

ИННОВАЦИОННЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНУСНЫЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ

INNOVATIVE UNIVERSAL CONE SEEDER

Н.Е. РУДЕНКО, Д.С.-Х.Н.

Е.В. КУЛАЕВ, К.Т.Н.

Д.С. КАЛУГИН, К.Т.Н.

П.А. ПОПОВ

Ставропольский государственный аграрный
университет, Ставрополь, Россия, dnk713@mail.ru

N.E. RUDENKO, DSc in Agriculture

E.V. KULAEV, PhD in Engineering

D.S. KALUGIN, PhD in Engineering

P.A. POPOV

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia,
dnk713@mail.ru

Высевающие аппараты зерновых и пропашных сеялок существенно отличаются. Высевающие аппараты зерновых сеялок осуществляют обычный неупорядоченный высев, тогда как пропашные сеялки – точный пунктирный высев с заданными расстояниями между семенами в рядке. Наибольшее распространение для зерновых сеялок получил катушечный высевающий аппарат. Для высева семян разных культур используют катушки с различными по размерам и форме желобками. Катушечные высевающие аппараты осуществляют стесненное перемещение семян, что приводит к механическому воздействию на семена, частичному их повреждению. В пропашных сеялках чаще всего используют пневматические высевающие аппараты. Они предусматривают наличие вентилятора, пневмосистемы, высевающих дисков. К отверстиям высевающих дисков часто присасывается по два-три семени, что усложняет конструкцию и регулировки. Предложен универсальный конусный высевающий аппарат. Он включает усеченный прямой конус, который заканчивается кольцами. Верхнее кольцо соединяется с бункером для семян, на нижнем кольце по всей окружности размещены сквозные ячейки. С торцевой стороны нижнего кольца установлена крышка, часть которой снабжена ободом, закрывающим ячейки. Крышка имеет возможность поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Определены конструктивные параметры усеченного прямого конуса: диаметр верхнего основания 55 мм, нижнего 80 мм, угол конуса 9° , длина 80 мм. Рассчитаны параметры сквозных ячеек применительно к высеву семян кукурузы и подсолнечника. Теоретически обоснована критическая частота вращения усеченного прямого конуса. Она составляет 2 с^{-1} . Найдены математические модели, определяющие дозы семян при высеве зерновых и пропашных культур в зависимости от частоты вращения конуса и скорости рабочего движения сеялки. Высевающий аппарат обеспечивает обычный высев семян зерновых колосовых культур и точный – пунктирный пропашных культур. Это единственный универсальный высевающий аппарат.

Ключевые слова: сеялка, универсальный высевающий аппарат, конус, частота вращения, дозы высева, ячейка.

The sowing machines of grain and tilled seeders are significantly different. The sowing machines of grain seeders perform the usual unsettled sowing, while the sowing drills are a precise dotted sowing with given distances between the seeds in a row. The greatest distribution for grain seeders has been a reel sowing machine. The greatest distribution for grain seeders has been a reel sowing machine. For the sowing of seeds of different cultures, coils with different in size and shape grooves are used. Coil sowing machines carry out a cramped movement of seeds, which leads to a mechanical effect on the seeds, partly to their damage. In a row seed drill, pneumatic seeders are most often used. They provide for the presence of a fan, pneumatic system, sowing discs. To the holes of the sowing discs, two or three seeds are often sucked in, which complicates the design and adjustments. A universal cone seeder is proposed. It includes a truncated straight cone, which ends in rings. The upper ring is connected to the seed hopper, and the through ring is placed along the entire circumference of the lower ring. From the front side of the lower ring there is a cover, part of which is provided with a rim, which closes the cells. The cover has the ability to rotate around the horizontal axis. The design parameters of the truncated straight cone are determined: the diameter of the upper base is 55 mm, the lower one is 80 mm, the cone angle is 9° , the length is 80 mm. The parameters of through cells for seeding corn and sunflower seeds are calculated. The critical rotational speed of a truncated straight cone is theoretically justified. It is 2 s^{-1} . Mathematical models are found that determine the dose of seeds during sowing of cereals and tilled crops depending on the frequency of rotation of the cone and the speed of the working movement of the seeder. The sowing device provides the usual sowing of seeds of grain crops and exact – dotted row crops. This is the only universal seeder.

