



УДК 631.316.4

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-4-31-36

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПРОПАШНОЙ КУЛЬТИВАТОР

Руденко Н. Е.¹,
докт. с.-х., наук,
профессор;

Носов И.А.¹;

Кайванов С.Д.^{1*},
инженер;

Петухов Д.А.²,
канд. техн. наук

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Зоотехнический пер., 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация, *e-mail: kajwanov@yandex.ru

²Новокубанский филиал «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), ул. Красная, 15, г. Новокубанск, Краснодарский край, 352243, Российская Федерация

Пропашные культиваторы имеют ряд недостатков: конструкция усложнена за счет применения на каждой секции 4-звенной (параллелограммной) подвески рабочих органов; в качестве копирующего средства используют колеса, которые находятся на расстоянии от рабочих органов, в другой вертикальной плоскости, и негативно влияют на варибельность глубины обработки; рабочие органы – стрелчатые лапы с углом крошения до 16 градусов. Показали, что в процессе работы части стойки и лапы, движущиеся в почве, поднимают ее и отбрасывают в стороны, создавая неровную поверхность: образуются бороздки, выносятся влажная почва. Отметили, что процессы усугубляются при увеличении скорости рабочего движения культиватора. Предложили ресурсосберегающий пропашной культиватор с радиальной подвеской рабочих органов. В качестве грядилья использована плоская пластинчатая пружина. Это упрощает конструкцию, исключает горизонтальные колебания рабочих органов, обеспечивает постоянное прижатие их в процессе работы. Разработали рабочий орган в виде закрепленного на стойке плоского стрелчатого лемеха со спиралью. Ширина захвата лемеха – 420 мм, толщина – 4 (5) мм. Спираль диаметром 50 мм изготовлена из углеродистой пружинной проволоки диаметром 2-3 мм. На каждой секции установлена одна лапа, вместо трех-пяти, что существенно снижает материалоемкость. Лемех со спиралью образуют отбрасывающе-рыхлительный элемент, создающий мелкокомковатый верхний слой почвы. Отметили, что лемех выполняет копирующие функции, поэтому дополнительные копирующие колеса не требуются. Испытания показали, что новый рабочий орган культиватора позволяет качественно работать при скорости до 14-18 км/ч.

Ключевые слова: пропашной культиватор, междурядная обработка почвы, лемех, спиральный рабочий орган, грядилья, радиальная подвеска.

■ **Для цитирования:** Руденко Н.Е., Носов И.А., Кайванов С.Д., Петухов Д.А. Ресурсосберегающий пропашной культиватор // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №4. С. 31-36

RESOURCE-SAVING INTER-ROW CULTIVATOR

Rudenko N.E.¹,
Dr. Sc. (Agr.);

Nosov I.A.¹;

Kayvanov S.D.^{1*};

Petukhov D.A.²,
Ph. D. (Eng.)

¹Stavropol State Agrarian University, Zootekhnicheskij per., 12, Stavropol, 355017, Russian Federation, *e-mail: kajwanov@yandex.ru.

²Novokubansk branch of «Rosinformagrotekh» (KubNIITiM), Krasnaya St., 15, Novokubansk, Krasnodar Krai, 352243, Russian Federation

Inter-row cultivators have some shortcomings: design is complicated due to placing on each section of a 4-unit (parallelogram) suspension of working tools; as the copying means use wheels which are mounted at distance from working tools, in other vertical plane, and have negative effect on variability of tillage depth; working tools are V-shaped hoes with a crumbling angle not more than 16 degrees. In the operation course the parts of a leg and a hoe, moving in the soil, raise it and throw to the side, creating not aligned surface grooves are formed, imposed moist soil. These processes are exacerbated by increasing the operating speed of the cultivator. The authors offered a resource-saving inter-row cultivator with a radial suspension of working tools. A flat plate spring was used as a beam. This simplifies the design, eliminates the horizontal oscillations of the working tools, provides a constant pressing them in the process. The working tool in the form of a flat lancet plowshares with a spiral fixed on the leg was designed. Operating width of a plowshare is of 420 mm, thickness equals 4 (5) mm. The spiral with a diameter of 50 mm is made of a carbon spring wire with a diameter of 2-3 mm. One hoe is

set instead of three-five tines on each section, that significantly reduces material consumption. A plough share with a spiral form the swinging-loosening element that provides creating a fine lumpy topsoil. The ploughshare performs the copying functions therefore the additional copying wheels are not required. Tests showed that the new working tool of a cultivator allows to operate qualitatively at a speed up to 14-18 km/h.

