

УДК 631.58:631.319.06(574)

**КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ПОЛОСОВОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ STRIP-TILL
В УСЛОВИЯХ ЮГА КАЗАХСТАНА****Рзалиев А.С., Бекмухаметов Ш.Б., Голобородько В.П., Абдикаиров А.А.,
Бегалы Д.К., Боранбаев Б.Е.***ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Алматы, e-mail: spcae@yandex.kz*

В последнее время в ряде стран Западной и Восточной Европы, США и Канаде находят широкое применение минимальные технологии обработки почвы и в том числе технология полосовой обработки Strip-till. По данной технологии за рубежом выращивают те же культуры, что и на Юге Казахстана. В связи с этим в ТОО «НПЦ агроинженерии» разработали проект и аготребования к технологии Strip-till. Для внедрения данной технологии в растениеводческих хозяйствах Юга Казахстана необходимо разработать технологический комплекс машин для основной и предпосевной полосовой обработки почвы, внесения удобрений и посева. В статье приведены результаты исследований по созданию комбинированного орудия, выполняющего операции основной обработки почвы: формирование полос, уборка с их поверхности пожнивных остатков, глубокое рыхление с одновременным внесением основной дозы удобрений, дополнительному рыхлению и выравниванию поверхности полосы. Разработана конструктивно-технологическая схема орудия и проведены сравнительные испытания различных типов рабочих органов, в которых основным критерием выбора были качественные (площадь деформации, крошение, плотность, твердость, гребнистость) показатели обработки почвы. Выбраны следующие типы рабочих органов: чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления почвы на глубину 35 см; зубчатый каток для дополнительного крошения и выравнивания почвы в полосе; турбодиски – для формирования полос заданного параметра. С учетом разработанной конструктивно-технологической схемы орудия и выбранных оптимальных типов его рабочих органов будет изготовлен экспериментальный образец комбинированного орудия.

Ключевые слова: технология Strip-till, комбинированное орудие, конструктивно-технологическая схема, типы рабочих органов, площадь деформации, плотность, твердость, крошение, гребнистость почвы

**COMBINED TOOL FOR MAIN STRIP TILLAGE BY STRIP-TILL TECHNOLOGY
IN THE CONDITIONS OF SOUTH KAZAKHSTAN****Rzaliev A.S., Bekmukhametov Sh.B., Goloborodko V.P., Abdikairov A.A.,
Begaly D.K., Boranbaev B.E.***LLP «Research and Production Center of Agroengineering», Almaty, e-mail: spcae@yandex.kz*

Recently, in a number of countries in Western and Eastern Europe, the USA and Canada, minimal tillage technologies, including Strip-till strip processing, are widely used. According to this technology, the same crops are grown abroad as in the Southern Kazakhstan. In this regard, NPC Agroengineering LLP developed a project and agro requirements for Strip-till technology. To implement this technology in crop farms in Southern Kazakhstan, it is necessary to develop a technological complex of machines for the main and pre-sowing strip tillage, fertilization and planting. The article presents the research results on the creation of a combined tool that performs basic tillage operations: the strips formation, the removal of crop residues from their surface, deep loosening with simultaneous introduction of the main dose of fertilizers, additional loosening, leveling of the strip surface. A constructive-technological scheme of the instrument was developed, comparative tests of various types of working bodies were carried out, in which the main selection criteria were qualitative (deformation area, crumbling, density, hardness, ridging) tillage characteristics. The following types of working bodies were selected: chisel rippers with a straight upright and side deformer for loosening the soil to a depth of 35 cm; gear skating rink for additional crumbling and alignment of the soil in a strip; turbodisks – for the formation of strips of a given parameter. Taking into account the developed design-technological scheme of the tool and the selected optimal types of its working bodies, an experimental sample of the combined tool will be made.

