

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦИЛИНДРО-СПИРАЛЬНОГО  
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА****Шаронов И.А., Курдюмов В.И., Прошкин В.Е.**

**Реферат.** Разработан цилиндро-спиральный почвообрабатывающий каток. В процессе экспериментальных исследований предложенного катка для оценки качества обработки почвы с позиции соответствия плотности почвы агротехническим требованиям принят коэффициент соответствия эталону  $k_{cs}$ . В результате экспериментальных исследований оптимизированы параметры и режимы работы катка, при которых достигается требуемое качество обработки почвы. Анализ полученных математических моделей показал, что на участке после прикатывания цилиндро-спиральным катком  $k_{cs} = 0,98$  (соответствует плотности почвы  $\rho = 1185...1215 \text{ кг/м}^3$ ), что полностью удовлетворяет агротехнически заданному пределу плотности почвы на глубине заделки семян -  $1100...1300 \text{ кг/м}^3$ . Максимальное значение  $k_{cs} = 0,98$  достигается при скорости движения агрегата  $v = 11 \text{ км/ч}$ , массе балласта  $m_b = 100 \text{ кг}$ , шаге витка спирали  $l = 40 \text{ мм}$ . Выявлено, что после обработки цилиндро-спиральным почвообрабатывающим катком коэффициент соответствия эталону составил  $k_{cs} = 0,98$ , что значительно выше по сравнению с серийными катками (0,83 – после прикатывания катками сеялки СЗ-5,4 и 0,91 после обработки кольчато-шпоровым катком). При оценке выровненности поверхности поля выявлено, что после обработки цилиндро-спиральным катком коэффициент выровненности  $k_v$  составил 0,95, что соответственно на 7,1 % и 14,2 % больше по сравнению с участками, обработанными кольчато-шпоровыми катками и кольчатými каточками сеялки СЗ-5,4. В ходе полевых исследований на опытном поле Ульяновского ГАУ выявлено, что урожайность ярового ячменя после поверхностной обработки почвы цилиндро-спиральным катком в среднем за три года превысила на 7,4 % и 10,3 % соответственно урожайность этой культуры после прикатывания катком ККШ-6 и каточками сеялки СЗ-5,4. Экономический эффект от внедрения предложенного катка за счет увеличения урожайности достигает 1800...2460 рублей на 1 га посевов ярового ячменя.

**Ключевые слова:** плотность почвы, цилиндро-спиральный каток, спираль, коэффициент соответствия эталону.

**Введение.** В комплексе агротехнических мероприятий обработки почвы с целью обеспечения требуемых водно-воздушного и теплового режимов развития растений в начальный после посева период используют почвообрабатывающие катки как в качестве отдельных орудий, так и в составе комбинированных агрегатов [1, 2]. Применяемые катки разнообразны по конструктивному исполнению, что связано с особенностями возделывания различных сельскохозяйственных культур. Но применяемые в настоящее время катки не всегда обеспечивают требуемое качество поверхностной обработки на различных типах почв, а также после различных видов ее обработки. Поэтому важно усовершенствовать конструкции катков с учетом условий их функционирования и требований к возделыванию различных культур, а также обосновать конструктивные параметры и режимы работы разрабатываемых орудий [3, 4].

**Условия, материалы и методы исследований.** Проблема повышения полевой всхожести возделываемых культур, которая значительно ниже по сравнению с лабораторной, до сих пор остается актуальной [5]. Это приводит к недополучению урожая и, как следствие, к снижению прибыли. Достоверно известно, что поверхностная обработка почвы катками обес-

печивает необходимую для семян плотность почвы и подъем влаги из ее нижних слоев почвы. Катки также призваны разрушить крупные почвенные комки и выровнять поверхность поля [6, 7]. Катки с не гладкой рабочей поверхностью, кроме уплотнения посевного слоя почвы, дополнительно создают мульчированный поверхностный слой [8]. Поэтому прикатывание почвы является обязательной операцией в технологиях посева сельскохозяйственных культур, так как оно способствует повышению полевой всхожести семян.

