

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПОЧВУ ПРИ РАБОТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ГРЕБНЯ ПОЧВЫ

Курушин Виктор Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Прошкин Евгений Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»

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

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 89278250499; e-mail: kurushin.viktor@yandex.ru

Ключевые слова: рыхлители, уплотнительно-рыхлительный элемент, гребневая технология, пропашные культуры.

Цель исследования – повышение качества возделывания пропашных культур по гребневой технологии путем разработки универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы. Разработана конструкция универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы, позволяющего осуществлять посев пропашных культур в соответствии с заданными агротехническими требованиями и в установленные сроки, а также обработку всходов растений возделываемых культур. С целью выявления основных конструктивных и режимных параметров предлагаемого устройства проведены теоретические исследования, которые позволили установить связь результирующей силы, действующей на почву, с конструктивными параметрами универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы, а также с усилием сжатия пружины $F_{пр}$ и весом устройства G . С целью обеспечения правильной формы при формировании гребня и необходимого уплотнения в надсеменном пространстве определили смещение оси уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами в горизонтальной плоскости. Подставив соответствующие значения в полученные теоретические зависимости, получили усилие сжатия пружины устройства $F_{пр} = 627$ Н. Смещение оси уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами $\lambda = 0,083$ м. Масса универсального устройства для формирования и обработки гребня $G = 45$ кг. Проведенные теоретические исследования позволили получить зависимость, позволяющую определить оптимальные конструктивные и режимные параметры, при которых будет обеспечиваться необходимая форма гребня почвы и ее плотность, соответствующая агротехническим требованиям, а также качественная поверхностная обработка гребня почвы как при посеве, так и при послепосевной обработке, что подтверждено результатами дальнейших экспериментальных исследований.

Введение

Современный этап развития агропромышленного комплекса сопровождается разработкой и внедрением различных технологий, которые позволяют оптимизировать процесс производства сельскохозяйственной продукции. Следствием этого является увеличение объемов производимой продукции и снижение ее себестоимости. Не является исключением и отрасль растениеводства. На сегодняшний день наиболее перспективной апробированной технологией возделывания пропашных культур является гребневая [1, 2, 3]. Посев семян в гребень способствует созданию более благоприятных условий для роста и развития растений, чем при гладком посеве. Однако наряду с множеством положительных факторов существуют и отрицательные, которые снижают урожайность пропашных культур. Поэтому для исключения данных недостатков возникает необходимость в разработке соответствующих технических

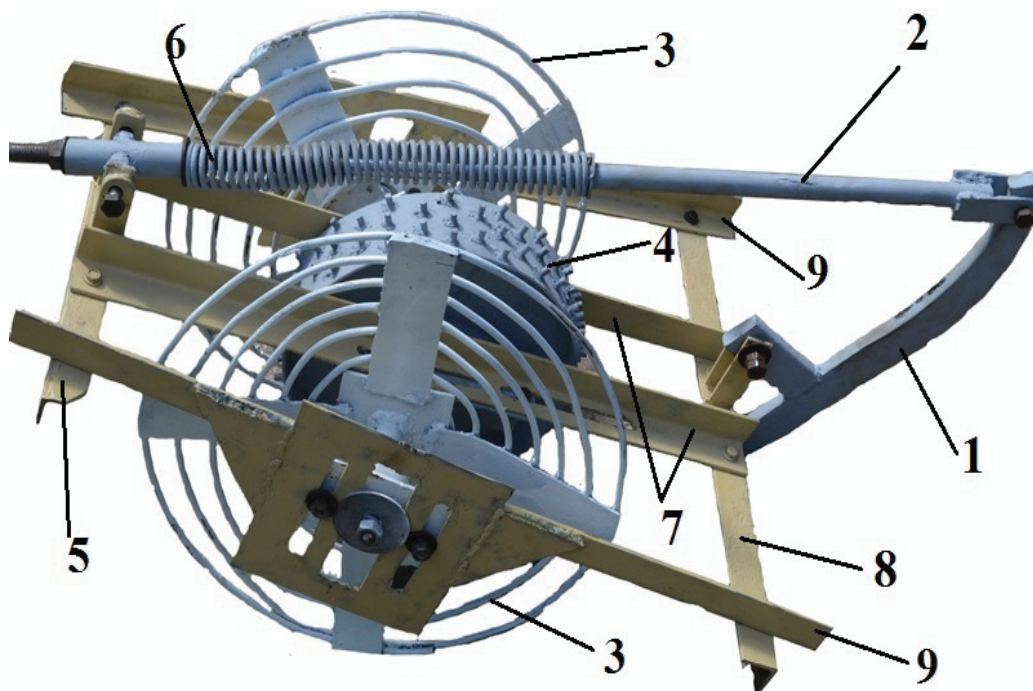
средств, способных в полном объеме выполнять все условия для оптимального роста и развития пропашных культур.

