

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.3

ОБОСНОВАНИЕ ДИАМЕТРА ПРИКАТЫВАЮЩИХ КОЛЕЦ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

Курдюмов В. И., Зыкин Е. С., Хайбуллина Л. Н.

Разработана гребневая сеялка, оснащенная почвообрабатывающими катками с прикатывающими кольцами и сферическими дисками, которая с минимальными эксплуатационными затратами за один проход по полю позволяет выполнить предпосевную культивацию, высев семян, образовать над строчками семян бугорок почвы, уплотнить этот бугорок с трех сторон и окончательно сформировать гребень почвы требуемых размеров и плотности почвы в нем. Выявлено, что диаметр прикатывающих колец катка гребневой сеялки зависит от физико-механических свойств почвы и от размеров почвенных комков на поверхности поля.

Ключевые слова: технология, посев, гребневая обработка почвы, культивация, прикатывание.

Введение

Традиционные способы посева пропашных культур на ровную поверхность поля были и остаются наиболее распространенными. Однако исследованиями установлено, что наиболее целесообразной технологией для пропашных культур является гребневая [1, 2, 3, 4, 5], которая обеспечивает оптимальные температурные, водные и воздушные условия для прорастания семян и дальнейшего развития возделываемой культуры [6, 7].

На основе анализа известных способов предпосевной обработки поверхности поля и гребневого посева пропашных культур можно заключить, что гребни почвы при высеве семян формируют гребнеобразователями с активными и пассивными рабочими органами, в частности, прикатывающими кольцами и сферическими дисками почвообрабатывающих катков. Однако задача качественного формирования гребней почвы вышеуказанными рабочими органами решена не полностью, поэтому обоснование оптимального диаметра прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки, направленное на решение этой задачи, является важным и актуальным.

Объекты и методы исследований

Для реализации гребневого способа посева пропашных культур разработана гребневая сеялка [8, 9, 10, 11, 12] (рис. 1), которая одновременно рыхлит почву, уничтожает сорные растения, образует уплотненное ложе, высевает семена и образует

над ними бугорок почвы, формирует гребень почвы с требуемыми размерами и плотностью. На каждой посевной секции гребневой сеялки установлены лапа-сошник, два рабочих органа с плоскими дисками и каток.

Бугорок почвы над высеянными семенами культурных растений формируют рабочими органами гребневой сеялки с плоскими дисками. Рабочие органы устанавливаются таким образом, чтобы плоские диски под острым углом были направлены в сторону движения гребневой сеялки.

Почвообрабатывающий каток (рис. 2) содержит раму, состоящую из поперечных 1 и 2 и продольных 3 и 4 балок. На продольных балках 4 в подшипниках 5 установлена ось 6. На продольных балках 3 в подшипниках 7 установлены выпуклостью к оси симметрии сферические диски 8. На оси 6 между сферическими дисками 8 расположены прикатывающие кольца 9, свободно вращающиеся на оси 6. Каток содержит также кронштейн 10, закрепленный на передней поперечной балке 1, посредством которого каток сцепляют с посевной секцией гребневой сеялки. К кронштейну 7 при помощи пальца 11 шарнирно присоединена штанга 12. На штанге 12 свободно установлена пружина 13. Усилие сжатия пружины регулируют перемещением гайки 14 по резьбе штанги 12. В балке 1 выполнены отверстия 15, позволяющие регулировать угол атаки сферических дисков 8 от 0 до 30°. Для фиксации штанги 12 во время работы или при транспортировке катка на наружном конце муфты 16 установлен шплинт 17.

При движении почвообрабатывающего катка по предварительно сформированному почвенному