Keywords: Strip-till technology, combined tool, constructive-technological scheme, types of units, deformation area, density, hardness, crumbling, the soil ridgeness

В последнее время в ряде стран Западной и Восточной Европы, США и Канаде находят широкое применение минимальные технологии обработки почвы [1–3], в том числе технология полосовой обработки Strip-till [4, 5], создающая в почве область оптимального прорастания корней растений, благодаря целенаправленному разрыхлению именно в месте развития корневой системы и удалению пожнивных остатков

с поверхности поля над рядком. При этом нетронутая почва между полосами остается защищенной пожнивными остатками. Сохранение капиллярной сетки в этой почве способствует повышению доступности влаги из её нижних слоев. Сохраненный на поверхности мульчированный слой пожнивных остатков снижает испарение влаги и способствует лучшему сохранению постоянной почвенной температуры, защищая

почву от водной и ветровой эрозии. Преимуществом данной технологии является то, что одновременно с рыхлением почвы вносятся удобрения на необходимую глубину и растения получают подкормку в период активного роста.

По данной технологии за рубежом выращивают сою, кукурузу, сахарную свеклу, подсолнечник, т.е. те же культуры, что возделываются и на Юге Казахстана. В связи с этим ТОО «КазНИИЗиР» совместно с ТОО «НПЦ агроинженерии» разработали проект и агротребования к технологии возделывания пропашных культур по Strip-till, которая включает основное осеннее рыхление полосы почвы шириной 30 см на глубину до 35 см с внесением минеральных удобрений и формирование границ полосы дисковыми рабочими органами. Весной производится предпосевная обработка: дооформление границ полосы, рыхление ее поверхностного слоя на глубину заделки семян с одновременным их посевом и прикатыванием рядков. Для внедрения данной технологии в производство необходимо создать комбинированные орудия, выполняющие перечисленные операции.

Цель исследования: разработка конструктивно-технологической схемы комбинированного орудия для основной обработки почвы по технологии Strip-Till для Юга Казахстана. Выбор типов рабочих органов для формирования полос, глубокого их рыхления, дополнительного крошения и выравнивания.

Материалы и методы исследования

Для полевых испытаний рабочих органов орудий были изготовлены лабораторные установки. Испытания проводились на полях стационара в ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» согласно следующей нормативной документации: ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний»; СТ РК 1559-2006 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы и по СТ РК 1560-2006 «Машины и орудия для глубокой обработки почв».

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно агротребованиям к технологии Strip-till, в осенний период ширина полосы должна быть стабильной – 30 см и ее края должны быть ровными. Глубина осеннего рыхления почвы должна регулироваться от 20 до 35 см. Глубина заделки удобрений должна быть стабильной и соответствовать установочной 20–25 см. Вы-

нос на поверхность комков почвы размером более 100 мм не допустим. Площадь деформации почвы в полосе должна быть не менее 60 %. Плотность почвы после ее обработки в верхнем слое не должна превышать 1,3 г/см³.

При весенней обработке почвы содержание мелкокомковатой фракции почвы размером >20 мм должно быть не менее 70 %, глубина заделки семян должна соответствовать установочной ± 1 см.

С учетом приведенных данных была разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для основной обработки почвы и внесения удобрений (рис. 1). При движении орудия игольчатые диски очищают поверхность полосы от стерневых остатков. Диски, идущие по краям полосы, образуют щель и тем самым формируют полосы заданной ширины. Чизельные рабочие органы рыхлят почву на глубину до 35 см с одновременным внесением полной дозы минеральных удобрений. Зубчатый каток крошит комки почвы в полосе и ее выравнивает. Комбинированное орудие будет формировать три полосы. Расстояние между полосами 40 см остается необработанным, на нем сохраняется до 70 % пожнивных остатков. На раму орудия крепятся туковые емкости с дозирующими устройствами, от которых по тукопроводам минеральные удобрения подаются в зону рыхления почвы.

Для изготовления экспериментального образца по приведенной конструктивно-технологической схеме необходимо было выбрать оптимальный тип рабочих органов: чизельных рыхлителей: катков рыхлящих и выравнивающих почву и формирующих полосу дисков [6–8].