С целью обеспечения требуемого качества посева пропашных культур по гребневой технологии и дальнейшей обработки посевов этих культур нами предложено универсальное устройство для формирования и обработки гребня почвы (рис. 1).

Отличительной особенностью предлагаемого универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы [4, 5, 6, 7, 8, 9] является выполнение уплотнителей 3 в виде спирали. Форма спирали представляет собой поверхность шарового сегмента, а наружный виток спирали – окружность. Кроме того, уплотнительно-рыхлительный элемент 4 выполнен в виде цилиндра, на внешней поверхности которого радиально установлены шипы.

Объекты и методы исследований

Так как предлагаемое устройство выпол-



1 – кронштейн; 2 – штанга; 3 – уплотнители; 4 – уплотнительно-рыхлительный элемент с шипами; 5, 8 – поперечные балки; 6 – пружина; 7 – продольные балки; 9 – боковые балки

Рис. 1 – Универсальное устройство для формирования и обработки гребня почвы

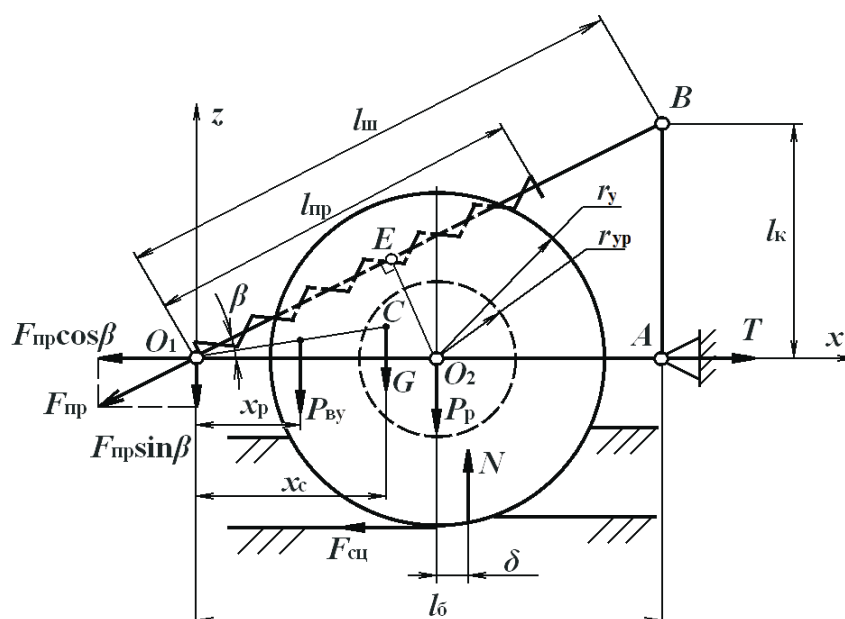


Рис. 2 – К определению результирующей силы, действующей на почву при работе универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы

няет одновременно несколько функций (формирование гребня почвы, уплотнение почвы над высеванным семенем пропашных культур, разрыхление верхнего слоя почвы), возникает необходимость в определении силы, действующей со стороны универсального устройства для формирования и обработки гребня на почву. Это позволит создать наиболее оптимальные

условия для роста и развития растений пропашных культур как при посеве, так и последующей их обработке.

Универсальное устройство для формирования и обработки гребня при посеве воздействует на почву сравнительно небольшой плотности ($\rho = 800 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$), поэтому имеет место большая деформация почвы, происходящая

под действием вертикальной нагрузки, которая складывается из собственного веса устройства и веса дополнительного груза [10, 11, 12, 13, 14]. Для определения результирующей силы P_p от действия на почву предлагаемого устройства с пружинно-поводковым механизмом представим схему устройства и силы, действующие во время его работы (рис. 2).