В связи с этим для обеспечения требуемого качества прикатывания нами предложен цилиндро-спиральный почвообрабатывающий каток [9, 10]. Каток (рисунок 1) выполнен из цилиндрической трубы 1, торцы которой закрыты дисками 2. На дисках 2 установлены подшипниковые опоры 3, которые соединены со сцепкой 4 для агрегатирования катка с требуемым агрегатом. По периферии гладкой цилиндрической поверхности катка в продольном направлении через равные интервалы выполнены отверстия прямоугольной формы, в которых установлены спирали 5. Спирали 5 установлены с возможностью изменения их вылета  $h$  относительно гладкой цилиндрической поверхности катка и шага витка  $l$ . Кроме того, для изменения давления катка на почву в

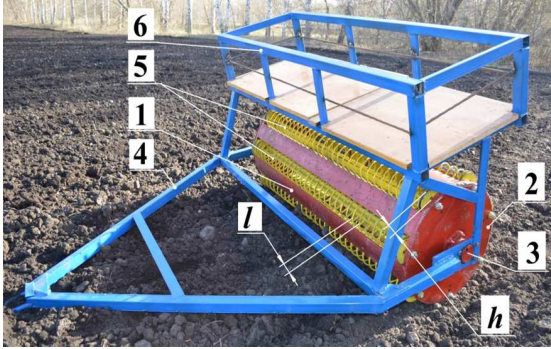


Рисунок 1 – Цилиндро-спиральный каток (обозначения в тексте)

процессе проведения экспериментальных исследований в конструкции предусмотрен балластный ящик 6.

Каток в процессе работы спиралью 5 разрушает комки почвы, а цилиндрической частью между спиралью 5 уплотняет почву. Это обеспечивает требуемые почвенные условия для прорастания и развития культурных растений. Кроме того, такая конструкция катка обеспечивает снижение металлоемкости в 1,7 раза по сравнению с серийно выпускаемыми катками ККШ-6.

В процессе экспериментальных исследований предложенного катка для оценки качества обработки почвы с позиции соответствия плотности почвы агротехническим требованиям принят коэффициент соответствия эталону [1]:

$$k_{cэ} = 1 - (|\rho_{\text{опт}} - \rho_3|/\rho_{\text{опт}}), \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{опт}}$ ,  $\rho_3$  – оптимальная и замеряемая плотность почвы на глубине заделки семян,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $\rho_{\text{опт}} = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

На процесс обработки почвы цилиндро-спиральным катком влияет множество факторов, из которых были выбраны следующие независимые факторы:  $v$  ( $x_1$ ) – скорость движения катка,  $\text{км}/\text{ч}$ ;  $m$  ( $x_2$ ) – масса балласта,  $\text{кг}$ ;  $h$  ( $x_3$ ) – вылет спирали,  $\text{мм}$ ;  $l$  ( $x_4$ ) – шаг витка спирали,  $\text{мм}$ . При полном соответствии плотности посевного слоя почвы агротехническим требованиям  $k_{cэ} = 1$ .

Качество прикатывания посевов оценивали, используя коэффициент выровненности поверхности почвы  $k_{\text{в}}$ , для определения которого на участках фиксированной длины снимали профилограмму с помощью профиломера. Затем коэффициент рассчитывали по формуле:

$$k_{\text{в}} = 1 - (l_{\text{кт}}/l_{\text{лп}}), \quad (2)$$

$l_{\text{кт}}$  – расстояние между крайними точками участка,  $\text{мм}$ ;  $l_{\text{лп}}$  – длина линии, описывающей профиль поверхности почвы,  $\text{мм}$ .

**Анализ и обсуждение результатов.** После обработки результатов исследований получе-

ны адекватные математические модели процесса прикатывания почвы цилиндро-спиральным катком, выраженные уравнениями регрессии.

