

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ СОШНИКА ДЛЯ РАЗНОУРОВНЕВОГО ВЫСЕВА СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ

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

**Зыкин Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Татаров Григорий Львович**, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8-905-348-65-14;

e-mail: tatarovgl@gmail.com

**Ключевые слова:** посев, плотность почвы, семена, удобрения, исследования, урожайность, качество, обработка почвы.

Предложен сошник для разноуровневого высева семян и удобрений, использование которого обеспечивает выполнение агротехнических требований, снижение эксплуатационных затрат и повышение урожайности возделываемых культур. В качестве критерия оптимизации принят коэффициент соответствия эталону  $k_{сз}$ , который характеризует качество посева с позиции соответствия плотности почвы агротехническим требованиям. В результате экспериментальных исследований сошника были оптимизированы его конструктивные параметры и режимы работы, при которых обеспечивается требуемое качество высева.

### Введение

Одним из важнейших направлений дальнейшего развития растениеводства является улучшение технической оснащенности данной отрасли путем внедрения новой техники и технологий.

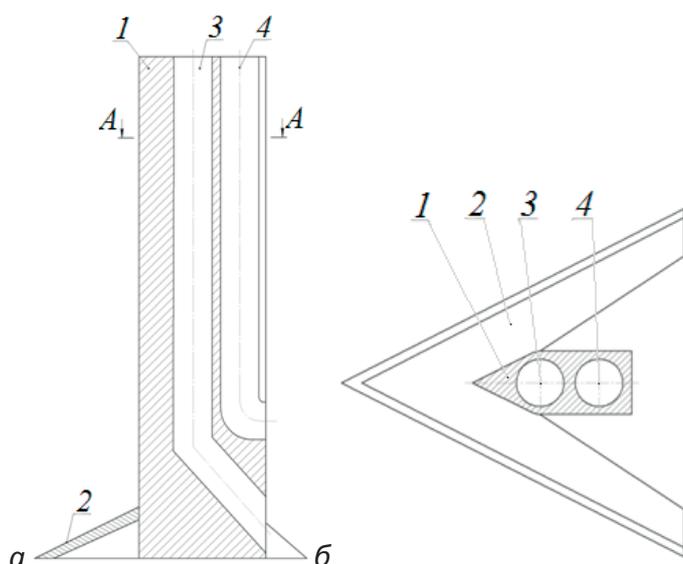
Обеспечение оптимальной плотности почвы в надсеменном слое способствует прорастанию семян, их дружным всходам и, как следствие, повышает их урожайность.

Известно множество конструкций сошников сеялок [1, 2, 3, 4, 5, 6], используемых в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур [7, 8]. Однако многие из применяемых в настоящее время сошников сеялок не только не обеспечивают требуемую плотность почвы в надсеменном слое, но и обладают большим тяговым сопротивлением, не вносят удобрения при посеве, не позволяют размещать семена и удобрения в одной вертикальной плоскости на разных уровнях. Поэтому задача создания сошника, обеспечивающего выполнение агротехнических требований к посеву,

обладающего меньшим тяговым сопротивлением и позволяющего высевать семена и удобрения в одной вертикальной плоскости на разных уровнях, является актуальной и важной.

### Объекты и методы исследований

Для выполнения поставленной задачи разработан сошник (рис. 1) для разноуровневого высева семян и удобрений [9], который содержит стойку 1, передняя часть которой выполнена клиновидной, и лапу 2. В стойке 1 выполнены параллельно расположенные каналы 3 и 4. Канал 3 служит в качестве тупопровода. Канал 4 предназначен для высева семян. Канал для удобрений 3 выполнен впереди канала для семян 4. Верхние части каналов выполнены вертикальными, а нижние части отклонены от вертикали на угол, меньший, чем максимальный угол естественного откоса семян и удобрений. Выходные отверстия каналов 3 и 4 расположены на разной высоте стойки 1 и направлены в сторону, противоположную направлению движения сошника. Причем выходные от-



**Рис. 1 - Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений: а – вертикальный разрез; б – разрез по линии А (обозначения в тексте)**

верстия каналов расположены друг от друга на расстоянии, равном требуемой разнице по глубине заделки семян и удобрений и также направлены в сторону, противоположную направлению движению сошника.

Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений работает следующим образом. Предварительно сошники устанавливают на сеялку, регулируют их положение по высоте относительно опорно-приводных колес. Туковый аппарат бункера сеялки посредством тукопровода соединяют с входным отверстием канала 3 сошника, а высевной аппарат для семян посредством семяпровода - с входным отверстием канала 4 сошника.

При движении сеялки сошники для разноуровневого высева семян и удобрений своей передней частью, выполненной в форме клина, разрезают верхний слой почвы и сдвигают его в междурядье. Из туковысевающих и семявысевающих аппаратов через туко- и семяпроводы в соответствующие каналы 3 и 4 сошника подаются удобрения и семена и высеваются в почву на разной высоте, причем линия высева удобрений располагается ниже линии высеванных семян.

Выполнение передней части стойки 1 клиновидной позволяет снизить тяговое сопротивление на перемещение сошника. Выполнение верхних частей каналов 3 и 4

в стойке 1 вертикальными и отклонение нижних частей каналов от вертикали на угол, меньший, чем максимальный угол естественного откоса семян и удобрений, а также расположение выходных отверстий каналов друг от друга на расстоянии, равном требуемой разнице по глубине заделки семян и удобрений, позволяет семенам и удобрениям без дополнительного сопротивления продвигаться в каналах 3 и 4 от входного до выходного отверстия и качественно укладываться в почву на разной высоте.

На процесс высева семян и удобрений сошником влияет множество различных факторов, которые могут быть контролируруемыми и управляемыми; контролируемыми, но не управляемыми; не контролируемыми и не управляемыми. Исследование влияния на конечный результат большого количества факторов, сочетающихся в произвольных соотношениях, часто приводит к неясным закономерностям и ошибочным выводам. В связи с этим необходимо выбрать основные независимые факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс посева.

К контролируемым и управляемым факторам процесса посева можно отнести: скорость движения сеялки, угол заточки стойки сошника, угол наклона стойки сошника. Такие факторы, как первоначальный гранулометрический состав почвы, плотность почвы до прохода сошника и другие являются контролируемыми, но не управляемыми.

При проведении исследований и обработке результатов экспериментов для выбора оптимальных режимов работы сошника учитывали только контролируемые факторы.

После анализа априорной информации, а также с учетом таких требований к факторам, как управляемость, однородность и отсутствие корреляции между ними, определили те из них, которые оказывают наибольшее влияние на процесс высева семян в почву. В результате этого из всех выше указанных факторов были выбраны:  $v$  – скорость движения сеялки, км/ч;  $\alpha$  – угол заточ-

ки стойки сошника, град.;  $\beta$  – угол наклона стойки сошника, град.

При анализе способов оценки качества формирования посевного слоя почвы, а также показателей, характеризующих процесс работы сошников, выявлена необходимость дальнейшего совершенствования и разработки методики определения показателей качества подготовки почвы к высеву семян. В качестве такого критерия был принят коэффициент соответствия эталону  $k_{\text{сэ}}$ , который характеризует качество высева с позиции соответствия плотности почвы в надсеменном слое эталонным значениям, установленным агротехническими требованиями. При полном соответствии параметров надсеменного слоя почвы агротехническим требованиям  $k_{\text{сэ}} = 1$ . Этот критерий является универсальным и позволяет оценить качество подготовки почвы к высеву семян сошниками такого типа [10].

Коэффициент соответствия эталону:

$$k_{\text{сэ}} = 1 - \left( \left| \rho_{\text{опт}} - \rho_{\text{з}} \right| / \rho_{\text{опт}} \right), \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{опт}}$  – оптимальная плотность надсеменного слоя почвы, установленная агротехническими требованиями,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{з}}$  – плотность почвы, полученная после проведения эксперимента,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Достоверность результатов полевых опытов основана на правильности выбора условий проведения исследований, средств измерения параметров процесса, а также на соблюдении определенных методических