Keywords: Inter-row cultivator; Inter-row soil tillage; Plough share; Spiral working tool; Beam; Radial suspension.

For citation: Rudenko N.E., Nosov I.A., Kayvanov S.D., Petukhov D.A. Resource-saving inter-row cultivator. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 4: 31-36. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-4-31-36. (In Russian)

Уход за посевами пропашных культур предусматривает 2-3 междурядные обработки культиватором [1]. Это исключает или в значительной степени сокращает применение гербицидов, особенно в случае получения экологически чистой продукции. Кроме того, гербициды оказывают негативное влияние на рост и развитие культурных растений. Почвенная корка, не разрушенная после осадков, снижает урожайность на 10%.

У нас в стране и за рубежом используют пропашные культиваторы различной конструкции.

Большинство из них имеет секции с 4-звенной параллелограммной подвеской рабочих органов [2]. У некоторых пропашных культиваторов (типа КРН) можно регулировать длину верхнего звена. Тем самым изменяют угол вхождения рабочего органа (лапы) в почву, увеличивая или уменьшая глубину его хода. Но из-за превращения параллелограммной формы подвески в трапециевидальную стабильность глубины обработки несколько снижается и бывает невыдержанной. Поэтому на зарубежных пропашных культиваторах верхнее звено подвески делают нерегулируемым для сохранения формы.

Параллелограмм обеспечивает параллельность перемещения рабочих органов в вертикальной плоскости. Однако в процессе эксплуатации растут зазоры в соединительных шарнирах 4-звенника. Это увеличивает горизонтальные колебания секции, что приводит к повреждению растений рабочими органами, расположенными сзади и имеющими наибольшую амплитуду колебаний.

Для регулировки глубины хода рабочих органов и копирования поверхности почвы предусмотрены обрезиненные колеса. Их перемещают в вертикальной плоскости с помощью рукоятки и секторного или винтового механизма.

Основной недостаток такой системы регулирования глубины хода рабочих органов – расположение копирующего колеса вдали от рабочих органов: колесо и рабочие органы перемещаются по разному микрорельефу.

При наезде колеса на комок почвы рабочие органы поднимаются, уменьшая глубину обработки; при попадании в углубление, выемку они заглубляются. Колесо является ведущим элементом, а рабочие органы ведомыми. Этим объясняется повышенная вариабельность глубины обработки почвы [3-5].

В процессе работы на колесо действует сопротивление почвы смятию. С увеличением скорости рабочего движения сопротивление растёт, что приводит к подъёму, «всплытию» колеса и, соответственно, к уменьшению глубины обработки. Этому способствуют и рабочие органы. Вот почему при работе на повышенных скоростях глубину обработки устанавливают на 20-30% больше заданной [6-9].

В качестве рабочих органов используют стрельчатые лапы, лапы-бритвы, боронки разных видов. На секции культиватора размещают одну стрельчатую и две лапы-бритвы или пять стрельчатых лап. Стрельчатая лапа имеет стойку и лемех с углом крошения $\alpha = 12-18^\circ$. Ширина захвата варьирует от 150 до 320 мм.

При работе нижняя часть стойки и крылья стрельчатого лемеха выворачивают и поднимают на поверхность комки почвы, количество которых зависит от влажности и плотности почвы.

С увеличением скорости рабочего движения происходит «отбрасывание» почвы, ибо действию на почву нет противодействия (рис. 1).

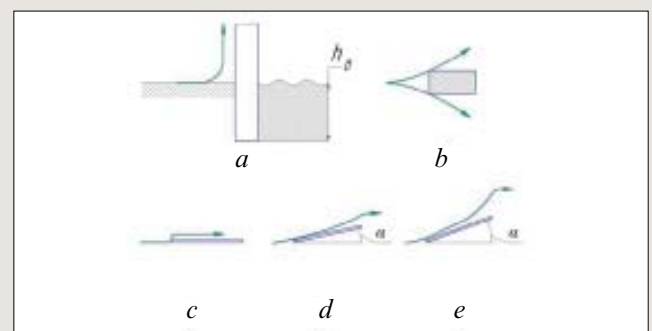


Рис. 1. Схема воздействия стойки и лемеха на почву: а – по вертикали; б – по горизонтали; с-е – при увеличении угла крошения α лемеха

Fig. 1. Diagram of impact of a leg and share on soil: а – vertically; б – horizontally; с-е – in case of crumbling angle α of share increase

Дальность отбрасывания почвы возрастает с увеличением скорости и угла крошения α . Создается неровная «гребнистая» поверхность, образуются бороздки за стойкой с оголенным дном (h_0), выносятся влажная почва, увеличивающая площадь испарения. Исходя из этого угол крошения α



требуется минимальный, а стойка должна располагаться над поверхностью почвы [9, 10].