Уравнения в натуральных (3) и кодированных (4) значениях факторов, характеризующие влияние массы балласта  $m$  и шага витка спирали  $l$  на критерий оптимизации соответственно имеют вид:

$$k_{cэ} = 0,784 + 0,0058l + 0,0006m - 0,000065l^2 - 0,0000052lm - 0,000002m^2; \quad (3)$$

$$k_{cэ} = 0,918 - 0,014x_4 - 0,042x_2 - 0,015x_4^2 - 0,012x_4x_2 - 0,049x_2^2. \quad (4)$$

Уравнения регрессии, характеризующие влияние скорости движения катка  $v$  и массы балласта  $m$  на коэффициент соответствия эталону в натуральных (5) и кодированных (6) значениях факторов:

$$k_{cэ} = 0,776 + 0,0234v + 0,0004m - 0,001v^2 + 0,0000026vm - 0,000002m^2 \quad (5)$$

$$k_{cэ} = 0,919 + 0,0065x_1 - 0,042x_2 - 0,016x_1^2 + 0,0015x_1x_2 - 0,0492x_2^2. \quad (6)$$

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия параметров почво-обрабатывающего катка, а также их совместного влияния на коэффициент соответствия эталону представлено на рисунке 2.

Анализ полученных математических моделей показал, что на участке после прикатывания цилиндро-спиральным катком  $k_{cэ} = 0,98$  (соответствует плотности почвы  $\rho = 1185...1215 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), что полностью удовлетворяет агротехнически заданному пределу плотности почвы на глубине заделки семян  $1100...1300 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Максимальное значение  $k_{cэ} = 0,98$  достигается при скорости движения агрегата  $v = 11 \text{ км}/\text{ч}$ , массе балласта  $m_6 = 100 \text{ кг}$ , шаге витка спирали  $l = 40 \text{ мм}$ . Полученные с использованием методики планирования экспериментов данные опытов, обработанные с помощью лицензионных программ «Excel», «Statistica» и «Derive», являются достоверными.

В ходе полевых исследований на опытном поле Ульяновского ГАУ выявлено, что урожайность ярового ячменя (табл.) после поверхностной обработки почвы цилиндро-спиральным катком в среднем за три года превысила на 7,4 % и 10,3 % соответственно урожайность этой культуры после прикатывания катком ККШ-6 и каточками сеялки СЗ-5,4.

Графическое отображение изменения урожайности по годам после обработки предложенным цилиндро-спиральным катком и серийно выпускаемыми катками представлено на рисунке 3.

