

УДК 631.331.5

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО КАТКА-ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор  
**Зыкин Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент  
**Шаронов Иван Александрович**, кандидат технических наук  
**Зайцев Василий Петрович**, кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
432063 г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1  
8 (84231) 5-17-78 E-mail: ivanshar2009@yandex.ru

---

**Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3642.2011.8**

---

**Ключевые слова:** гребневой посев, сеялка-культиватор, каток-гребнеобразователь, гребень, сферические диски, уплотняющие кольца

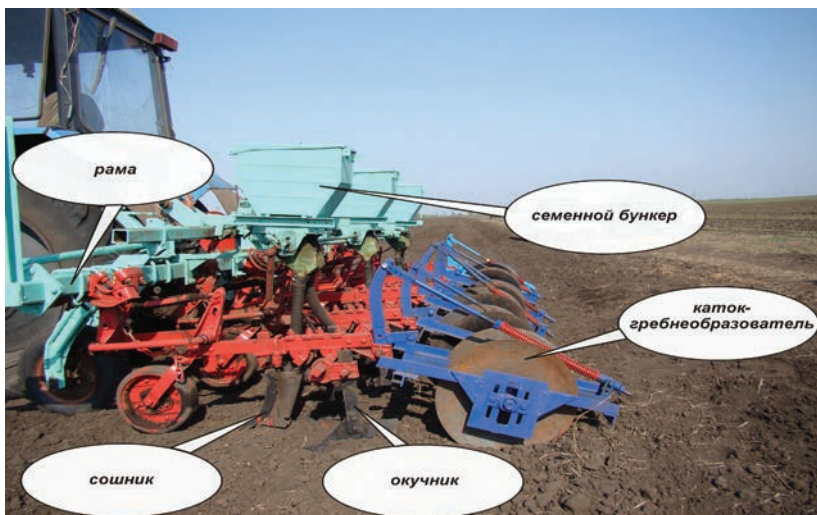
Предложен способ посева пропашных культур, позволяющий до 30 % увеличить их урожайность. Изложены основные особенности конструкции катка-гребнеобразователя. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса формирования гребня почвы катком-гребнеобразователем. Применение разработанных средств механизации посева позволяет формировать гребни требуемой высоты и с плотностью почвы, соответствующей агротехническим требованиям.

Государственная программа развития сельского хозяйства РФ на 2008-2012 годы предусматривает его технологическую и техническую модернизацию. Реализация этой программы возможна благодаря разработке и внедрению в производство современных ресурсосберегающих технологий возделывания культур и средств механизации для их эффективного осуществления.

Широкое использование интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе гребневых, предъявляет к посевным и почвообрабатывающим машинам повышенные требова-

ния по качеству работы, производительности, экологичности и др. Практика показывает, что прибавку урожая можно получить за счет своевременного и качественного выполнения всего комплекса агротехнических работ с учетом особенностей возделываемых культур.

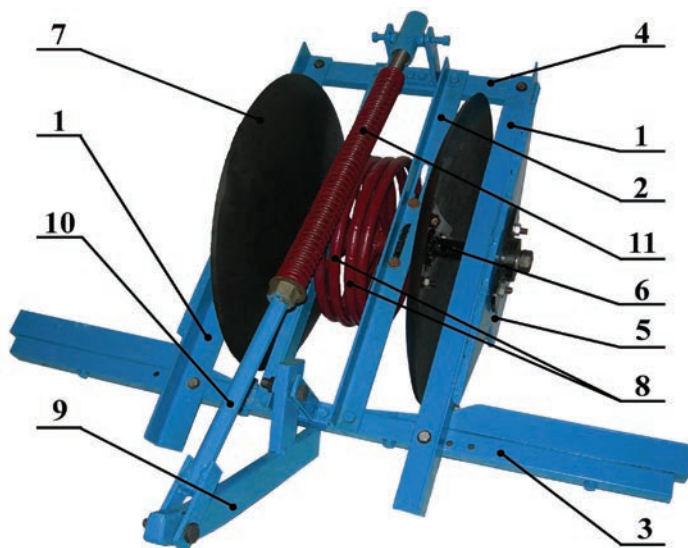
Однако, несмотря на имеющийся широкий ассортимент посевных машин и орудий для гребневого посева, анализ их конструкций показал, что качество работы сеялок и катков не полностью соответствуют агротехническим требованиям. К тому же они энергозатратны, металлоемки и имеют



