

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНОВОГО КАТКА

Шаронов Иван Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1.
E-mail: ivanshar2009@yandex.ru

Курдюмов Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1.
E-mail: vik@ugsha.ru

Курушин Виктор Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1.
E-mail: kurushin.viktor@yandex.ru

Прошкин Вячеслав Евгеньевич, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1.
E-mail: demon731993@rambler.ru

Ключевые слова: каток, прикатывание, урожайность, гранулометрический, волновой, увеличение.

Цель исследования – повышение качества поверхностной обработки почвы при посеве озимых культур и, как следствие, увеличение их урожайности. На качество прикатывания почвы почвообрабатывающим катком влияют такие ее физико-механические свойства, как влажность, структура и плотность, оптимальные значения которых обусловлены агротехническими требованиями к возделыванию конкретной сельскохозяйственной культуры. Эти свойства влияют на качество заделки семян и водно-воздушный режим почвы. Поэтому при проведении экспериментальных исследований в полевых условиях влажность, структуру и плотность почвы контролировали с целью оптимизации параметров и режимов работы катка для приведения указанных выше свойств почвы в соответствие с агротехническими требованиями к прикатыванию. Качество обработки почвы предлагаемым катком оценивали в сравнении с кольчато-шпоровым катком и каточками сеялки. Критерием оценки качества служил коэффициент соответствия эталону k_{cs} , который характеризует соответствие плотности и структуры почвы эталонным значениям, установленным агротехническими требованиями. В результате выполненных исследований выявлено, что максимальное значение $k_{cs} = 0,84$ достигается при скорости движения $v = 11$ км/ч и массе балласта $m = 78$ кг. После обработки катками сеялки коэффициент соответствия эталону $k_{cs} = 0,68$, на участке, обработанном кольчато-шпоровым катком $k_{cs} = 0,71$, а на третьем участке после обработки предлагаемым почвообрабатывающим катком коэффициент соответствия эталону составил $k_{cs} = 0,84$, что значительно выше, чем после обработки кольчато-шпоровым катком. При этом удельная металлоемкость предлагаемого катка не превышает 116 кг на 1 м ширины захвата, что в 2,4 раза меньше, чем у кольчато-шпорового катка ЗККШ-6 (283,6 кг/м).

В современных условиях особенно актуально увеличение урожайности возделываемых культур. Для этого необходимо совершенствовать технологические процессы и рабочие органы сельскохозяйственных машин. При обработке почвы и посеве важной операцией является прикатывание [1], которое обеспечивает уплотнение верхнего слоя почвы и выравнивание поверхности поля. Послепосевное прикатывание улучшает контакт семян с почвой и прогрев верхнего слоя, что способствует быстрому прорастанию семян [2, 3, 4]. На основе анализа научно-технической литературы выявлено, что в период осенней подготовки посевов озимых культур формирование волнового рельефа почвы улучшает снегозадержание на поле, а разница в прогревании и освещенности растений увеличивает различие в развитии растений в период осенней подготовки. Это обеспечивает более благоприятные условия для перезимовки растений в зонах рискованного земледелия, к которым относится и Среднее Поволжье.

Цель исследования – повышение качества поверхностной обработки почвы при посеве озимых культур и, как следствие, увеличение их урожайности.

Задача исследования – разработать почвообрабатывающий каток для волнового прикатывания почвы при посеве озимых культур, который обеспечит требуемое качество работы.

Материалы и методы исследований. Для повышения противозерозионной устойчивости почвы, улучшения снегозадержания на поле и, как следствие, повышения урожайности возделываемых культур разработан ресурсосберегающий способ поверхностной обработки почвы (рис. 1), основанный на формировании волнового рельефа на поверхности поля [9]. При волновом способе прикатывания одновременно с уплотнением на поверхности почвы формируют волны, которые создают на ней градиенты прогревания и

освещенности. Такие волны увеличивают степень разнокачественности растений в период их осенней подготовки к зиме, что благоприятно сказывается на выживании, последующем росте и развитии озимых. Формируемые волны в конце осени и зимой становятся естественной преградой, удерживающей снег во впадинах. Весной во впадинах между волнами образуется лед, спасающий растения от гибели во время заморозков.