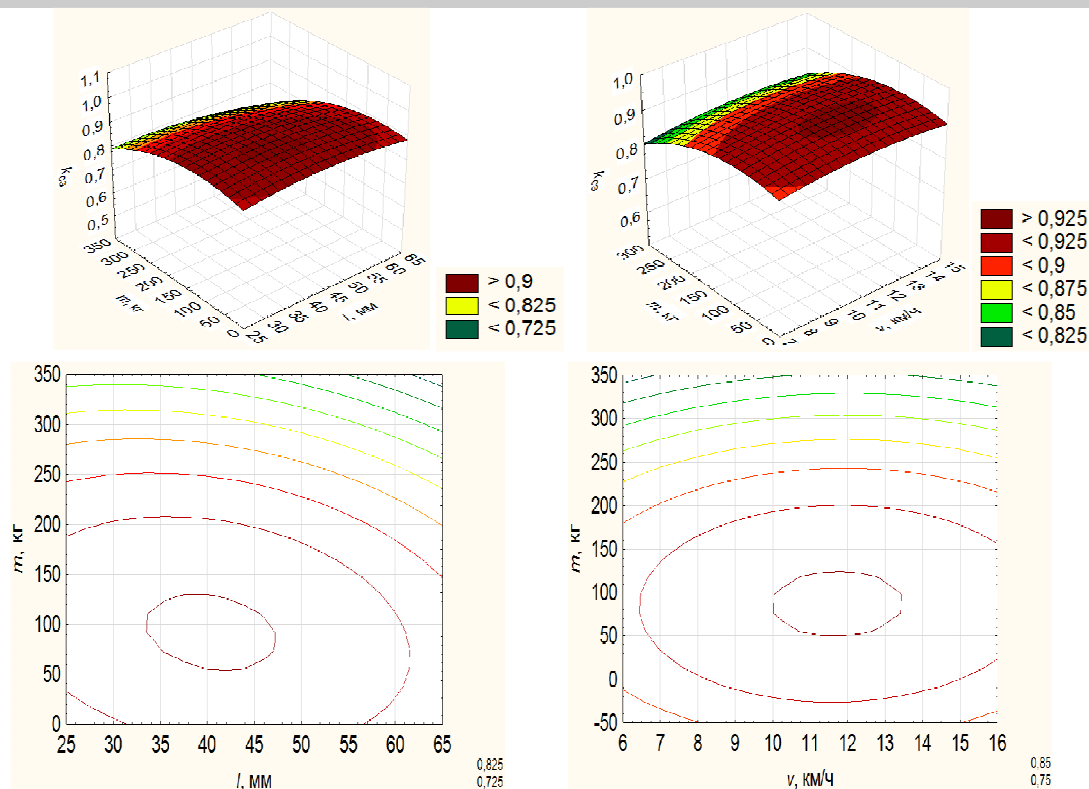


Рисунок 2 – Поверхности отклика и их двухмерные сечения

Таблица – Урожайность ярового ячменя (сорт – Нутанс 553)

Каток	Урожайность по годам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Цилиндро-спиральный каток	45,1	47,5	38,8
ККШ-6	42,6	42,1	37,6
Каточки сеялки СЗ-5,4	41,5	40,7	36,8

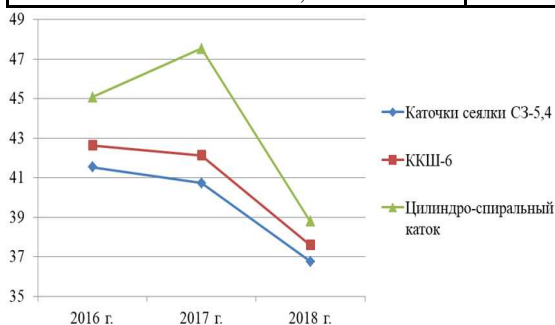


Рисунок 3 – Урожайность, ц/га, ярового ячменя

Таким образом, в различных климатических условиях вегетационных периодов растений цилиндридо-спиральный каток обеспечивает устойчивое повышение урожайности.

При оценке выровненности поверхности поля выявлено, что после обработки цилиндридо-спиральным катком коэффициент  $k_v$  составил 0,95, что соответственно на 7,1 % и 14,2 % больше по сравнению с участками, обработанными кольчато-шпоровыми катками и кольча-

тыми каточками сеялки СЗ-5,4.

**Заключение.** В результате исследований выявлено, что после обработки цилиндридо-спиральным почвообрабатывающим катком коэффициент соответствия эталону составил  $k_{сз} = 0,98$ , что значительно выше по сравнению с серийными катками (0,83 – после прикатывания катками сеялки СЗ-5,4 и 0,91 после обработки кольчато-шпоровым катком). Таким образом, разработанный цилиндридо-спиральный каток качественно выравнивает поверхность почвы, обеспечивая равномерность заделки семян по глубине, а также повышает урожайность возделываемых культур. При этом удельная металлоемкость предлагаемого катка не превышает 166 кг на 1 м ширины захвата, что в 1,7 раза меньше, чем у кольчато-шпорового катка ККШ-6 (283,6 кг/м). Экономический эффект от внедрения предложенного катка за счет увеличения урожайности достигает 1800...2460 рублей на 1 га посевов ярового ячменя.

