

УДК 621:631.331

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОШНИКА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ С ГАСИТЕЛЕМ СКОРОСТИ СЕМЯН

**Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П.**

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» (Пензенский ГАУ), Пенза,  
e-mail: andr.zubarew1800@yandex.ru, larushinnp@mail.ru*

Имеется множество показателей, влияющих на качество посева, среди которых количество семян в заданном слое, равномерное распределение семян по длине и глубине заделки. Всё это существенно влияет на урожайность зерновых культур. Применение двухдисковых сошников в зерновых сеялках имеет ряд преимуществ по сравнению с другими сошниками. Однако стоит отметить, что сеялки с двухдисковыми сошниками имеют ряд недостатков. К таким недостаткам относятся осыпание стенок борозды, образование дна борозды с уклоном. Данные недостатки приводят к дополнительному раскатыванию семян по дну борозды после посадки, что приводит к снижению качества посева семян и значительно снижает урожайность культуры. В статье рассмотрены конструкция и работа зерновой сеялки с экспериментальными сошниками. По результатам научных исследований разработан сошник для посева зерновых культур. Предлагаемая конструкция экспериментального сошника позволила уменьшить неравномерность распределения семян по длине рядка и глубине заделки. Приводятся результаты лабораторных и лабораторно-полевых исследований работы зерновой сеялки с экспериментальным сошником. Применение экспериментального сошника позволило получить повышение урожайности пшеницы по сравнению с исходным базовым вариантом сеялки СЗ-5,4-06.

**Ключевые слова:** зерновая сеялка, сошник, неравномерность распределения семян, направитель семян, гаситель скорости семян, урожайность

## RESULTS OF LABORATORY AND FIELD RESEARCH OF THE SEEDER COULTER

**Zubarev A.G., Laryushin N.P.**

*Penza State Agrarian University, Penza, e-mail: larushinnp@mail.ru, andr.zubarew1800@yandex.ru*

There are many indicators that affect the quality of sowing, including: the number of seeds in a given layer, the uniform distribution of seeds along the length and depth of the seeding. All this significantly affects the yield of grain crops. The use of two-disc coulters in grain drills has a number of advantages in comparison with other coulters. However, it is worth noting that seeders with two-disc coulters have a number of disadvantages. These disadvantages include: shedding of the furrow walls; formation of the bottom of the furrow with a slope. These disadvantages lead to additional rolling of seeds along the bottom of the furrow after planting, which leads to a decrease in the quality of seed sowing and significantly reduces the crop yield. The article describes the design and operation of a grain seeder with an experimental Coulter. Based on the results of scientific research, an experimental Coulter for sowing grain crops has been developed. The proposed design of the experimental Coulter allowed to reduce the uneven distribution of seeds along the length of the row and the depth of embedding. The results of laboratory and laboratory-field studies of the operation of a grain seeder with an experimental Coulter are presented. The use of an experimental Coulter allowed to increase the yield of wheat compared to the basic version of the SZ-5,4-06 seeder.

**Keywords:** grain seeder, opener, uneven seed distribution, head seed, seed speed damper, yield

Посевные машины с двухдисковыми сошниками имеют ряд преимуществ. Использование двухдискового сошника позволяет вести укладку семян более качественно. При этом наблюдается плотный контакт между семенами и почвой. На качество посадки значительное влияние оказывают и такие факторы, как количество семян в заданном слое, равномерное распределение семян по длине, а также распределение семян по глубине заделки [1, 2].

Применение двухдисковых сошников имеет и свои недостатки. Среди таких недостатков стоит выделить образование наклонного дна борозды, а также осыпание стенок борозды. Вследствие указанных недостатков наблюдается дополнительное раскатывание семян по дну борозды, что сказывается на понижении качества посева.

Многие предприятия, специализирующиеся на выпуске машин для посева зерновых культур и столкнувшиеся с этими недостатками, устраняют их лишь частично, при этом проблема остается неизменной и актуальной. В связи с этим следует провести исследования по разработке конструкции экспериментального сошника зерновой сеялки с направителем семян и гасителем скорости семян, выполненным в форме бороздного прикатывающего катка, в соответствии с агротехническими требованиями к посеву.

Цель исследований: разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров сошника сеялки для посева зерновых культур.

