

УДК 631.316.022

Разработка комбинированного рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы**Development of combined working organ for graded subsurface tillage**

И. В. БОЖКО, канд. техн. наук
Г. Г. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук
А. В. ГРОМАКОВ, канд. техн. наук
С. И. КАМБУЛОВ, д-р техн. наук
В. Б. РЫКОВ, д-р техн. наук

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Зерноград, Россия,
i.v.bozhko@mail.ru

I. V. BOZHKO, PhD in Engineering
G. G. PARKHOMENKO, PhD in Engineering
A. V. GROMAKOV, PhD in Engineering
S. I. KAMBULOV, DSc in Engineering
V. B. RYKOV, DSc in Engineering

North Caucasus Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Zernograd, Russia,
i.v.bozhko@mail.ru

Все шире распространяется тенденция развития комбинированных агрегатов и устройств для осуществления заданных технологических процессов. Применение комбинированных рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы позволяет сократить энерго- и трудозатраты и усовершенствовать выполняемый технологический процесс. На основании методов сравнения и монографического исследования существующих конструкций рабочих органов выявлены их недостатки при использовании в засушливых условиях. Установлено, что в таких условиях целесообразно применять послойную безотвальную обработку почвы. Проведен анализ конструкций рабочих органов для послойной обработки почвы, который позволил установить преимущество криволинейных элементов для мелкой обработки почвы. Ряд недостатков плоскорезных рабочих органов, выявленных в течение многолетних исследований, позволил сделать вывод о перспективности замены лап на криволинейные рыхлители для мелкой обработки почвы. Представлены данные содержания агрономически ценных агрегатов в процентах от абсолютно сухой черноземной почвы, на основании анализа которых установлено, что структуру пласта можно улучшить за счет использования в конструкции чизельного рабочего органа элемента для мелкого рыхления на глубину до 16 см. Доказана целесообразность расположения элементов для глубокой и мелкой обработки почвы на одной стойке для послойной безотвальной обработки. Предложена схема комбинированного рабочего органа, на стойке которого установлены долото для глубокого рыхления и криволинейный рыхлитель для мелкой обработки почвы, что обеспечивает требуемое крошение пласта.

Ключевые слова: почва; рыхление; комбинированный рабочий орган; послойная обработка; криволинейный рыхлитель.

Nowadays the trend of development of combined units and devices for implementation of specified technological processes is widely spread. The use of combined working organs for graded subsurface tillage allows to reduce the energy and labor costs and to improve the technological process. Based on the comparison methods and monographic survey of existing designs of working organs, their shortcomings when using in arid conditions are revealed. It has been established that in such conditions it is advisable to apply graded subsurface tillage. The analysis of designs of working organs for graded tillage is performed, it allows to establish the advantage of curved elements for surface tillage. A number of shortcomings of subsurface cultivating working organs that have been revealed during years of researches allows for the conclusion about the prospects of replacing blades on curvilinear rippers for surface tillage. The data of content of valuable soil aggregates as a percentage of absolute dry chernozemic soil are given. Based on the analysis of the data, it is established that layer structure can be improved through the use of an element for surface tillage to the depth down to 16 cm in design of chisel working organ. The expediency of mounting of elements for deep and surface tillage on the same tine for graded subsurface tillage is proved. The scheme of a combined working organ is proposed: a chisel for deep tillage and a curvilinear ripper for surface tillage are mounted on its tine, which provides the required crumbling of layer.

Keywords: soil; tillage; combined working organ; graded tillage; curvilinear ripper.

Введение

Под обработкой почвы понимают воздействие на нее рабочими органами машин и орудий с целью создания необходимых условий для роста с.-х. культур и уничтожения сорных растений. В частности, широко используется чизелевание, суть которого заключается в обработке почвы установленными на раме безотвальными рабочими органами с недорезом пласта по ширине захвата орудия, что обеспечивает рыхление, крошение почвы и уничтожение сорной растительности [1].

Цель исследования

Цель исследования состоит в разработке комбинированного рабочего органа для совершенствования технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы.

Материалы и методы

Использованы методы сравнения и монографического исследования существующих конструкций рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы, выделены тенденции их развития (рис. 1).

