

ОБОСНОВАНИЕ ДИАМЕТРА ДИСКОВОГО РЫХЛИТЕЛЯ ОРУДИЯ ДЛЯ ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Зыкин Евгений Сергеевич, доктор технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Гаврилова Вера Евгеньевна, студентка инженерного факультета
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Ключевые слова: орудие, каток, технология, почва, прикатывание, посев, культивация, дискование.

Проанализированные традиционные технологии предпосевной подготовки поля позволили заключить, что почву перед посевом обрабатывают культиваторами, дисковыми, зубowymi и игольчатыми боронами, а также почвообрабатывающими катками. Прикатыванием перед посевом обеспечивают разрушение комков почвы, а также частичное выравнивание поверхности поля. Однако задача качественной подготовки поля к посеву с применением почвообрабатывающих катков в настоящее время решена недостаточно, поэтому необходимо обосновать оптимальные основные конструктивные параметры орудия для прикатывания почвы, содержащего рабочие органы, которые включают в себя, в частности, плоские рыхлительные элементы. Для повышения качества обработки почвы перед посевом разработано универсальное орудие для прикатывания почвы, которое используют в комбинации с дисковыми боронами, культиваторами, зерновыми сеялками и агрегатами для основной отвальной или безотвальной обработки почвы. Теоретически обоснован оптимальный диаметр дисковых рыхлителей из условий их надежного вращения в почве с гарантированными минимальным скольжением и сопротивлением качению, а также качественным разрезанием комков почвы, стерни и смещением почвы. Выявлено, что оптимальный диаметр дисковых рыхлителей орудия для прикатывания почвы зависит от глубины h их погружения в почву, угла атаки α и физико-механических свойств почвы.

Введение

Проанализировав известные технологии предпосевной подготовки поля, можно заключить, что почву перед посевом обрабатывают культиваторами, дисковыми, зубowymi и игольчатыми боронами, а также почвообрабатывающими катками. Прикатывание перед посевом обеспечивает разрушение комков почвы, а также частичное выравнивание поверхности поля [1-12].

Однако задача качественной подготовки поля к посеву с применением почвообрабатывающих катков, сочетающих в себе различные принципы воздействия на почву, в настоящее время решена не полностью. Следовательно, необходимо обосновать оптимальные основные конструктивные параметры орудия для прикатывания почвы, содержащего рабочие органы, которые включают в себя, в частности, плоские рыхлительные элементы.

Объекты и методы исследований

С целью повышения качества обработки почвы перед посевом нами разработано универсальное орудие для прикатывания почвы [13, 14]. Универсальность орудия состоит в том, что его можно использовать в комбинации с дисковыми боронами, культиваторами, зерновыми сеялками и агрегатами для основной отвальной или безотвальной обработки почвы.

Орудие для прикатывания почвы (рисунок 1) включает рыхлительный 1 и выравнивающий 2 катки, H-образную раму 3, кронштейны 4 и штанги 5.

На каждой штанге 5 установлены гайки 6 и пружина 7. Рыхлительный каток 1 содержит ось 8 и дисковые рыхлители 9. Дисковые рыхлители 9 установлены на оси 8 рыхлительного катка 1 через равные интервалы в горизонтальной плоскости. Выравнивающий 2 каток содержит ось 10 и боковые диски 12. На боковых дисках 12 установлен полый цилиндр 13. На внешней поверхности полого цилиндра 13 через равные

