

УДК 631.51.01/631.517

DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.16-20

ИННОВАЦИОННАЯ СТРЕЛЬЧАТАЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ЛАПА

Руденко Н.Е.*, докт. с.-х. наук,

Кайванов С.Д.,

Завялик Ф.Н.

Ставропольский государственный аграрный университет, Зоотехнический переулок, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация, *e-mail: kajwanov@yandex.ru

Основная задача предпосевной обработки почвы – обеспечение высокой стабильности глубины хода рабочего органа, мелкокомковатой структуры верхнего слоя и выровненной поверхности с отсутствием бороздок и выноса влажной почвы. Необходимы рабочие органы, позволяющие машине работать на повышенных скоростях, чтобы увеличить ее производительность на 30-40 процентов. Требуется система копирования, упрощающая конструкцию и снижающая вариабельность глубины обработки. Применяемые для предпосевной обработки культиваторы типа КПС-4 оснащены стрельчатыми лапами шириной захвата 270-330 мм. Они имеют угол крошения 18 градусов. Глубина обработки поддерживается копирующими колесами. Однако ввиду того, что они отдалены от рабочих органов, добиться высокой стабильности их хода невозможно. Наличие угла крошения и стоек, разрезающих верхний слой почвы, приводит к раздвиганию, выносу влажной почвы за стойками, образованию бороздок. Глубина и ширина их увеличивается с ростом скорости движения культиватора. Создается нетехнологичный фон для посева. Поставлена задача – исключить эти негативные явления при работе современных культиваторов типа КПС-4. Ее можно решить, установив на культиваторе двухъярусные стрельчатые лапы, которые включают нижний и верхний лемехи, закрепленные на одной стойке. Оба лемеха заточены. Они позволяют отказаться от копирующих колес и повысить скорость рабочего движения культиватора до 16-18 км в час. Верхний лемех служит копирующим элементом. Стабильность глубины обработки определяется тем, что верхний лемех как копирующий элемент и нижний, подрезающий сорняки, перемещаются в одной плоскости. Установленный над верхним лемехом наральник обеспечивает сход подрезанных верхним лемехом сорняков. Этому способствует его форма в виде поверхности Мёбиуса. Инновационная стрельчатая лапа качественно выполняет технологический процесс. В ходе полевых испытаний установлено, что степень крошения почвы достигла 87-91 процентов. Если коэффициент технологичности для стандартных лап равен 0,4, то для предложенной он достигает 1,0. Исключается применение зубовых борон в агрегате с культиватором, не требуются отдельные копирующие элементы, что существенно упрощает конструкцию культиватора.

Ключевые слова: обработка почвы, культиватор, стрельчатая лапа, лемех, наральник, глубина обработки.

■ **Для цитирования:** Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Завялик Ф.Н. Инновационная стрельчатая почвообрабатывающая лапа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №6. С. 16-20. DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.16-20

INNOVATIVE V-SHAPED CULTIVATING TINE

N.E. Rudenko*, Dr. Sci. (Eng.),

S.D. Kayvanov,

F.N. Zavyalik

Stavropol State Agrarian University, Zootekhnicheskiiy pereulok, 12, Stavropol, 355017, Russian Federation, *e-mail: kajwanov@yandex.ru

The main problem of soil secondary tillage is support of a tillage depth uniformity at the workingtools operation, fine-grained structure of a high layer and the smoothing without furrows and removal of the wet soil. The working tools allowing the machine to operate at the increased speeds are necessary, that will increasing its efficiency by 30-40 percent. The system of copying simplifying desingn and reducing variability of tillage depth requires the solution. The preseeding cultivators of the KPS-4 type are equipped with the 270-330 mm wide V-shaped tines and the 18 degrees crumbling angle. Tillage depth supported by the copying wheels. However, because they are distanced from working tools, it is impossible to achieve high uniformity of their course. Due to a crumbling angle and the shankes cutting a high layer the soil is opened out and wat layers remove up to the surface behind the shankes, that couses forrows formation. Their depth and width buildup with cultivator speed increase. The non-technological background for crops is created. The task is to exclude these negative phenomena by operation of the modern cultivators of the KPS-4 type. It can be solved due to mounting two-level V-shaped tines on the cultivator. The lower and upper ploughshares fixed on one shank. Both ploughshares are sharpened. They allow to refuse the copying wheels and to increase the cultivator operation speed to 16-18 km per hour. The upper