Чтобы исключить повреждение растений, их засыпание отбрасываемой почвой, на секциях размещают защитные щитки или диски.

Цель исследований – обоснование технологической схемы пропашного культиватора, типа и параметров инновационных технических решений, обеспечивающих эффективность его применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен анализ технологических и технических решений с учетом выполнения агротехнических требований к междурядной обработке пропашных культур при ширине междурядий 0,7 м. Теоретические исследования проводили в полевых испытаниях по рекомендованным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Предложен ресурсосберегающий пропашной культиватор, в конструкции которого отсутствуют копирующие колеса, 4-звенная подвеска, механизм регулировки глубины обработки (рис. 2). На каждой секции нет большого количества рабочих органов. Исключено перемещение стоек рабочих органов в почву.

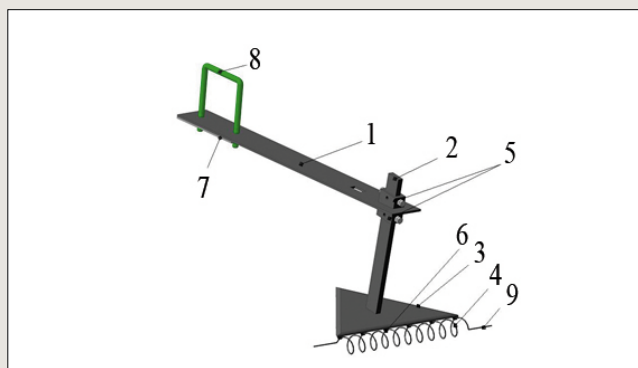


Рис. 2. 3D-модель секции пропашного культиватора:
1 – грядиль; 2 – стойка; 3 – треугольный лемех; 4 – спираль; 5 – держатели; 6 – зацеп; 7 – упорная пластина; 8 – скоба; 9 – пружинная струна

Fig. 2. 3D model of inter-row cultivator section
1 – beam; 2 – leg; 3 – V-shaped share; 4 – spiral; 5 – holds; 6 – zapets; 7 – thrust plate; 8 – loop; 9 – stitch wire

Число секций n_k на культиваторе увязано с параметрами сеялки:

$$n_k = n_c + 1,$$

где n_c – число секций на сеялке (число засеваемых сеялкой рядков).

Например, при 8-рядном посеве $n_c = 8$:

$$n_k = 8 + 1 = 9,$$

то есть на культиваторе устанавливают девять секций.

Культиватор пропашной ресурсосберегающий содержит брус с секциями. Каждая секция включа-

ет грядиль, на котором установлен рабочий орган, состоящий из стойки, треугольного лемеха, спирали, держателей, упорной пластины, скобы, пружинной струны.

Жесткая стойка сечением 16×45 мм крепится к грядилю с помощью держателей, лемех выполнен в виде пластинчатого треугольника толщиной 4-5 мм из стали 65Г с углом крошения $\alpha = 0^\circ$.

Проволоку спирали нанизывают на несколько зацепов, расположенных вертикально вдоль заднего обрез лемеха, помещая ее в направляющие отверстия. Проволока марки Б, класса 3, диаметром 3 мм. Пружинную проволоку изготавливают из сталей марок КТ-2 или ЗК-7. Они отличаются высоким содержанием углерода, марганца и кремния.

Диаметр цилиндрической части спирали составляет 50 мм, что позволяет обрабатывать почву на глубине 40-50 мм. Концевые части спирали выполнены в виде горизонтальной струны длиной 100 мм.

Длину конусной части спирали b_k определяют по следующей зависимости:

$$b_k = (b_M - b_L - 2b_3) / 2,$$

где b_M – ширина междурядий, мм;

b_L – ширина захвата лемеха, мм;

b_3 – ширина защитной зоны, мм.