Литература

1. Курдюмов В.И. Экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка [Текст] / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, В.Е. Прошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2. – С. 141-145.
2. Руденко Н.Е. Как снизить энергозатраты и повысить качественные показатели при сплошной обработке почвы // Н.Е. Руденко, К.Д. Падальцин // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 1 (13). – С. 66-68.
3. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // International Journal of Pharmacy and Technology. – Volume 8, Issue 3 - September, 2016. – P. 14965-14972.
4. Шукин С.Г. Как выбрать обод катка // Вестник Россельхозакадемии. - 1999. - № 6. – С. 23-26.
5. Askard I. Effekts of flame weeding on weed species at different developmenc stages. Weed Res.6 1995. - Vol. 35. - № 5. - P. 397-411.
6. Семенихина Ю.А. Анализ ротационных устройств для выравнивания и уплотнения почвы [Текст] // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференции. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 157-169.
7. Курушин В.В. Определение конструктивных параметров катка-гребнеобразователя [Текст] / В.В. Курушин, И.А. Шаронов, В.И. Курдюмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 131-135.
8. All your cultivating needs // Profi Tractors and farm mashinery. – 2005. – № 9. – P. 15.
9. Патент 2567207 Российская Федерация, МПК А01В 29/02 (2006.01). Орудие для прикатывания почвы / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, А.С. Егоров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». - 2014146182/13, заявл. 17.11.2014; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.
10. Патент 2567208 Российская Федерация, МПК А01В 29/02 (2006.01). Орудие для прикатывания почвы / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, А.С. Егоров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». - 2014146180/13, заявл. 17.11.2014; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.

**Сведения об авторах:**

Шаронов Иван Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», e-mail: ivanshar2009@yandex.ru  
 Курдюмов Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», e-mail: vik@ugsha.ru  
 Прошкин Вячеслав Евгеньевич – ассистент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», e-mail: demon7319931@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», г. Ульяновск, Россия.

**RESULTS OF RESEARCH OF CYLINDER-SPIRAL SOIL-TILLING ROLLER**

**Sharonov I.A., Kurdyumov V.I., Proshkin V.E.**

**Abstract.** The cylindrical soil tillage roller was developed. In the process of experimental studies of the proposed roller for assessing the quality of tillage from the standpoint of compliance with the soil density agrotechnical requirements adopted coefficient of compliance with the standard kse. As a result of experimental studies, the parameters and modes of operation of the roller have been optimized, at which the required quality of tillage is achieved. Analysis of the mathematical models obtained showed that, after rolling with a cylindrical spiral roller, kse = 0.98 (corresponding to soil density  $\rho = 1185 \dots 1215 \text{ kg / m}^3$ ), which fully satisfies the agrotechnically specified limit of soil density at a seed embedment depth -  $1100 \dots 1300 \text{ kg / m}^3$ . The maximum value of kse = 0.98 is achieved when the speed of the unit is  $v = 11 \text{ km per hour}$ , the ballast mass is  $m_b = 100 \text{ kg}$ , and the turn of the spiral is  $l = 40 \text{ mm}$ . It was revealed that after treatment with a cylindrical-spiral soil-cultivating roller, the coefficient of compliance with the standard was  $kse = 0.98$ , which is significantly higher compared to serial rollers (0.83 - after rolling the SZ-5.4 drill and 0.91 after processing the ring spur roller). When assessing the field surface alignment, it was found that after treatment with a cylindrical-spiral roller, the coefficient of uniformity  $k_v$  was 0.95, which is respectively 7.1% and 14.2% more compared to the areas treated with annular-heel rollers and annular rollers of the SZ seeder -5.4. In the course of field studies on the experimental field of Ulyanovsk State Agrarian University, it was found that the yield of spring barley after surface treatment of the soil with a cylindrical-spiral roller exceeded by an average of three years for 7.4% and 10.3%, respectively, the yield of this crop after rolling with a KKSh-6 roller and SZ-5,4 seeder wheels. The economic effect of the introduction of the proposed rink due to the increase in yield reaches 1,800 ... 2,460 rubles per 1 hectare of spring barley.