Для реализации волнового способа прикатывания почвы с требуемым качеством разработан волновой каток (рис. 2), выполненный в виде цилиндра 1, снабженного выступами 2 [5, 6, 7, 8]. Цилиндр установлен на оси, посредством которой каток соединяют со сцепкой почвообрабатывающего агрегата 3. Выступы 2, имеющие в поперечном сечении форму сегмента, расположены V-образно и симметрично относительно поперечной оси симметрии цилиндра 1 на наружной поверхности цилиндра 1, направлены в одну сторону вершиной и проходят по всей длине цилиндра 1. Выступы 2 имеют в поперечном сечении форму сегмента, радиус которого превышает $1/3$ радиуса цилиндра. Кроме того, начало и конец каждого выступа 2 находятся на одной образующей цилиндра 1 и совпадают с серединой следующего за ним выступа. На боковой части цилиндра 1 имеется отверстие 4 с резьбовым соединением, в которое после засыпания балласта вворачивают пробку.

Волновой каток работает следующим образом. Ось катка соединяют со сцепкой почвообрабатывающего агрегата 3. При вращательно-поступательном движении катка по полю, он своей поверхностью уплотняет почву до оптимального значения, а выступами 2, расположенными на поверхности цилиндра 1 V-образно и симметрично относительно поперечной оси симметрии цилиндра 1, создает волновой рельеф на поверхности почвы. Выступы 2 катка образуют впадину на поверхности поля, причем за счет того, что начало и конец каждого выступа 2 находятся на одной образующей цилиндра 1 и совпадают с серединой следующего за ним выступа, каток перемещается равномерно, не смещает почву и не оказывает на нее ударного воздействия. Поэтому высеянные семена не смещаются относительно своего первоначального положения. Кроме того, V-образное симметричное расположение выступов 2 на поверхности цилиндра 1 исключает поперечное смещение катка. Оптимальное соотношение радиусов цилиндра 1 и выступов 2 и выполнение выступов 2 в виде сегментов повышает равномерность вращения катка, а также обеспечивает лучшую всхожесть семян.

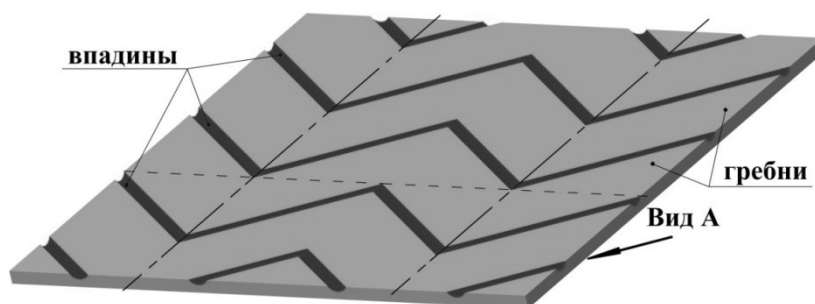


Рис. 1. Волновой рельеф

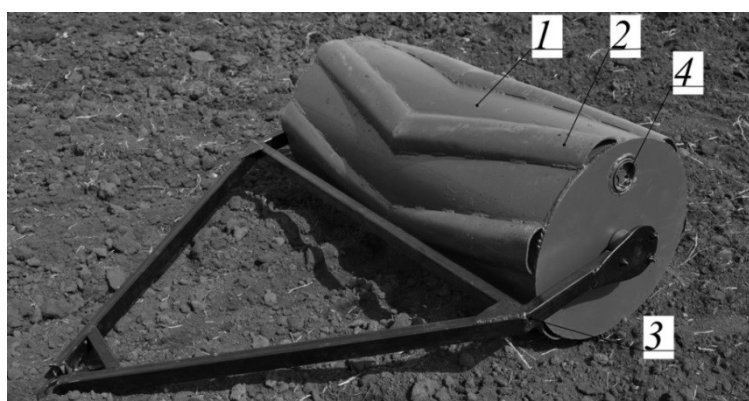


Рис. 2. Волновой почвообрабатывающий каток

За счет V-образного расположения выступов на наружной поверхности цилиндра на поверхности поля они формируют волновой рельеф, который повышает противозерозионную устойчивость почвы и улучшает снегозадержание на поле, поскольку впадины, даже при совпадении оси катка с направлением действующего