**Рис. 1 . Посевной агрегат с катками-гребнеобразователями**

низкий уровень универсализации. Поэтому задача создания орудий и их рабочих органов, обеспечивающих выполнение агротехнических требований при посеве пропашных культур с низкими эксплуатационными затратами, является важной, актуальной и имеющей большое значение для экономики страны.

С учетом вышесказанного сформулирована цель исследования – повышение качества посева пропашных культур на основе



1 – боковые балки; 2 – продольные балки; 3 – передняя балка; 4 – задняя балка; 5 – пластина с прорезями; 6 – полуось; 7 – сферические диски; 8 – прикатывающие кольца; 9 – кронштейн; 10 – штанга; 11 – пружина

**Рис. 2 . Каток-гребнеобразователь**

применения катка-гребнеобразователя и обоснование его оптимальных параметров.

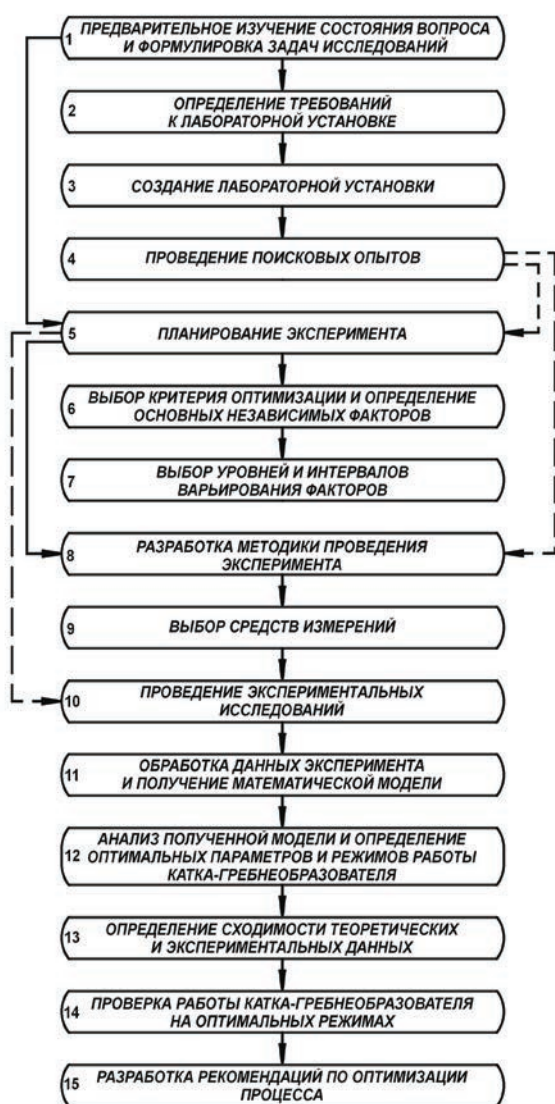
На основе анализа технологий возделывания сельскохозяйственных культур и средств механизации нами предложена гребневая технология возделывания пропашных культур [1], которая основана на высеве семян сеялкой-культиватором, оборудованной катками-гребнеобразователями (рис. 1).

При данном способе предпосевную культивацию, высев семян и формирование уплотненного гребня почвы проводят одним агрегатом, что сокращает вредное уплотняющее воздействие колес агрегатов на почву.

Для обеспечения необходимых условий формирования гребня разработан каток-гребнеобразователь [2, 3]. Он включает раму (рис. 2), состоящую из боковых 1, продольных 2 и поперечных 3, 4 балок, сферические диски 7 и ось с прикатывающими кольцами 8. Кольца 8 установлены с возможностью свободного вращения на оси и изменения положения вместе с осью в горизонтальной плоскости. Рама катка выполнена составной, что позволяет изменять угол атаки сферических дисков 7. Сферические диски 7 установлены на полуосях 6, и их можно перемещать в вертикальной плоскости и фиксировать в заданном положении.