ploughshare serves as the copying element. The tillage depth is stabilized because of the upper ploughshare as the copying element, and the lower ploughshare cutting weeds move in one plane. The tine point fixed over the upper ploughshare provides escape of the weeds cut with the upper ploughshare. It is promoted by its Moebius band surface. The innovative V-shaped tine executes technological process qualitatively. During field tests it is determined that the rate of soil crumbling reached 87-91 percent. If the technological effectiveness coefficient for ordinary tines is equal 0.4, then for offered it reaches 1.0. Application the spike-tooth harrow in the aggregate with a cultivator is excluded, the separate copying elements are not required that simplifies cultivator design significantly.

Keywords: Soil tillage; Cultivator; V-shaped tine; Ploughshare; Tine point; Tillage depth.

For citation: Rudenko N.E., Kayvanov S.D., Zavyalik F.N. Innovative V-shaped cultivating tine // *Sel'skokozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 6: 16-20. DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.16-20 (In Russian)

Применяемые стрелчатые почвообрабатывающие лапы не обеспечивают качественного выполнения технологического процесса: отбрасывают почву, образуют бороздки, создают невыровненную поверхность с крупнокомковатой структурой почвы. Это сдерживает рост скорости рабочего движения культиватора. Наличие колесных копирующих элементов увеличивает вариабельность глубины обработки почвы. Необходимо разработка инновационных стрелчатых почвообрабатывающих лап, исключающая указанные недостатки.

Цель исследований – обосновать расчетным путем основные параметры двухъярусной стрелчатой лапы.

Материалы и методы. Параметры стрелчатых лап определяют исходя из известных значений углов трения растительности и почвы с поверхностью рабочего органа, закономерностей продольной и поперечной деформации почвы, усилия воздействия на почву и ее реакцию, размерных характеристик культиватора для предпосевной обработки почвы [1-3].

Результаты и обсуждение. Двухъярусная почвообрабатывающая стрелчатая лапа включает лемех верхний 1, выполненный в виде равнобедренного треугольника. В верхнем лемехе выполнен вырез 2, отогнутые пластины 3 и 4 которого закреплены на стойке 5 (рис. 1). Перед верхним лемехом установлен криволинейный наральник 6, а под ним расположен нижний лемех 7, закрепленный к торцевой части стойки.

Расстояние между верхним и нижним лемехами зависит от глубины обработки почвы h . Эту величину можно менять, поднимая или опуская верхний лемех. Оба лемеха заточены.

Определим необходимые параметры.

Ширину захвата лемехов вычисляют, используя следующую зависимость [4]:

$$B = n b_{л} - (n - 1) b_{п}, \tag{1}$$

где B – ширина захвата культиватора, м;
 n – число лап на машине, шт.;
 $b_{л}$ – ширина захвата лемеха, м;

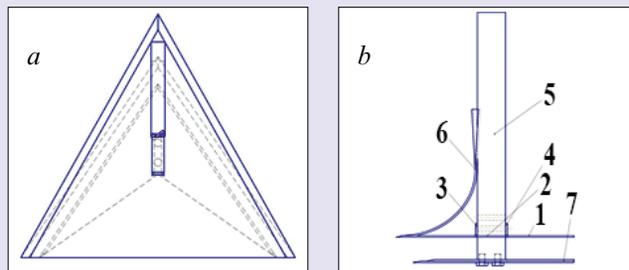


Рис. 1. Схема двухъярусной стрелчатой почвообрабатывающей лапы:

a – вид сверху; b – вид сбоку

Fig. 1. Double-level V-shaped cultivator tine. Scheme:

a – top view; b – side view

$b_{п}$ – перекрытие между лемехами, м.

