



Инновационная дефлекторная почвообрабатывающая лапа

Николай Ефимович Руденко¹,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Геннадий Геннадьевич Шматко¹,
кандидат технических наук, доцент;

Валерий Николаевич Руденко²,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: rudinko@yandex.ru;
Максим Алексеевич Ануприенко¹,
магистрант, e-mail: anuprienko_maksim@mail.ru

¹Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация;

²Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

Реферат. При посеве большинство сошников сеялок входят в почву сверху. Они встречают твердые комья почвы, подсакивают, изменяя глубину заделки семян. Некоторые семена выбрасываются на поверхность. В результате снижается посевная всхожесть, а значит, и урожайность. (*Цель исследования*) Разработать инновационную почвообрабатывающую стрелчатую лапу, исключающую отбрасывание почвы и формирование невыровненной поверхности, а также повышающую производительность культиватора. (*Материалы и методы*) Определили установочные параметры разработанной дефлекторной стрелчатой лапы с привлечением математического аппарата и учетом требований, предъявляемых к рабочим органам почвообрабатывающих агрегатов. (*Результаты и обсуждение*) Разработали инновационную дефлекторную стрелчатую лапу. Расположили дефлектор треугольной формы над лемехом. Определили оптимальный угол наклона дефлектора в горизонтальной плоскости – 15-25 градусов, а высота установки стрелчатой лапы над лезвием – в 1,5 раза превышает глубину обработки почвы. Выяснили, что задняя часть дефлектора, имеющая зубчатую форму и изогнутая вниз, позволяет измельчать почву, формируя мелкокомковатую структуру. Показали, что почва, перемещаясь по дефлектору, при столкновении с изогнутой частью возвращается на поверхность, закрывая и выравнивая образовавшуюся борозду. Треугольная форма стойки между лемехом и дефлектором существенно снижает забиваемость сошников растительными остатками. (*Выводы*) Доказали, что выровненную поверхность почвы с мелкокомковатой структурой верхнего слоя можно получить, используя дефлекторную стрелчатую лапу, что исключает применение катков. При этом уменьшаются материалоемкость культиватора, расход топлива, а производительность повышается на 50 процентов в результате увеличения скорости обработки почвы до 18 километров в час.

Ключевые слова: предпосевная обработка почвы, сошник, стрелчатая лапа, дефлектор, культивация почвы, угол крошения, глубина обработки почвы.

■ **Для цитирования:** Руденко Н.Е., Шматко Г.Г., Руденко В.Н., Ануприенко М.А. Инновационная дефлекторная почвообрабатывающая лапа // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №5. С. 11-14. DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-5-11-14.

Innovative Deflector Soil-Cultivating Paw

Nikloday E. Rudenko¹,
Dr.Sc.(Agr.), professor;
Gennadiy G. Shmatko¹,
Ph.D.(Eng.), associate professor;

Valeriy N. Rudenko²,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Maksim A. Anuprienko¹,
undergraduate

¹Stavropol State Agricultural University, Stavropol, Russian Federation;

²Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. When planting, most planters coulters enter the ground from the top. They meet hard clods of soil, jump, changing the depth of planting seeds. Some seeds are thrown to the surface. As a result, the sowing germination, as well as yield, decreases. (*Research purpose*) To develop an innovative soil-cultivating pointed paw, eliminating the rejection of soil and the formation of unevenness of the surface, as well as increasing the productivity of the cultivator. (*Materials and methods*) The authors determined the setting parameters of the developed deflector pointed paw with the involvement of mathematical device and taking into account the requirements for the working bodies of soil-cultivating units. (*Results and discussion*) The authors developed an innovative deflector pointed paw. A triangular deflector was placed over the ploughshare. They determined the optimal angle of

deflector inclination in the horizontal plane-15-25 degrees, and the height of the installation of the pointed paw over the blade- in 1.5 times above the depth of soil cultivation. It was found that the rear part of the deflector, which has a serrated shape and curved down, allows to grind the soil, forming a small-lumpy structure. It was shown that the soil, moving along the deflector, in collision with the curved part returns to the surface, closing and leveling the formed furrow. The triangular shape of the rack between the ploughshare and the deflector significantly reduces the clogging of coulters with plant residues. (*Conclusions*) The authors proved that the leveled soil surface with a finely lumpy structure of the top layer can be obtained using a deflector pointed paw, which eliminates the use of rollers. This reduces the material consumption of the cultivator, fuel consumption, and productivity increases by 50 percent as a result of increasing the speed of soil cultivation to 18 kilometers per hour.

Keywords: paw, deflector, soil cultivation, angle of ploughshare dyeing, depth of soil processing.