в конкретный момент времени ветра, имеют постоянное смещение относительно него по своей длине. Кроме того, впадины, ориентированные соответствующим образом, снижают ветровую эрозию и количество погибших растений в осенне-зимний период.

Основное назначение почвообрабатывающих катков заключается в обеспечении требуемых плотности и структуры почвы. В соответствии с агротехническими требованиями оптимальная плотность почвы для сельскохозяйственных культур должна составлять $1200 \pm 100 \text{ кг/м}^3$, а агротехнически ценной считается фракция почвы с размерами агрегатов от 0,25 до 10 мм, при этом на поверхности почвы не допустимы комки размером больше 50 мм. При экспериментальных исследованиях волнового катка для оценки влияния независимых факторов на процесс прикатывания почвы принят коэффициент соответствия эталону по структурности и плотности почвы $k_{сэ}$. Этот критерий характеризует соответствие плотности почвы и гранулометрического состава агротехническим требованиям и позволяет оценить качество обработки почвы катками любого типа. При полном соответствии агротехническим требованиям коэффициент соответствия эталону $k_{сэ} = 1$.

Коэффициент соответствия эталону:

$$k_{сэ} = 0,01 \left[1 - \left(\rho_{\text{опт}} - \rho_{\text{з}} \right) / \rho_{\text{опт}} \right]^2, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{опт}}$ – оптимальная плотность почвы на глубине заделки семян, установленная в соответствии с агротехническими требованиями, кг/м^3 ($\rho_{\text{опт}} = 1200 \text{ кг/м}^3$); $\rho_{\text{з}}$ – плотность почвы, полученная после проведения эксперимента, кг/м^3 ; C – процентное содержание агрегатов почвы размером 0,25...10 мм после проведения эксперимента, %.

В качестве основных независимых факторов, оказывающих непосредственное влияние на процесс поверхностной обработки почвы предложенным катком, выбраны скорость движения катка v , км/ч, и масса балласта m , кг.

В процессе полевых исследований волнового катка контролировали качество обработки почвы. При этом определяли ее влажность и плотность, а также ее гранулометрический состав по общепринятым стандартным методикам.

Результаты исследований. После обработки результатов проведенных опытов получены адекватные математические модели процесса прикатывания и формирования рельефа почвы разработанным волновым катком. Получены уравнения регрессии в натуральных (2) и кодированных (3) значениях факторов, характеризующие влияние массы балласта и скорости катка на критерий оптимизации:

$$k_{сэ} = 0,3114 - 0,0708v + 0,0034m - 0,003v^2 + 0,000068161vm - 0,000015765m^2; \quad (2)$$

$$k_{сэ} = 0,8412 - 0,0041x - 0,0216y - 0,0476x^2 - 0,0251xy - 0,1334y^2, \quad (3)$$

где $k_{сэ}$ – коэффициент соответствия эталону; x , y – соответственно скорость движения почвообрабатывающего катка и масса балласта в почвообрабатывающем катке в кодированных значениях факторов.

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия массы балласта и скорости движения почвообрабатывающего катка, а также их совместного влияния на коэффициент соответствия эталону представлено на рисунке 3.