### Материалы и методы исследования

Работа включала в себя теоретические и экспериментальные исследования. В свою

очередь экспериментальные исследования включали в себя следующее:

- лабораторные исследования по влиянию конструктивных характеристик сошника на показатели посева семян зерновых культур;

- определение рациональных значений конструктивных параметров экспериментального сошника;

- лабораторно-полевые исследования сеялки СЗ-5,4-0,6, оснащенной экспериментальными сошниками;

На основе общепринятых способов оценки качества выполнения технологического процесса работы сеялок (ГОСТ 31345-2007, СТО АИСТ 5.6-2010) была разработана методика проведения лабораторных и лабораторно-полевых исследований экспериментального сошника.

С целью выполнения лабораторных исследований был сконструирован и изготовлен опытно-конструкторский образец сошника. Исследования экспериментального сошника проводились на лабораторной установке (рис. 1).

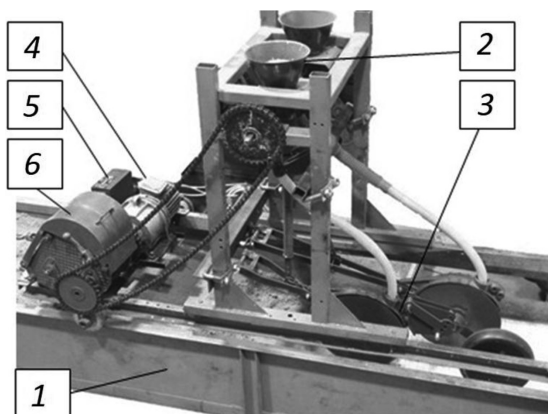


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки с экспериментальным сошником:

1 – почвенный канал; 2 – бункер для семян; 3 – разработанный сошник; 4 – редуктор; 5 – преобразователь частоты векторный; 6 – мотор редуктор

Коэффициент вариации неравномерности распределения семян по длине рядка был выбран в качестве основного показателя качества посева семян зерновых культур при проведении лабораторных исследований [3–5].

Распределение семян по длине рядка, а также глубина заделки семян в свою очередь были приняты в качестве оценочных показателей качества посева зерновых культур при лабораторно-полевых исследованиях.

При проведении лабораторно-полевых исследований была использована сеялка

СЗ-5,4-0,6 (рис. 2), которая оснащалась экспериментальными сошниками. Сеялка включает в себя раму, зернотуковый ящик, сошники, семяпроводы. Исследования проводились в КФХ «Антоново» Иссинского района Пензенской области в 2019–2020 гг.



Рис. 2. Общий вид сеялки СЗ-5,4-0,6 с экспериментальными сошниками

Согласно ГОСТ 28168-89, ГОСТ 28268-89 определяли влажность и твердость почвы. При этом влажность и твердость почвы определялись в день проведения опытов при глубине от 0 до 15 см. Пробы почвы берутся по диагонали участка с повторностью опытов десять раз. При определении влажности почвы был выбран термовесовой метод [6].

Были проведены экспериментальные исследования сеялки, оснащенной экспериментальными сошниками. При этом экспериментальные исследования были выполнены с использованием стандартных методик (ГОСТ 31345-2007, СТО АИСТ 5.6-2010) [7]. При помощи программ Statistica 6.0 RUS, Microsoft Office и др. на персональном компьютере проводили анализ и обработку полученных результатов исследований экспериментального сошника [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам теоретических исследований рассчитаны: расчетная схема, ударный импульс, скорость точки удара  $T$ , коэффициент восстановления при ударе, удар объекта – каток, удар объекта – материальная точка, расчетная система уравнений относительно величин, мгновенный центр скоростей  $P$  катка после удара.

Был осуществлен анализ существующих конструкций зерновых сеялок с применяемыми в них сошниками. На основании этого анализа была разработана конструктивно-технологическая схема эксперимен-

тального сошника для укладки и заделки семян зерновых культур (патент РФ на изобретение № 269262).

Разработанный сошник работает следующим образом (рис. 3). При движении сошника диски 1 нарезают борозду. При этом диски установлены под некоторым углом друг к другу на корпусе 5. Семена с удобрениями попадают в воронку 3 горловины 4 корпуса 5 сошника. По раструбу 6 семена и удобрения поступают в трубу 6. Труба, через которую поступают семена, выполнена в форме прямоугольного сечения. Из трубы 6 семена попадают под бороздной прикатывающий каток 10. Основной задачей прикатывающего катка является гашение скорости семян при ударе. После удара о прикатывающий каток семена поступают в бороздку.

Направитель семян с рыхлителем реализованы как единое целое из трубы 6 прямоугольного сечения. Данное техническое решение создает поток семян с наименьшим отскоком их от внутренних стенок трубы. При этом образуемый поток семян становится более выровненным и равномерным, а также наблюдается минимальное травмирование семян.