Keywords: seeder, universal seeder, cone, rotational speed, seeding dose, cell.

Введение

В настоящее время для высева семян зерновых колосовых культур (пшеница и др.) и пропашных культур (кукуруза, подсолнечник) используют разные, как по конструкции, так и по технологии, высевочные аппараты.

Для высева зерновых колосовых культур применяются катушечные высевочные аппараты (рис. 1) [1].

Катушка 2 при вращении против часовой стрелки захватывает своими желобками семена и перемещает их в щель между ребрами катушки и клапаном. Затем семена поступают в семяпровод. Перемещение семян осуществляется в стесненном пространстве между корпусом и катушкой, что частично приводит к их повреждению.

Для точного высева семян пропашных культур, как правило, используют пневматические высевочные аппараты, включающие вентилятор, пневмопроводы, камеры разрежения и высевочные диски. Для семян каждой пропашной культуры подбирают высевочные диски с определенным диаметром присасывающих отверстий [2]. Однако и при этом к отверстиям присасываются по два-три семени, что потребовало установить на дисках счищатель лишних семян. Наиболее часто встречаются зубчатые счищатели лишних семян (рис. 2).

Результаты исследований показывают, что коэффициент вариации шага высева существенно превышает требуемые 20 % и достигает 40–60 %. Наблюдаются двойники и пропуски.

При этом, пропашные сеялки – секционные, что увеличивает их материалоемкость, сложность в обслуживании, осуществляется индивидуальная загрузка семенами малоемких бункеров каждой секции. Отсутствие универсального высевочного аппарата не позволяет разработать единую универсальную сеялку.

Цель исследования

Обоснование инновационного технологического и технического решения универсального высевочного аппарата.

Универсальный конусный высевочный аппарат

Для точного высева семян обязательно должно быть наличие присасывающих отверстий или ячеек для западания в них семян. Непрерывный ряд отверстий и ячеек возможен на диске или на цилиндре. Пневматические дисковые высевочные аппараты не обеспечивают

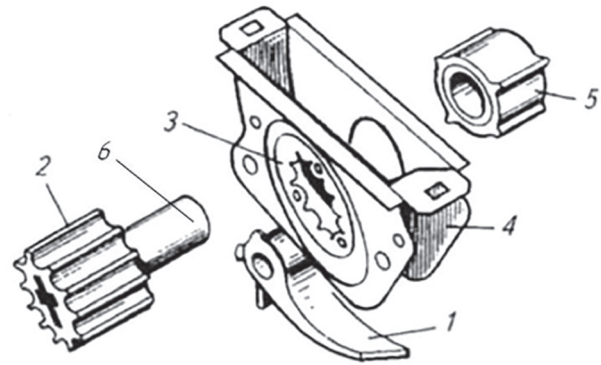


Рис. 1. Катушечный высевочный аппарат:

1 – клапан; 2 – катушка; 3 – розетка;
4 – корпус; 5 – муфта; 6 – вал

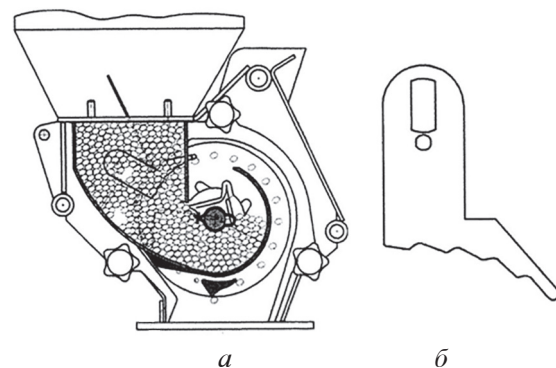


Рис. 2. Пневматический высевочный аппарат пропашной сеялки:

а – общий вид; б – зубчатый счищатель
лишних семян

точность высева. Коэффициент вариации шага высева составляет 40–60 % [3, 4], тогда как по агротехническим требованиям он не должен превышать 20 %. Для перемещения материала нужен угол уклона. Эту функцию обычно выполняет вращающийся конус [5, 6].