Игольчатые диски для уборки стерневых остатков с полосы, идущие перед чизельными рыхлителями, а также бункеры и оборудование для внесения туков были стандартными покупными и не испытывались.

Испытания проводились в августе – октябре 2018 г. Предшественник – стерня после уборки риса. Предельно-полевая влагемкость почвы составляла 23,5 %. Влажность почвы во время проведения испытаний колебалась от 13 % в августе до 22 % в конце октября. Испытывались следующие типы чизельных рыхлителей: I – с криволинейной стойкой; II – с криволинейной стойкой с боковым деформатором; III – с наклонной стойкой; IV – с наклонной стойкой с боковым деформатором; V – с прямой стойкой; VI – с прямой стойкой с боковым деформатором.

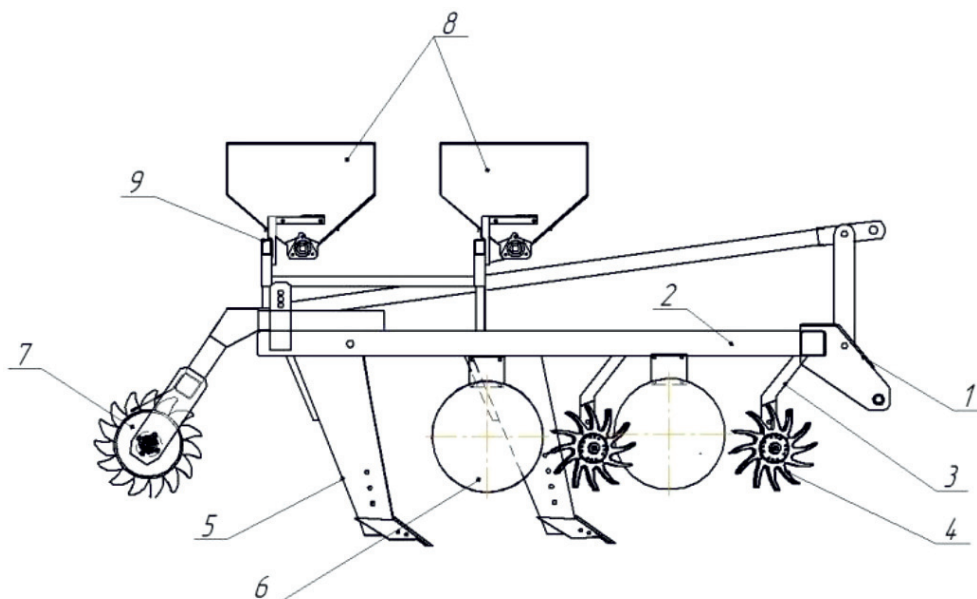


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема экспериментального образца комбинированного орудия для полосовой обработки почвы: 1 – трехточечная навеска; 2 – рама; 3 – поводки; 4 – игольчатые диски; 5 – чизельные рыхлители; 6 – дисковые рабочие органы; 7 – катки; 8 – ёмкости для удобрений с высевальными туками аппаратами и тукопроводами; 9 – стойки для крепления бункеров для удобрений