Труба 6 отогнута в сторону, противоположную движению сошника. Ось симметрии трубы 6 прямоугольного сечения выполнена радиусом  $R = 150 \dots 160$  мм. Для улучшения распределения семян с целью исключения раскатывания семян по длине борозды напротив отверстия трубы 6 установлен гаситель скорости семян. Гаситель скорости семян выполнен в форме бороздного прикатывающего катка 10. Все это способно повлиять на улучшение качества посева зерновых культур.

В результате исследования физико-механических свойств пшеницы яровой сорта «Архат» получили следующие данные: среднее значение длины семян 6,17 мм, среднее значение толщины семян 2,70 мм, среднее значение ширины 3,29 мм. При этом угол естественного откоса семян составил 27 градусов. Масса 1000 семян составила 43 г. Сорт исследуемой пшеницы относится к первой группе сыпучести.

Для определения конструктивных параметров разрабатываемого сошника был проведен многофакторный эксперимент. В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент вариации неравномерности распределения семян по длине рядка.

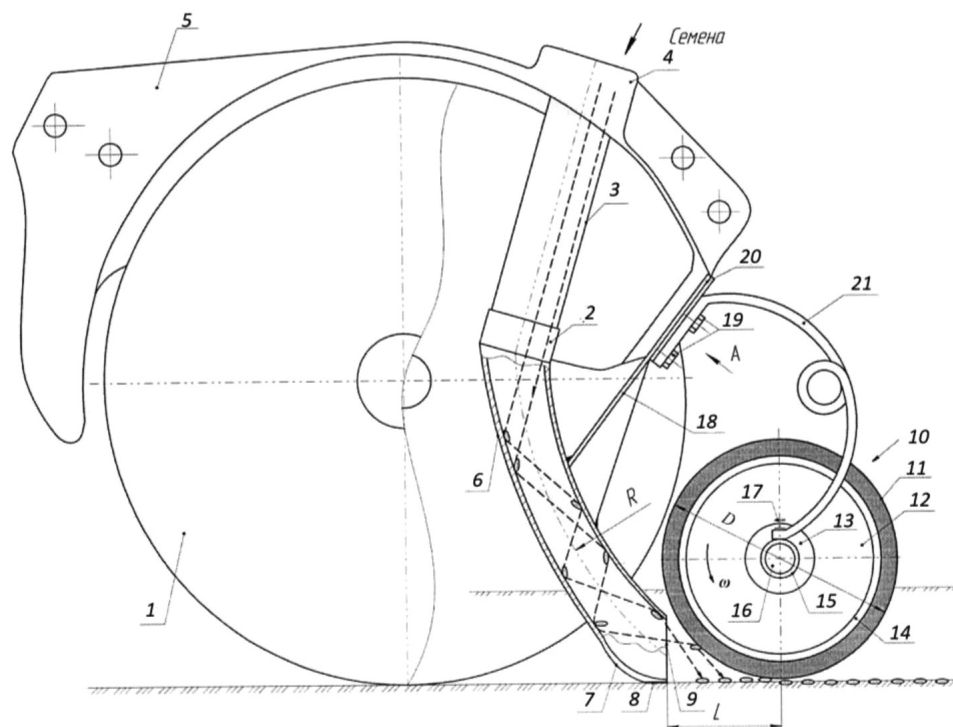


Рис. 3. Схема экспериментального сошника: 1 – диск; 2 – раструб; 3 – горловина; 4 – воронка; 5 – корпус; 6 – труба; 7 – клин; 8 – пятка клина; 9 – выходное отверстие; 10 – кронштейн; 11 – шина; 12 – диск; 13 – ступица; 14 – обод; 15 – втулка; 16 – шина; 17 – стопор; 18 – кронштейн; 19 – винт; 20 – чистики; 21 – стойка



В результате проведения отсеивающего эксперимента были определены наиболее значимые факторы:  $L$  – расстояние от вертикальной оси симметрии прикатывающего катка до плоскости выходного отверстия направлятеля семян,  $S$  – площадь сечения выходного отверстия трубы направлятеля семян,  $P$  – усилие на бороздном прикатывающем катке.

