

На правах рукописи

**ТАТАРОВ Григорий Львович**

**РАЗРАБОТКА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ  
С ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКА  
ДЛЯ РАЗНОУРОВНЕГО ВЫСЕВА СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**Автореферат**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Ульяновск 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА)

**Научный руководитель:** **Курдюмов Владимир Иванович,**  
доктор технических наук, профессор,  
заслуженный изобретатель РФ.

**Официальные оппоненты:** **Чаткин Михаил Николаевич,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО Мордовский государственный  
университет им. Н.П. Огарёва, заведующий  
кафедрой сельскохозяйственных машин  
имени профессора А.И. Лещанкина;

**Мухаметдинов Айрат Мидхатович,**  
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО  
«Башкирский государственный аграрный  
университет», ассистент кафедры  
строительно-дорожных, коммунальных  
и сельскохозяйственных машин

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «\_\_» июня 2016 г. в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.003.04 при ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» по адресу: 450001, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34, ауд. 257/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», а также на сайте вуза <http://www.bsau.ru/>.

Автореферат разослан и размещён на официальных сайтах Минобрнауки РФ <http://vak2.ed.gov.ru/> и ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ» <http://www.bsau.ru/> «\_\_» марта 2016 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Мударисов Салават Гумерович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является обеспечение населения продуктами питания. Для успешного удовлетворения этой потребности необходимо развивать растениеводство. Повышение эффективности растениеводства возможно на основе применения современных энерго- и ресурсосберегающих технологий, разработки и внедрения соответствующих новых машин и их рабочих органов.

Наиболее перспективной технологией возделывания пропашных культур является посев в гребень, который позволяет создать благоприятные условия для прорастания семян и развития растений на протяжении всего периода вегетации. При осуществлении гребневого способа посева в одни сроки с гладким способом, на гребнях культурные растения развиваются лучше. Корневая система высеянных в гребни растений не выходит в бороздки-междурядья, поэтому при междурядных обработках, по сравнению с обработкой обычных посевов, рыхлить почву можно глубже, что позволяет сохранить ее в рыхлом состоянии и предотвратить испарение почвенной влаги.

**Степень разработанности темы.** Решению проблем получения высоких урожаев пропашных культур, увеличения урожайности, а также повышения эффективности процесса высева семян и удобрений с соблюдением агротехнических требований посвятили свои исследования многие ученые: Н.Ф. Ермаков, С.С. Литвинов, В.С. Голубович, А.В. Поляков, В.П. Лисюгин, Н.И. Манихин, С.И. Паршин, П.И. Попов, А.Ф. Кислов, В.А. Пресняков, А.Н. Кочешков, А.И. Егорченко, А.М. Салдаев, В.А. Милюткин, М.Н. Чаткин и другие. Несмотря на значительное количество научных изысканий, посвящённых обоснованию различных аспектов процесса высева семян и удобрений, задача обеспечения требуемого качества посева, при котором повышается урожайность высеваемых культур при низких энергозатратах остается решённой не полностью.

**Цель работы** - улучшение качества посева пропашных культур на основе разработки и внедрения гребневой сеялки, оснащенной сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений, способной обеспечить выполнение агротехнических требований при посеве пропашных культур, и, в результате, повысить их урожайность.

### **Задачи исследования:**

1. Выполнить анализ технологий и средств механизации посева пропашных культур и выявить основные направления их совершенствования.

2. Выполнить теоретическое обоснование конструктивных и технологических параметров сошников для разноуровневого высева семян и удобрений гребневой сеялки.

3. Исследовать процесс гребневого посева предлагаемой гребневой сеялки, получить модель ее функционирования и определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы.

4. Исследовать гребневую сеялку, оснащенную сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений, в производственных условиях и определить экономическую эффективность от ее внедрения.

**Объект исследования** - технологический процесс высева семян и удоб-

рений.

**Предмет исследования** - закономерности процессов взаимодействия сошника для разноуровневого высева семян и удобрений с почвой.

**Научную новизну работы представляют:**

1) результаты систематизации и анализа существующих средств механизации гребневого посева;

2) теоретическое обоснование движения почвенной частицы по рабочей поверхности сошника для разноуровневого высева семян и удобрений, а также формы поперечного сечения его стойки;

3) результаты экспериментальных исследований процесса высева семян предлагаемым сошником;

4) полученные уравнения регрессии процесса высева семян и удобрений в гребни с применением предложенного сошника.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в установлении зависимости тягового сопротивления и качественных показателей работы сошника для разноуровневого высева семян и удобрений от углов заточки и наклона стойки сошника, а также скорости движения агрегата.

**Практическая значимость.** Предложена новая конструкция сошника для разноуровневого высева семян и удобрений, который обеспечивает качественный высев семян и удобрений по гребневой технологии, а также снижение тягового сопротивления. Применение разработанной сеялки для гребневого посева, оснащенной предложенными сошниками, позволяет за счет совмещения операций культивации и посева снизить количество сорных растений в 1,6 раза, а также повысить урожайность пропашных культур на 22...33 %.

**Методология и методы исследования.** Теоретические исследования были выполнены с использованием основных положений, законов и методов классической механики, планирования экспериментов, математики и статистики, математического моделирования. Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях на основе общепринятых методик. Основные расчёты и обработку результатов экспериментов выполняли с использованием программных продуктов «Statistica», «Derive», «Компас», «FlowVision», «Excel» и др.

**Положения, выносимые на защиту:**

1) теоретические зависимости тягового сопротивления сошника для разноуровневого высева семян и удобрений от углов заточки и наклона стойки сошника, а также скорости движения агрегата;

2) уравнения регрессии, описывающие процесс взаимодействия сошника для разноуровневого высева семян и удобрений с почвой;

3) теоретически и экспериментально обоснованная конструкция сошника для разноуровневого высева семян и удобрений;

4) результаты лабораторных исследований по определению оптимальных параметров и режимов работы гребневой сеялки, оснащенной предложенными сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений, а также результаты их проверки в производственных условиях.