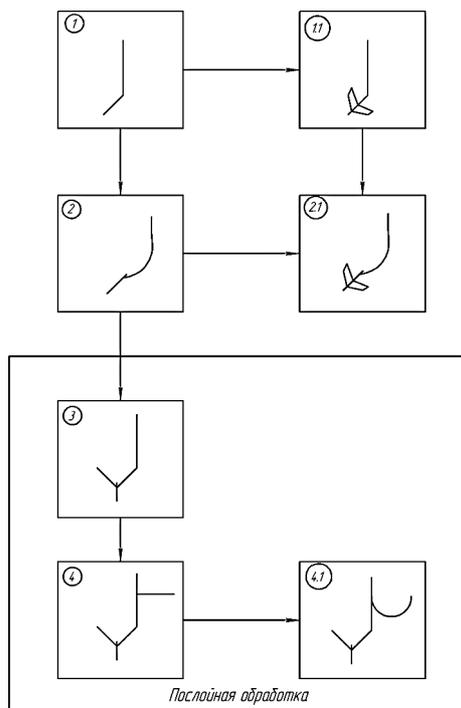


Рис. 1. Тенденции развития рабочего органа для послойной безответальной обработки почвы

К первоначальной конструкции глубокорыхлителя в виде прямолинейной стойки с долотом (позиция 1 на рис. 1) добавляются лапы (уширители щели, кротователи и т.п.) для улучшения качества обработки почвы за счет формирования требуемого профиля борозды (1.1 на рис. 1).

Для снижения тягового сопротивления рабочего органа и улучшения заглубляемости прямолинейные стойки трансформируются в криволинейные или наклонные (2 на рис. 1) по ходу движения. Придание степени подвижности рабочему органу относительно стойки, например лапам в поперечно-вертикальной или долоту в продольно-горизонтальной плоскости, позволяет уменьшить тяговое сопротивление и улучшить качество рыхления (2.1 на рис. 1).

Дальнейшее совершенствование рабочего органа (3 на рис. 1) предполагает наклон стойки не только по ходу движения, но и в сторону (например *ragarlow* фирмы *Howard*), что обеспечивает лучшее разуплотнение пласта. Это начальный этап формирования тенденции развития послойной обработки почвы.

Логическое продолжение указанной тенденции — оснащение конструкции рыхлителем для мелкой обработки почвы, закрепленным на стойке (4 на рис. 1). Данная конструкция обеспечивает послойное рыхление долотом, наклонной частью стойки и рыхлителем для мелкой обработки почвы. Однако за счет увеличения зоны деформации повышается тяговое сопротивление рабочего органа, которое можно снизить, используя криволинейную режущую кромку (4.1 на рис. 1) вместо прямолинейной [2, 3].

В настоящее время основной элемент резания, применяемый на почвообрабатывающих рабочих органах, это лаповый элемент. Однако после прохода лаповых

культиваторов возникают гребни, значительно перемещаются горизонты почвы, что отрицательно сказывается на качестве послойной обработки и приводит к повышенному испарению влаги. Отмечено избыточное давление на почву лаповых рабочих органов, применяемых без учета типа почвы, ее состояния и физико-механических свойств.

На лапы налипают почва и растительные остатки, что вызывает длительные простои агрегата и нарушение технологического процесса. Быстрый износ лаповых рабочих органов приводит к ухудшению качества обработки почвы и увеличению тягового сопротивления. Также следует отметить недостаточно широкие функциональные возможности, большие энергозатраты и низкую эксплуатационную надежность, большое лобовое сопротивление, а в некоторых случаях ограниченность применения рабочих органов.

Заменить лапы можно на криволинейные рабочие органы.

Целесообразность и необходимость разработки элемента для мелкой обработки подтверждается исследованиями структурного состава почвы после чизелевания рабочими органами в виде стойки с долотом (см. таблицу).

Результаты сравнения количества агрономически ценных агрегатов до и после чизелевания на глубину 34 см свидетельствуют о том, что после обработки структура почвы ухудшается в слое 5—15 см и улучшается в слое 25—35 см, оставаясь практически неизменной в среднем слое 15—25 см. Таким образом, улучшить структуру почвы можно при использовании в конструкции чизельного рабочего органа элемента для мелкого рыхления на глубину до 16 см.

Анализ развития рабочих органов почвообрабатывающих машин позволяет выделить использование криволинейной режущей кромки как конструктивное решение в рамках перспективного направления совершенствования технологического процесса рыхления с целью снижения энергоемкости. Исследование формы рабочего органа показало, что при обработке связанного грунта криволинейной кромкой усилие резания, а следовательно, и тяговое сопротивление снижаются по сравнению с обработкой прямолинейной режущей кромкой в одинаковых условиях.

Это объясняется характером взаимодействия пласта с рабочим органом, наличием не только лобового, но и косого резания, при котором наряду с деформациями сжатия в направлении движения имеет место сдвиг грунта в стороны по поверхностям скольжения (наименьшего сопротивления). Уменьшение тягового сопротивления рабочего органа при криволинейной форме по срав-

Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25—10 мм) в процентах от абсолютно сухой черноземной почвы

Глубина слоя, см	До обработки, %	После чизелевания на 34 см, %
5—15	72	41
15—25	64,9	66,9
25—35	75	83,4

нению с прямолинейной обусловлено меньшей длиной режущей кромки по отношению ко всей площади поперечного сечения обрабатываемого пласта.