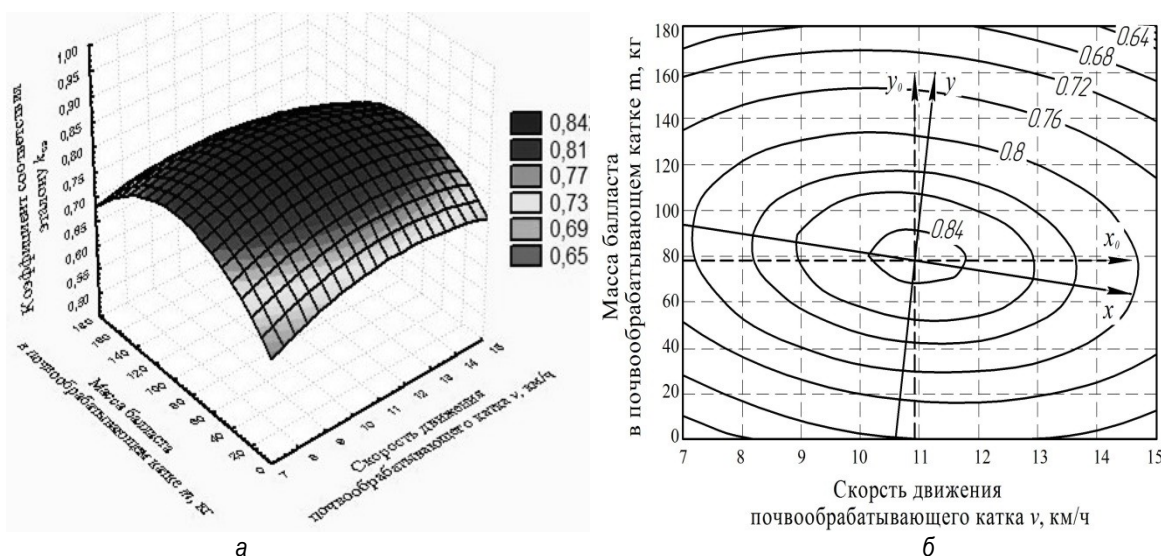


Рис. 3. Графическое изображение отклика от поверхности поля: а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

На основе анализа полученной математической модели процесса обработки почвы волновым катком выявлено, что максимальное значение коэффициента соответствия эталону $k_{cs} = 0,84$ достигается при скорости движения агрегата $v = 11$ км/ч и массе балласта в катке $m = 78$ кг. При этих параметрах и режимах структура почвы полностью соответствует агротребованиям, а плотность почвы в зоне расположения семян составляет 1203 кг/м³. Полученные с использованием методики планирования экспериментов данные опытов, обработанные с помощью лицензионных программ «Excel», «Statistica» и «Derive», являются достоверными.

Применение предложенного способа поверхностной обработки и разработанного волнового катка в производственных условиях на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновской ГСХА показали высокую эффективность их использования. Плотность почвы на глубине заделки семян находилась в пределах $1194...1227$ кг/м³, а комки почвы размером более 50 мм на поверхности отсутствовали. Это свидетельствует о том, что качество поверхностной обработки почвы разработанным волновым катком полностью отвечает агротехническим требованиям по плотности почвы на глубине заделки семян и фракционному составу (рис. 4). Кроме этого обработка почвы при посеве предложенным катком обеспечивает равномерность глубины заделки семян. После обработки почвы кольчато-шпоровыми катками и каточками сеялки погрешность глубины заделки семян превышала установленные агротехническими требованиями пределы, что негативно отразилось на развитии озимой пшеницы.