Универсальный конусный высевочный аппарат представлен на рис. 3. Обоснованное техническое решение представляет собой усеченный прямой конус 1 (рис. 3, а), который заканчивается кольцами 2 и 3. Верхнее кольцо 3 соединено с бункером для семян 4, имеющим заслонку 5. На нижнем кольце 2 по всей окружности размещены сквозные ячейки 6. Перемычки 7 между ячейками имеют вид треугольника вершиной наружу. С торцевой стороны нижнего кольца установлена крышка 8, часть которой снабжена ободом 9, закрывающим ячейки 6 (см. рис. 3, б). На крышке 8 размещен хвостовик 10 (рис. 3, в), соединенный с сектором 11 (рис. 3, г), закрепленным неподвижно. На секторе 11 имеется криволинейный паз 12.

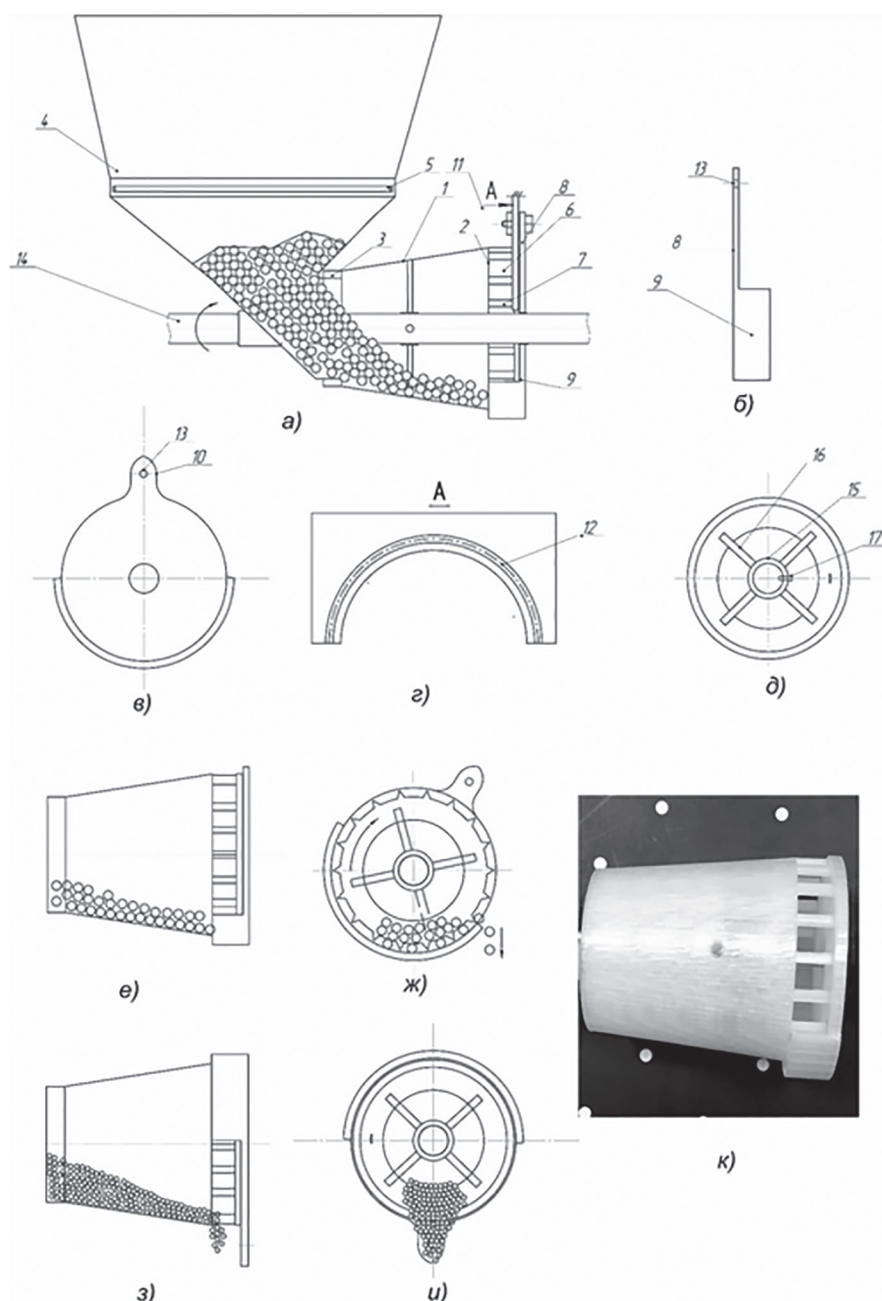


Рис. 3. Схема универсального конусного высевающего аппарата:

а – схема работы; *б* – крышка (вид сбоку); *в* – крышка (вид спереди); *г* – сектор с пазом (вид сбоку); *д* – втулка со спицами (вид спереди); *е* – точный высев; *ж* – выход единичных семян; *з* – неупорядоченный высев; *и* – выход семян зерновых культур; *к* – общий вид конуса с крышкой

Отверстие 13 на хвостовике 10 совмещают с криволинейным пазом 12. Крышка 8 при повороте вокруг горизонтальной оси может фиксироваться болтом через отверстие 13 и паз 12. Крышка 8 надета на приводной вал 14. На вал 14 надет также усеченный прямой конус 1. Для этого в центре тяжести усеченного прямого конуса 1 размещена втулка 15 (рис. 3, д) со спицами 16, которая винтом 17 крепится к приводному валу 14. Спицы 16 выполняют еще и функцию ворошилок.