Отсюда:

$$b_{л} = [B + (n - 1) b_{п}] / n. \tag{2}$$

При $B = 6,0$ м; $n = 18$; $b_{п} = 0,03$ м :

$$b_{л} = [6 + (18 - 1) \cdot 0,03] / 18 = 0,36 \text{ м.}$$

Чтобы растительность и почва передвигались по лемеху, угол раствора лезвий лемехов должен отвечать следующему условию [5]:

$$\gamma \leq [(\pi / 2) - (\varphi_{р}, \varphi_{п})] / 2, \tag{3}$$

где $\varphi_{р}$ и $\varphi_{п}$ – углы трения растительности и почвы со стальной поверхностью, град.

Верхний лемех срезает растительность, следовательно:

$$\gamma_{в} \leq [(\pi / 2) - \varphi_{р}] / 2.$$

При $\varphi_{р} = 26^\circ$; $\gamma_{в} \leq (90 - 26) / 2$, то есть $\gamma_{в} \leq 32^\circ$.

Принимаем $\gamma_{в} = 30^\circ$; $2\gamma_{в} = 60^\circ$.

Нижний лемех взаимодействует с почвой, $\varphi_{п} = 20^\circ$:

$$\gamma_{н} \leq (90 - 20) / 2 = 35^\circ.$$

Принимаем $\gamma_{н} = 35^\circ$; $2\gamma_{н} = 70^\circ$.

Смещение по горизонтали носка нижнего лемеха относительно носка верхнего должно быть таким, чтобы продольная деформация от него не вышла вперед за пределы верхнего лемеха [6].

Исходя из этого: $l \geq h_{\max} \operatorname{tg} \varphi_{\text{в}}$, (4)
 где h_{\max} – максимально возможная глубина хода
 нижнего лемеха (глубина обработки почвы) м;

$\varphi_{\text{в}}$ – угол внутреннего трения почвы, град.

При $\varphi_{\text{в}} = 25^\circ$ величина $h_{\max} = 60$ мм:

$l \geq 60 \operatorname{tg} 25^\circ$, то есть $60 \cdot 0,46 \geq 27,6$ мм.

Принимаем $l = 30$ мм.

Исходя из конструктивных решений толщина
 верхнего лемеха, работающего с растительностью,
 составляет 3-4 мм [7]. Нижний лемех выполнен рав-
 нопрочным, его сечение увеличивается от 3 мм в
 зоне заточки до 6 мм в тыльной части [8].

Определим удерживающую способность верхне-
 го лемеха, которая зависит от реакции почвы [9]:

$$F_{\text{п}} = k_{\text{в}} \cdot S, \quad (5)$$

где $k_{\text{в}}$ – удельное сопротивление верхнего слоя по-
 чвы, Н/м²;

S – площадь верхнего лемеха, м².

Площадь верхнего лемеха определяют по фор-
 муле:

$$S = b_{\text{л}}^2 / (4 \operatorname{tg} \gamma_{\text{в}}). \quad (6)$$

При $b_{\text{л}} = 0,36$ м величина $\gamma_{\text{в}} = 30^\circ$.

$S = 0,36^2 / (4 \cdot 0,58) = 0,056$ м².

Тогда: $F_{\text{п}} = 20\,000 \cdot 0,56 = 1120$ Н.

Усилие, с которым верхний лемех давит на поч-
 ву, составит:

$$F_{\text{д}} = mg + b_{\text{н}} \cdot h \cdot k_{\text{н}} + (S/2) \cdot h \cdot \rho \cdot g, \quad (7)$$

где m – масса стрелчатой лапы и части секции, кг;

$b_{\text{н}}$ – ширина наральника, м;

$k_{\text{н}}$ – удельное сопротивление нижнего слоя по-
 чвы, Н/м²;

ρ – насыпная плотность почвы, кг/м³.