Оптимальное расположение конструктивных элементов катка-гребнеобразователя на его раме и режимы его работы определяли при лабораторных исследованиях. Исследования проводили в почвенном канале при влажности почвы 19...23% по стандартной методике согласно ОСТ 102.3-2002.

Экспериментальные исследования процесса формирования гребня почвы катком-гребнеобразователем были проведены в соответствии с алгоритмом, представленном на рис. 3.



**Рис. 3. Алгоритм проведения экспериментальных исследований процесса формирования гребня почвы**

Для совместной оценки влияния независимых факторов на процесс формирования гребня почвы был выбран параметр оптимизации – коэффициент соответствия эталону  $k_{сэ}$ , который характеризует степень приближения фактических размеров гребня и плотности почвы агротехническим требованиям:

$$k_{сэ} = \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{опт} - \rho_3}{\rho_{опт}} \right) \right] \left[ 1 - \left( \frac{S_{опт} - S_3}{S_{опт}} \right) \right] \quad (1)$$

где  $\rho_{опт}$  – оптимальная плотность почвы на глубине заделки семян, регламентируемая агротребованиями к возделыванию пропашных культур, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_3$  – плотность

почвы в гребне, полученная после проведения эксперимента, кг/м<sup>3</sup>;  $S_{опт}$  – оптимальная площадь сечения гребня, соответствующая агротребованиям, м<sup>2</sup>;  $S_3$  – площадь сечения гребня, полученная после проведения эксперимента, м<sup>2</sup>.

При полном соответствии параметров формируемого гребня почвы агротехническим требованиям  $k_{сэ} = 1$ . Этот критерий является универсальным и позволяет оценить качество обработки почвы катками такого типа.

В качестве основных независимых факторов, оказывающих наибольшее влияние на процесс формирования гребня почвы, были выбраны:  $x_1$  ( $v$ ) – скорость движения катка-гребнеобразователя;  $x_2$  ( $F_{пр}$ ) – усилие сжатия пружины;  $x_3$  ( $\alpha$ ) – угол атаки сферических дисков;  $x_4$  ( $\lambda$ ) – смещение прикатывающих колец.

При различных сочетаниях независимых факторов с помощью профиломера определяли геометрические размеры сформированного гребня почвы и вычисляли площадь сечения гребня  $S_3$ . Затем определяли плотность почвы  $\rho_3$  в центральной части гребня на глубине залегания семян. После этого, с учетом оптимальной плотности почвы  $\rho_{опт}$  и площади  $S_{опт}$ , рассчитывали  $k_{сэ}$ .

После обработки результатов проведенных опытов было получено уравнение регрессии в натуральных значениях факторов, характеризующее влияние скорости агрегата и угла  $\alpha$  на коэффициент соответствия эталону:

$$k_{сэ} = 0,5095 + 0,1231v + 0,0495\alpha - 0,0421v^2 - 0,0011v\alpha - 0,0019\alpha^2 \quad (2)$$

Уравнение (2) в кодированных значениях факторов имеет вид:

$$Y = 0,891 - 0,0127x_1 + 0,1045x_3 - 0,0341x_1^2 - 0,0099x_1x_3 - 0,1871x_3^2 \quad (3)$$

где  $Y$  – коэффициент соответствия эталону.

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия скорости движения агрегата и угла атаки дисков  $\alpha$  и их совместного влияния на коэффициент соответствия эталону представлено на рис. 4.