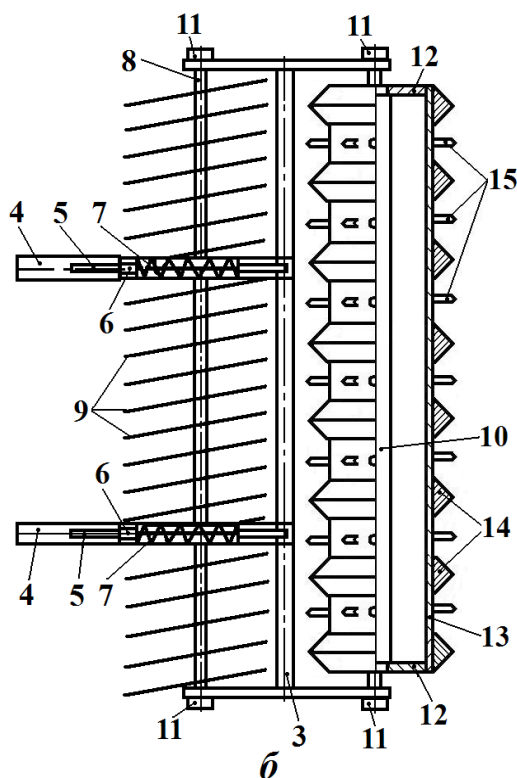
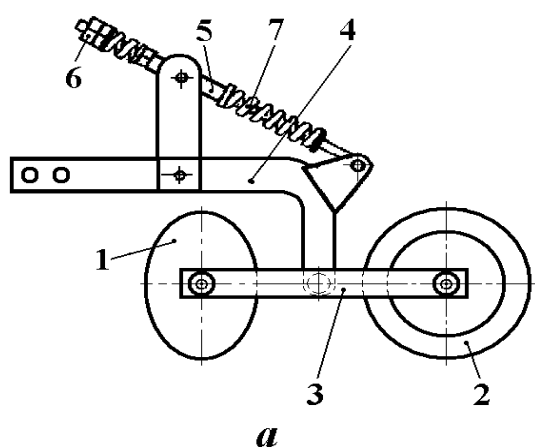


Рис. 1 – Орудие для прикатывания почвы:
а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 –рыхлительный каток; 2 – выравнивающий каток; 3 – рама орудия; 4 – кронштейн; 5 – штанга; 6 – гайка; 7 – пружина; 8, 10 – оси; 9 – дисковые рыхлители; 11 – подшипниковые опоры; 12 – боковые диски; 13 – полый цилиндр; 14 – кольцевые уплотняющие элементы; 15 – заостренные рыхлители

интервалы в горизонтальной плоскости установлены кольцевые уплотняющие элементы 14, в поперечном сечении имеющие форму равно-стороннего треугольника, а между кольцевыми уплотняющими элементами диаметрально установлены заостренные рыхлители 15.

Орудие для прикатывания почвы работает следующим образом.

Предварительно орудие посредством кронштейнов 4 соединяют со сцепкой (при его использовании в однооперационном варианте) или с дискатором, культиватором и т. п. (в комбинированном варианте). Перемещением гаек 6 вдоль штанг 5 регулируют сжатие пружин 7, тем самым, в зависимости от типа и влажности почв, добиваются необходимого давления катков 1 и 2 на поверхность поля.

При движении орудия для прикатывания почвы вращающийся рыхлительный каток 1 копирует рельеф поверхности поля и разрезает комки почвы в вертикальном направлении (сверху вниз) дисковыми рыхлителями 9, которые способствуют качественному рыхлению, а также смещает верхний слой почвы относительно ее нижнего слоя с частичным перемешиванием.

Идущий следом вращающийся выравнивающий каток 2 также копирует рельеф поверхности поля и полым цилиндром 13, на внешней поверхности которого расположены кольцевые уплотняющие элементы 14 и заостренные рыхлители 15, острыми кромками которых дополнительно разрушают комки почвы с одновременным уплотнением и выравниванием поверхности поля, что предотвращает распыление верхнего гумусового слоя почвы.

После прохода орудия для прикатывания почвы по полю верхний слой почвы выровнен, имеет мелкокомковатую структуру, а максимальный размер разрушенных комков почвы не превышает минимальных размеров комков почвы, допускаемых агротехническими требованиями к ее предпосевной обработке. Наличие рыхлой и мелкокомковатой структуры в верхнем слое почвы предотвращает испарение влаги и образование трещин на поверхности поля.

Предварительные поисковые исследования предложенного орудия в производственных условиях показали, что наибольший эффект от его применения достигается при установке дисковых рыхлителей к направлению движения почвообрабатывающего агрегата под углом $\alpha > 0^\circ$. В этом случае верхний слой почвы с комками не только подвергается резанию, но и смещению в сторону.