С учетом максимальной величины защитной зоны $b_{3max} = 140$ мм, ширина захвата лемеха:

$$b_L = b_M - 2 b_{3max} = 700 - 2 \cdot 140 = 420 \text{ мм.}$$

Для обеспечения минимальной защитной зоны при $b_{3max} = 60$ мм длина конусной части спирали должна быть:

$$b_k = \frac{700 - 420 - 2 \cdot 60}{2} = 80 \text{ мм.}$$

Шаг цилиндрической части спирали определяют по формуле:

$$S = \pi D \operatorname{tg} \beta$$

где β – угол наклона винтовой линии спирали, град.

Чтобы проволока активно воздействовала на комки почвы, угол наклона винтовой линии β должен быть меньше угла трения почвы по стальной поверхности φ : $\beta < \varphi$.

При $\varphi = 18-20^\circ$ берем для расчетов $\beta = 14-15^\circ$.

Тогда шаг спирали равен:

$$S = 3,14 \cdot 50 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ (15^\circ) = 39942 \text{ мм.}$$

Примем $S = 40$ мм.

Проверим, обеспечивает ли данный шаг спирали получение комков почвы диаметром $d_k < 25$ мм (в соответствии с агротребованиями). При шаге $S = 40$ мм в спираль проходят комки почвы такого же размера $d = 40$ мм. Проволока задней части спирали раскалывает комок. Образуется комочек диаметром d_k :

$$d_k = \frac{d}{2} \Delta; \Delta = \operatorname{ctg} \delta,$$

где δ – угол скалывания почвы.

$$\text{При } \delta=5-7^\circ: d_i = \frac{40}{2} + 40 \operatorname{tg} 7^\circ = 24,9 \text{ мм},$$

что отвечает агротребованиям. Следовательно, подтверждается правильность выбора величины шага спирали $S = 40$ мм.

Грядиль выполнен из стали 65Г в виде плоской пластинчатой пружины сечением 100×6 мм или 80×8 мм.

Рабочую длину грядиля определяют по формуле:

$$l_p = \sqrt{\frac{3Et_r \Delta}{2\sigma_u}}$$

где $E = 2,12 \cdot 10^{11}$ модуль упругости, Па;

$[\sigma_u] = 4 \cdot 10^8$ – допустимое напряжение, Па;

Δ – возможное отклонение лапы вверх, м.

С учетом копирования микрорельефа поверхности почвы принимаем $\Delta = 0,1$ м.

Тогда:

$$l_p = \sqrt{\frac{3 \cdot 2,12 \cdot 10^{11} \cdot 0,006 \cdot 0,1}{2 \cdot 4 \cdot 10^8}} = 0,69 \text{ м}.$$

Грядиль крепят к нижней стороне бруса культиватора с помощью скобы. При использовании бруса 140×140 мм общая длина грядиля равна:

$$l_r = b_6 + l_c + l_p + b_c + b_k,$$

где b_6 – ширина бруса, м;

l_c – длина грядиля под скобу, м;

b_c – ширина паза под стойку лапы, м;

b_k – длина концевой части, м.

Получим: $l_r = 0,14 + 0,04 + 0,69 + 0,06 + 0,07 = 1,0$ м.

Возникающее напряжение в месте крепления пружинного грядиля к брусу культиватора определяют по формуле [9]:

$$\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{b_r l_r^2} = \frac{6F_r l_r}{b_r l_r^2},$$

где M_{\max} – момент кручения;

F_r – усилие прижатия спирали, Н [7].

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot 209 \cdot 0,69}{0,1 \cdot 0,006^2} = 240,3 \text{ МПа}, \text{ то есть } \sigma_{\max} < [\sigma_{\text{н}}],$$

что подтверждает надежность грядиля.

Держатели и паз в грядиле выполнены таким образом, что стойка лапы устанавливается с наклоном вперед под углом 7° к вертикальной плоскости (рис. 3). Более простая по конструкции радиальная подвеска возможна потому, что рабочий орган в виде спирали имеет цилиндрическую форму и окружность в сечении. Подъем и опускание спирали не изменяют угол ее вхождения в почву.