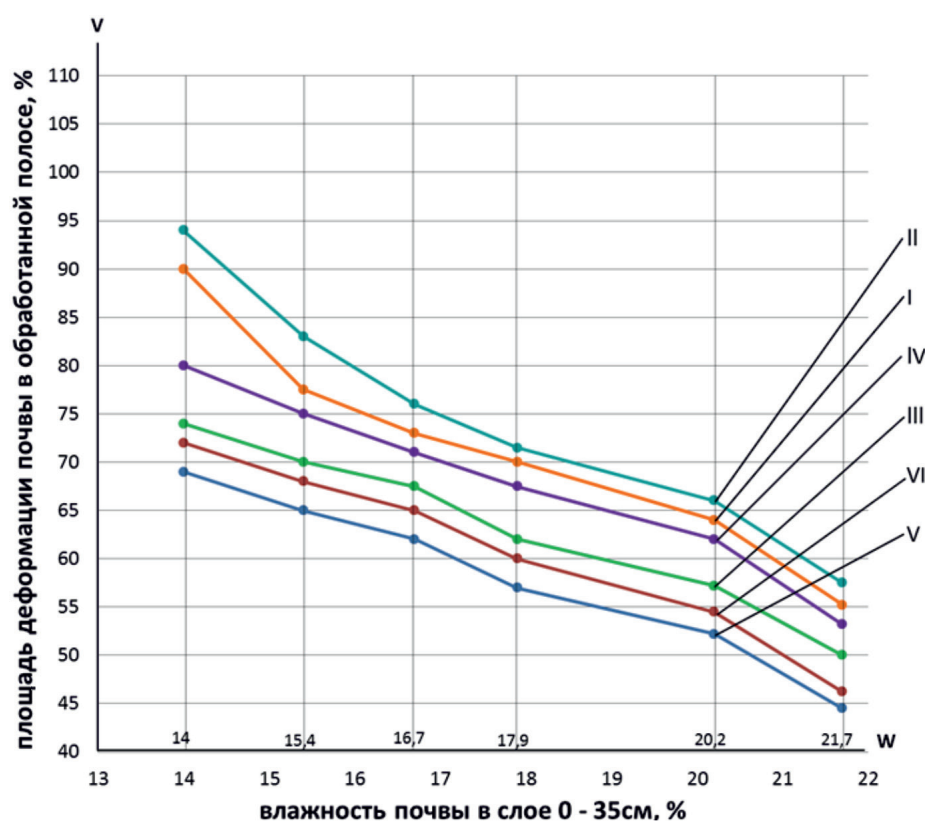


Рис. 2. Эффективность деформации почвы чизельными рабочими органами в зависимости от влажности почвы (междуследие 70 см, установочная глубина рыхления 35 см)

При испытаниях чизельных рыхлителей определялись: площадь деформации почвы различными типами чизельных рыхлителей при различной ее влажности (рис. 2); крошение почвы (табл. 1); распределение плотности почвы в поперечном сечении обработанной полосы (рис. 3).

Согласно полученным данным независимо от типов рабочего органа с увеличением влажности почвы степень ее деформации снижалась. Она была выше при работе чизельных рабочих органов с боковыми деформаторами. В интервале влажности почвы от 14 до 18 % (от 60 до 80 % ППВ) все типы чизельных рыхлителей обеспечивали согласно агротребованиям удовлетворительную степень деформации почвы – более 60 % от площади сечения полосы. Степень деформации почвы при работе рыхлителей без деформаторов в зависимости от их типа колебалась от 60 до 75 %. Причем максимальная степень деформации отмечена при работе чизельных рыхлителей с криволинейной и наклонной стойками. Установка дополнительных деформаторов на рыхлительные стойки увеличила площадь деформации до 80–95 %. При этом сформировался в верхней части полосы полностью разрыхленный слой почвы глубиной 8–10 см.

При увеличении влажности почвы с 18 до 21,5 % (вторая декада – конец октября) площадь деформации резко снижается при работе чизельных рыхлителей без деформаторов до 43–50 %, при работе с боковыми деформаторами до 53–57 %. Таким образом, использование данных типов рабочих органов эффективно на почвах Юга Казахстана при влажности почвы не более 18 % (80 % от ППВ). Следующим важным показателем, характеризующим качество работы чизельных рыхлителей, является вынос на поверхность почвы крупных комков. Нали-

чие комков почвы размером более 100 мм затрудняет дальнейшую обработку полосы. Препятствует накоплению влаги в осенне-зимний период качество весенней обработки почвы. В табл. 1 приведены данные по крошению почвы различными типами чизельных рыхлителей.

Согласно полученным данным чизельные рыхлители с прямой стойкой с деформатором и без деформатора не выносили на поверхность комки почвы размером более 100 мм.

Определение энергетических показателей показало, что данные рабочие органы менее энергоемкие. В связи с этим для дальнейших исследований нами был выбраны рабочие органы с прямой стойкой.