**Степень достоверности полученных результатов** обеспечивалась при-

менением статистических методов оценки погрешности измерений экспериментальных данных, что обеспечило хорошую сходимость теоретических положений с результатами экспериментов, а также результатов лабораторных и производственных исследований.

**Реализация результатов исследований.** Результаты, полученные в ходе исследований, используются крестьянско-фермерском хозяйстве «Макаров А.В.» Чердаклинского района Ульяновской области.

**Апробация результатов исследований.** Основные материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на Международных научно-практических конференциях «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – (Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2013 - 2015 г.г.); Всероссийском конкурсе на лучшую работу среди аспирантов и молодых ученых вузов Министерства сельского хозяйства РФ (2014-2015 г.г.); Международной научно-практической конференции (Уфа, БГАУ, 2014 г.); 65-ой международной практической конференции (Рязань, РГАТУ, 2014 г.); Всероссийской научно-практической конференции (Пенза, Пензенская ГСХА, 2015 г.); Международной научно-практической конференции (Тамбов, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 2015 г.). Данная научная работа удостоена 4 места всероссийского конкурса на лучшую работу среди аспирантов и молодых ученых вузов Министерства сельского хозяйства РФ в 2015 г., гранта конкурса «Умник-2014» Фонда содействию развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 34 научных труда, в том числе 2 - в изданиях, указанных в Перечне ведущих рецензируемых научных изданий и журналов, рекомендованном ВАК, и 15 патентов РФ на полезную модель.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 226 наименований и приложения. Основной текст диссертации содержит 133 страницы машинописного текста и включает 58 рисунков и 20 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** кратко изложено современное состояние вопроса, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель работы, ее задачи и основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** «Состояние вопроса и задачи исследования» выполнен анализ научно-исследовательской и патентной литературы, существующих способов посева, средств механизации посева пропашных культур, конструкций сошников, а также рассмотрены основные направления совершенствования средств механизация посева пропашных культур.

На основании выполненного анализа сделан вывод, что существующие конструкции сошников не обеспечивают требуемого качества посева, не обладают достаточной универсальностью, не позволяют выполнять несколько операций за один проход агрегата, обладают большим тяговым сопротивлением, не

могут быть скомбинированы в один агрегат с посевной машиной.

Сформулирована научная гипотеза о возможности получения высоких урожаев пропашных культур за счет применения гребневой сеялки, оборудованной сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений, обеспечивающих высокое качество посева, выполнение нескольких операций за один проход агрегата и обладающих меньшим тяговым сопротивлением. Определены цели и задачи диссертационной работы.

**Во второй главе** «Обоснование конструктивных параметров сошника» описаны особенности конструкции предлагаемого сошника. Сошник для разноуровневого внесения семян и удобрений (рисунок 1) содержит стойку 1, передняя часть которой выполнена клиновидной, и лапу 2. В стойке 1 выполнены параллельно расположенные каналы 3 и 4. Канал 3 выполняет роль тукопровода. 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 движению сошника. Выходные отверстия каналов расположены друг от друга на расстоянии, равном требуемой разнице по глубине заделки семян и удобрений и направлены в сторону, противоположную движению сошника.

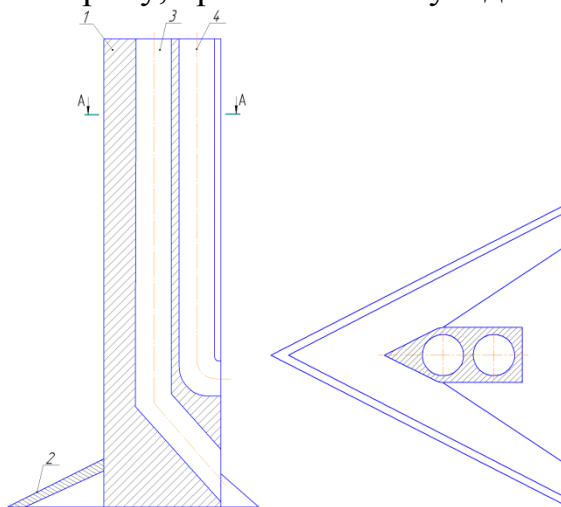


Рисунок 1 - Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений

Также выполнено теоретическое обоснование параметров сошника для разноуровневого высева семян и удобрений. Получено уравнение движения почвенных частиц, которое позволяет моделировать процесс перемещения рабочего органа в почве и адекватно описывать процесс взаимодействия рабочего органа с почвой. Полученное уравнение послужило основой для дальнейшего моделирования процесса движения сошника в почве в программе Flowvision.

Для этого рассматривали движение почвенной частицы массой  $m$  со скоростью  $v_{p0}$  по поверхности рабочего органа. Частица испытывает сопротивление среды  $F = -kv$ , где  $k$  - коэффициент сопротивления среды (рисунок 2). В представленной схеме система координат расположена неподвижно на поверхности  $ABC$  деформатора.