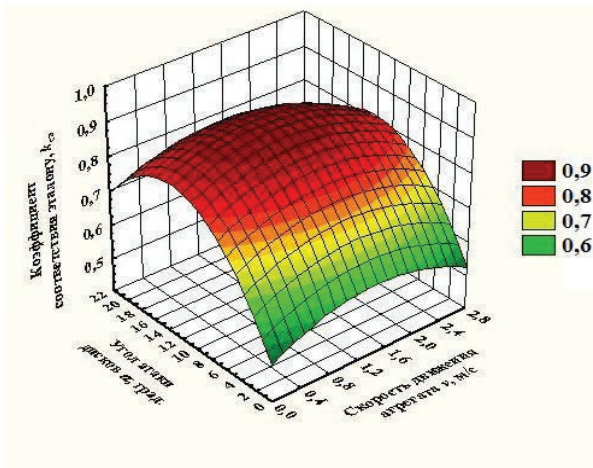


Рис. 4. Поверхность отклика от взаимодействия скорости движения катка и угла атаки дисков

Уравнения регрессии в натуральных и кодированных значениях факторов, характеризующие влияние угла атаки сферических дисков и смещения прикатывающих колец на коэффициент соответствия эталону, имеют вид:

$$k_{сэ} = 0,5943 + 0,0455\alpha + 0,1683\lambda - 0,0019\alpha^2 + 0,0393\alpha\lambda - 4,2718\lambda^2; \quad (4)$$

$$Y = 0,8806 + 0,1045x_3 + 0,0029x_4 - 0,1871x_3^2 + 0,0236x_3x_4 - 0,0154x_4^2. \quad (5)$$

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия угла атаки сферических дисков и смещения прикатывающих колец и их совместного влияния на

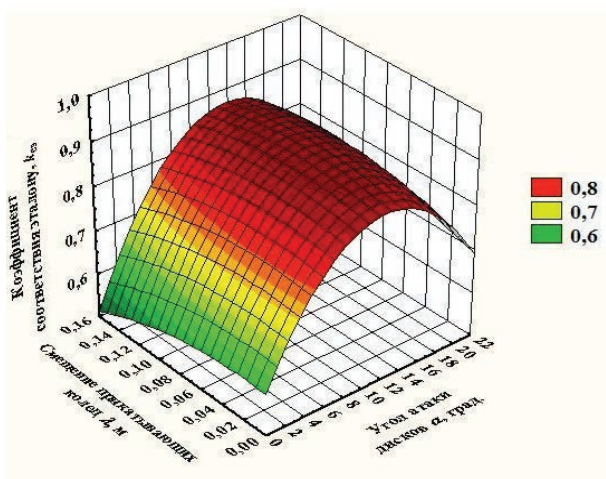


Рис. 5. Поверхность отклика от взаимодействия угла атаки дисков и смещения прикатывающих колец

коэффициент соответствия эталону представлено на рис. 5.

Аналогично были получены уравнения регрессии и соответствующие им поверхности отклика от взаимодействия скорости движения катка и усилия сжатия пружины, скорости движения катка и смещения прикатывающих колец, усилия сжатия пружины и смещения прикатывающих колец, усилия сжатия пружины и угла атаки сферических дисков.

После определения вида поверхностей отклика выполняли их анализ с помощью двухмерных сечений. Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующей совместное влияние скорости движения агрегата и угла атаки дисков на  $k_{сэ}$ , представлено на рис. 6.

На основе анализа полученного двухмерного сечения выявлено, что максимальное значение коэффициента соответствия эталону в точке  $S$  (в локальном максимуме)  $k_{сэ \max} = 0,91$  достигается при скорости движения катка  $v = 1,32$  м/с и угле атаки дисков  $\alpha = 12,9^\circ$ . Аналогично было выполнено каноническое преобразование уравнений регрессии от взаимодействия остальных независимых факторов.