Процесс прямолинейного движения и вращения дисковых рыхлителей радиусом r , м, в почве на глубине h , м, и установленных под углом α к направлению движения орудия должен происходить следующим образом. При соприкосновении с комками дисковые рыхлители должны защемлять их между своей заострен-

ной режущей кромкой и почвой и разрезать. В этом случае угол α контакта дисковых рыхлителей с почвой будет являться углом защемления [15] (рис. 2).

При соприкосновении режущей кромки дисковых рыхлителей с комком почвы K возникают две нормальные силы: $N_1 = N \operatorname{tg} \psi$, стремящаяся вытолкнуть комок почвы, и $N_2 = N / \cos \psi$ – перпендикулярная заостренной режущей кромке, где ψ – угол между направлениями сил N и N_2 . Результирующая сила $N = N_1 + N_2$ стремится вытолкнуть комок почвы из раствора заостренной режущей кромки дискового рыхлителя и по поверхности почвы в направлении оси Ox .

Между поверхностью комка почвы и поверхностью почвы также возникает сила трения F_1 и сила трения F_2 между заостренной режущей кромкой плоского диска и почвой. Результирующая сила трения $F = F_1 + F_2$ будет направлена в сторону, обратную направлению вращения дискового рыхлителя [15].

Из рисунка 2 также следует, что:

$$F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (1)$$

$$F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2)$$

где φ_1 – угол трения между заостренной режущей кромкой дискового рыхлителя и комком почвы, град.; φ_2 – угол трения между поверхностью комка почвы и почвой, град.

Результаты исследований

Защемление комков почвы между заостренными режущими кромками дисковых рыхлителей и почвой будет происходить при условии

$$F_1 + F_2 \cos \theta \geq N, \quad (3)$$

или

$$N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 + N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \cos \psi \geq N \quad (4)$$

Подставив в уравнение (4) силы N_1 и N_2 , при условии, что $\psi = 90^\circ - \theta$, получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \geq 1 \quad (5)$$

Если же $\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 < 1$, то комок почвы будет вытесняться из раствора между заостренной режущей кромкой и поверхностью почвы.

Для гарантированного вращения дисковых рыхлителей в почве с минимальным проскальзыванием и сопротивлением качению необходимо обосновать их диаметр. В этом случае дисковые рыхлители обеспечат надежное разрезание комков почвы.

Так как дисковый рыхлитель орудия для прикатывания почвы установлен под углом атаки α , град., к направлению движения орудия, то в продольно-вертикальной плоскости проекция дискового рыхлителя представляет собой эллипс с полуосями r и $r \cos \alpha$ [15].

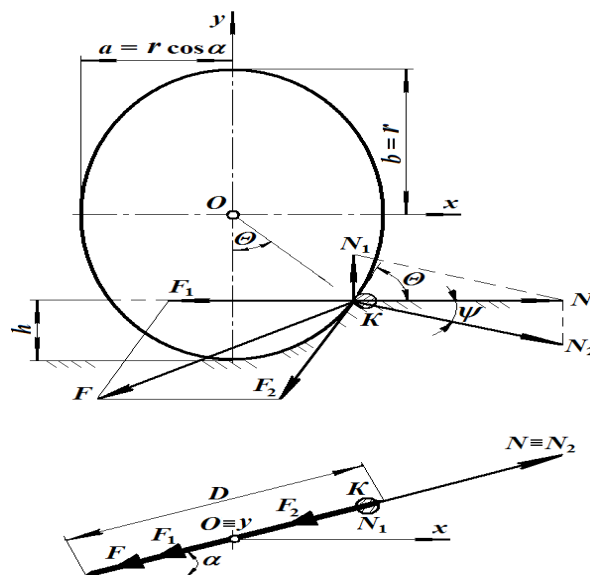


Рис. 2 – К определению диаметра дискового рыхлителя

Каноническое уравнение эллипса выглядит следующим образом:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (6)$$

где $a = r \cos \alpha$ – малая ось эллипса, м; $b = r$ – большая ось эллипса, м.