Результаты и их обсуждение

В связи с вышеизложенным при обработке почвы в засушливых условиях целесообразно применять рабочий орган с криволинейной режущей кромкой [4] с целью снижения энергоемкости рыхления пласта. При этом требуется некоторое усовершенствование элементов конструкции рабочих органов для адаптации к технологическому процессу обработки почвы без оборота пласта.

В качестве прототипа взят рабочий орган чизеля-глубокорыхлителя КАО-2 [5], выполненный по типу *raaparlow*, к верхней части стойки которого присоединена плоскорежущая лапа. Рабочий орган включает стойку с наклоном в сторону, долото и плоскорежущую лапу, осуществляющую подрезание сорняков в корневой зоне растений. Поскольку с одной стороны стойки плоскорежущая лапа установлена на ширину захвата долота, а с другой — на небольшую ширину для подрезания корневых остатков за идущим рабочим органом, возникает так называемая мертвая зона функционирования рабочего органа. Она находится непосредственно в перпендикулярной плоскости движения стойки, т.е. у ее основания.

Предлагаемый комбинированный рабочий орган для послышной безотвальной обработки почвы включает стойку с установленным в нижней части долотом. В передней части стойки установлены съемные лемешные лезвия, причем левое лезвие выполнено криволинейным. На долоте закреплен с возможностью перемещения комкодробитель, за долотом расположена упорная плита. В верхней части стойки также смонтирован с возможностью замены рыхлитель, расположенный под углом $\beta = 15...20^\circ$ к горизонтальной плоскости для обеспечения наилучшего заглубления рабочего органа.

Комбинированный рабочий орган позволяет производить послышную безотвальную обработку почвы, осуществляя одновременно глубокую (25—35 см) и мелкую (12—16 см) обработку, а также получить выровненный фон поля после прохода агрегата.

Принцип его работы заключается в следующем. При движении агрегата с заданной глубиной обработки долото, а также установленные в нижней части стойки левое (выполненное в форме циклоиды) и правое лемешные лезвия производят глубокую обработку почвы на 25—35 см. Комкодробитель, установленный на долоте с возможностью перемещения, производит крошение клинового пласта, образуемого правым и левым лемешными лезвиями. Установленная за долотом упорная плита, двигаясь в почве, обеспечивает упор рабочего органа в пласт и исключает возможность его разворота.

Рыхлитель для мелкой обработки почвы, смонтированный в верхней части стойки под углом $\beta = 15...20^\circ$ к горизонтальной плоскости, обеспечивает рыхление пласта на глубину 12—16 см. Принятый диапазон угла β отвечает требованиям, предъявляемым к послышной безотвальной обработке почвы. Меньший угол не обеспечивает необходимого крошения пласта, а больший не способствует заглублению рабочего органа. Крепление

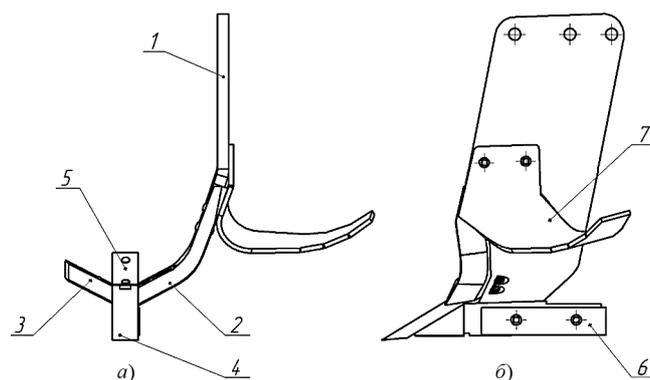


Рис. 2. Схема комбинированного рабочего органа:

а — вид спереди; б — вид сбоку; 1 — стойка; 2 — левое лемешное лезвие; 3 — правое лемешное лезвие; 4 — долото; 5 — комкодробитель; 6 — упорная плита; 7 — криволинейный рыхлитель в форме эллипса

рыхлителя с возможностью замены позволяет использовать различные варианты рыхлителей без особых трудозатрат.

Полная схема предлагаемого рабочего органа приведена на рис. 2 [6].

Применение рабочего органа с криволинейным рыхлителем позволит улучшить безотвальную обработку почвы непосредственно в зоне растительных остатков благодаря осуществлению послышной мелкой (до 16 см) обработки в этой зоне и глубокого рыхления долотом (25—35 см). Обеспечивается рыхление различных по плотности и структурному составу слоев почвы, что позволяет влаге в засушливых условиях накапливаться внутри пласта и перемещаться под влиянием термодиффузионных процессов в область залегания корневой системы растений [7, 8].

Выводы

Чизельный рабочий орган необходимо оснащать элементом для мелкой обработки почвы с целью улучшения качества рыхления.