Технологический процесс работы культиватора осуществляется следующим образом. В начале работы при опускании культиватора почва воздей-

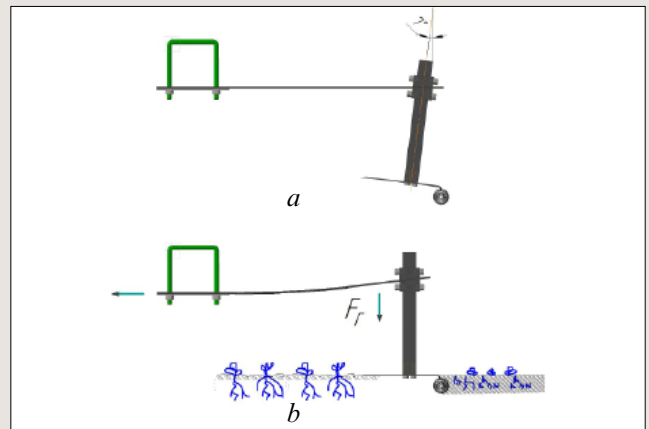


Рис. 3. Вид сечения культиватора сбоку:

a – до работы; *b* – в процессе работы

Fig. 3. Cultivator section side view:

a – before the operation; *b* – during the operation

ствует на спираль, обеспечивая заглубление ее, пока реакция почвы не станет равной реакции плоского пружинного грядиля.

Лемех выполняет функцию ограничителя глубины и копирования, тем самым обеспечивая совмещение копирующих и рабочих функций в одной со спиралью вертикальной плоскости, что стабилизирует глубину обработки.

Лемех часть сорняков подрезает, часть прижимает к поверхности почвы, облегчая процесс разрыва их и вычесывание спиралью. Спираль, помимо вычесывания сорняков, рыхлит почву. При этом вместо деформации сжатия использована деформация растяжения, что существенно менее энергоемко. Комбинация «спираль – лемех» создает от-

| Table 1 | | Таблица 1 |
|--|--|------------------|
| УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ | | TESTS CONDITIONS |
| Показатели Indicators | Значение Value | |
| Вид работы Type of work | Культивация Cultivation | |
| Тип почвы и название по механическому составу Soil type and name in texture | Предкавказский слабо-щелоченный среднесуглинистый чернозем Caucasian weakly leached medium loam humus | |
| Рельеф Relief | Ровный Smooth | |
| Микрорельеф Microrelief | Ровный Smooth | |
| Влажность (%) / плотность (т/м ³) почвы в слоях, мм: Soil moisture (%) / density (t/m ³) in layers, mm: | 21,6 и 0,84 27,1 и 1,02 28,2 и 1,43 | |
| Количество сорняков, шт./м ² Number of weeds, pcs/m ² | 22 | |



ражающе-рыхлительный элемент, исключаящий отбрасывание почвы даже при повышении скорости рабочего движения.

Совместно с КубНИИТиМ в июне 2016 г. проведены полевые испытания рабочих органов в ходе междурядной обработки сорго сорта Самба (таблица 1).



Рис. 4. Установка спиральной лапы на секции пропашного культиватора КРН-5,6
Fig. 4. Spiral mounting on the inter-row cultivator KRN-5.6 section



Рис. 5. Вид поверхности почвы после прохода спиральной лапы
Fig. 5. Soil surface after spiral pass

Как видно из рисунка 4, копирующее колесо секции пропашного культиватора КРН-5,6 не касается

поверхности почвы. Копирование осуществляется стрелчатым лемехом, а обработка почвы – спиралью, что обеспечивает качественный результат (рис. 5).

По всем качественным показателям спиральная лапа превосходит стандартную стрелчатую (табл. 2).

Выводы

Использование радиальной подвески в виде плоского пружинного грядиля в секции пропашного культиватора вместо 4-звенной существенно уменьшает материалоемкость. На каждой секции устанавливают вместо трех-пяти лап одну – спиральную, что снижает затраты на размещение их и регулировку.

С ростом растений боковые лапы культиваторов обычно снимают, что уменьшает обрабатываемую площадь и требует дополнительных затрат труда. Спиральной лапой можно проводить первую, вторую и третью междурядную обработки без дополнительных регулировок.