На рис. 2 и 3 приведены профили деформации почвы рыхлителем с прямой стойкой с деформатором и без деформатора. При наличии бокового деформатора на стойке, в верхней части полосы по всей ее ширине сформировался полностью разрыхленный слой почвы глубиной 7–10 см. Рабочий орган без бокового деформатора не сформировал сплошного рыхлого слоя почвы по всей ширине полосы.

Согласно агротребованиям плотность почвы в верхнем слое обрабатываемой полосы по всей ее ширине не должна превышать 1,3 г/см³. Анализ агрофизических свойств почвы показывает, что ее плотность увеличивалась от центра борозды при ее обработке к границе с монолитом. При этом в верхних слоях 0–5 и 5–10 см максимальная плотность на границе с монолитом составила 1,35–1,40 г/см³ при работе рабочего органа без деформатора и 1,19–1,15 г/см³ с деформатором. Таким образом, лучше разуплотнял почву рыхлитель с прямой стойкой с боковым деформатором (рис. 4).

Таблица 1

Крошение почвы различными типами чизельных рыхлителей

Размеры комков, мм	Типы чизельных рабочих органов					
	С криволинейной стойкой	С криволинейной стойкой с боковым деформатором	С наклонной стойкой	С наклонной стойкой с боковым деформатором	С прямой стойкой	С прямой стойкой с боковым деформатором
	Содержание комков почвы, %					
Более 100	5,3	6,2	3,7	3,9	0	0
100–50	12,5	13,0	10,7	11,5	5,0	6,5
50–20	45,7	43,4	42,2	40,0	38,5	36,0
Менее 20	36,5	37,4	43,4	44,6	56,5	57,5

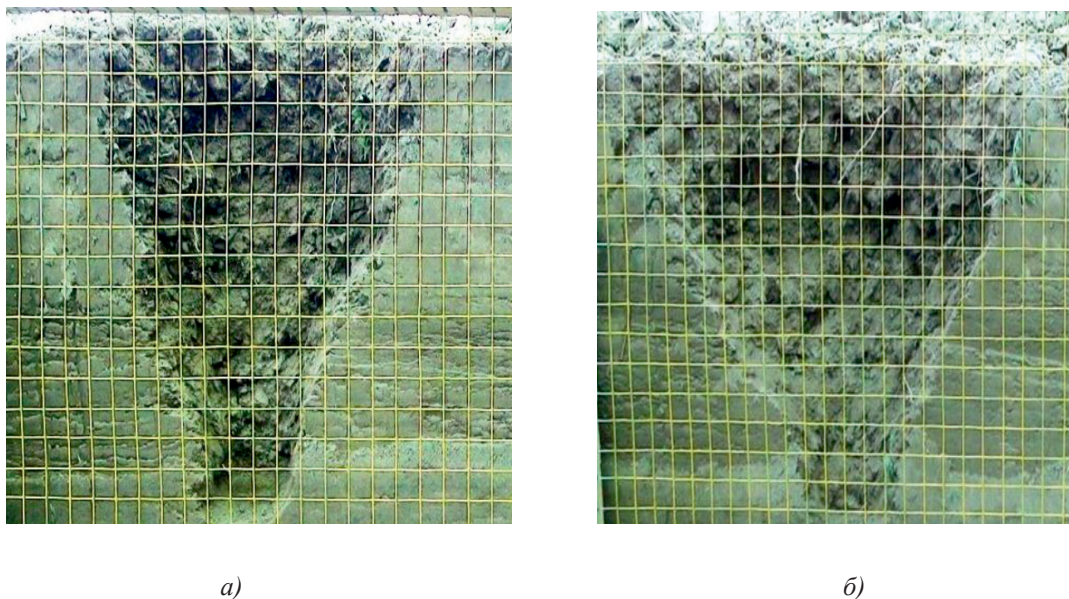


Рис. 3. Деформация почвы чизельным рыхлителем с прямой стойкой без деформатора (а) и с деформатором (б)