С учетом геометрических параметров дискового рыхлителя уравнение (6) будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{x^2}{R^2 \cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{R^2} = 1 \quad (7)$$

Из уравнения (7) выразим параметр y , тогда

$$y = \sqrt{r^2 \left(1 - \frac{x^2}{r^2 \cos^2 \alpha} \right)} = \frac{\sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - x^2}}{\cos \alpha} \quad (8)$$

Для определения величины угла q , который образован силой $N_{\text{нд}}$ и касательной линией к заостренной режущей кромке дискового рыхлителя, необходимо продифференцировать выражение (8) по переменной величине x :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{dy}{dx} = \left(\frac{\sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - x^2}}{\cos \alpha} \right)' = -\frac{x}{\cos \alpha \sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - x^2}} \quad (9)$$

Для определения величины x необходимо учесть, что в точке K контакта заостренной режущей кромки дискового рыхлителя с комком почвы

$$y = -(r - h) \quad (10)$$

Подставив выражение (10) в выражение (7), получим:

$$\frac{x^2}{r^2 \cos^2 \alpha} + \frac{(-(r - h))^2}{r^2} = 1 \quad (11)$$

Выразив из формулы (11) переменную величину x , получим:

$$x = \pm \cos \alpha \sqrt{2hr - h^2} \quad (12)$$

Подставив формулу (12) в выражение (9), определим:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{(\pm \cos \alpha \sqrt{2hr - h^2})}{\cos \alpha \sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - (\pm \cos \alpha \sqrt{2hr - h^2})^2}} \quad (13)$$

Возведя во вторую степень правую и левую части выражения (13) и учитывая, что $\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2$, получим квадратичное уравнение:

$$r^2 (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha - 2hr [1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha] + h^2 [1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha] \geq 0. \quad (14)$$

Выразив $\left[\frac{(\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha}{1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha} \right]$

через i ,

а через j и решив уравнение (14) относительно радиуса r дискового рыхлителя, получим:

$$r_1 \geq \frac{hj}{i} - \frac{h\sqrt{j(j-i)}}{i} \quad \text{и} \quad r_2 \geq \frac{h\sqrt{j(j-i)}}{i} + \frac{hj}{i} \quad (15)$$

или

$$r_{1,2} \geq \frac{h \left(j \pm \sqrt{j(j-i)} \right)}{i} \quad (16)$$

Выполнив обратную замену переменных i и j , определим оптимальный диаметр дискового рыхлителя орудия для прикатывания почвы при условии его гарантированного сцепления с почвой и минимального проскальзывания:

$$D \geq \frac{2h \left(1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha \pm \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha} \right)}{(\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2)^2 \cos^2 \alpha} \quad (17)$$

Угол трения между заостренной режущей кромкой дискового рыхлителя и комком почвы j_1 для черноземных почв равен $20...24^\circ$, а угол трения между поверхностями комка почвы и почвой $j_2 = 48^\circ$ [15]. В этом случае при погружении дисковых рыхлителей в почву на глубину предпосевной обработки $h = 0,06$ м их диаметр D при минимальном угле $\alpha = 5^\circ$ составит $0,26$ м, а при максимальном угле $\alpha = 35^\circ$ $D = 0,32$ м.

Таким образом, оптимальный диаметр дисковых рыхлителей орудия для прикатывания почвы зависит от величины его погружения в почву h , угла атаки α и физико-механических свойств почвы. Как показали проведенные исследования в полевых условиях, для качественной обработки почвы минимальный диаметр D дисковых рыхлителей должен быть не менее $0,26$ м.

Выводы

Применение орудия для прикатывания почвы повышает качество обработки почвы, улучшает водный режим и воздушные условия для последующего развития культурных растений.

Теоретическими исследованиями установлено, что оптимальный диаметр дисковых рыхлителей орудия для прикатывания почвы зависит от глубины h их погружения в почву, угла атаки α и физико-механических свойств почвы.