При $m = 28$ кг; $b_{\text{н}} = 0,02$ м; $h = 0,06$ м; $k_{\text{н}} = 30000$ Н/м²;
 $\rho = 1000$ кг/м³; $S = 0,056$ м²:

$$F_{\text{д}} = 28 \cdot 9,8 + 0,02 \cdot 0,06 \cdot 30000 + (0,056 \cdot 0,06 \cdot 1000 \cdot 9,8) / 2 = \\ = 274,4 + 36 + 16,6 = 327 \text{ Н.}$$

Следовательно, $F_{\text{д}} < F_{\text{п}}$, и верхний лемех будет
 свободно перемещаться по поверхности почвы, не
 заглубляясь в нее.

Обоснование параметров наральника. Угол уста-
 новки нижней части наральника к горизонтальной
 плоскости определяется углом трения раститель-
 ности со стальной поверхностью $\varphi_{\text{р}}$:

$$\beta \leq \varphi_{\text{р}}.$$

При $\varphi_{\text{р}} = 26^\circ$ угол $\beta = 26^\circ$.

Нижняя часть наральника до крепления его к
 стойке выполнена криволинейной: заход под 26° к
 горизонтали, выход к стойке – под 90° . Далее на-
 ральник выполнен в виде поверхности Мёбиуса [10].
 Это обеспечивает сброс со стойки поднятой расти-

тельности. Лента Мёбиуса используется потому,
 что она плоская, без кривизны и впадин, что по-
 зволяет растительности свободно перемещаться по
 ней. Высоту наральника a можно определить исхо-
 дя из равенства кинетической и потенциальной
 энергии при подъеме растительной массы:

$$[(m(V \cdot \cos \beta)^2) / 2] = m \cdot g \cdot a \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi_{\text{р}}), \quad (8)$$

где V – скорость рабочего движения культиватора,
 м/с.

Отсюда:

$$a = (V \cdot \cos \beta)^2 / 2g (1 + \operatorname{tg} \varphi_{\text{р}}). \quad (9)$$

При $V = 3$ м/с:

$$a = [(3 \cdot \cos 26^\circ)^2 / 2 \cdot 9,8 \cdot (1 + \operatorname{tg} 26^\circ)] = 0,23$$

Принимаем $a = 0,23$ м.

Технологический процесс работы двухъярусной
 почвообрабатывающей стрелчатой лапы осущест-
 вляется следующим образом (рис. 2).

В процессе движения нижний лемех заглубляет-
 ся в почву на установленную глубину h . Верхний ле-



Рис. 2. 3D-модель двухъярусной почвообрабатывающей лапы
 Fig. 2. Double-level V-shaped cultivator tine. 3D model



Рис. 3. Поверхность почвы после обработок лапами:
 а – стандартной стрелчатой; б – двухъярусной
 Fig. 3. The soil surface after cultivation by tines:
 a – ordinary; b – double-level



| Table | | | | | | | | | Таблица |
|---|-----------------------------|--|---|---|--|-------|-------|--|---------|
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СТРЕЛЬЧАТЫМИ ЛАПАМИ | | | | | | | | | |
| TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF V-SHAPED TINES | | | | | | | | | |
| Стрельчатые лапы V-shaped tines | Рыхление почвы Loosening | Крошение почвенных элементов Soil clods crumbling | Подрезание сорняков Weed roots cutting | Выравнивание поверхности Surface smoothing | Стабилизация глубины обработки Tillage depth uniformity | n_0 | n_c | Коэффициент технологичности $K_T = n_c/n_0$ Coefficient of processibility $K_T = n_c/n_0$ | |
| Стандартная Ordinary | + | - | + | - | - | 5 | 2 | 0,4 | |
| Двухъярусная Double-level | + | + | + | + | + | 5 | 5 | 1,0 | |

Примечание: + – операция выполняется в соответствии с агротребованиями;
– – агротребования не выдерживаются
Note: + – operation is performed in accordance with agrotechnical requirements;
– – agrotechnical requirements are without regard

мех реакцией почвы удерживается на поверхности. Он срезает надземную часть сорняков, которая, попадая на криволинейный наральный, сбрасывается им со стойки. Нижний лемех подрезает корневую систему сорняков. Подпочвенная часть стойки воздействует на почву и во взаимодействии с верхним лемехом крошит ее, образуя мелкокомковатый слой. Осуществляется разнонаправленное воздействие на почву. Это подтвердили полевые испытания двухъярусной стрельчатой лапы при скоростях движения культиватора до 16-18 км/ч (рис. 3).