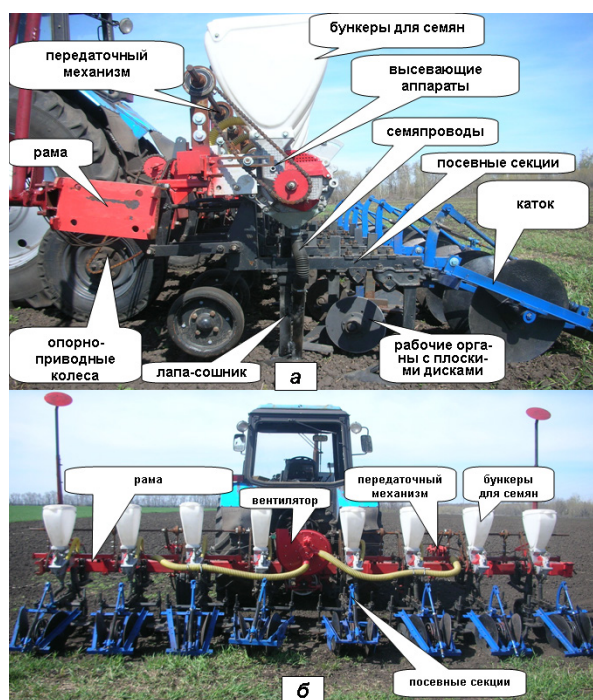


Рис. 1. Гребневая сеялка: а – вид сбоку; б – вид сзади

бугорку сферические диски 8, установленные выпуклой стороной к оси симметрии катка, уплотняют бугорок почвы с боковых сторон, а прикатывающие кольца 9 за счет давления пружины 13 уплотняют вершину бугорка почвы и окончательно формируют гребень почвы высотой 6...8 см.

За счет давления вращающихся прикатывающих колец 9 на верхнее основание гребня почвы и действия сферических дисков 8 комки почвы разрушаются, а на гребне почвы образуется рыхлый слой, позволяющий уменьшить испарение почвенной влаги.

Результаты и их обсуждение

При движении почвообрабатывающего катка по сформированному бугорку почвы его прикатывающие кольца уплотняют почву на некоторую глубину h_{cm} и разрушают комки в верхнем основании бугорка.

Для достижения эффекта от применения почвообрабатывающего катка гребневой сеялки следует выбрать оптимальный диаметр его прикатывающих колец. В этом случае прикатывающие кольца будут эффективно подминать под себя комки почвы, и раздавливать их. При неправильно рассчитанном диаметре прикатывающих колец катков будет толкать комки почвы перед собой (рис. 3).

Для надежного защемления комков почвы между ободом прикатывающих колец и поверхностью почвы необходимо, чтобы угол защемления Θ_k (угол контакта прикатывающих колец с комками почвы) был меньше или равен сумме углов трения между поверхностью прикатывающего кольца и почвенным комком

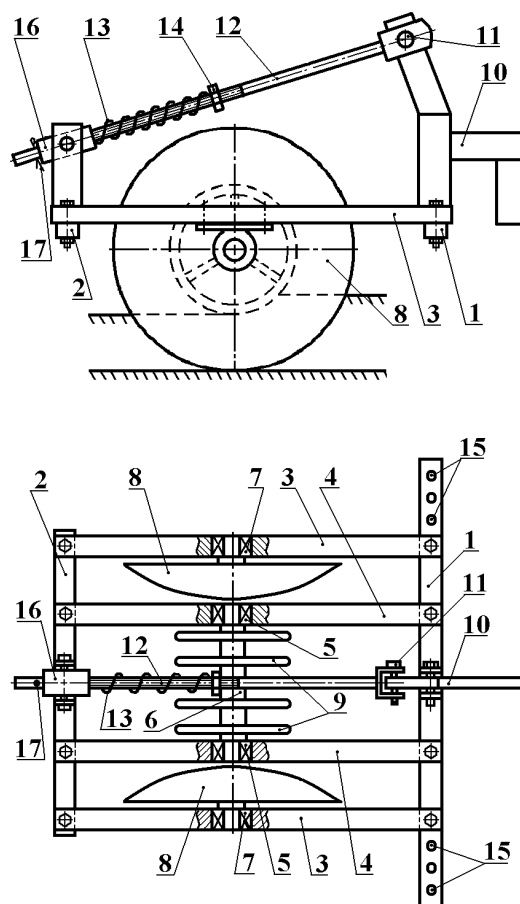


Рис. 2. Каток: 1, 2 – балки поперечные; 3, 4 – балки продольные; 5, 7 – подшипники; 6 – ось; 8 – сферические диски; 9 – прикатывающие кольца; 10 – кронштейн; 11 – палец; 12 – штанга; 13 – пружина; 14 – гайка; 15 – отверстия; 16 – муфта; 17 – шплинт

φ_1 и между поверхностью почвенного комка и почвой φ_2 соответственно: $\Theta_k \leq (\varphi_1 + \varphi_2)$. Если же $\Theta_k > (\varphi_1 + \varphi_2)$, то комки почвы будут выталкиваться из раствора между ободом прикатывающих колец и поверхностью почвы.