Вертикальная нагрузка представляет собой равнодействующую P_{vy} двух сил – веса устройства G и усилия сжатия пружины F_{np} , т. е. $P_{vy} = G + F_{np} \sin \beta_{ш}$. Точку приложения равнодействующей этих сил определяет координата x_p .

Момент силы P_{vy} относительно точки A

$$M_A(P_{vy}) = (G + F_{np} \sin \beta)(l_{\delta} - x_p), (1)$$

где β – угол, определяющий положение штанги с пружиной относительно горизонтальной плоскости, град.; l_{δ} – длина боковой балки катка, м.

Определим результирующую силу P_p , действующую на почву и приложенную в точке O_2 , из условия $M_A(P_{vy}) = M_A(P_p)$:

$$P_p = 2(G + F_{np} \sin \beta)(l_{\delta} - x_p) / l_{\delta}. (2)$$

Координата точки приложения равнодействующей силы P_{vy} :

$$x_p = x_c / [F_{np} \sin \beta / G]. (3)$$

Определим координату центра тяжести устройства:

$$x_c = \sum_{i=1}^n P_i x_i / \sum_{i=1}^n P_i. (4)$$

Геометрический центр тяжести устройства должен находиться в пределах четырехугольника AMO_1N (рисунок 3).

Точки M и N расположены на середине боковых балок устройства, точки A и O_1 – на середине передней и задней балок соответственно. Тогда координата:

$$x_c = [(2P_{\delta\delta} + 2P_{\delta\delta'})x_1 + P_{\delta\delta'}x_2 + P_{\delta\delta'}x_3 + 4P_{\delta\delta'}x_4 + P_{\delta\delta'}x_5 + P_{\delta\delta'}x_6 + 2P_{\delta\delta'}x_7] / \sum P, (5)$$

где $P_{\delta\delta'}$, $P_{\delta\delta'}$, $P_{\delta\delta'}$ и $P_{\delta\delta'}$ – вес боковой, продольной, передней и задней балок соответственно, Н; $P_{\delta\delta'}$ – вес уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами, Н; $P_{\delta\delta'}$ – вес штанги, Н; $P_{\delta\delta'}$ – вес пружины, Н; $P_{\delta\delta'}$ – вес уплотнителя, Н; $\sum P = P_{\delta\delta} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'} + P_{\delta\delta'}$ – сумма веса составляющих конструкции устройства, Н; $x_1 = 0,5l_{\delta}$ – координата центра тяжести боковой и

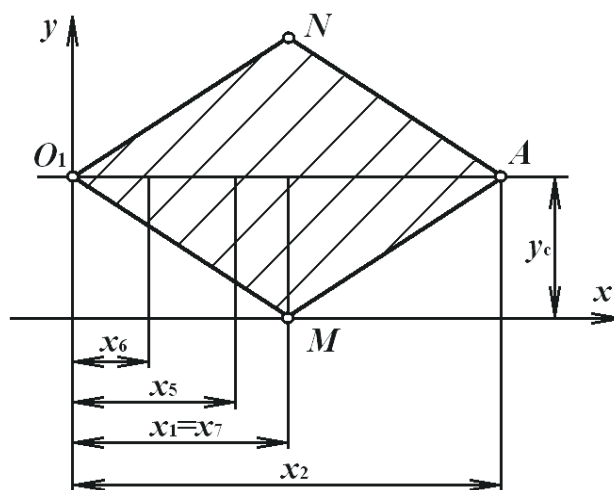


Рис. 3 – К определению координат центра тяжести универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы

продольной балок, м; $x_2 = l_{\delta}$ – координата центра тяжести передней балки, м; $x_3 = 0$ – координата центра тяжести задней балки, м; $x_4 = (0,5l_{\delta} - \lambda)$ – координата центра тяжести уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами, м; λ – смещение уплотнительно-рыхлительного элемента в горизонтальной плоскости, м; $x_5 = 0,5l_{ш} \cos \beta$ – координата центра тяжести штанги, м; $l_{ш}$ – длина штанги, м; $x_6 = 0,5(l_{np} - x_{np})$ – координата центра тяжести пружины, м; l_{np} – длина пружины, м; x_{np} – сжатие пружины, м; $x_7 = 0,5l_{\delta}$ – координата центра тяжести уплотнителя, м.