**Key words:** soil density, cylindrical spiral roller, spiral, coefficient of compliance with the standard.

## References

1. Kurdyumov V.I. Experimental studies of a soil tillage roller. [Eksperimentalnye issledovaniya pochvoobrabatyvayushchego katka]. / V.I. Kurdyumov, I.A. Sharonov, V.E. Proshkin // *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – The Herald of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* – 2014. – № 2. – P. 141-145.
2. Rudenko N.E. How to reduce energy costs and improve quality indicators for continuous tillage. [Kak snizit energozatraty i povysit kachestvennye pokazateli pri sploshnoy obrabotke pochvy]. // N.E. Rudenko, K.D. Padaltsin // *Vestnik APK Stavropolya. – The Herald of Stavropol agriculture.* – 2014. – № 1(13). – P. 66-68.
3. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamainov, V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // *International Journal of Pharmacy and Technology.* – Volume 8, Issue 3 - September, 2016. – P. 14965-14972.
4. Shchukin S.G. How to choose the rim of the rink. [Kak vybrat obod katka]. // *Vestnik Rosselkhozakademii. – The Herald of the Russian Agricultural Academy.* - 1999. - № 6. – P. 23-26.
5. Askard I. Effects of flame weeding on weed species at different development stages. *Weed Res.* 1995. - Vol. 35. - № 5. - P. 397-411.
6. Semenikhina Yu.A. *Analiz rotatsionnykh ustroystv dlya vyravnivaniya i uplotneniya pochvy. // Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya resursov pri proizvodstve selskokhozyaystvennoy produktsii – novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnykh dokladov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* [Analysis of rotational devices for leveling and soil compaction. // Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products - new technologies and new generation technology for crop and livestock: Collection of scientific reports of XVIII International Scientific and Practical Conference]. - Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2015. – P. 157-169.
7. Kurushin V.V. Determination of design parameters of the roller-ridge former. [Opredelenie konstruktivnykh parametrov katka-grebneobrazovatelya]. / V.V. Kurushin, I.A. Sharonov, V.I. Kurdyumov // *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – The Herald of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2015. – № 3. – P. 131-135.
8. All your cultivating needs // *Profi Tractors and farm machinery.* – 2005. – № 9. – P. 15.
9. *Patent 2567207 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01B 29/02 (2006.01). Oрудie dlya prikatyvaniya pochvy.* (Patent 2567207 Russian Federation, IPC A01B 29/02 (2006.01). A tool for rolling soil). / V.I. Kurdyumov, I.A. Sharonov, A.S. Egorov; zayavitel i patentoobladatel FGBOU VPO “Ulyanovskaya GSKhA im. P.A. Stolypina”. - 2014146182/13, applied 17.11.2014; published 10.11.2015, Bulletin № 31.
10. *Patent 2567208 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01B 29/02 (2006.01). Oрудie dlya prikatyvaniya pochvy.* (Patent 2567208 Russian Federation, IPC A01B 29/02 (2006.01). A tool for rolling soil). / V.I. Kurdyumov, I.A. Sharonov, A.S. Egorov; zayavitel i patentoobladatel FGBOU VPO “Ulyanovskaya GSKhA im. P.A. Stolypina”. - 2014146180/13, applied 17.11.2014; published 10.11.2015, Bulletin № 31.

**Authors:**

Sharonov Ivan Aleksandrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Agrotechnologies, Machines and Life Safety Department, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, e-mail: ivanshar2009@yandex.ru  
 Vladimir Kurdyumov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Agrotechnologies, Machines and Life Safety Department, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, e-mail: vik@ugsha.ru  
 Proshkin Vyacheslav Evgenievich – Assistant of Agrotechnologies, Machines and Life Safety Department, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, e-mail: demon7319931@mail.ru