Конструктивные параметры конусного высевающего аппарата

Диаметр верхнего основания усеченного прямого конуса 1 (входного отверстия) должен соответствовать условию:

$$D_b \geq 3C_{\max} + d_{\text{пв}},$$

где C_{\max} – максимальная длина семени, мм;
 $d_{\text{пв}}$ – диаметр приводного вала, мм.

Из пропашных культур берутся наиболее распространенные: кукуруза и подсолнечник.

Проведено определение размеров семян кукурузы и подсолнечника, где a – толщина, b – ширина, c – длина семени. Установлено для кукурузы: $a_{\text{ср}} = 4,0$ мм; $a_{\text{max}} = 5,0$ мм; $b_{\text{ср}} = 7,6$ мм; $b_{\text{max}} = 10$ мм; $c_{\text{ср}} = 10,8$ мм; $C_{\text{max}} = 13$ мм. Для подсолнечника: $a_{\text{ср}} = 3,7$ мм; $a_{\text{max}} = 4,0$ мм; $b_{\text{ср}} = 6,5$ мм; $b_{\text{max}} = 8$ мм; $c_{\text{ср}} = 12,0$ мм; $C_{\text{max}} = 13$ мм.

Исходя из этого, $C_{\text{max}} = 13$ мм. Диаметр приводного вала $d_{\text{пв}} = 15$ мм. Отсюда $D_{\text{в}} \geq 54$ мм.

У пропашных сеялок типа СУПН-8А используют высевочные диски с количеством присасывающих отверстий K_0 , равным 14 и 21.

По аналогии принимают среднее значение количества ячеек b на нижнем кольце 2 (рис. 3) $K_0 = 18$.