Смещение оси уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами в горизонтальной плоскости

$$\lambda = \sin \alpha \sqrt{r_{yp}^2 - r_y^2}. (6)$$

Так как конструкция устройства симметрична относительно продольной оси, то координата центра тяжести y_c будет равна расстоянию от оси x до оси симметрии устройства.

Увеличение длины балки l_{δ} и угла β увеличивает плечо действия силы, что приводит к большему смятию почвы, но также увеличивает габаритные размеры устройства и, следовательно, повышает его металлоемкость. Определим l_{δ} и β_{min} , при которых габаритные размеры устройства будут минимальны:

$$l_{\delta} = 2r_y + \Delta_1, (7)$$

$$\beta_{min} = \arcsin(E O_2 / O_1 O_2) = \arcsin[(r_{yp} + r_{np} + \Delta_1) / (r_y + 0,5\Delta_1)], (8)$$

где Δ_1 – технологический зазор, необходимый для обеспечения свободного вращения уплотнителя, м; r_{yp} – радиус уплотнительно-рых-

лительного элемента, м; r_{np} – радиус пружины, м; Δ_2 – технологический зазор, необходимый для обеспечения свободного вращения уплотнительно-рыхлительного элемента, м.

С учетом выражений (7) и (8) длина штанги:

$$l_{ш} = l_{\delta} / \cos \beta = (r_y + \Delta_1) / \cos \left\{ \arcsin \left[(r_{yp} + r_{np} + \Delta_2) / (r_y + 0,5\Delta_1) \right] \right\}. \quad (9)$$

Подставив выражения (5) и (8) с учетом выражений (6) и (7) в выражение (3) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$x_p = \frac{G \{ (2r_y + \Delta_1) [(P_{\delta\delta} + P_{\delta} + P_{n\delta} + 0,5P_{ш} + P_y)] + [G + F_{np}(r_y + r_{np}\Delta_2) / (r_y + 0,5\Delta_1)] \times \{ 4P_{yp}(r_y + 0,5\Delta_1 - \sin \alpha \sqrt{r_{yp}^2 - r_y^2}) + P_{\delta\delta}x_3 + 0,5P_n(l_{np} - x_{np}) \} \}}{\sum P} \quad (10)$$

После подстановки выражений (7), (8) в формулу (2) получим:

$$P_p = [G + F_{np}(r_y + r_{np}\Delta_2) / (r_y + 0,5\Delta_1)] (2r_y + \Delta_1 - x_p) / (r_y + 0,5\Delta_1). \quad (11)$$

Таким образом, зависимость (11) устанавливает связь результирующей силы, действующей на почву, с конструктивными параметрами универсального устройства для формирования и обработки гребня почвы, а также с усилием сжатия пружины F_{np} и весом устройства G .

Результаты исследований

В соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к возделыванию пропашных культур, оптимальная плотность почвы при посеве составляет 1200 кг/м³. Также необходимо учесть и правильное формирование гребня почвы. Поэтому, подставив соответствующие значения в полученные теоретические зависимости, определили усилие сжатия пружины устройства $F_{np} = 627$ Н. Смещение оси уплотнительно-рыхлительного элемента с шипами $\lambda = 0,083$ м. Масса универсального устройства для формирования и обработки гребня $G = 45$ кг.