Библиографический список

1. Мазитов, Н.К. Почва и машины / Н.К. Мазитов. - Казань: Татар. кн. изд-во. - 1988. - 102 с.
2. Параметры двухбарабанного катка к орудиям для предпосевной обработки стерневых фонов / А.И. Дерепаскин, Ю.В. Полищук, Ю.В. Бинюков, И.Д. Наиманов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004. - № 8. - С. 35-38.
3. Результаты сравнительных испытаний блочно-модульных культиваторов / Н.К. Мазитов, Л.З. Шарафиев, Р.Л. Сахапов, Н.Х. Галяутдинов, Р.С. Рахимов, Ю.Б. Четыркин, Я.П. Лобачевский, С.Ю. Дмитриев // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - № 3. - С. 54-56.
4. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, С.М. Яхин, Д.Т. Халиуллин, И.И. Файзрахманов. - 2-е изд., испр. - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 208 с.
5. Мазитов, Н.К. Теория реактивных рабочих органов почвообрабатывающих машин / Н.К. Мазитов. - Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2011. - 280 с.
6. Милюткин, В.А. Энерго-ресурсо-влажносберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В.А. Милюткин, С.А. Толпекин, В.В. Орлов // Материалы Международной научно-практической конференции: Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. - С. 232-236.
7. Милюткин, В.А. «Strip-Till» - энерго-ресурсо-влажносберегающая технология подготовки почвы для пропашных культур / В.А. Милюткин, В.В. Орлов // Материалы VII Международной научно-практической конференции: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. - Ульяновск: Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2016. - С. 259-264.
8. Милюткин, В.А. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур / В.А. Милюткин, Н.В. Долгоруков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 3. - С. 37-44.
9. Сыдык, Д.А. Рекомендации по ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых ко-

лосовых культур в условиях богарного земледелия южного Казахстана / Д.А. Сыдык, А.Д. Карабалаева, М.А. Сыдыков. – Шымкент: Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, 2014. – 19 с.

10. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // **TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET** (<http://www.cacilm.org/articles/detail/493>).

11. Theoretical substantiation of ridger-seeder roll draught / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. - Appl. Sci., 2017, 9(1S), 1945-1955 (WOS: 000413464300044).

12. Ерзамаев, М.П. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Е.О. Саломатов // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель: Самарская ГСХА, 2017. - С. 689-692.

13. Патент 177527 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Орудие для прикатывания по-

чы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, А.И. Козырева; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2017133068; заявл. 21.09.2017; опубл. 28.02.2018, Бюл. № 7.

14. Патент 177576 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Орудие для прикатывания почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, А.И. Козырева; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2017133060; заявл. 21.09.2017; опубл. 01.03.2018, Бюл. № 7.

15. Курдюмов, В.И. К обоснованию угла атаки плоского диска рабочего органа гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. - 2012. – № 4 (20). – С. 127 - 130.

THE SUBSTANTIATION OF THE DIAMETER OF THE DISK RIPPER OF A DEVICE FOR SOIL COMPACTION

Kurdyumov V.I., Zykin E.S., GavriloVA V.E.

FSBEI HE Ulyanovsk SAU

2432017, Ulyanovsk, Novyy Venets Boulevard, 1; tel. : 8 (8422) 55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Key words: device, roller, technology, soil, compaction, sowing, cultivation, disking

Analyzed traditional technologies of presowing field preparation allowed to conclude that the soil is treated with cultivators, disk, tooth, needle harrows, and soil-cultivating rollers before cultivation. Rolling before sowing provides destruction of soil clumps, as well as partial leveling of the field surface. However, the aim of proper preparation of the field for sowing with application of soil-cultivating rollers is not fully achieved at present, therefore, it is necessary to justify the appropriate primary design parameters of the tool for soil compaction containing working elements, which include, in particular, flat ripping elements. To improve tillage quality, a universal tool for soil compacting has been developed, which is used in combination with disc harrows, cultivators, grain drills and tools for primary moldboard plowing or subsurface tillage. The appropriate disc ripper diameter has been theoretically justified, taking into account the conditions of reliable rotation in the soil with guaranteed minimum slide and rolling resistance, as well as suitable cutting of soil clumps, stubble and soil displacement. It has been revealed that the suitable diameter of the disc rippers of the device for soil compaction depends on the depth h of their immersion in the soil, the angle of attack α and the physical and mechanical properties of the soil.