В результате анализа полученных математических моделей процесса формирования гребня почвы катком-гребнеобразователем выявлены оптимальные значения

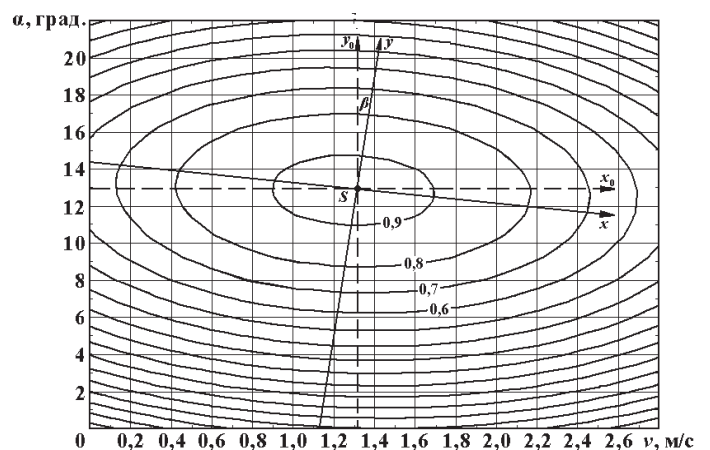


Рис. 6. Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее качество формируемого гребня почвы в зависимости от  $v$  и  $\alpha$



Рис. 7. Всходы сои через 17 дней после посева

независимых факторов, при которых коэффициент соответствия эталону максимален ( $k_{\text{сэ}} = 0,91$ ): скорость движения катка  $v = 1,32$  м/с, угол атаки сферических дисков  $\alpha = 13^\circ$ , усилие сжатия пружины  $F_{\text{пр}} = 630$  Н, смещение прикатывающих колец  $\lambda = 0,083$  м.

Оценка полученных уравнений регрессии с помощью критериев Стьюдента, Кохрена и Фишера показала, что коэффициенты уравнений статистически значимы, результаты измерений воспроизводимы, а математические модели процесса формирования гребня почвы адекватны.

В ходе производственных исследований посевного агрегата, оснащенного катками-гребнеобразователями, при посеве сои выявлено, что качество формируемого гребня почвы соответствует агротехническим требованиям. Так,  $k_{\text{сэ}}$  находился в пределах 0,87...0,95, а плотность почвы в центральной части гребня почвы – в пределах 1170...1258 кг/м<sup>3</sup>. Следовательно, значения  $k_{\text{сэ}}$  при посеве отклоняются от значений  $k_{\text{сэ}}$ , полученных в ходе лабораторных исследований, не более чем на 5% соответственно.

Также установлено, что при гребневом посеве всходы появились на 1...2 дня раньше, чем всходы на контрольных участках. При гребневом способе получена более высокая равномерность всходов, чем при гладком посеве. Количество всходов растений сои на девятый день после посева на 1 м<sup>2</sup> опытного участка превышало в 1,4 раза количество растений сои на 1 м<sup>2</sup> контрольного участка, засеянного гладким способом. Растения сои, посеянные по гребневой технологии, опережали в развитии растения этой культуры на контрольном участке (рис. 7, 8).

Урожайность сои при гребневом спо-

собе посева с использованием предложенных средств механизации составила 17,8 ц/га, что выше на 21,9% по сравнению с урожайностью этой культуры на контрольном участке. Кроме того, при комбайновой уборке на 20...35% снижаются потери урожая за счет уменьшения высоты среза растений на

участках, где при посеве были сформированы гребни.

При использовании посевного агрегата с предлагаемыми катками-гребнеобразователями эксплуатационные затраты при возделывании сои снизились на 44%. С учетом экономии эксплуатационных затрат и повышения урожайности сои годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых средств механизации составил 4943 руб. на 1 га посева сои.