Выводы

Проведенные теоретические исследования позволили получить зависимость, позволяющую определить оптимальные конструктивные и режимные параметры, при которых будет обеспечиваться необходимая форма гребня почвы и ее плотность, соответствующая агротехническим требованиям, а также качественная поверхностная обработка гребня почвы как при посеве, так и при послепосевной обработке, что подтверждено результатами дальнейших экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // International journal of Pharmacy & Technology. - 2016. - Volume 8, Issue № 3. - P. 14965 -14972.
2. Пат. 2443094 Российская Федерация, МПК А01 В 79/02, А 01 G 1/00. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА. - № 2010141211/13; заявл. 07.10.10; опубл. 27.02.12, Бюл. № 6.
3. Егоров, А.С. Экспериментальные исследования эксцентрикового катка / А.С. Егоров, И.А. Шаронов // Аграрный потенциал в системе продовольственного обеспечения: теория и практика. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2016. - С. 129-134.
4. Пат. 161565 Российская Федерация, МПК А01 В 29/04. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин, Г.Л. Татаров, А.К. Шленкин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. - № 2015142088/13; заявл. 21.09.15; опубл. 27.04.16, Бюл. № 12.
5. Пат. 161605 Российская Федерация, МПК А01 В 29/04. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин, И.А. Шаронов, А.К. Шленкин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. - № 2015140160/13; заявл. 02.10.15; опубл. 09.03.17, Бюл. № 7.
6. Пат. 2558262 Российская Федерация, МПК А01 В 29/00. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, В.В. Курушин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. - № 2014117366/13; заявл. 29.04.14; опубл. 27.07.15, Бюл. № 21.
7. Пат. 2601222 Российская Федерация, МПК А01 В 39/14, А01 В 29/04. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин, И.А. Шаронов, А.К. Шленкин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. - № 2015140174/13, заявл. 21.09.15; опубл. 27.10.16, Бюл. № 30.
8. Пат. 2601224 Российская Федерация, МПК А01В 39/14, А01 В 29/04. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин, А.К. Шленкин; патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. - № 2015140176/13, заявл. 21.09.15; опубл. 27.10.16, Бюл. № 30.

9. Шаронов, И.А. Повышение качества работы почвообрабатывающих катков / И.А. Шаронов, Е.Н. Прошкин, В.Е. Прошкин // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов, 2014. – С. 135-141.

10. Голубев, В.В. Обоснование параметров и режимов работы почвообрабатывающего катка для предпосевной обработки почвы под мелкосеменные культуры: дисс. ... канд. технических наук / В.В. Голубев. – Тверь, 2004. – 174 с.

11. Желиговский, В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов /

В.А. Желиговский. – Тбилиси, 1960. – 145 с.

12. Кушенов, Б.М. Выращивание кукурузы на гребнях / Б.М. Кушенов // Достижения науки и техники АПК. – 1999. – № 10. – С. 20-22.

13. Матюк, Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы в современной системе земледелия / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – № 7. – С. 2-4.

14. Мударисов, С.Г. Моделирование процесса взаимодействия рабочих органов с почвой / С.Г. Мударисов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 7. – С.27-30.

SPECIFICATION OF THE RESULTING FORCE ACTING UPON SOIL IN CASE OF WORK OF A UNIVERSAL DEVICE FOR MAKING AND TREATING SOIL RIDGES

Kurushin V. V., Proshkin E.N., Kurdyumov V.I.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU
432017, Ulyanovsk, Noviy Venets bld., 1; Tel. 89278250499,
kurushin.viktor@yandex.ru

Key words: rippers, compacting-ripping element, ridge technology, tilled crops.

The purpose of the study is to improve the quality of ridge technology cultivation of tilled crops by developing a universal device for making and treating a soil ridge. The design of a universal device for making and treating a soil ridge has been devised. It allows seed crops to be sown in accordance with the prescribed agrotechnical requirements and in appropriate time period, it also enables to treat sprouts. In order to reveal the main construction and regime parameters of the device, theoretical studies have been carried out which made it possible to establish the connection between the resulting force acting upon the soil and the design parameters of the universal device for making and treating a soil ridge, as well as the spring compression force F_{sp} and the weight of the device G . To ensure the correct shape when forming the ridge and the necessary compaction in the overseed space, the displacement of the axis of the compacting-ripping element with spikes in the horizontal plane was determined. Having put the corresponding values in the obtained theoretical dependences, we obtained the spring force of the device $F_{sp} = 627$ N. The displacement of the axis of the compacting-ripping element with spikes $\lambda = 0.083$ m. The weight of the universal device for making and treating a soil ridge is $G = 45$ kg. The theoretical research made it possible to obtain a dependence that allows to determine the appropriate design and regime parameters under which the necessary shape of the soil ridge and its density corresponding to the agrotechnical requirements will be provided, as well as thorough surface treatment of the soil ridge both during sowing and after sowing, which is substantiated by the results of further experimental studies.