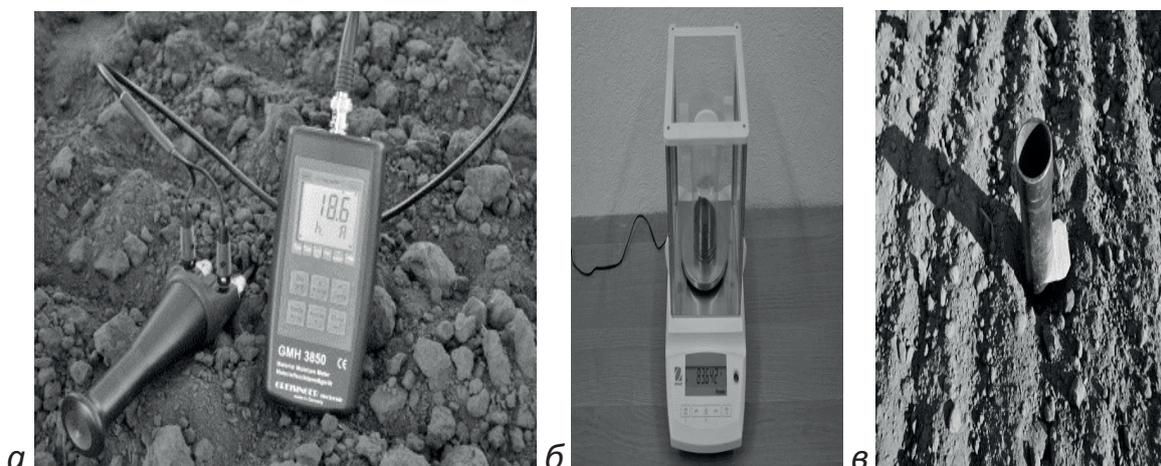
требований.

В процессе полевых исследований контролировали качество обработки почвы в соответствии с агротехническими требованиями [11, 12, 13]. При этом определяли влажность и плотность почвы, а также ее агрегатный состав. Для определения влажности почвы использовали влагомер резисторного типа GMH 3850 (рисунок 2, а). Результаты измерений показали, что влажность почвы на всех участках изменялась в пределах от 19,2 % до 20,5 %, что соответствует агротехническим требованиям к влажности почвы (17...22 %) при посеве.

Плотность почвы определяли с помощью устройства для послойного определения плотности почвы [4]. Его устанавливали вертикально на поверхность почвы (рисунок 2, в), затем погружали в почву на требуемую глубину. После этого убирали почву около устройства до его нижнего торца, затем вставляли разделительные заслонки и извлекали устройство из почвы вместе с находящимися в нем пробами.

Полученные по слоям пробы почвы помещали в бюксы и взвешивали на весах с погрешностью  $\pm 0,001$  г. Для получения достоверных результатов пробы почвы брали в трехкратной повторности на одинаковом расстоянии друг от друга по всей длине участка.

Зная объем пробы почвы  $V_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^3$ , между разделительными заслонками устройства, рассчитывали плотность  $n$ -го слоя почвы по



а - влагомер резисторного типа GMH 3850; б - весы OHAUS ITEM PA213; в - устройство для послойного определения плотности почвы

Рис. 2 – Приборы и оборудование для определения физико-механических свойств почвы

формуле:

$$\rho_n = m/V_n, \quad (2)$$

где  $m$  – масса пробы почвы, кг.

### Результаты исследований

В лабораторных исследованиях сошника для совместной оценки влияния независимых факторов на процесс посева использовали коэффициент соответствия эталону. При различных сочетаниях независимых факторов определяли плотность почвы.

После обработки результатов проведенных опытов получили адекватные математические модели процесса посева сошником для разноуровневого высева семян и удобрений. Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов, характеризующее влияние угла заточки стойки и скорости сеялки на критерий оптимизации, имеет следующий вид:

$$k_{cs} = 0,7732 - 0,018\beta + 0,0122v - 0,0215\beta^2 + 0,0192\beta v - 0,056v^2, \quad (3)$$

где  $k_{cs}$  – коэффициент соответствия эталону плотности почвы в надсеменном слое;  $\beta$  – угол наклона стойки, град.;  $v$  – скорость движения агрегата, км/ч.

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия угла заточки стойки и скорости движения сеялки, а также их совместного влияния на коэффициент соответствия эталону представлено на рис. 3.