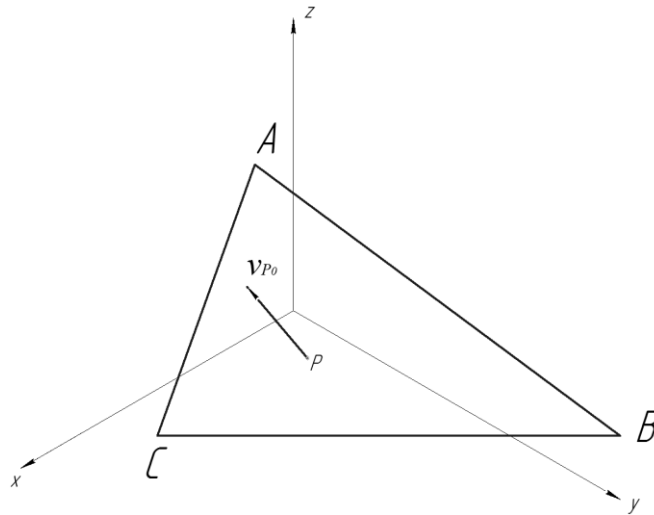


Рисунок 2 - Движение почвенной частицы  $P$  по поверхности  $ABC$  деформатора

При взаимодействии с рабочей поверхностью деформатора почвенная частица приобретает скорость  $v_{P0}$  и движется по траектории, которая обусловлена изменением угла взаимодействия  $\theta$  между вектором скорости рабочей поверхности деформатора  $v_{ABC}$  и вектором скорости почвенной частицы  $v_{P0}$ . Для удобства дальнейших расчетов перенесем начала отсчета системы координат в точку  $P$  (рисунок 3).

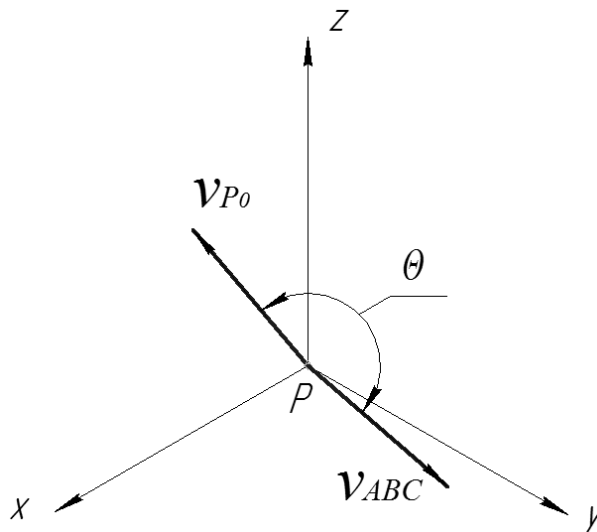


Рисунок 3 - Взаимодействие вектора скорости рабочей поверхности деформатора  $v_{ABC}$  и вектора скорости почвенной частицы  $v_{P0}$

Спроецируем вектор скорости  $v_{P0}$  на оси  $Px$ ,  $Py$  и  $Pz$  (рисунок 4). В результате получим:

$$mx'' = -kx', \quad x'(0) = 0, \quad x(0) = v_{P0x}, \quad (1)$$

$$my'' = -ky', \quad y'(0) = 0, \quad y(0) = v_{P0y}, \quad (2)$$

$$mz'' = -kz', \quad z'(0) = 0, \quad z(0) = v_{P0z}, \quad (3)$$

где  $x', y', z'$  - первые производные проекции пути почвенной частицы  $P$  на соответствующие оси координат, равные вектору скорости  $v_{P0}$ , спроецированному на соответствующие оси координат;  $x'', y'', z''$  - вторые производные проекции пути почвенной частицы  $P$  на соответствующие оси координат, равные вектору её ускорения, спроецированному на соответствующие оси координат;

$v_{P0X}, v_{P0Y}, v_{P0Z}$  - проекции вектора скорости  $v_{P0}$  на соответствующие оси координат.

Учитывая что  $x' = v_x, y' = v_y, z' = v_z$ , разделяя в уравнениях переменные, интегрируя и принимая во внимание начальные условия, получим закон изменения скорости почвенной частицы:

$$v_x = v_{P0X} e^{\frac{-k}{m}t}, \quad (4)$$

$$v_y = v_{P0Y} e^{\frac{-k}{m}t}, \quad (5)$$

$$v_z = v_{P0Z} e^{\frac{-k}{m}t}, \quad (6)$$

где  $t$  - время, с.

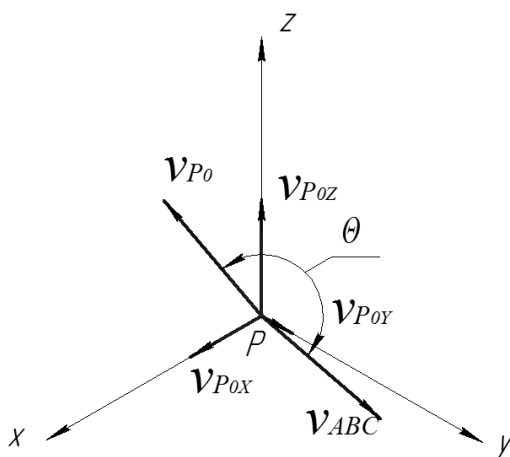


Рисунок 4 - Взаимодействие вектора скорости рабочей поверхности деформатора  $v_{ABC}$  и вектора скорости почвенной частицы  $v_{P0}$

Интегрируя еще раз с учетом начального условия для координат, придем к следующему закону движения частицы:

$$x = \frac{mv_{P0X}}{k} \left(1 - e^{\frac{-k}{m}t}\right), \quad (7)$$

$$y = \frac{mv_{P0Y}}{k} \left(1 - e^{\frac{-k}{m}t}\right), \quad (8)$$

$$z = \frac{mv_{P0Z}}{k} \left(1 - e^{\frac{-k}{m}t}\right). \quad (9)$$

Так как скорость частицы обусловлена её взаимодействием с рабочей поверхностью деформатора, выразим вектор  $v_{P0}$  через  $v_{ABC}$ :

$$v_{P0} = v_{ABC} \frac{2m_p}{m_p+m} \sin \frac{\theta}{2}. \quad (10)$$

Тогда

$$v_{P0X} = v_{ABC} \frac{2m_p}{m_p+m} \sin \frac{\theta}{2} \cos \theta_x, \quad (11)$$

$$v_{P0Y} = v_{ABC} \frac{2m_p}{m_p+m} \sin \frac{\theta}{2} \cos \theta_y, \quad (12)$$

$$v_{P0Z} = v_{ABC} \frac{2m_p}{m_p+m} \sin \frac{\theta}{2} \cos \theta_z, \quad (13)$$

где  $\theta_x, \theta_y, \theta_z$  - углы между вектором  $v_{P0}$  и соответствующими осями  $x, y, z$ , град.;  $m_p$  - масса рабочего органа, кг.