Отражающе-рыхлительная комбинация лемеха и спирали и расположение стойки над поверхностью почвы обеспечивают качественную работу культиватора на скорости 14-18 км/ч, что существенно повышает его производительность.

| Table 2 | | Таблица 2 | | | |
|---|--|-----------|---------------------------|------|--|
| КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ OPERATING QUALITATIVE CHARACTERISTICS | | | | | |
| Показатели Characteristics | Стандартная стрелчатая лапа ($\alpha = 16^\circ$) Standard lancet, $\alpha=16^\circ$ | | Спиральная лапа Spiral | | |
| Рабочая скорость движения, км/ч Operating speed, km/h | 14 | 18 | 14 | 18 | |
| Коэффициент вариации глубины обработки почвы, % Coefficient of variation of depth of soil tillage, % | 13,3 | 25,0 | 8,6 | 11,0 | |
| Массовая доля (%) комков по фракциям, мм: Mass share (%) of lumps fractions, mm: | | | | | |
| <10 | 19,4 | 18,9 | 73,2 | 72,2 | |
| 10-15 | 4,8 | 3,3 | 11,1 | 10,4 | |
| 15-20 | 5,8 | 1,8 | 9,5 | 7,9 | |
| 20-25 | 5,3 | 3,3 | 4,0 | 5,3 | |
| >25 | 64,7 | 72,7 | 2,2 | 4,0 | |
| Степень выноса влажной почвы на поверхность, % Degree of removal of the wet soil surface, % | 12,9 | 10,8 | 3,4 | 5,0 | |
| Гребнистость поверхности почвы, мм Soil surface ridgeness, mm | 70,0 | 52,0 | 29,0 | 23,0 | |
| Степень крошения почвы (< 25 мм), % Degree of soil crumbling (< 25 mm), % | 30-35 | | >95 / more 95 | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В, Руденко В.Н. Механизация растениеводства: монография. Ставрополь: АГРУС, 2014. 236 с.
2. Горбачев С.П., Руденко Н.Е. Новая технология заделки семян // Тракторы и сельхозмашины. 2012. N12. С. 16-17.
3. Spokas K., Forcella F., Archer D., Reicosky D.

SeedChaser: Vertical soil tillage distribution model. Computers and Electronics in Agriculture. 2007; 57: 62-73.
4. Ibrahmi A., Bentaher H., Hbaieb M., Maalej A., Mouazen A.M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation. Computers and Electronics in Agriculture. 2015; 117: 258-267.

5. Shmulevich I., Asaf Z., Rubinstein D. Interaction between soil and a wide cutting blade using the discrete element method. *Soil & Tillage Research*. 2007; 97: 37-50.

6. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Шарафиев Л.З., Рахимов И.Р. Универсальная технология обработки почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. N4. С. 25-29.

7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // Сельскохозяйственные машины и технологии.

2013. N4. С. 8-12.

8. Рекомендации по машинному обеспечению технологий возделывания и уборки основных сельскохозяйственных культур. Новокубанск: КубНИИТиМ, 2015. 104 с.

9. Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Заявляк Ф.Н. Скоростной энергосберегающий культиватор // Тракторы и сельхозмашины. 2016. N7. С. 18-21.

10. Панов И.М. Выбор энергосберегающих способов обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины. 1990. N8. С. 32-35.

REFERENCES

1. Rudenko N.E., Kulaev E.V., Rudenko V.N. Mekhanizatsiya rastenievodstva [Crop production mechanization]: monografiya. Stavropol': AGRUS, 2014: 236. (In Russian)

2. Gorbachev S.P., Rudenko N.E. New technology of seeding. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2012; 12.: 16-17. (In Russian)

3. Spokas K., Forcella F., Archer D., Reicosky D. SeedChaser: Vertical soil tillage distribution model. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2007; 57: 62-73. (In English)

4. Ibrahmi A., Bentaher H., Hbaieb M., Maalej A., Mouazen A.M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015; 117: 258-267. (In English)

5. Shmulevich I., Asaf Z., Rubinstein D. Interaction between soil and a wide cutting blade using the discrete element method. *Soil & Tillage Research*. 2007; 97: 37-50. (In English)

6. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sharafiev L.Z.,

Rakhimov I.R. Universal technology of soil tillage. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014; 4L 25-29. (In Russian)

7. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Long-term ways of use of energy and environmentally efficient machine technologies and techniques. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 4: 8-12. (In Russian)

8. Rekomendatsii po mashinnomu obespecheniyu tekhnologiy vozdeleyvaniya i uborki osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Recommendations about machine ensuring technologies of cultivation and harvesting of the main crops]. Novokubansk: KubNIITiM, 2015. 104 s. (In Russian)

9. Rudenko N.E., Kayvanov S.D., Zavyalik F.N. High-speed energy-saving cultivator. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 7: 18-21. (In Russian)

10. Panov I.M. Choice of energy-saving ways of soil cultivation. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1990; 8: 32-35. (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.