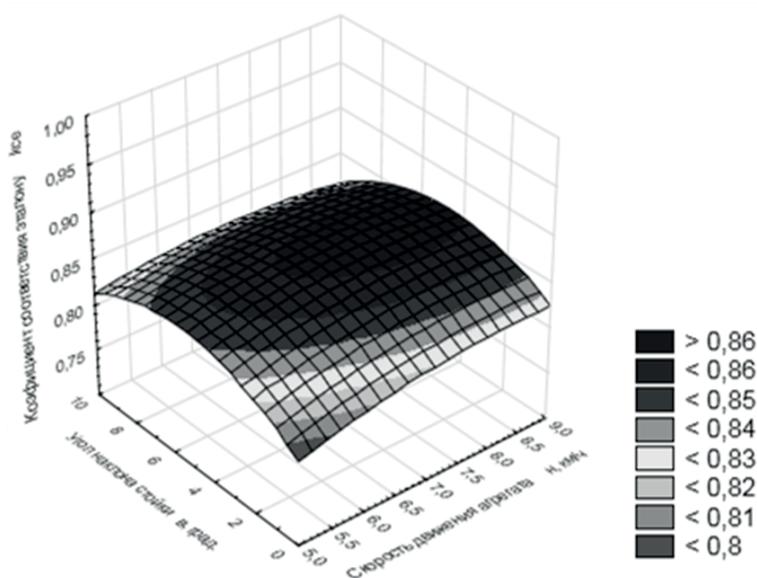


Рис. 3 - Поверхность отклика от взаимодействия угла наклона стойки сошника и скорости движения сеялки

Полученная поверхность – выпуклая и имеет вершину (максимум) примерно в центре эксперимента.

После получения математической модели процесса и определения вида поверхности, был выполнен ее анализ с помощью двумерных сечений (рис. 4).

Аналогично анализировали другие полученные математические модели процесса высева семян предлагаемым сошником. Оказалось, что максимальное значение коэффициента соответствия эталону  $k_{cs} = 0,89$  достигается при скорости движения агрегата  $v = 7,7$  км/ч, угле наклона стойки сошника  $\beta = 5$  град. и угле заточки стойки сошника  $\alpha = 30$  град. При этих параметрах и режимах плотность почвы в надсеменном слое составляет  $901,3$  кг/м<sup>3</sup>.

Как показали результаты исследований (рис. 5), при уменьшении угла заточки на каждые 10 градусов тяговое сопротивление снижается примерно на 10 %. Также при изменении угла наклона на каждые 5 градусов тяговое сопротивление дополнительно снижается примерно на 10 %. Однако стоит отметить, что при изменении наклона стойки более чем на 10 градусов, на стойку начинают действовать силы, стремящиеся увеличить глубину хода сошника. Следовательно, изменение угла наклона стойки более чем на 10 градусов будет негативно сказываться на качестве посева и дополнительно увеличит тяговое сопротивление.

Проведенные производственные исследования позволили определить эксплуатационные затраты на посев сои в расчете на 100 га (табл. 1).

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что использование гребневой сеялки, оснащенной предлагаемыми сошниками для разноуровневого внесения семян и удобрений, позволит снизить эксплуатационные затраты на 80641,3 рублей, а трудоемкость работ - на 20 чел.·ч.

Таким образом, при указанных выше параметрах и режимах

разработанный сошник для разноуровневого высева семян и удобрений позволяет обеспечить выполнение агротехнических требований при посеве, снизить эксплуатационные затраты и повысить урожайность возделываемых культур.

### Выводы

Максимальное значение коэффициента соответствия эталону  $k_{сэ} = 0,89$  при использовании предлагаемого сошника достигается при скорости движения агрегата  $v = 7,7$  км/ч, расстоянии угла наклона стойки сошника  $\beta = 5^\circ$ , а также угле заточки стойки сошника  $\alpha = 30^\circ$ . Разработанный сошник для разноуровневого высева семян и удобрений с обоснованными конструктивными параметрами при работе на оптимальных режимах позволяет высевать семена и удобрения в одной вертикальной плоскости на разных уровнях при меньшем тяговом сопротивлении, обеспечивая выполнение агротехнических требований при посеве с меньшими затратами энергии.