Bibliography

1. Mazitov, N.K. *Soil and machines* / N.K. Mazitov. - Kazan: Tatar book publishing house. - 1988. - 102 p.
2. Parameters of a double-drum roller for tools for presowing treatment of stubble grounds / A.I. Derepaskin, Yu.V. Polishchuk, Yu.V. Binyukov, I.D. Naimanov // *Tractors and agricultural machinery*. - 2004. - No. 8. - P. 35-38.
3. Results of comparative tests of block-modular cultivators / N.K. Mazitov, L.Z. Sharafiev, R.L. Sakhapov, N.Kh. Galyautdinov, R.S. Rakhimov, Yu.B. Chetyrkin, Ya.P. Lobachevsky, S.Yu. Dmitriev // *Tractors and agricultural machinery*. - 2013. - No. 3. - P. 54-56.
4. Modern tillage machines: adjustment and operation / A.R. Valiev, B.G. Ziganshin, F.F. Mukhamadiyarov, S.M. Yakhin, D.T. Khaliullin, I.I. Fayzrakhmanov. - 2nd ed., revised. - St. Petersburg: «Lan», 2016. - 208 p.
5. Mazitov, N.K. *Theory of reactive working organs of soil-cultivating machines* / N.K. Mazitov. - Kazan: Publishing house «Fen» of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2011. - 280 p.
6. Milyutkin, V.A. *Energy-resource-moisture-saving technologies in agriculture and recommended machine complexes* / V.A. Milyutkin, S.A. Tolpekin, V.V. Orlov // *Strategic guidelines for innovative development of the agroindustrial complex in the current economic conditions. Materials of the international scientific-practical conference*. - Volgograd: Volgograd SAU, 2016. - P. 232-236.
7. Milyutkin, V.A. «Strip-Till» - energy-resource-moisture-saving technology of soil preparation for tilled crops / V.A. Milyutkin, V.V. Orlov // *Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions. Materials of the VII International scientific and practical conference*. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin, 2016. - P. 259-264.
8. Milyutkin, V.A. *Soil-protective agricultural technologies and equipment for cultivating agricultural crops* / V.A. Milyutkin, N.V. Dolgorukov // *Izvestiya of Samara State Agricultural Academy*. - 2014. - No. 3. - P. 37-44.
9. Sydyk, D.A. *Recommendations on the resource-saving technology of cultivation of cereal grain crops in the conditions of dry land farming in southern Kazakhstan* / D.A. Sydyk, A.D. Karabalayeva, M.A. Sydykov. - Shymkent: Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2014. - 19 p.
10. Akramkhanov, A. Technology of planting of seeds along the ridges / A. Akramkhanov // **TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET**. - <http://www.cacilm.org/articles/detail/493>.
11. Theoretical substantiation of ridger-seeder roll draught. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. - 2017. - No. 9 (1S). - P. 1945-1955. (WOS: 000413464300044).
12. Erzamayev, M.P. *Increasing the efficiency of tillage tools* / M.P. Erzamayev, D.S. Sazonov, E.O. Salomatov // *Innovative achievements of science and technology of agroindustrial complex: a collection of scientific papers of the international scientific and practical conference*. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. - P. 689-692.
13. Pat. 177527 Russian Federation, IPC A01B 29/04. A tool for packing soil / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, A.I. Kozyrev; patent holder FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin." - No. 2017133068; appl. 21.09.17; publ. 28.02.18, Bul. № 7.
14. Pat. 177576 Russian Federation, IPC A01B 29/04. A tool for packing soil / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, A.I. Kozyrev; applicant and patent holder FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin." - No. 2017133060; appl. 21.09.17; publ. 01.03.18, Bul. № 7.
15. Kurdyumov, V.I. *To the issue of justification the angle of attack of a flat disk of a ridge-seeder working organ* / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2012. - No. 4 (20). - P. 127-130.