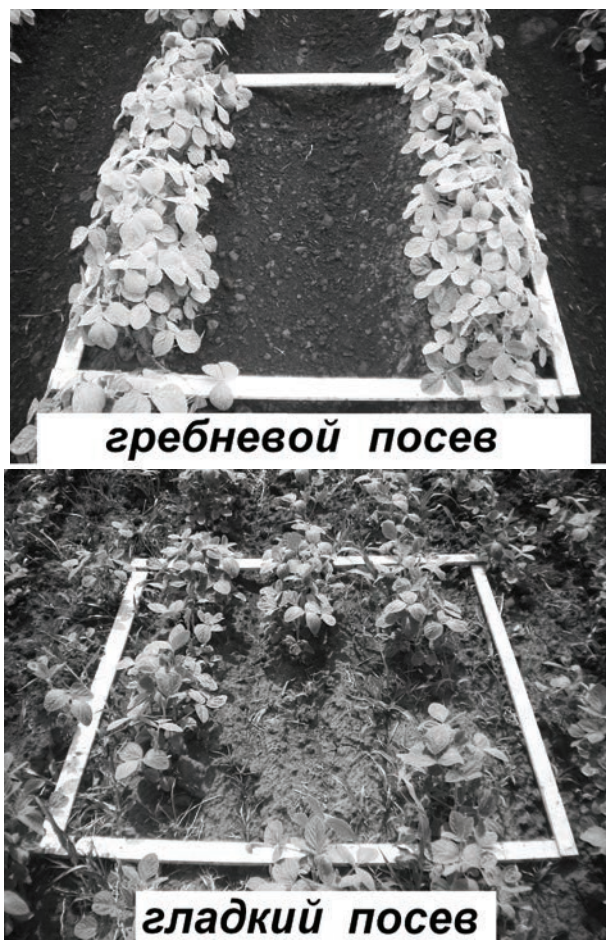


Рис. 8. Растения сои через 38 дней после посева

Таким образом, реализация гребневой технологии возделывания пропашных культур с использованием предложенных средств механизации позволяет увеличить урожайность пропашных культур, а также снизить эксплуатационные затраты на посев за счет совмещения операций предпосевной подготовки почвы, посева и формирования уплотненного гребня почвы.

#### **Библиографический список**

1. Курдюмов В.И. Способ посева про-

пашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин. Патент РФ на изобретение № 2265305. - Оpubл. 10.12.2005 г., Бюл. № 34.

2. Курдюмов В.И. Каторк-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов. Патент РФ на полезную модель № 62765. - Оpubл. 10.05.2007 г., Бюл. № 13.

3. Курдюмов В.И. Каторк-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов. Патент РФ на изобретение № 2347338. - Оpubл. 27.02.2009 г., Бюл. № 6.

УДК 631.3

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СОШНИКА НА ТРУБЧАТОЙ СТОЙКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ**

**Лапшин Игорь Петрович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

ФГОУ ВПО «Тюменская государственная сельскохозяйственная академия»

625000, г. Тюмень, улица Республики, 7

Тел: 8 (3452) 625638

e-mail: Igor.lap@mail.ru

**Кокошин Сергей Николаевич**, ассистент кафедры «Общетеchnические дисциплины»

ФГОУ ВПО «Тюменская государственная сельскохозяйственная академия»

625000, г. Тюмень, улица Республики, 7

e-mail: Prepod-Sergej@ya.ru

**Ключевые слова:** агротехнические требования, упругая стойка, лабораторная установка, перемещение, инертность.

В статье рассмотрена методика лабораторных исследований предлагаемого сошника, установлена зависимость между давлением, подаваемым в полость стойки, временем процесса и перемещением рабочего органа на предлагаемой стойке.

Важными этапами в процессе возделывания сельскохозяйственных культур являются обработка почвы и посев. Эти операции являются энергоемкими (до 40% общих энергозатрат) и оказывают значительное влияние на процесс роста и развития растений. Создание оптимальных условий для прорастания семян возможно при обработке почв рабочими органами на упругих стойках, выполненных в виде гибких трубчатых элементов, которые позволяют управлять процессом взаимодействия рабочего органа с почвой.

Предлагаемая стойка состоит из рабочего органа в виде культиваторной лапы 1, С-образного элемента стойки 2 и упругого пустотелого элемента 3 (рисунок 1) [1]. Упругий элемент 3 имеет эллиптическое поперечное сечение, которое стремится к окружности, деформируясь под действием давления жидкости, подаваемой во внутреннюю полость элемента через штуцер 4. При деформации сечения элемента происходит перемещение рабочего органа в вертикальной плоскости, которое можно использовать для копирования рельефа по-