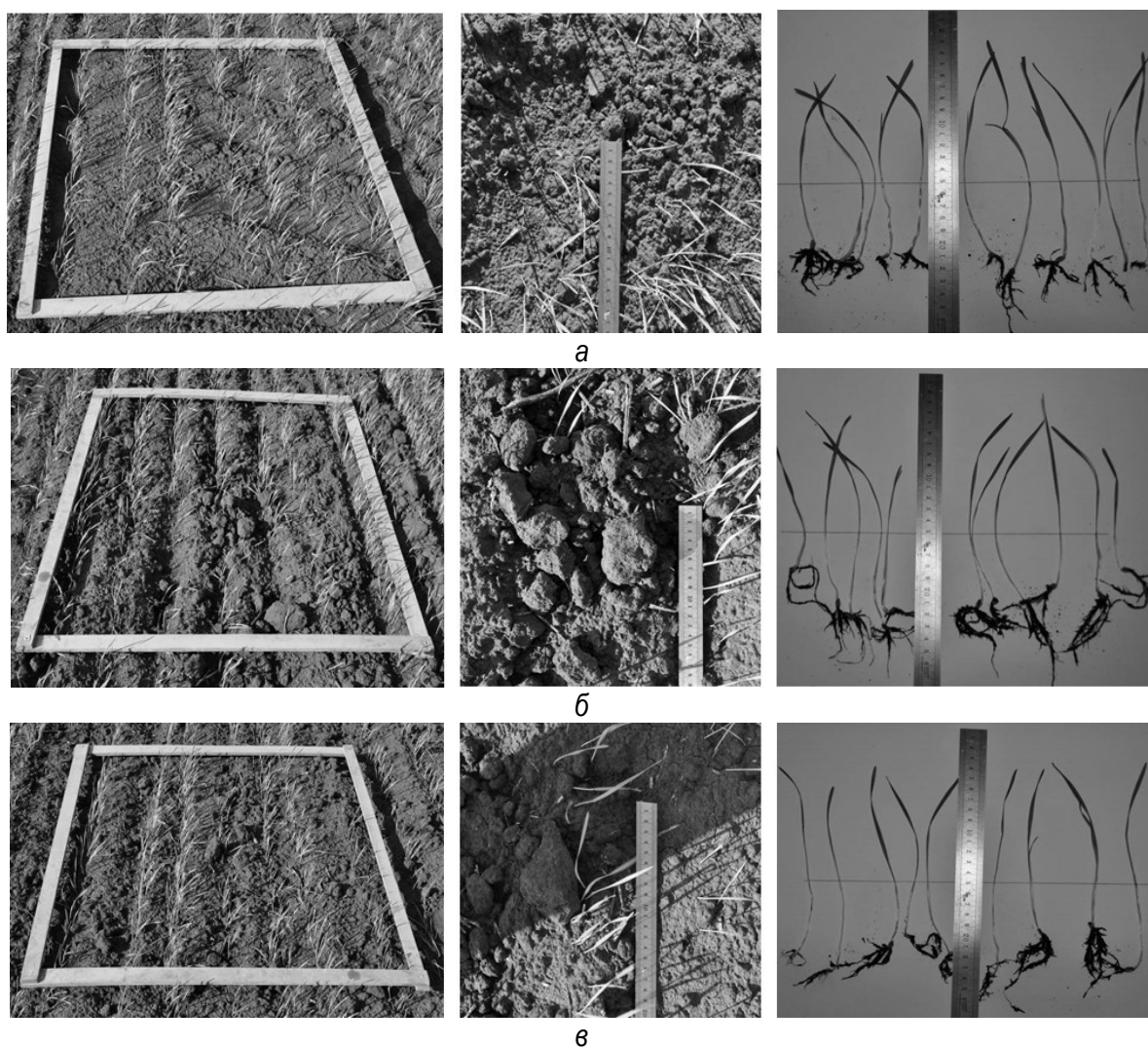


Рис. 4. Всходы озимой пшеницы после обработки:
а – волновым катком; б – каточками сеялки; в – кольчато-шпоровым катком (в)

После обработки результатов производственных исследований выявлено, что при использовании разработанных средств механизации поверхностной обработки почвы урожайность пшеницы выше по сравнению с применением серийных кольчато-шпоровых катков и каточков сеялки (рис. 5). Урожайность озимой пшеницы после поверхностной обработки почвы волновым катком превысила урожайность этой культуры после обработки почвы кольчато-шпоровым катком и каточками сеялки на 11 и 13,7% соответственно.