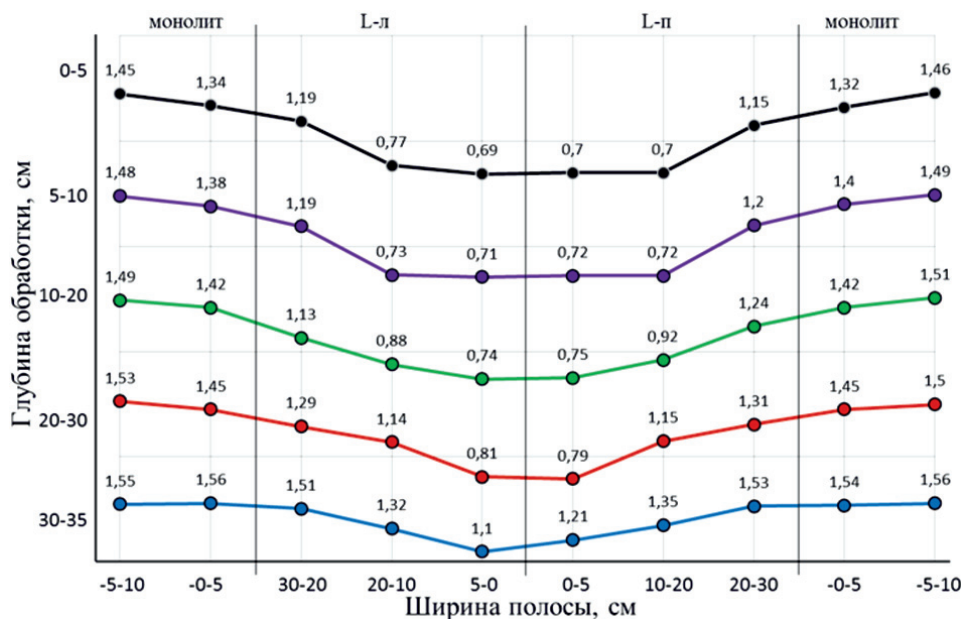


Рис. 4. Плотность почвы в полосе при ее обработке рыхлителем с прямой стойкой с боковым деформатором, г/см³

Аналогичная закономерность наблюдалась по показателям твердости почвы в полосе и в монолите. Плотность почвы в полосе по глубине ее рыхления (в слое 0–35 см) колебалась от центра к краям от 0,70 до 1,56 мПа тогда как твердость монолита доходила до 2,0–2,5 мПа.

Одним из основных показателей качества работы почвообрабатывающих орудий является содержание образованной ими мелкокомковатой фракции почвы размером менее 20 мм. Как следует из данных табл. 1, ее содержание было ниже рекомендуемого агротребованиями по всем типам рыхлителей.

Таблица 2

Крошение почвы различными типами катков, %

Тип катка	Гребнистость поверхности почвы, ±см	Размер фракций, мм			
		более 100	100–50	50–20	менее 20
Прутковый	7,5	–	7,3	52,5	40,2
Кольчатый	4,2	–	5,1	44,5	50,4
Зубчатый	2,7	–	2,0	32,5	65, 5

Таблица 3

Заглубление дисковых рабочих органов при формировании полосы

Тип дисков	Влажность почвы, %				
	14,0	15,4	16,7	17,9	20,2
	Глубина обработки, см				
Сферические	2	2	3,0	4,5	5,0
Плоские	3,0	3,7	4,0	4,3	5,5
Турбодиски	7,5	7,9	8,0	8,5	9,0

В связи с этим в конструктивно-технологическую схему комбинированного орудия введены катки для улучшения качества крошения и выравнивания почвы. Испытывались три типа катков: прутковый, кольчатый, зубчатый. Сравнительная эффективность их работы приведена в табл. 2.

Во время испытаний на раме лабораторной установки устанавливались последовательно чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором и катки. Результаты исследований показывают, что агротребованиям соответствует только зубчатый каток, который лучше крошил и выравнивал почву.