Массу рабочего органа  $m_p$  можно выразить из второго закона Ньютона и закона сохранения импульса:



$$m_p = \frac{F}{a} = \frac{Fdt}{dv}. \quad (14)$$

Подставив в формулы 7, 8, 9 значения  $v_{p0x}$ ,  $v_{p0y}$ ,  $v_{p0z}$  из формул 11, 12, 13, получим закон движения почвенной частицы по поверхности деформатора в следующем виде:

$$x = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_x}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}), \quad (15)$$

$$y = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_y}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}), \quad (16)$$

$$z = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_z}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}). \quad (17)$$

Зная закон движения единичной почвенной частицы, запишем закон движения почвенных частиц по поверхности деформатора:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum x_i = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_x}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}); \\ \sum y_i = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_y}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}); \\ \sum z_i = \frac{mv_{ABC}2\frac{Fdt}{dv}\sin\frac{\theta}{2}\cos\theta_z}{(\frac{Fdt}{dv}+m)k} (1 - e^{\frac{-k}{m}t}). \end{array} \right. \quad (18)$$

Уравнение 18 представляет собой основное уравнение движения почвенных частиц по поверхности деформатора без учета процесса уплотнения и крошения почвы.

Была получена теоретическая зависимость, позволяющая выбрать оптимальную форму поперечного сечения стойки сошника, а также угол заточки стойки сошника  $\alpha$ . Для этого рассматривали силы, действующие на стойку сошника.

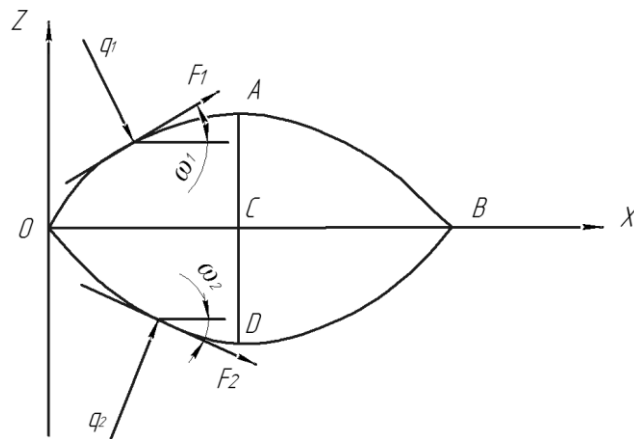


Рисунок 5 Силы, действующие на стойку сошника при его движении в почве

Примем скорость перемещения рабочего органа в почве постоянной. Тогда из условий статического равновесия

$$dRx = q_1 dS \sin \omega_1 + dF_1 \cos \omega_1 + q_2 dS \sin \omega_2 + dF_2 \cos \omega_2; \quad (19)$$

где  $dRx$  - сопротивление элементарного участка сечения деформатора, Н;  $q_1$ ,  $q_2$  - удельное давление почвы на грани деформатора ОА и ОД, Н/м;  $dS$  - элемен-

тарная длина дуги сечения деформатора, м;  $\omega_1, \omega_2$  - углы наклона касательной к кривой сечения деформатора, град;  $dF_1, dF_2$  - элементарные силы трения почвы о поверхность деформатора, Н.

$$dF_1 = q_1 dSf; \quad (20)$$

$$dF_2 = q_2 dSf, \quad (21)$$

где  $f$  - коэффициент трения почвы о металлическую поверхность деформатора (сталь).

Приняв, что величина проекции удельного давления почвы на направление движения изменяется пропорционально расстоянию от точки деформатора до оси ОВ.

$$q_1 \sin \alpha_1 = n_1 z_1; \quad (22)$$

$$q_2 \sin \alpha_2 = n_2 z_2; \quad (23)$$

где  $z_1, z_2$  - координаты точек, расположенных на верхних и нижних гранях деформатора, м;  $n_1, n_2$  - коэффициенты пропорциональности, Н/м<sup>2</sup>.

$$dRx = n_1 z_1 dS + \frac{n_1 z_1}{\sin \omega_1} dSf \cos \omega_1 + n_2 z_2 dS + \frac{n_2 z_2}{\sin \omega_2} dSf \cos \omega_2; \quad (24)$$

Учитывая что  $dS = \sqrt{dz_1^2 + dx^2}$ , после преобразований получим:

$$Rx = \int_0^{xe} \left[ n_1 z_1 \sqrt{z_1^2 + 1} + \frac{n_1 z_1 f \sqrt{z_1^2 + 1}}{z_1} - n_2 z_2 \sqrt{z_2^2 + 1} + \frac{n_2 z_2 f \sqrt{z_2^2 + 1}}{z_2} \right] dx; \quad (25)$$

После соответствующих преобразований получили следующие дифференциальные уравнения:

$$z_1'' = \frac{\left[ f(1+z_1^2) + z_1' + f - \frac{\lambda}{n_1} z_1' \sqrt{z_1^2 + 1} \right] z_1^2 (z_1^2 + 1)}{z_1 [f(3z_1^2 + 2) + z_1^3]}; \quad (26)$$

$$z_2'' = \frac{\left[ f(1+z_2^2) - z_2' + f - \frac{\lambda}{n_2} z_2' \sqrt{z_1^2 + 1} \right] z_2^2 (z_2^2 + 1)}{z_2 [f(3z_2^2 + 2) + z_2^3]}. \quad (27)$$

На рисунке 6 представлена рассчитанная по выведенным дифференциальным уравнениям форма деформатора. Однако, проанализировав распределение давления на полученную по дифференциальным уравнениям форму стойки в программе Flowvision, мы пришли к выводу, что форму стойки необходимо привести к форме клина, исходя из конструктивных соображений.