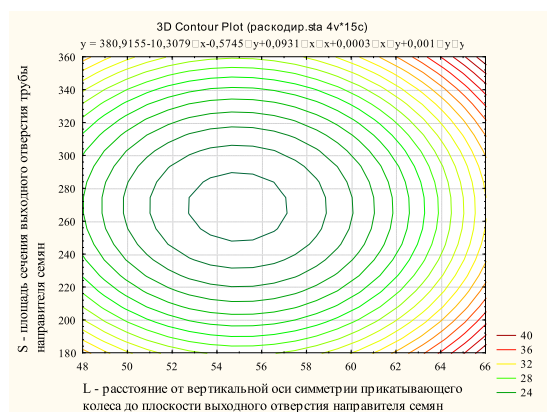
Данные эксперимента обрабатывались при помощи программы «Statistica 6,0», с использованием модуля «Нелинейная оценка». В результате получили математическую зависимость, которая отражает связь коэффициента неравномерности распределения семян в рядке с конструктивными параметрами экспериментального

сошника в закодированном и декодированном видах.

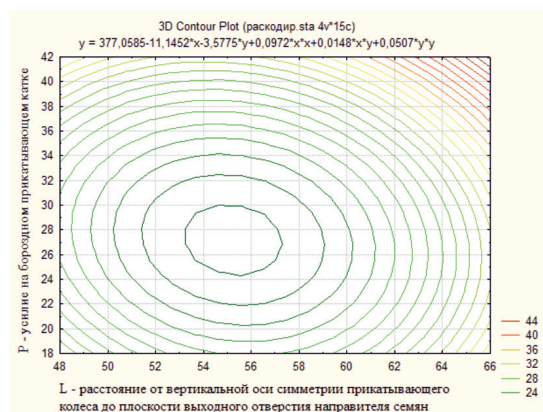
$$Y = 23,43518 + 2,07138x_1 - 0,94598x_2 + 1,52368x_3 + 11,34285x_1^2 + 1,32964x_2^2 - 5,73136x_3^2 + 1,31752x_1x_2 - 1,27138x_1x_3 + 0,87615x_2x_3, \quad (1)$$

$$P = 37,229 - 9,0763x_1 - 0,7863x_2 + 0,6054x_3 + 0,0746x_1^2 + 0,0009x_2^2 + 0,0002x_3^2 + 0,0042x_1x_2 - 0,0132x_1x_3 + 0,0009x_2x_3. \quad (2)$$

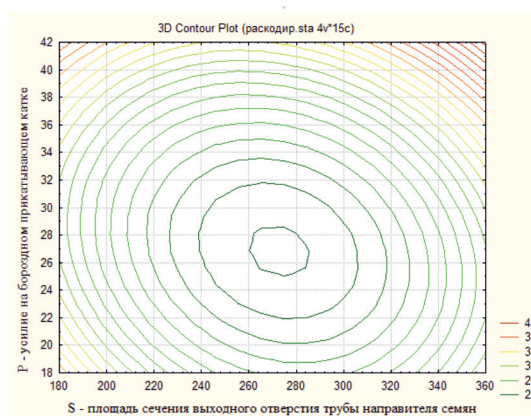
Так же при помощи программы «Statistica 6,0» с использованием экспериментальных данных были получены поверхности отклика (рис. 4).



а)



б)



в)

Рис. 4. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость равномерности распределения семян в рядке от а)  $L$  – расстояния от вертикальной оси симметрии бороздного прикатывающего катка до плоскости выходного отверстия направлятеля семян и  $S$  – площади сечения выходного отверстия трубы направлятеля семян; б)  $L$  – расстояния от вертикальной оси симметрии бороздного прикатывающего катка до плоскости выходного отверстия направлятеля семян и  $P$  – усилия на бороздном прикатывающем катке; в)  $S$  – площади сечения выходного отверстия трубы направлятеля семян и  $P$  – усилия на бороздном прикатывающем катке

Результаты исследований по определению оптимальных конструктивных параметров экспериментального сошника

Параметры экспериментального сошника	Исследования		
	теоретические	лабораторные	лабораторно-полевые
Расстояние от вертикальной оси симметрии бороздного прикатывающего катка до плоскости выходного отверстия направлятеля семян $L$ , мм	56,2	56,7	56
Площадь сечения выходного отверстия трубы направлятеля семян $S$ , мм <sup>2</sup>	300	301,2	300
Усилие на бороздном прикатывающем катке $P$ , Н	32	31,7	31

В результате анализа графических изображений двумерных сечений (рис. 4) были получены следующие результаты. Параметр оптимизации ( $P$ ) составляет 22%. При этом значения исследуемых факторов, которые будут положительно влиять на качество посева, семян находятся в интервалах  $L = 53 \dots 57$  мм,  $S = 260 \dots 285$  мм<sup>2</sup>,  $P = 25 \dots 29$  Н.