Ширина $b_{\text{я}}$ ячеек b (рис. 3) должна равняться максимальному значению ширины семени (кукуруза, подсолнечник):

$$b_{\text{я}} = b_{\text{max}} = 10 \text{ мм},$$

а длина $l_{\text{я}}$ ячейки b равна максимальному значению длины семени:

$$l_{\text{я}} = C_{\text{max}} = 13 \text{ мм}.$$

Суммарная ширина ячейки и перемычки: $\Pi = b_{\text{я}} + \Pi_{\text{п}} = 10 + 4 = 14$ мм.

С учетом этого, диаметр нижнего основания усеченного прямого конуса I :

$$D_{\text{н}} = \frac{\Pi K_{\text{я}}}{\pi};$$

Получено: $D_{\text{н}} = 80$ мм.

Длину L усеченного прямого конуса I определяют по следующей зависимости:

$$L \geq \frac{r}{\tan \beta} + 3C_{\text{max}},$$

где r – радиус верхнего основания, мм; β – угол естественного откоса семян, град.

Для пшеницы $\beta = 35^\circ$. Тогда $L = 80$ мм.

Угол между образующей усеченного прямого конуса I и горизонталью (угол конуса):

$$\tan \alpha_{\text{к}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{в}}}{2L}; \alpha_{\text{к}} = 9^\circ.$$

Ширина обода 9 крышки 8:

$$\Pi_0 = l_{\text{я}} + \Delta_{\text{н}} + \Delta_{\text{з}},$$

где $\Delta_{\text{н}}$ – толщина обода кольца с ячейками, мм; $\Delta_{\text{з}}$ – зазор между крышкой и нижним основанием, мм. Тогда $\Pi_0 = 18$ мм.

Частота вращения $n_{\text{кр}}$ усеченного прямого конуса, при которой прекращается движение

вдоль горизонтальной оси семян, называется критической (с^{-1}). Это происходит при условии, когда:

$$m(2\pi n_{\text{кр}})^2 \frac{D_{\text{н}}}{2} = mg.$$

После преобразования и упрощения данной зависимости:

$$n_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2g}{4\pi^2 D}} = 2,5 \text{ с}^{-1}.$$

Максимальная рабочая частота вращения усеченного прямого конуса I :

$$n_{\text{max}} = 0,8 n_{\text{кр}} = 2 \text{ с}^{-1}.$$

Следовательно, необходимо работать при частоте вращения, не превышающей 2 с^{-1} (120 мин^{-1}).

Обеспечение точного пунктирного высева семян

Количество высевочных семян на одном погонном метре (шт/м) определяется по выражению:

$$q_{\text{м}} = \frac{K_{\text{я}} n}{V},$$

а на одном гектаре (шт/га):

$$q_{\text{га}} = \frac{10^4 K_{\text{я}} n}{V B_{\text{м}}},$$

где V – скорость рабочего движения сеялки, м/с; n – частота вращения усеченного прямого конуса, с^{-1} ; $B_{\text{м}}$ – ширина междурядий, м.

Отсюда частота вращения усеченного прямого конуса, необходимая для высева требуемого количества семян на гектаре:

$$n = \frac{q_{\text{га}} V B_{\text{м}}}{10^4 K_{\text{я}}}.$$

Обеспечение обычного (неупорядоченного) высева семян

Его применяют при высеве семян зерновых колосовых культур (пшеница, ячмень, рожь).

Высевочный аппарат должен высевать дозу семян Q , соответствующую норме высева, кг/га.

Дозу высева семян определяют по формуле:

$$Q = \pi D_{\text{н}} \frac{R_{\text{н}}^2}{2V} \left(\frac{\pi \phi}{90} - \sin 2\phi \right) \rho n \frac{10^4}{\cos \alpha_{\text{к}} B_{\text{м}}},$$

где ϕ – угол трения семян по поверхности корпуса, град; ρ – насыпная плотность семян, кг/м^3 .