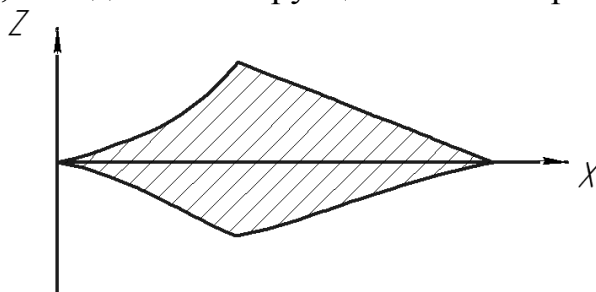


Рисунок 6 - Форма поперечного сечения стойки сошника, полученная при решении дифференциальных уравнений

На рисунке 7 представлена оптимизированная форма стойки сошника.

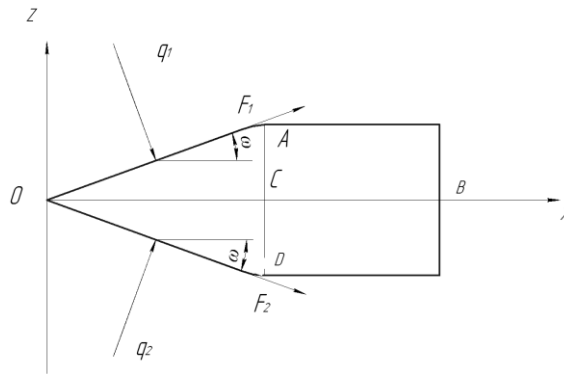


Рисунок 7 Оптимальная форма стойки сошника, полученная после моделирования в программе Flowvision.

Тогда угол

$$\omega = \arctg f. \quad (28)$$

Следовательно, угол  $\omega$  зависит от коэффициента трения почвы о металлическую поверхность (сталь). Для суглинистых почв Поволжья  $\omega = 15...25$  град.

Так как  $\omega$  зависит от типа почв, на которых он будет использован, то угол заточки сошника  $\alpha = 2\omega$ . Таким образом угол заточки сошника для суглинистых почв Поволжья  $\alpha = 30...50$  град.

Была получена теоретическая зависимость, которая позволяет определить тяговое сопротивление сошника с учетом глубины его хода, угла заточки, угла наклона и толщины стойки, скорости движения и ширины захвата стрелчатой лапы, а также физико-механических свойств почвы (рисунок 8).

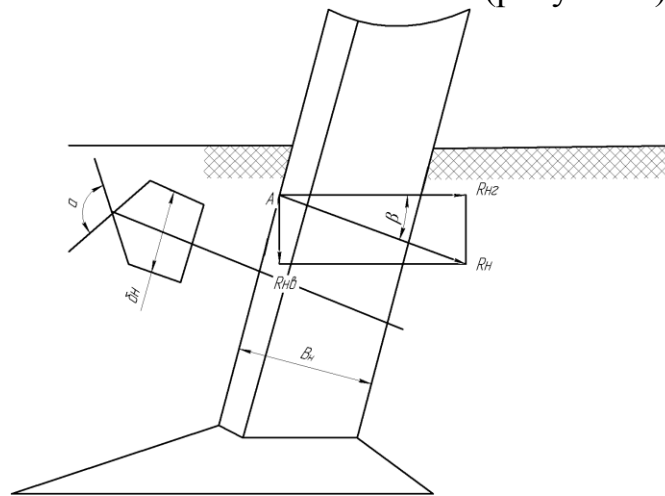


Рисунок 8 - Распределение усилий на стойке сошника

$$F = K_a C_{уд} h \left\{ \left[ 1 + 0,1\delta_c \right] \left[ 1 - \frac{(90^\circ - \beta)}{180} \right] + \frac{v_c^2}{g} \right\} + R_z tg \beta + 8000 p_n S_{он}, \quad (29)$$

где  $K_a$  – коэффициент, учитывающий влияние угла заострения стойки;  $C_{уд}$  – сцепление почвы, Н/м<sup>2</sup>;  $h$  – глубина хода сошника, м;  $\delta_c$  – толщина стойки сошника, м;  $\beta$  – угол резания, град.;  $v_c$  – скорость движения сошника в почве, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,  $p_n$  – удельное сопротивление налипанию почвы, Н/м<sup>2</sup>,  $S_{он}$  – площадь боковой поверхности части сошника, погруженной в почву, м<sup>2</sup>.

Следовательно, общее тяговое сопротивление сошника зависит от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» дано описание программы экспериментальных исследований, методик исследований и обработки экспериментальных данных.

Для проведения исследований и планирования эксперимента разработан и создан лабораторный комплекс. Он позволяет исследовать влияние конструктивно-режимных параметров сошника для разноуровневого высева семян и удобрений на физико-механические свойства надсеменного слоя почвы. Лабораторный комплекс (рисунок 9) состоит из почвенного канала 1, имеющего металлический каркас. Сверху на каркасе установлена рельсовая дорожка 2 для передвижения тележки 3. На раме тележки 3 установлена секция 4 сеялки-культиватора с грядилом и держателями. На секции 4 закреплены лапа-сошник 6 с электронным динамометром 5.