При взаимодействии прикатывающего кольца с комком почвы $A_{ки}$ возникают две нормальные силы: $N_{k1} = N_k \operatorname{tg} \psi$, стремящаяся вытолкнуть комок почвы, где $\psi = 90^\circ - \theta_k$ – угол между нормальными силами, и $N_{k2} = N_k / \cos \psi$ – перпендикулярная ободу прикатывающего кольца. Результирующая сила $N_k = N_{k1} + N_{k2}$ – стремится вытолкнуть комок почвы из раствора обода кольца и поверхности почвы в направлении положительной части оси O_2x .

Между поверхностью комка почвы и почвой возникает сила трения $F_{k2} = f_2 N_2$. Между ободом прикатывающего кольца и почвой возникает сила $F_{k1} = f_1 N_1$, где f_1 и f_2 – коэффициенты трения комка почвы о прикатывающее кольцо и комка почвы о почву соответственно. Результирующая

сила трения $F_k = F_{k1} + F_{k2}$ направлена в сторону, противоположную направлению движения почвообрабатывающего катка гребневой сеялки.

Спроецировав силы N_k и F_k на оси O_2x и O_2y получим:

$$\begin{cases} \Sigma x = N_{k1} \sin \theta_k - F_{k1} \cos \theta_k - F_{k2} = 0, \\ \Sigma y = N_{k2} - N_{k1} \cos \theta_k - F_{k1} \sin \theta_k = 0. \end{cases} \quad (1)$$

С учетом подстановки значений

$$\begin{cases} \Sigma x = N_{k1} \sin \theta_k - f_1 N_{k1} \cos \theta_k - f_2 N_{k2} = 0, \\ \Sigma y = N_{k2} - N_{k1} \cos \theta_k - f_1 N_{k1} \sin \theta_k = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Выразив из (2) силу N_{k2} и преобразовав уравнение, получим:

$$N_{k1} \sin \theta_k - f_1 N_{k1} \cos \theta_k = f_2 N_{k1} \cos \theta_k + f_1 f_2 N_{k1} \sin \theta_k,$$

(3) или

$$\sin \theta_k (1 - f_1 f_2) = \cos \theta_k (f_1 + f_2). \quad (4)$$

Разделив обе части уравнения (4) на $\cos \theta_k$ и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$\operatorname{tg} \theta_k = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}. \quad (5)$$

Из рис. 3 следует, что

$$\cos \theta_k = \frac{O_2 E}{O_2 A_{кп}} = \frac{O_2 D - ED}{O_2 A_{кп}}, \quad (6)$$

$$= \frac{r_k - ED}{r_k}$$

$$\sin \theta_k = \frac{EA_{кп}}{O_2 A_{кп}} = \frac{EA_{кп}}{r_k}. \quad (7)$$

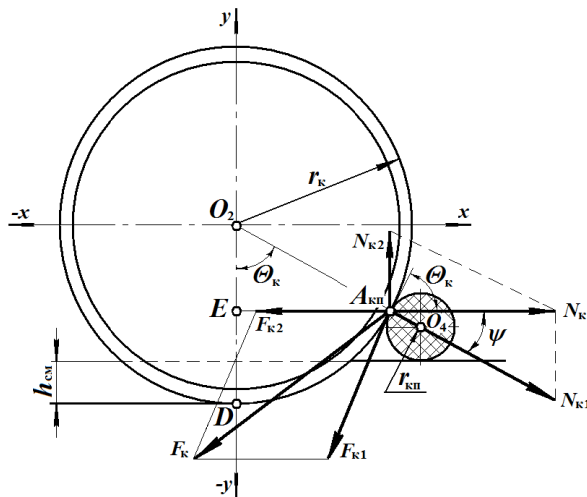


Рис. 3. Защемление комка почвы прикатывающим кольцом катка

Для определения расстояния ED воспользуемся рисунком 4, из которого следует, что

$$ED = AB = h_{см} + r_{кп} + r_{кп} \cos(\varphi_1 + \varphi_2), \quad (8)$$

или

$$ED = AB = h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)], \quad (9)$$

где $h_{см}$ – величина смятия почвы прикатывающим кольцом, м; $r_{кп}$ – радиус комка почвы, м.