Например, при $V = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\varphi = 19^\circ$, $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, $n = 1 \text{ с}^{-1}$, $V_m = 0,15 \text{ м}$ получим, что $Q = 178 \text{ кг/га}$. При частоте вращения конуса $n = 2 \text{ с}^{-1}$ получим, что $Q = 356 \text{ кг/га}$.

Для регулирования дозы высева помимо частоты вращения усеченного прямого конуса 1 можно использовать скорость рабочего движения посевного агрегата V_n .

Так, при $V_n = 2 \text{ м/с}$, $n = 2 \text{ с}^{-1}$ получим $Q = 480 \text{ кг/га}$.

Операции с подбором частоты вращения усеченного прямого конуса удобно осуществлять с использованием графика (см. рис. 4).

Технологический процесс работы универсального конусного высевающего аппарата осуществляем следующим образом.

При точном высеве крышку 8 поворачивают вокруг горизонтальной оси и устанавливают обрез обода 9 под углом к горизонтальной плоскости, равным или незначительно превышающим угол $\varphi_в$ внутреннего трения семян. Например, для семян кукурузы $\varphi_в = 20^\circ$.

В процессе работы семена из бункера 4 падают в усеченный прямой конус 1. За счет сил трения семян о поверхность конуса 1 и наклона стенки конуса при вращении они перемещаются вдоль горизонтальной оси и достигают кольца 2 с ячейками 6. Семена 18 западают в ячейки 6 и удерживаются от выпадения ободом 9 крышки 8 (см. рис. 3, е). При подходе к обрезу обода 9 в ячейках остаются по одному семени, а остальные, лежащие на них, осыпаются под собственным весом. Семена оставшиеся в ячейках выпадают через обрез обода 9 (см. рис. 3, ж) в семяпровод.

Толщина стенки усеченного прямого конуса составляет 0,6 толщины семени. Это обеспе-

чивает захват перемычкой 7 только одного семени. Кроме того, перемычка 7 имеет вид треугольника, расположенного вершиной наружу. Это позволяет при выпадении семени не захватывать его и поднимать, а сбрасывать по наклонной стороне треугольника.

За счет самоосыпания семян при заполнении ячеек, а не принудительной очистки, как это осуществляется сейчас в сеялках точного высева, исключается их повреждаемость.

При высеве, например, семян пшеницы крышку 8 поворачивают вокруг горизонтальной оси хвостовиком 10 до тех пор, пока обод 9 окажется в верхнем положении; нижняя часть кольца 2 становится свободной (см. рис. 3, з), обод ее не закрывает. Семена при вращении усеченного прямого конуса 1 стекают с него, попадая в семяпровод 19 (см. рис. 3, и). Дозу регулируют частотой вращения усеченного прямого конуса 1.

В процессе перемещения спицы 16 ворошат семена, не давая возможности им сгруппироваться в комочки.

Количество подаваемых семян в усеченный прямой конус 1 регулируют заслонкой 5 [7].

Высевающий аппарат имеет небольшие размеры и прост по конструкции (см. рис. 3, к). Его очень удобно изготавливать с использованием аддитивных технологий.

Закключение

Предлагаемый конусный высевающий аппарат является единственным в мире аппаратом, обеспечивающим высев семян как зерновых колосовых, так и пропашных культур. Это позволит исключить из производства нетехнологичные секционные пропашные сеялки, оснащенные в большинстве своем компресси-