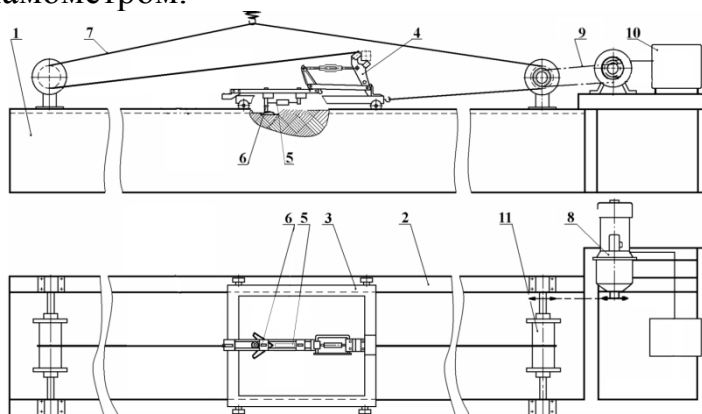


Рисунок 9 - Схема лабораторного комплекса: 1 – почвенный канал; 2 – рельсовая дорожка; 3 – тележка; 4 – секция культиватора; 5 – динамометр; 6 – сошник для разноуровневого высева семян и удобрений; 7 – трос; 8 – мотор-редуктор; 9 – цепная передача; 10 – частотный преобразователь; 11 – барабан

Для проведения экспериментальных исследований по изучению закономерностей процесса высева семян создана лабораторная модель сошника для разноуровневого высева семян и удобрений, новизна технического решения которого подтверждена патентом на полезную модель № 150367.



Рисунок 10 – Лабораторная модель сошника для разноуровневого высева семян и удобрений

В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент соответствия эталону  $k_{сэ}$ , характеризующий плотность почвы в надсеменном слое. При пол-

ном соответствии формируемого слоя почвы агротехническим требованиям  $k_{сэ} = 1$ . Также были проведены исследования гребнистости поверхности почвы после прохода сошника и тягового сопротивления сошника.

После обработки результатов проведенных опытов получили адекватные математические модели процесса работы сошника 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:

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

где  $k_{сэ}$  – коэффициент соответствия эталону, характеризующий плотность 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 рисунке 11. Полученная поверхность – выпуклая и имеет вершину (максимум) примерно в центре эксперимента.

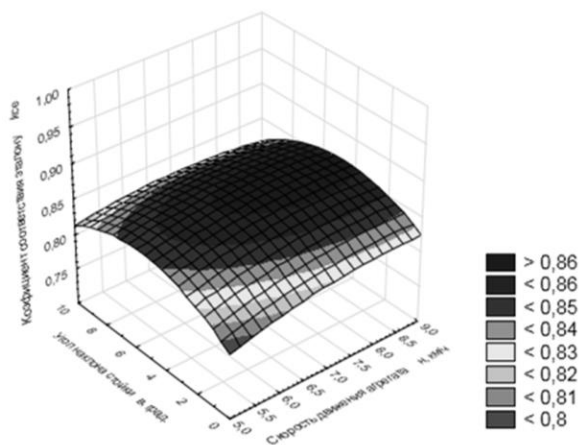


Рисунок 11 - Поверхность отклика от взаимодействия угла наклона стойки сошника и скорости движения сеялки

После получения математической модели процесса и определения вида поверхности, был выполнен ее анализ с помощью двухмерных сечений (рисунок 12).

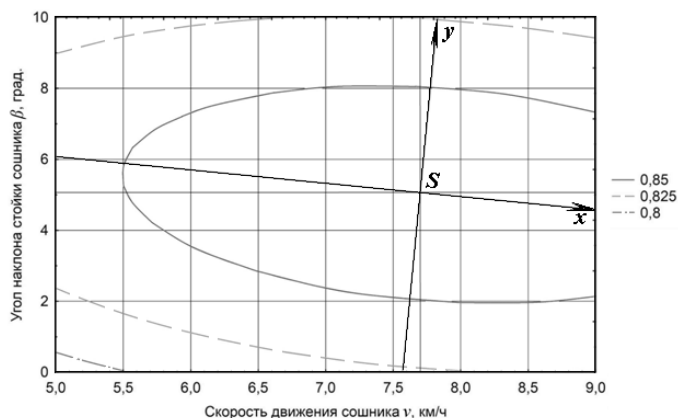


Рисунок 12 - Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее коэффициент соответствия эталону плотности почвы в надсеменном слое

Аналогично анализировали другие полученные математические модели процесса высева семян предлагаемым сошником. Оказалось, что коэффициент соответствия эталону максимален ( $k_{сэ} = 0,89$ ) 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 (рисунок 13), 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 %.

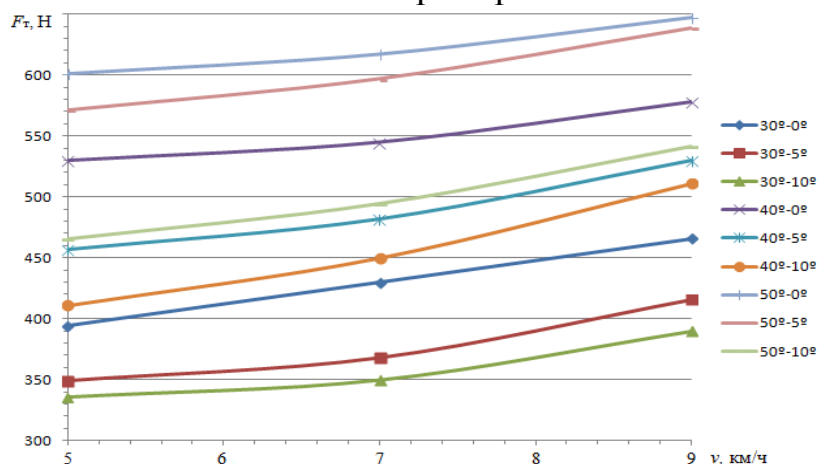


Рисунок 13 - Зависимость тягового сопротивления сошников  $F_T$  от скорости их движения  $v$

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.