При проведении лабораторно-полевых исследований сеялки с экспериментальными сошниками были уточнены конструктивные параметры, полученные при проведении теоретических и лабораторных испытаний (таблица).

Неравномерность распределения семян по длине ряда разработанным сошником была снижена на 16,5% и составляла 22%. Глубина заделки семян сеялкой с экспериментальным сошником составила 46...52 мм. Глубина заделки семян для базового варианта сеялки составила 46...56 мм.

Были проведены экономические расчеты, которые показали, что использование сеялки СЗ-5,4-06 с экспериментальными сошниками даст годовую экономию с учетом стоимости прибавочной продукции до 1200,4 тыс. руб. При годовой нагрузке 120 ч годовой экономический эффект составит 1198,3 тыс. руб.

### Заключение

1. При проведении анализа применяемых технических средств для посева зерновых культур была обоснована конструктивно-технологическая схема, а также конструкция сошника сеялки, предназначенного для посева семян зерновых культур (Патент РФ на изобретение № 2692622), особенностью которого является гаситель скорости семян, выполненный в форме катка.

2. По результатам теоретических исследований рассчитаны: расчетная схема, ударный импульс, скорость точки удара  $T$ ,

коэффициент восстановления при ударе, удар объекта – каток, удар объекта – материальная точка, расчетная система уравнений относительно величин, мгновенный центр скоростей  $P$  катка после удара.

3. Разработан и изготовлен экспериментальный сошник для сеялки, предназначенной для посева семян зерновых культур. В результате лабораторных исследований определены основные конструктивные параметры сошника, влияющие на качественные показатели посева.

Оптимальное значение расстояния от вертикальной оси симметрии бороздного прикатывающего катка до плоскости выходного отверстия направлятеля семян  $L = 53 \dots 57$  мм; сечение выходного отверстия трубы направлятеля семян  $S = 260 \dots 285$  мм<sup>2</sup>; усилие на бороздном прикатывающем катке  $P = 25 \dots 29$  Н. Параметр оптимизации ( $P$ ) соответственно будет составлять 22%.

4. При проведении лабораторно-полевых исследований сеялки с разработанными сошниками были подтверждены теоретические расчеты и проводимые лабораторные исследования. При использовании сеялки с разработанным сошником прибавка урожая составила 13%.

Экономические расчеты показали, что использование сеялки СЗ-5,4-06 с экспериментальными сошниками позволит получить годовую экономию до 1200,4 тыс. руб. При годовой нагрузке 120 ч годовой экономический эффект может составлять до 1198,3 тыс. руб. При этом срок окупаемости составил 0,2 года.

*Работа подготовлена при поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский фонд фундаментальных исследований» (РФФИ Договор № 19-38-90158/19).*

### Список литературы

1. Мачнев А.В., Ларин М.А. Сошник с направлятелем семян для посева зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. № 7. С. 42.

2. Беспмятнова Н.М., Колинко А.А. Сошник для раз-  
ноуровневого внесения семян и удобрений // Техника в сель-  
ском хозяйстве. 2013. № 5. С. 3–4.

3. Ларюшин Н.П., Мачнев А.В., Шумаев В.В. [и др.].  
Посевные машины. Теория, конструкция, расчет. М.: Росин-  
формагротех, 2010. 292 с.

4. Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П., Шуков А.В. Разработка  
рабочих органов к зерновой сеялке для посева по ресурсос-  
берегающим технологиям // Наука в центральной России.  
2019. № 3 (39). С. 78.

5. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента  
и анализ статистических данных: учебное пособие для ма-  
гистров. М.: ЮРАЙТ, 2012. 399 с.

6. ГОСТ 28268-89 Методы определения влажности,  
максимальной гигроскопической влажности и влажности  
устойчивого завядания растений. [Электронный ресурс].  
URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28268-89> (дата обра-  
щения: 13.07.2020).

7. ГОСТ 31345–2007 Межгосударственный стандарт.  
Сеялки тракторные. [Электронный ресурс]. URL: [http://  
docs.cntd.ru/document/gost-31345-2007](http://docs.cntd.ru/document/gost-31345-2007) (дата обращения:  
13.07.2020).

8. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в ре-  
шении задач управления качеством: учебное пособие.  
Томск: Изд-во Томского политехнического университета,  
2011. 163 с.