Преимущество рабочих органов с криволинейной режущей кромкой — увеличенная высота обрабатываемого слоя до 4 см за счет угла установки и за счет кривизны режущей кромки по сравнению с лаповыми до 2 см.

Литература и источники

1. Божко И. В., Пархоменко Г. Г. Особенности безотвальной послышной обработки почвы в засушливых условиях // Агротехника и энергообеспечение. 2014, т. 1, № 1. С. 25—30.
2. Божко И. В., Пархоменко Г. Г. Кольцевой рабочий орган для обработки почвы // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Мат-лы 7-й междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2014. С. 78—81.
3. Пархоменко Г. Г., Божко И. В. Взаимодействие кольцевого рабочего органа с обрабатываемым пластом почвы // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Мат-лы 7-й междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2014. С. 39—42.
4. Пархоменко Г. Г., Божко И. В. Результаты оптимизации формы почвообрабатывающих рабочих органов // Moderní vymoženosti vědy — 2014: Materiály X mezinárodní vědecko-

praktická konference. Díl 32. Zemědělství. Praha: Publishing house Education and Science s.r.o., 2014. С. 17—21.

5. **Пархоменко Г. Г., Максименко В. А., Щиров В. Н.** Снижение тягового сопротивления глубоких рыхлителей // Сельский механизатор. 2010, № 8. С. 10—11.

6. **Божко И. В., Пархоменко Г. Г., Пахомов В. И.** и др. Комбинированный рабочий орган для послонной безотвальной обработки почвы. Патент РФ № 156896, 2015.

7. **Пархоменко Г. Г., Громаков А. В., Божко И. В.** Влияние послонной обработки почвы на процесс термодиффузии влаги внутри пласта // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. М.: ВИМ, 2014. С. 217—221.

8. **Пархоменко Г. Г., Громаков А. В., Божко И. В.** Обоснование конструкции новых рабочих органов на основании анализа процесса термодиффузии влаги в почве // Инновационные технологии в науке и образовании — 2014: Сб. науч. тр. междунар. конф. Ростов-на-Дону—Зерноград—Дивноморское, 2014. С. 329—334.

References

1. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G. Features of graded sub-surface tillage in arid conditions. *Agrotehnika i energoobespechenie*, 2014, vol. 1, no. 1, pp. 25—30 (in Russ.).

2. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G. Circular working body for tillage. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya. Mat-ly 7-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [State and prospects of development of agricultural engineering. Proc. of 7th int. sci. and pract. conf.]. Rostov-on-Don, 2014, pp. 78—81 (in Russ.).

3. Parkhomenko G. G., Bozhko I. V. Interaction between circular working body and soil layer in tillage. *Sostoyanie i perspektivy*

razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya. Mat-ly 7-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [State and prospects of development of agricultural engineering. Proc. of 7th int. sci. and pract. conf.]. Rostov-on-Don, 2014, pp. 39—42 (in Russ.).

4. Parkhomenko G. G., Bozhko I. V. Results of shape optimization of tillage working bodies. *Moderní vymoženosti vědy — 2014: Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference. Díl 32. Zemědělství* [Modern achievements in science — 2014: Proc. of the X Int. sci. and pract. conf. Part 32. Agriculture]. Praha, Publishing house Education and Science s.r.o., 2014, pp. 17—21 (in Russ.).

5. Parkhomenko G. G., Maksimenko V. A., Shchirov V. N. Reducing the traction resistance of subsoil cultivators. *Sel'skiy mekhanizator*, 2010, no. 8, pp. 10—11 (in Russ.).

6. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G., Pakhomov V. I., Pantyukhov I. V., Kambulov S. I., Rykov V. B., Ridnyy S. D., Gromakov A. V. *Kombinirovannyy rabochiy organ dlya posloynoy bezotval'noy obrabotki pochvy* [Combined working body for graded sub-surface tillage]. RF patent no. 156896, 2015.

7. Parkhomenko G. G., Gromakov A. V., Bozhko I. V. Influence of graded tillage on the process of thermal diffusion of moisture in the soil layer. *Innovatsionnoe razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Innovative development of agroindustrial complex of Russia based on intelligent machine technology. Proc. of Int. sci. and eng. conf.]. Moscow, All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, 2014, pp. 217—221 (in Russ.).

8. Parkhomenko G. G., Gromakov A. V., Bozhko I. V. Substantiation of design of new working bodies on the basis of the analysis of process of thermal diffusion of moisture in the soil. *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii — 2014. Sb. nauch. tr. mezhdunar. konf.* [Innovative technologies in science and education — 2014. Proc. of int. conf.]. Rostov-on-Don, Zernograd, Divnomorskoe, 2014, pp. 329—334 (in Russ.).