**В четвертой главе** «Исследование сошника для разноуровневого высева семян и удобрений в производственных условиях» представлены программа и методика производственных исследований.

Гребневая сеялка (рисунок 14) разработана и изготовлена на базе культиватора КРН-5,6. Сеялка включает раму, на которой расположены семенные бункеры с высевающими устройствами, туковысевающими бункерами и культиваторными секциями. Сошники для разноуровневого высева семян и удобрений и гребнеобразующие рабочие органы устанавливали на глубину обработки, равную 6 см и 5 см соответственно. При расстановке основных рабочих элементов посевного агрегата по ширине обработки обеспечивали перекрытие стрельчатых лап, равное 3...5 см.

Согласно ГОСТу 31345-2007 «Сеялки тракторные. Методы испытаний» качество выполнения операций гребневой сеялкой, оборудованной сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений, оценивали по следующим показателям: коэффициент соответствия эталону; равномерность глубины заделки семян и почвенной прослойки между семенами и удобрениями; равномерность распределения семян в рядке.



Рисунок 14 - Гребневая сеялка в транспортном положении

Результаты производственных исследований показали, что указанные выше показатели полностью соответствуют агротехническим требованиям. Кроме того, при гребневом способе посева всходы сои появляются быстрее по сравнению с гладким способом. За счет совмещения операций культивации и посева количество сорных растений на  $1 \text{ м}^2$  уменьшилось в 1,6 раза. Использование при гребневом посеве сои сеялки, оснащенной разработанными нами сошниками, позволило повысить урожайность сои на 22...33 %.

**В пятой главе** «Технико-экономические показатели результатов исследований» представлена оценка экономической эффективности применения гребневой сеялки, оборудованной разработанными сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений. Использование предлагаемой гребневой сеялки позволит получить годовой экономический эффект в сумме 771,9 тыс. руб. на 100 га посевов по сравнению с сеялкой СПЧ - 8ФС (в ценах 2015 г.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ технологий и средств механизации гребневого посева позволил выявить основные направления их дальнейшего совершенствования. Перспективным способом совершенствования посевных машин является создание комбинированных агрегатов, совмещающих несколько операций за один проход агрегата, а также универсальных multifunctional рабочих органов, позволяющих повысить качество обработки почвы и посева.

2. Разработан сошник для разноуровневого высева семян и удобрений, который включает стойку с клиновидной передней частью, и лапу. В стойке выполнены параллельно расположенные каналы удобрений и семян. Канал для удобрений выполнен впереди канала для семян. 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 расположены на разной высоте стойки и направлены в сторону противоположную движению сошника. Причем выходные отверстия каналов расположены друг от друга на расстоянии, равном требуемой разнице по глубине заделки семян и удобрений и направлены в сторону, противоположную движению сошника.

3. После реализации плана эксперимента были получены статистически значимые математические модели процесса формирования надсеменного слоя почвы, с достаточной степенью точности описывающие влияние каждого из независимых факторов и их сочетаний на параметр оптимизации этого процесса. В качестве критерия оптимизации принят коэффициент соответствия эталону, характеризующий качество формируемого надсеменного слоя, определяемое с учетом плотности почвы. В результате анализа математических моделей процесса формирования надсеменного слоя почвы выявлены рациональные значения независимых факторов, при которых коэффициент соответствия эталону максимален и равен 0,88: скорость движения агрегата  $v = 8$  км/ч, угол заточки стойки  $\alpha = 30$  град., а угол наклона стойки  $\beta = 5$  град.

4. На основе экономической оценки базового и предлагаемого вариантов установлено, что применение предлагаемой гребневой технологии при возделывании сои более эффективно по сравнению с существующими технологиями, так как годовая экономия эксплуатационных затрат составляет 48215,6 руб., а дополнительная прибыль – 984000 руб. Вследствие этого годовой экономический эффект составил 771972,6 руб. на 100 га посевов сои.

Дополнительные капиталовложения, расходуемые на приобретение сеялки, культиватора и изготовление комплекта сошников для разноуровневого высева семян и удобрений составили 260243 руб., при этом срок окупаемости предложенных средств механизации не превышает 0,34 года.

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** На основе проведенных исследований и полученных данных в дальнейшем планируется провести исследования новых разработанных конструкций сошников для разноуровневого высева семян и удобрений, обосновать их конструктивные параметры и оценить их влияние на качество посева, а также провести исследования процесса формирования и прикатывания гребня почвы, теоретически и экспериментально обосновать конструктивные параметры катка-гребнеобразователя.

### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах**

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Татаров, Г.Л. Исследование рабочих органов гребневой сеялки в лабораторных условиях / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2015. – № 3(31). – С. 121-125.

2. Татаров, Г.Л. Оптимизация параметров и режимов работы сошника для разноуровневого высева семян и удобрений / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2015. – № 4(32). – С. 195-201.

#### **Статьи в сборниках научных трудов**

3. Татаров, Г.Л. Выявление оптимальных параметров рабочего органа катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров // Технические науки: прошлое, настоящее, будущее: статей международной научно-практической конференции, г. Уфа. – 2014. – С. 33-36.

4. Татаров, Г.Л. Анализ технических средств для образования гребней /



В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, Г.Л. Татаров // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: Теория, практика, перспективы: материалы 65-ой международной практической конференции, ч. 2, Рязань, РГАТУ. – 2014. – С. 130-133.