### Библиографический список

1. Пат. 82984 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2008145569/22; заявл.18.11.2008; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 14.
2. Пат. 82985 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». -

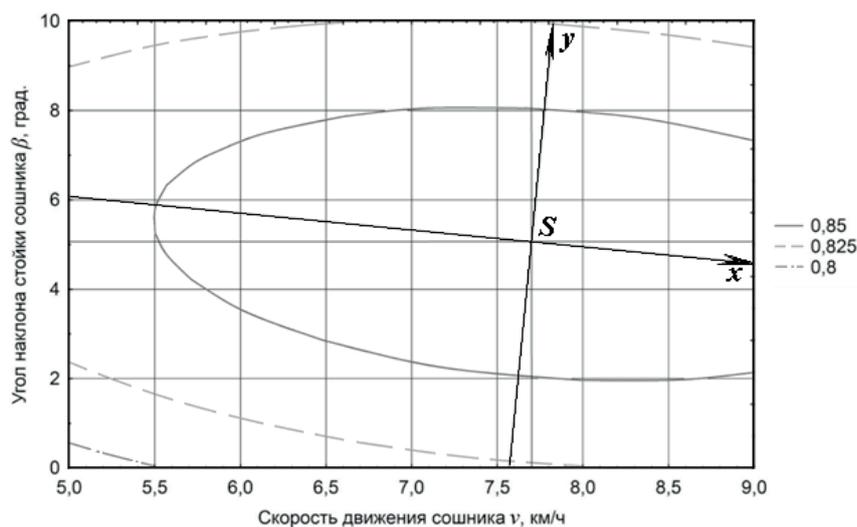


Рис. 4 - Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее коэффициент соответствия эталону плотности почвы в надсеменном слое

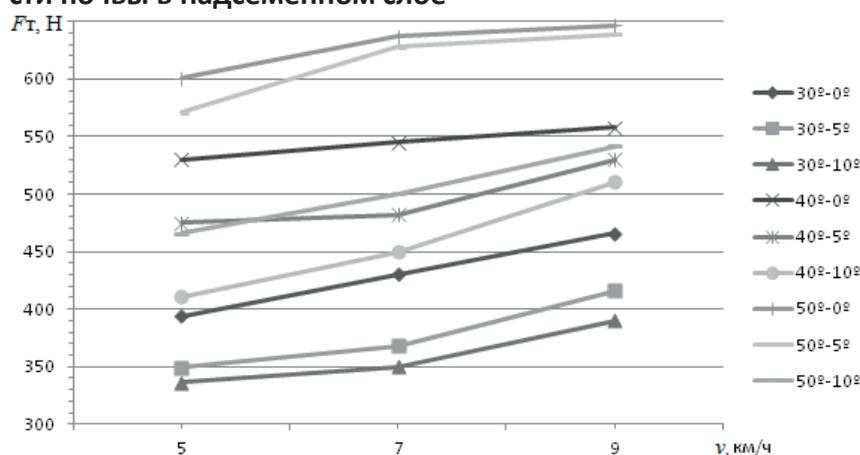


Рис. 5 - Зависимость тягового сопротивления сошников  $F_t$  от скорости их движения  $v$

Таблица 1

### Показатели экономической эффективности

Наименование показателя	Вариант	
	исходный	предлагаемый
Дополнительные капиталовложения, руб.	-	102334
Затраты труда на предпосевную обработку почвы и посев, чел.ч	125	105
Эксплуатационные затраты на предпосевную обработку почвы и посев, руб.	125870	45228,7
Годовая экономия эксплуатационных затрат, руб.	-	80641,3

№ 2008150958/22; заявл. 22.12.2008; опубл. 20.05.2009; Бюл. № 14.

3. Пат. 84663 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков; заявитель и патентооб-

бладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2008150959/22; заявл. 22.12.2008; опубл. 20.07.2009 Бюл. № 20.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

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. 155275 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений / В.И. Курдюмов, Е.С.Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015118900/13; заявл. 19.05.2015; опубл. 27.09.2015; Бюл. № 27.

10. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2008. – 54 с.

11. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. Энергосберегающие средства механизации гребневого возделывания пропашных культур. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1(21). С. 144-149.

12. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Бирюков И.В. Экспериментальные исследования гребневой сеялки, оснащенной комбинированными сошниками. Аграрный научный журнал. 2012. № 11. С. 55-59.

13. Фомин Г.С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам / Г.С. Фомин, А.Г. Фомин. – М.: Протектор, 2001. – 304 с.

14. Пат. 149064 Российская Федерация, МПК G01N33/24. Устройство для определения плотности почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Курушин, В.Е. Прошкин, А.С. Егоров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2014130351/15; заявл. 22.07.2014 опубл. 20.12.2014; Бюл. № 35.