Подставив выражение (9) в (6), получим:

$$\cos \theta_k = \frac{r_k - h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]}{r_k}. \quad (10)$$

Из рис. 3 также следует, что

$$(O_2 A_{кп})^2 = (O_2 E)^2 + (EA_{кп})^2, \quad (11)$$

или

$$EA_{кп} = \sqrt{(O_2 A_{кп})^2 - (O_2 E)^2} = \sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в (7), получим:

$$\sin \theta_k = \frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k}$$

(13)

Разделим (13) на (10):

$$\operatorname{tg} \theta_k = \frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k - h_{см} + r_{кп} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} \quad (14)$$

Приравняв выражение (14) к (5), получим

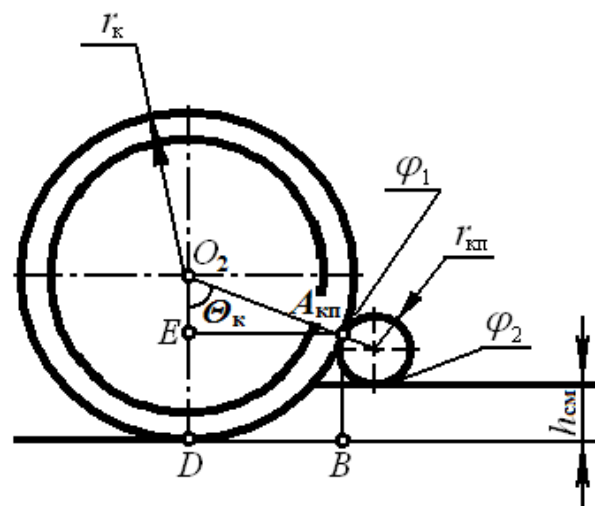


Рис. 4. К обоснованию расстояния ED

$$\frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} = \quad (15)$$

$$= \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}$$

Возведем в квадрат обе части уравнения (15) и выполним соответствующие преобразования:

$$\left\{ \frac{h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]}{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} \right\}^2 = \quad (16)$$

$$= \left(\frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2} \right)^2$$

Выразив r_k из уравнения (16) и выполнив соответствующие преобразования, определим необходимый радиус прикатывающих колец почвообрабатывающего катка:

$$r_k = h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)](1 - f_1 f_2)}{f_1 + f_2} \quad (17)$$

Заменив $2r_k = D_{kmin}$, окончательно можем записать:

$$D_{kmin} = 2 \left\{ \frac{h_{cm} - r_{kpmax} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{h_{cm} - r_{kpmax} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)](1 - f_1 f_2)}{f_1 + f_2}}{2} \right\} \quad (18)$$

где D_{kmin} – минимальный диаметр прикатывающего кольца почвообрабатывающего катка гребневой сеялки, м; r_{kpmax} – радиус наибольшего комка почвы, определяемый

агротехническими требованиями к подготовке почвы к посеву, м.

Согласно агротехническим требованиям, на поверхности поля, подготовленной под посев, максимальный диаметр почвенных комков не должен превышать 5...6 см. Угол трения φ_1 между поверхностями катка и почвенного комка находится в пределах 20...24° для чернозема, а угол трения между поверхностями почвенного комка и почвой $\varphi_2 = 48^\circ$. Тогда при $r_{kpmax} = 0,06$ м и $h_{cm} = (0,04...0,05)$ м минимальный диаметр прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки составит $D_{kmin} = 0,25$ м.

Дальнейшие экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка подтвердили правильность теоретических предпосылок. Оптимизированный диаметр прикатывающих колец почвообрабатывающего катка составил 0,265 метра. При таком диаметре прикатывающих колец достигается высокое качество разрушения комков почвы в гребне.

Выводы

Формула (18) выражает соотношение между диаметром прикатывающих колец катка гребневой сеялки, радиусом максимального комка почвы, величиной сминаемой почвы, углами трения φ_1 и φ_2 и коэффициентами трения f_1 и f_2 . Таким образом, при известных физико-механических свойствах почв разного типа можно определить необходимый минимальный диаметр прикатывающих колец катка гребневой сеялки.