В результате высокой плотности и твердости почвы возникает необходимость в подборе дисковых рабочих органов, обеспечивающих для формирования борозды нарезку щелей по ее краям на глубину 8–10 см. Для выбора оптимального типа рабочего органа испытывались различные типы дисков: сферические, плоские и турбодиски. Сравнительная характеристика их работы в зависимости от влажности почвы приведена в табл. 3.

Сферические и плоские диски не заглублялись в почву и не выполняли технологический процесс по формированию границ борозды. Турбодиски заглублялись на 8–9 см и формировали полосу с заданными параметрами.

В связи с изложенным выше, при проектировании и изготовлении экспериментального образца орудия для основной обработки почвы будут использованы следующие

рабочие органы: стандартные игольчатые диски для очистки полос от стерни; чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления полосы на 35 см; бункеры для туков и семяпроводы стандартные, турбодиски для формирования полос заданных параметров.

Заключение

Разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для основной обработки почвы и внесения удобрений по технологии Strip-till.

Проведены сравнительные испытания различных типов рабочих органов, в которых основным критерием выбора были качественные показатели обработки почвы: площадь деформации; плотность; твердость; гребнистость.

Выбраны следующие типы рабочих органов: чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления почвы на глубину 35 см; зубчатый каток для дополнительного крошения и выравнивания почвы в полосе; турбодиски – для формирования полос заданного параметра.

С учетом разработанной конструктивно-технологической схемы орудия и выбранных оптимальных типов его рабочих органов будет изготовлен экспериментальный образец комбинированного орудия.

Список литературы / References

1. Jena P.R. Can minimum tillage enhance productivity? Evidence from smallholder farmers in Kenya. Journal of Cleaner Production. 2019. P. 465–475.

2. Harper J.K., Roth G.W., Garalejić B., Škrbić N. Programs to promote adoption of conservation tillage: A Serbian case study. *Land Use Policy*. 2018. P. 295–302. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.06.028.
3. Rusu T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*. 2014. no 2(4). P. 42–49.
4. Беляев В.И., Майнел Т., Тиссен Р. Технология «Strip-Till»: особенности конструкций машин ведущих мировых производителей и их применения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 11 (109). С. 86–91.
- Belyaev V.I., Mainel T., Thyssen R. Technology «Strip-Till»: features of machine designs of the world's leading manufacturers and their applications // *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2013. № 11 (109). P. 86–91 (in Russian).
5. Борисенко И.Б., Мезникова М.В. Применение ресурсосберегающей технологии Strip-till при выращивании сорго // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 82–84.
- Borisenko I.B., Melnikova M. V. The use of resource-saving technology Strip-till in the cultivation of sorghum // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 6 (56). P. 82–84 (in Russian).
6. Тихонов В.В. Совершенствования рабочего органа чизеля для дополнительного крошения почвы и обоснование его параметров: дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2012. 156 с.
- Tikhonov V.V. Improvement of the working body of the chisel for additional soil crumbling and justification of its parameters: dis. ... kand. tech. nauk. Ufa, 2012. 156 p. (in Russian).
7. Горовой С.А. Обоснование параметров рабочего органа плуга чизельного для обработки почвы в междурядьях садов предгорной зоны северного Кавказа: автореф. дис... канд. техн. наук. Краснодар, 2011. 23 с.
- Gorovoy S.A. Substantiation of parameters of the working body of the chisel plough for tillage in the aisles of the gardens of the foothill zone of the North Caucasus: autoref. dis... kand. techn. nauk. Krasnodar, 2011. 23 p. (in Russian).
8. Крук И.С., Чигарев Ю.В., Назаров Ф.И., Косовский П.В. Экспериментальные исследования уплотняющего воздействия на почву рабочего органа катковой приставки // Агропанорама. 2015. № 4. С. 2–5.
- Kruk I.S., Chigarev Yu.V., Nazarov F.I., Kosovsky P.V. Experimental studies of the compacting effect on the soil of the working body of the roller attachment // *Agropanorama*. 2015. № 4. P. 2–5 (in Russian).