In citation: Rudenko N.E., Shmatko G.G., Rudenko V.N., Anuprienko M.A. Innovatsionnaya deflektornaya pochvoobrabatyvayushchaya lapa [Innovative Deflector Soil-Cultivating Paw]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N5. C. 11-14 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-5-11-14.

Для поверхностной обработки почвы используют культиваторы, оснащенные стрельчатыми лапами с углом крошения 12-18° [1]. В процессе работы стрельчатая лапа отбрасывает почву, рыхлит ее, частично крошит комки. После стандартной стрельчатой лапы остается невыровненная крупнокомковатая поверхность почвы, степень крошения не превышает 40-45% [2]. При этом образуются бороздки, поверхность почвы не выровнена.

Поэтому в агрегате с культиватором ставят катки разных модификаций. После работы культиватора с катками поверхность поля остается выровненной, комки почвы не разрушены, а вдавлены в нижележащий слой. Располагаясь сверху, они подсыхают и приобретают повышенную твердость.

Большинство используемых сошников сеялок (дисковые, килевидные, полозовидные) входят в почву сверху. Попадая на комки почвы, они подсакивают, изменяя глубину заделки семян. Иногда семена падают на поверхность, снижается их полевая всхожесть, а значит и урожайность [3, 4].

Необходимо улучшить качество предпосевной обработки почвы. Это обеспечивают дефлекторы, установленные на культиваторе над стрельчатыми лапами.

Рабочая скорость движения культиватора при работе со стандартными стрельчатыми лапами не превышает 12 км/ч.

Цель исследования – разработать инновационную почвообрабатывающую стрельчатую лапу, исключаящую отбрасывание почвы, формирующую выровненную поверхность, а также повышающую производительность культиватора [5].

Материалы и методы. Определили установочные параметры дефлекторной стрельчатой лапы с привлечением математического аппарата и учетом требований, предъявляемых к рабочим органам почвообрабатывающих агрегатов.

Результаты и обсуждение. Дефлекторная стрельчатая лапа (рис. 1) включает стойку, к которой закреплен нижний стрельчатый лемех, имеющий угол крошения α (рис. 1а). Над ним установлен дефлектор 3в ви-

де равнобедренного треугольника (рис. 1б). Концевая часть треугольника отогнута вниз и выполнена зубчатой. Регулировка установки дефлектора по высоте и углу наклона выполняется с помощью крепления. Кроме того, в нижней части между лемехом и дефлектором профиль стойки имеет форму треугольника.

Технологический процесс обработки почвы осуществляется следующим образом. Стрельчатые лапы с определенным углом крошения подбрасывают почву вверх, и она ударяется о дефлектор. Часть энергии, полученной почвой, идет на ударное воздействие, а другая – на перемещение почвы вдоль дефлектора. Отогнутая задняя часть дефлектора гасит скорость перемещения потока почвы и направляет его вниз. Почва возвращается на поверхность, заделывая образованную стрельчатой лапой бороздку и выравнивая поверхность. Зубчатая часть измельчает почву, доводя ее до мелкокомковатой структуры.

Высота h_n установки дефлектора над лезвием нижнего лемеха коррелирует с высотой отбрасывания l подрезанной нижним лемехом почвы: $h_n < l$ [6]:

$$l = \frac{V^2(1-f)}{2g}, \text{ м}, \quad (1)$$

где V – рабочая скорость культиватора, м/с;

f – коэффициент трения почвы по поверхности лемеха.

При $V = 9$ км/ч (2,5 м/с) и $f = 0,4$;

$$l = \frac{2,5^2 \cdot (1-0,4)}{2 \cdot 9,8} = 0,2 \text{ м}.$$

Чтобы использовать энергию удара для разрушения комков, высота установки дефлектора от лезвия стрельчатого лемеха не должна превышать 0,5 l . Следовательно, $h_n \geq 1,5h_0$, где h_0 – глубина обработки почвы, м. Например, при глубине обработки $h_0 = 0,08$ м высота установки дефлектора $h_n = 1,5h_0 = 0,12$ м.

Угол наклона дефлектора β подбирают исходя из гранулометрических свойств и состояния почвы в конкретных полевых условиях [7].

Для расчета угла наклона задней отогнутой части дефлектора необходимо соблюдение условия свободного схода почвы с внутренней поверхности:

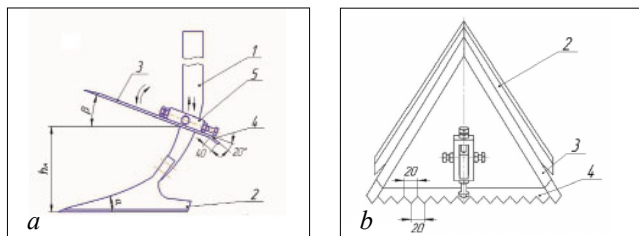


Рис. 1. Дефлекторная стрелчатая лапа:

a – вид сбоку; b – вид сверху

1 – стойка; 2 – стрелчатый лемех; 3 – дефлектор; 4 – отогнутая часть дефлектора; 5 – держатель; α – угол крошения на нижней стрелчатой лапе; β – угол наклона дефлектора; h_n – высота установки дефлектора