5. Татаров, Г.Л. Ресурсосберегающие рабочие органы для гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, Г.Л. Татаров // Молодежь и наука XXI века»: материалы IV Международной научно-практической конференции. Том II, г. Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина. – 2014. – С. 140-145.

6. Татаров, Г.Л. Особенности ухода за посевами пропашных культур по гребневой технологии / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, А.В. Ерошкин, Г.Л. Татаров // Молодежь и наука XXI века»: материалы IV Международной научно-практической конференции. Том II, Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина. – 2014. – С. 156-162.

7. Татаров, Г.Л. Гребневая сеялка-культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, Г.Л. Татаров // Технические науки - от теории к практике: Сборник статей по материалам XXXIX международной научной - практической конференции № 10 (35), Новосибирск: Изд-во «СибАК». – 2014. – С. 104-111.

8. Татаров, Г.Л. Уменьшение тягового сопротивления лапового сошника / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, Г.Л. Татаров // 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. 114-116.

9. Татаров, Г.Л. Перспективная гребневая технология возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, Г.Л. Татаров // 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. 110-114.

10. Татаров, Г.Л. Оптимизация параметров устройства для поверхностной обработки почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Е.Н. Прошкин, В.Е. Прошкин, В.В. Курушин, Г.Л. Татаров // 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. 104-107.

11. Татаров, Г.Л. К вопросу повышения эффективности формирования гребней почвы при гребневом посеве пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.Е. Прошкин, Г.Л. Татаров // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Том II. Пенза:

РИО ПГСХА. – 2015.– С. 82-84.

12. Татаров, Г.Л. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, А.С. Егоров, Г.Л. Татаров // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Том II. Пенза: РИО ПГСХА. – 2015.– С. 78-80.

13. Татаров, Г.Л. Орудие для поверхностной обработки почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.Е. Прошкин, А.С. Егоров, Г.Л. Татаров // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Том II. Пенза: РИО ПГСХА. – 2015.– С. 70-72.

14. Татаров, Г.Л. Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, Г.Л. Татаров // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина. – 2015.– С. 69-72.

15. Татаров, Г.Л. Анализ устройств для формирования профиля гребня почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов, Г.Л. Татаров // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина. – 2015.– С. 60-62.

16. Татаров, Г.Л. Пропашной культиватор / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Татаров Г.Л., Мартынов В.В. // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» / - Ульяновск: УГСХА, 2016. Т. II, с. 87 – 91.

17. Татаров, Г.Л. Ресурсосберегающая гребневая сеялка для посева пропашных культур / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Татаров Г.Л., Мартынов В.В. // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» / - Ульяновск: УГСХА, 2016. Т. II, с. 98 – 103.

18. Татаров, Г.Л. Снижение тягового сопротивления лапового сошника / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Татаров Г.Л., Мартынов В.В. Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» - Ульяновск: УГСХА, 2016. Т. II, с. 104 – 109.

19. Татаров, Г.Л. Экспериментальные исследования катка-гребнеобразователя / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Татаров Г.Л., Мартынов В.В. // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» - Ульяновск: УГСХА, 2016. Т. II, с. 110 – 114.

### Патенты

20. Патент на полезную модель № 129330 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Тата-

ров, В.В. Мартынов, А.К. Субаева; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2013105018/13; заявл. 06.02.2013; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18.

21. Патент на полезную модель № 129341 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2013105026/13; заявл. 06.02.2013; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18.

22. Патент на полезную модель № 129342 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2013105025/13; заявл. 06.02.2013; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18.

23. Патент на полезную модель № 129337 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2013103147/13; заявл. 23.01.2013; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18.

24. Патент на полезную модель № 129338 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2013103149/13; заявл. 23.01.2013; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18.

25. Патент на полезную модель № 149066 Российская Федерация, МПК G01N33/24. Устройство для определения плотности почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров, А.В. Ерошкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2014130484/15; заявл. 22.07.2014; опубл. 20.12.2014; Бюл. № 35.

26. Патент на полезную модель № 150367 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Сошник для разноуровневого высева семян и удобрений / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2014115524/13; заявл. 17.04.2014; опубл. 20.02.2015; Бюл. № 5.

27. Патент на полезную модель № 150368 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2014130489/13; заявл. 23.07.2014; опубл. 20.02.2015; Бюл. № 5.

28. Патент на полезную модель № 152311 Российская Федерация, МПК А01В39/00. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2014152631/13; заявл. 24.12.2014; опубл. 20.05.2015; Бюл. № 14.

29. Патент на полезную модель № 152885 Российская Федерация, МПК А01В35/00. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015100290/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 20.06.2015; Бюл. № 17

30. Патент на полезную модель № 152886 Российская Федерация, МПК А01В35/00. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015101002/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 20.06.2015; Бюл. № 17

31. Патент на полезную модель № 154519 Российская Федерация, МПК А01В39/00. Пропашной культиватор / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров, А.К. Субаева, А.В. Ерошкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015118774/13; заявл. 19.05.2015; опубл. 27.08.2015; Бюл. № 24.

32. Патент на полезную модель № 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.

33. Патент на полезную модель № 155840 Российская Федерация, МПК А01С14/00. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров, В.В. Мартынов, А.К. Субаева; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015118727/13; заявл. 19.05.2015; опубл. 20.10.2015; Бюл. № 29.

34. Патент на полезную модель № 159392 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Лапа-сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, Г.Л. Татаров, А.В. Ерошкин, С.А. Долгов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2015118727/13; заявл. 21.09.2015; опубл. 10.02.2016; Бюл. № 4.

Подписано в печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2016 г.

Формат 60x84  $\frac{1}{16}$

Бумага типогр.

Гарнитура Times New Roman

Усл. печ. л. 1,0

Тираж – 100 экз.

Заказ -