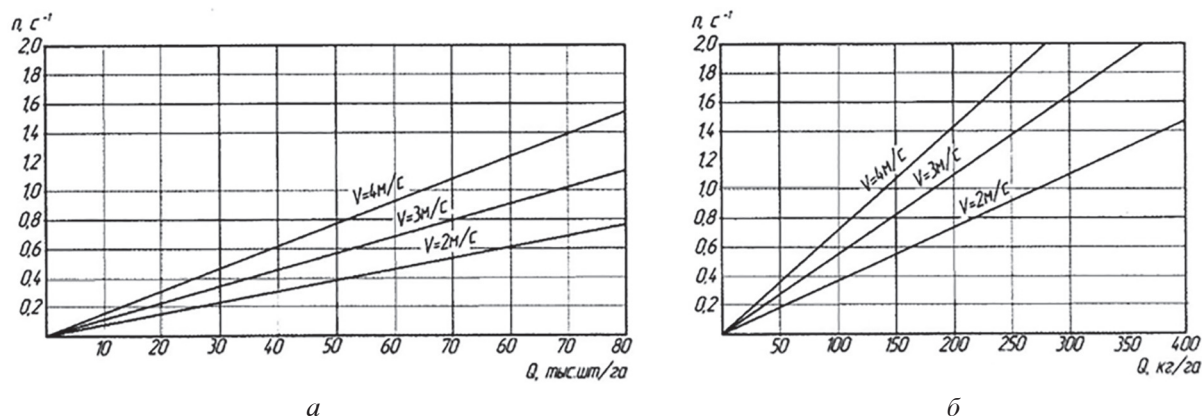


Рис. 4. Зависимость частоты вращения усеченного прямого конуса:

а – от требуемого количества высеваемых семян пропашных культур; б – от дозы высева зерновых культур

рами, пневматическими высевочными аппаратами со счищателями лишнего присосавшихся семян, небольшими по объему бункерами для семян.

Литература

1. Рекомендации по машинному обеспечению технологии возделывания и уборки основных сельскохозяйственных культур. Новокубанск: КубНИИТиМ, 2015. С. 24–27.
2. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. 751 с.
3. Руденко Н.Е. Сеялки для посева семян пропашных культур. Ставрополь: АГРУС, 2005. 72 с.
4. Бондаренко П.А., Руднев А.В., Кочемасов А.В. Результаты испытаний пропашных сеялок на посеве подсолнечника // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. Ставрополь: АГРУС, 2015. С. 54–56.
5. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В. Высевочный аппарат сеялки: патент на полезную модель 239974, Российская Федерация. Опубликовано 20.11.2004. Бюл. № 32.
6. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В. Высевочный аппарат пропашной сеялки: патент на изобретение 2294080, Российская Федерация. Опубликовано 27.02.2007. Бюл. № 6.
7. Хесслин Р., Леккер Ф. Механизация овощеводства открытого грунта. Перевод с немецкого Н.Ф. Розова. М.: Колос, 1969. 149 с.

References

1. Recommendations on the machinery for the technology of cultivation and harvesting of basic crops. Novokubansk: KubNIITiM Publ., 2015, pp. 24–27.
2. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny [Agricultural and meliorative machines]. Moscow: Kolos Publ., 1994. 751 p.
3. Rudenko N.E. Seyalki dlya poseva semyan propashnykh kul'tur [Seed drills for sowing of row crops]. Stavropol': AGRUS Publ., 2005. 72 p.
4. Bondarenko P.A., Rudnev A.V., Kochemasov A.V. Results of tests of row seeders on sowing sunflower. Aktual'nye problemy nauchno tekhnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnykh statey [Actual problems of scientific and technological progress in agribusiness: a collection of scientific articles]. Stavropol': AGRUS Publ., 2015, pp. 54–56.
5. Rudenko N.E., Kulaev E.V. Vysevayushchiy apparat seyalki [Seeding machine]: patent na poleznuyu model'. No 239974, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 20.11.2004. Byul. No 32.
6. Rudenko N.E., Kulaev E.V. Vysevayushchiy apparat propashnoy seyalki [Sowing machine of a row seeder]: patent na izobretenie. No 2294080, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 27.02.2007. Byul. No 6.
7. Khesslin R., Lekker F. Mekhanizatsiya ovoshchevodstva otkrytogo grunta [Mechanization of open vegetable growing]. Perevod s nemetskogo N.F. Rozova. Moscow: Kolos Publ., 1969. 149 p.