Fig. 1. Deflector pointed paw:

a – side view; b – top view

1 – stand; 2 – pointed ploughshare; 3 – deflector; 4 – bent part of the deflector; 5 – holder; α – angle of crumbling on the lower pointed paw; β – angle of deflector inclination; h_n – height of the deflector

$$\delta < \varphi$$

где δ – угол отгиба концевой части, град.;

φ – угол трения почвы о стальную поверхность, град.

При $\varphi = 22^\circ$ принимаем $\delta < 20^\circ$.

Длину отогнутой части определяем исходя из равенства:

$$F_n b \sin \delta = F_{тр} l_0,$$

где F_n – усилие на перемещение почвы вдоль дефлектора, Н; b – расстояние перемещения почвы по дефлектору после стойки, м;

$F_{тр}$ – сила трения почвы по поверхности дефлектора, Н; l_0 – ширина отогнутой концевой части дефлектора, м. Отсюда:

$$l_0 = \frac{F_n b \sin \delta}{F_{тр}};$$

$$F_{тр} = f F_n;$$

$$l_0 = \frac{F_n b \sin \delta}{F_n f} = \frac{b \sin \delta}{f}; \quad (2)$$

При значениях $b = 0,05$ м; $f = 0,4$; $\delta = 20^\circ$ определим ширину отогнутой части:

$$l_0 = \frac{0,05 \cdot \sin 20^\circ}{0,4} = 0,0425 \text{ м.}$$

Принимаем ширину отогнутой концевой части дефлектора равной 40-45 мм.

Поскольку при обработке почвы до 80% комков должны иметь размер менее 20 мм [8], размер зубьев концевой части принимаем равным 20 мм.

Треугольная форма стойки обеспечивает снижение зависания на ней растительных остатков.

При работе стойки прямоугольного сечения силы смещения F_c , обусловленные трением о почву и дефлектор, с боковых сторон стойки одинаковы, поэтому растительность зависает на ней (рис. 2).

В случае треугольной формы силы воздействия на

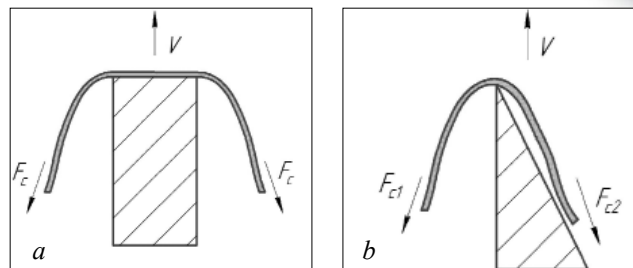


Рис. 2. Схема взаимодействия растительности в зависимости от формы стойки:

a – прямоугольная; b – треугольная;

F_c – силы смещения растительных остатков вдоль стойки и дефлектора, Н

Fig. 2. The scheme of interaction of vegetation depending on the rack shape:

a – rectangular; b – triangular;

F_c – forces of displacement of plant residues along the rack and deflector, Н

растительные остатки с боковых сторон стойки F_{c1} и F_{c2} различаются. В результате, растительность будет легче сходить со стойки и меньше забивать ее.

Кроме того, треугольная стойка в процессе движения разрезает часть растительных остатков.

Энергия отбрасывания подрезанной почвы W_0 (Дж) расходуется на энергию удара почвы о дефлектор W_y и на энергию, затраченную на перемещение почвы вдоль дефлектора W_n .

Энергия удара равна:

$$W_y = W_0 \cos \beta, \quad (3)$$

где β – угол установки дефлектора к горизонтальной плоскости, град.

Определим энергию отбрасывания [9]:

$$W_0 = \frac{m V^2}{2} (1 - f), \text{ Дж} \quad (4)$$

где m – масса отбрасываемой почвы, кг.

Массу отбрасываемой почвы находим по формуле:

$$m = \frac{S_n h_0 \rho}{\sin \gamma}, \text{ кг}, \quad (5)$$

где S_n – площадь стрелчатого лемеха, м²;

ρ – объемная масса почвы, кг/м³;

γ – половина угла раствора лезвий лемеха, град.