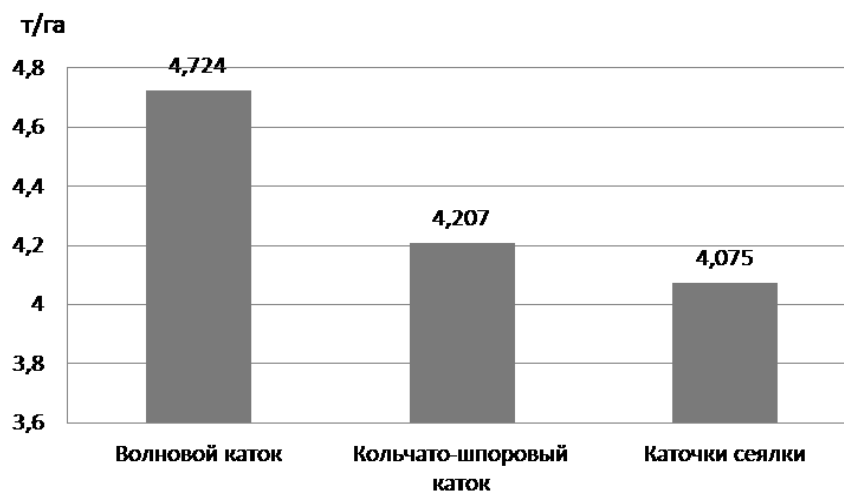


Рис. 5. Урожайность озимой пшеницы после обработки разными катками

Заключение. При указанных выше параметрах и режимах разработанный волновой каток качественно формирует волновой рельеф почвы, повышающий противозерозийную устойчивость почвы и способствующий накоплению снега в зимний период, а также повышает урожайность возделываемых культур в зонах рискованного земледелия. Кроме того, было выявлено, что коэффициент соответствия эталону после обработки почвы каточками сеялки составил $k_{сэ} = 0,68$, после обработки кольчато-шпоровым катком – $k_{сэ} = 0,71$, а после обработки почвы предлагаемым волновым катком – $k_{сэ} = 0,84$, что, соответственно, выше на 23,5 и 18,3 %. При этом удельная металлоемкость предлагаемого катка не превышает 116 кг на 1 м ширины захвата, что в 2,4 раза меньше, чем у кольчато-шпорового катка ЗККШ-6 (283,6 кг/м).

Библиографический список

1. Савельев, Ю. А. Обоснование параметров катка с рыхляще-мульчирующими элементами / Ю. А. Савельев, П. А. Ишкин // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. науч. тр. – Самара, 2010. – С. 116-121.
2. Ивженко, С. А. Новый сошник зерновой сеялки / С. А. Ивженко, Д. В. Боков // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. науч. тр. – Самара, 2004. – С. 197-200.
3. Курдюмов, В. И. Экспериментальные исследования устройства для формирования гребней почвы / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов, В. В. Мартынов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – № 17. – С. 63-67.
4. Зыкин, Е. С. Оптимизация режимных параметров катка-гребнеобразователя / Е. С. Зыкин, В. И. Курдюмов, И. А. Шаронов // Доклады российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 1. – С. 58-60.
5. Пат. 2489828 Российская Федерация, МПК А01В 29/04 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е. [и др.]. – № 2012130379/13 ; заявл. 17.07.2012 ; опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. – 6 с.
6. Пат. 2489827 Российская Федерация, МПК А01В 29/04 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е. – № 2012106031/13 ; заявл. 20.02.2012 ; опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. – 5 с.
7. Пат. 124109 Российская Федерация, МПК А01В 29/00 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е. – № 2012129376/13 ; заявл. 11.07.2012 ; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2. – 1 с.
8. Пат. 124110 Российская Федерация, МПК А01В 29/04 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е. [и др.]. – № 2012130823/13 ; заявл. 18.07.2012 ; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2. – 1 с.
9. Пат. 2567209 Российская Федерация, МПК А01В 79/00 (2006.01), А01В 29/00 (2006.01). Способ прикатывания почвы / Курдюмов В. И., Шаронов И. А. – № 2014143851/13 ; заявл. 29.10.2014 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. – 6 с.