/04. Секция сеялки-культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - №

2011100230/13; заявл. 11.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28.

10. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакур. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

11. Есоян, А.М. К теории оптимизации параметров сферических дисков почвообрабатывающих машин / А.М. Есоян, П.А. Тонапетян, А.А. Аракелян // Известия Государственного аграрного университета Армении. – 2006. - № 2. – С. 56-58.

12. Канаев, А.И. Управление системой «рабочие органы – почва» при обработке зяби с целью накопления почвенной влаги

в условиях Заволжья : монография / А.И. Канаев. – Самара, 2001. – 274 с.

13. Зыкин, Евгений Сергеевич. Способ посева пропашных культур с разработкой катка-гребнеобразователя. 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства; дис. ... канд. техн. наук / Е.С. Зыкин. – Пенза, 2004. – 181 с.

14. Курдюмов, В.И. Исследование рабочих органов гребневой сеялки в лабораторных условиях / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. – № 3 (31). – С. 121-124.