Bibliography

- 1. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // International Journal of Pharmacy & Technology. - 2016. - Volume 8, Issue No. 3. - P. 14965-14972.*
- 2. Pat. 2443094 Russian Federation, IPC A01 B 79/02, A 01 G 1/00. Method of cultivating tilled crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; patent owner FSBEI HPE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - No. 2010141211/13; appl. 07.10.10; publ. 27.02.12, Bul. № 6.*
- 3. Egorov, A.S. Experimental studies of an eccentric roller / A.S. Egorov, I.A. Sharonov // Agrarian potential in the system of food security: theory and practice. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. - Ulyanovsk: USAA named after P.A. Stolypin, 2016. - P. 129-134.*
- 4. Pat. 161565 Russian Federation, IPC A01 B 29/04. The ridge-roller / V.I. Kurdyumov, V.V. Kurushin, G.L. Tatarov, A.K. Shlenkin; patent holder FSBEI HPE Ulyanovsk SAA named after P.A. Stolypin. - No. 2015142088/13; appl. 21.09.15; publ. 27.04.16, Bul. № 12.*
- 5. Pat. 161605 Russian Federation, IPC A01 B 29/04. The ridge-roller / V.I. Kurdyumov, V.V. Kurushin, I.A. Sharonov, A.K. Shlenkin; patent holder FSBEI HPE Ulyanovsk SAA named after P.A. Stolypin. - No. 2015140160/13; appl. 02.10.15; publ. 09.03.17, Bul. № 7.*
- 6. Pat. 2558262 Russian Federation, IPC A01 B 29/00. The ridge-roller / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, I.A. Sharonov, V.V. Martynov, V.V. Kurushin; patent holder FSBEI HPE Ulyanovsk SAA named after P.A. Stolypin. - No. 2014117366/13; appl. 29.04.14; publ. 27.07.15, Bul. №21.*
- 7. Pat. 2601222 Russian Federation, IPC A01 B 39/14, A01 B 29/04. The ridge-roller / V.I. Kurdyumov, V.V. Kurushin, I.A. Sharonov, A.K. Shlenkin; patent holder FSBEI HPE Ulyanovsk SAA named after P.A. Stolypin. - No. 2015140174/13, appl. 21.09.15; publ. 27.10.16, Bul. № 30.*
- 8. Pat. 2601224 Russian Federation, IPC A01B 39/14, A01 B 29/04. The ridge-roller / V.I. Kurdyumov, V.V. Kurushin, A.K. Shlenkin; patent holder FSBEI HPE Ulyanovsk SAA named after P.A. Stolypin. - No. 2015140176/13, appl. 21.09.15; publ. 27.10.16, Bul. № 30.*
- 9. Sharonov, I.A. Quality improvement of soil-tilling rollers / I.A. Sharonov, E.N. Proshkin, V.E. Proshkin // Agrarian Science in the 21st Century: Problems and Prospects. Materials of the VIII All-Russian scientific and practical conference. -Saratov, 2014. - P. 135-141.*
- 10. Golubev, V.V. Justification of parameters and operating modes of soil-tilling roller for pre-sowing soil tillage for small-seed crops: dissertation of Candidate of Technical Sciences / V.V. Golubev. - Tver, 2004. - 174 p.*
- 11. Zheligovskiy, V.A. Theory elements of the soil-tilling machines and mechanical technology of agricultural materials / V.A. Zheligovsky. - Tbilisi, 1960. - 145 p.*
- 12. Kushenov, B.M. Corn cultivation on ridges / B.M. Kushenov // Achievements of science and technology of agroindustrial complex. - 1999. - № 10. - P. 20-22.*
- 13. Matyuk, N.S. Principles of resource-saving soil cultivation in the modern system of agriculture / N.S. Matyuk, V.A. Shevchenko // Mechanization and electrification of agriculture. - 2003. - №7. - P. 2-4.*
- 14. Mudarisov, S.G. Modeling the process of interaction of working organs with soil / S.G. Mudarisov // Tractors and agricultural machinery. - 2005. - № 7. - P.27-30.*