Определим критерий технологичности лап K_T . Критерий технологичности рабочих органов, устройств и машин оценивает долю операций, которые выполняются в соответствии с агротехническими требованиями (таблица):

$$K_T = n_c / n_0,$$

где n_c – число операций, выполняемых в соответствии с агротехническими требованиями;

n_0 – общее число операций, выполняемых рабочим органом (машиной).

Как видно из таблицы, предлагаемая почвообрабатывающая стрельчатая лапа обеспечивает коэффициент технологичности $K_T = 1,0$, что в 2,5 раза выше, чем при обработке стандартной лапой.

Выводы. Двухъярусная почвообрабатывающая стрельчатая лапа с двумя лемехами не образует бороздки после стойки, создается выровненная поверхность, обеспечивается стабильная глубина обработки, осуществляется разнонаправленное воздействие на почву, формирующее мелкокомковатую структуру верхнего слоя. Появляется возможность повысить рабочую скорость культиватора до 16-18 км/ч.

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. Киреев И.М., Коваль З.М., Скорляков В.И. Совершенствование измерительных средств глубины обработки почвы // Техника и оборудование для села. 2012. N2. С. 20-22.
3. Industrienhof Scherenbostel. Catalogue. Vol. 4. URL: <https://www.industriehof.com/PDF/G4.pdf> (Revisited 14.11.2016).
4. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В., Руденко В.Н. Механизация растениеводства. Ставрополь: СтГАУ, «АГРУС», 2014. 236 с.
5. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. М.: Росинформагротех, 2005. 271 с.
6. Кленин Н.И., Сақун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: КолосС, 2005. 464 с.
7. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т.1. М.: Машиностроение, 1957. С. 171.
8. Пат. N156067 РФ, A01B35/26. Стрельчатая почвообрабатывающая лапа / Руденко Н.Е., Горбачев С.П., Калугин Д.С., Носов И.А. 2015. Бюл. N30.
9. Кудзаев А.Б., Цгоев А.Э., Коробейник И.А., Цгоев Д.В., Уртаев Т.А. Машина для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов // Известия Горского ГАУ. 2010. Т. 47. Ч. 1. С. 172-178.

REFERENCES

1. Nesmiyan A.Yu., Dolzhikov V.V. Review of cultivators for overall tillage and trends of their production. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013; 4: 6-9. (In Russian)
2. Kireev I.M., Koval' Z.M., Skorlyakov V.I. Improving of measuring instruments of tillage depth. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2012; 2: 20-22. (In Russian)
3. Industrienhof Scherenbostel. Catalogue. Vol. 4. URL: <https://www.industriehof.com/PDF/G4.pdf> (Accessed 14.11.2016).

14.11.2016). (In English)

4. Rudenko N.E., Kulaev E.V., Rudenko V.N. Mekhanizatsiya rasteniyevodstva [Crop industry mechanization]. Stavropol: StGAU, AGRUS, 2014: 236. (In Russian)

5. Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rasteniyevodstve [Initial requirements imposed on base machine technological operations in crop industry]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2005: 271. (In Russian)

6. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel'skokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny [Agricultural and land reclamation machines]. Moscow: KolosS, 2005: 464. (In Russian)

7. Spravochnik konstruktora sel'skokhozyaystvennykh mashin [Reference for agricultural machinery mechanician]. Vol.1. Moscow: Mashinostroenie, 1957: 171. (In Russian)

8. Pat. N156067 RF, A01V35/26. Strel'chataya pochvo-obrabatyvayushchaya lapa [V-shaped cultivating tine]. Rudenko N.E., Gorbachev S.P., Kalugin D.S., Nosov I.A. 2015. Byul. N30. (In Russian)

9. Kudzaev A.B., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Urtaev T.A. Machine for study of traction resistance of soil tillage working tools. Izvestiya Gorskogo GAU. 2010. Vol. 47. Ch.1: 172-178. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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



Сделано в РОССИИ