Вычислим этот показатель при $S_n = 0,02$ м²;

$h_0 = 0,08$ м; $\rho = 1000$ кг/м³; $\gamma = 30^\circ$:

$$m = \frac{0,02 \cdot 0,08 \cdot 1000}{\sin 30} = 3,2 \text{ кг.}$$

Отсюда:

$$W_0 = \frac{3,2 \cdot 2,5^2}{2} \cdot 0,60 = 6,0 \text{ Дж.}$$

Энергия, затраченная на перемещение почвы вдоль дефлектора, равна:

$$W_n = W_0 - W_y.$$

Для угла установки дефлектора $\beta = 18^\circ$:

$$W_y = W_0 \cdot \cos \beta = 6,0 \cdot 0,95 = 5,7 \text{ Дж};$$

Следовательно:

$$W_n = 6,0 - 5,7 = 0,3 \text{ Дж.}$$

Таким образом, большая часть энергии идет на ударное воздействие почвы о дефлектор.

Выводы. Конструкция дефлекторной почвообрабатывающей лапы позволяет дополнительно использовать энергию отбрасывания почвы, возникающую при перемещении, для ударного воздействия на комки и их разрушения.

Использование регулируемого по углу наклона и

высоте дефлектора с отогнутой на угол 20° концевой частью шириной 40 мм и зубчатой кромкой с размерами зубьев 20 мм позволяет повысить степень крошения почвы при скорости 16-18 км/ч в 2 раза (до 90%).

В результате применения дефлекторной почвообрабатывающей лапы получают выровненную поверхность почвы с мелкокомковой структурой верхнего слоя почвы, что исключает использование катков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Несмиян А.Ю., Должиков В.В. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденции их производства // *Тракторы и сельхозмашины*. 2013. N4. С.6-9.
2. Novak P., Hula J. Translocation of Soil Particles during Secondary Soil Tillage along Contour Lines. *Water*. 2018. 10(5). 568.
3. Vasylykova K.E., Leshchenko S.M., Vasylykovskiy O.M., Petrenko D.I. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting. *In MATEH – Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 50. N3. 13-20.
4. Martinik A., Palátová E., Houšková K. Impact of pre-sowing treatment and sowing season on Douglas fir emergence rate in a specific seed lot. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2013. Vol. 61. Iss. 1. 147-155.
5. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экономически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. Т. 7. N4. С. 8-12.
6. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс. 2008. 266 с.
7. Aulin V.V., Tykhyi A.A. 2017. Influence of Rheological Properties of a Soil Layer Adjacent to the Working Body Cutting Element on the Mechanism of Soil Cultivation. *Acta Technologia Agriculturae*. 2018. Vol. 21. Iss. 4. 153-159.
8. Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Мухамадьяров Ф.Ф. и др. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация. СПб.: Лань. 2019. 264 с.
9. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В., Руденко В.Н. Новые технологии и средства механизации в растениеводстве. Ставрополь: АГРУС. 2018. 380 с.

REFERENCES

1. Nesmiyan A.Yu., Dolzhikov V.V. Obzor kul'tivatorov dlya sploshnoy obrabotki pochvy i tendencii ih proizvodstva [Review of the cultivators for continuous soil cultivation and tendencies of their production]. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2013. N4. 6-9 (In Russian).
2. Novak P., Hula J. Translocation of Soil Particles during Secondary Soil Tillage along Contour Lines. *Water*. 2018. 10(5). 568 (In English).
3. Vasylykova K.E., Leshchenko S.M., Vasylykovskiy O.M., Petrenko D.I. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting. *In MATEH – Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 50. N3. 13-20 (In English).
4. Martinik A., Palátová E., Houšková K. Impact of pre-sowing treatment and sowing season on Douglas fir emergence rate in a specific seed lot. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2013. Vol. 61. Iss. 1. 147-155 (In English).
5. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Perspektivnye puti primeneniya energo- i ekonomicheski effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Perspective ways of application of energy-and cost-effective machine technologies and technical means]. *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. Vol. 7. N4. 8-12 (In Russian).
6. Panov I.M., Vetohin V.I. Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv. [Physical bases of soil mechanics] Kiev: Feniks. 2008. 266 (In Russian).
7. Aulin V.V., Tykhyi A.A. 2017. Influence of Rheological Properties of a Soil Layer Adjacent to the Working Body Cutting Element on the Mechanism of Soil Cultivation. *Acta Technologia Agriculturae*. 2018. Vol. 21. Iss. 4. 153-159 (In English).
8. Valiev A.R., Ziganshin B.G., Muhamad'yarov F.F. i dr. Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie mashiny: regulirovka, nastroyka i ekspluatatsiya. [Modern tillage machines: adjustment, adjustment and operation] Saint Petersburg: Lan'. 2019. 264 (In Russian).
9. Rudenko N.E., Kulaev E.V., Rudenko V.N. Novye tekhnologii i sredstva mekhanizatsii v rastenievodstve [New technologies and means of mechanization in crop production]. Stavropol': AGRUS. 2018. 380 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.04.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 01.04.2019

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья принята к публикации 28.10.2019
The paper was accepted
for publication on 28.10.2019