Список литературы

- [1] Закон плодосмена: экономическая и энергетическая эффективность севооборотов / В.П. Заикин, А. Е. Шамин, А. Ю. Лисина, Е. Е. Борисова // Вестник НГИЭИ.– 2016.– № 3 (58). 2016.–С. 72–80.
- [2] Курдюмов, В.И. Определение плотности почвы после прохода катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е. С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 2007.– № 4.– С. 27–29.
- [3] Курдюмов, В.И. Оптимизация параметров катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е. С. Зыкин // Техника в сельском хозяйстве.– 2007.– № 1.–С. 15–16.
- [4] Осокин, В.Л. Методические вопросы объективной оценки потенциала энергосбережения / В.Л. Осокин, Б.В. Папков, В.А. Горохов // Вестник НГИЭИ.– 2016.– № 4 (59). 2016.–С. 98–106.
- [5] Рембалович, Г.К. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов; монография / Г.К. Рембалович.–Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2014.– 301 с.
- [6] Фролов Д.И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015.–№ 1 (29).– С. 120–126.
- [7] Ларюшин Н.П., Сущёв С.А., Фролов Д.И., Ларюшин А.М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208.–2008. Бюл. № 33.
- [8] Пат. 2443094 Российская Федерация, МПК А01В79/02, А01Г1/00. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».– № 2010141211/13; заявл. 07.10.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
- [9] Пат. 2265305 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Способ посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е. С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».– № 2004109411/12; заявл. 29.03.2004; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.

- [10] Пат. 2435353 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010129256/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [11] Пат. 2435352 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010129255/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [12] Пат. 108902 Российская Федерация, МПК А01В49/04. Секция сеялки-культиватора / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2011100230/13; заявл. 11.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28.

SUBSTANTIATION OF DIAMETER OF THE PACKER RINGS RINK RAISED BED PLANTER

Kurdyumov V. I., Zykin E. S., Khaybullina L. N.

Developed by ridge planter, tillage is equipped with rollers with roller rings and the spherical disks, the practical realization of which allows with minimum operating costs in a single pass across the field to perform the pre-sowing cultivation, seeding, form of the lines of seed tubercle of the soil, to compact the mound from three sides and eventually to form a ridge of soil to the desired dimensions and density of soil in it. Revealed that the diameter of the packer rings rink raised bed planter depends on the physico-mechanical properties of soil and size of soil lumps on the surface of the field.

Keywords: technology, planting, ridge tillage, cultivation, compaction.

References

- [1] The law of rotation: an economic and energy efficiency of crop rotation / V.P. Zaikin, A. E. Shamin, A. Yu. Lisin, E. E. Borisova // Bulletin of NGIEI. – 2016. – № 3 (58). 2016. – P. 72–80.
- [2] Kurdyumov, V.I. Determination of density of soil after the passage of the rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin // Mechanization and electrification of agriculture. – 2007. – No. 4. – Pp. 27–29.
- [3] Kurdyumov, V.I. Optimization of parameters of the rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin // Technique in agriculture. – 2007. – No. 1. – P. 15–16.
- [4] Osokin, V.L. Methodological issues of objective assessment of energy saving potential / V.L. Osokin, B. V. Papkov, V.A. Gorokhov // Bulletin of NGIEI. – 2016. – № 4 (59). 2016. – S. 98–106.
- [5] Rymbalovich, Georgy. Improving the efficiency of harvesting potatoes on a heavy loam soils to improve the separation of the bodies of the harvesters; monograph / G.K. Rymbalovich. – Ryazan, Ryazan state agrotechnological University n.a. After P.A. Kostychev, 2014. – 301 S.
- [6] Frolov D.I. Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing Luke /D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2015. – № 1 (29). – P. 120–126.
- [7] Laryushin N. P. Sushchev, A. S., Frolov D. I., Laryushin A. M. Haulm removing machine // Patent of Russia № 2339208. – 2008. Bull. No. 33.
- [8] Pat. 2443094 Russian Federation, IPC A01B79/02, A01G1/00. The method of cultivation of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010141211/13; Appl. 07.10.2010; publ. 27.02.2012, bull. No. 6.
- [9] Pat. 2265305 Russian Federation, IPC A01C7/00. Method of planting row crops / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2004109411/12; Appl. 29.03.2004; publ. 10.12.2005, bull. No. 34.
- [10] Pat. 2435353 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129256/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [11] Pat. 2435352 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129255/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [12] Pat. 108902 Russian Federation, IPC A01B49/04. Section of seeder-cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin, I.A. Sharonov; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2011100230/13; Appl. 11.01.2011; publ. 10.10.2011, bull. No. 28.