
4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 332.12:338.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_4_119

EDN: RTKZND

Обоснование параметров высевяющего аппарата сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом

Кирилл Владимирович Немтинов¹, Мария Алексеевна Ерусланова²,
Константин Алексеевич Ерусланов³, Владимир Алексеевич Немтинов⁴✉

^{1, 2, 4} Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

^{2, 3} Потребительский кооператив «Еруслан», Ростовская область, Шолоховский район, Россия

⁴ nemtinov.va@yandex.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследования по обоснованию параметров высевяющего аппарата как основного узла сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом. Выполнена конструкторская разработка сеялки, особенности которой призваны обеспечить наиболее благоприятные условия роста зерновых культур и повышение урожайности. На основе созданной электронной модели изготовлен опытный образец. На этапе конструкторской разработки были выбраны факторы и уровни их варьирования для проведения экспериментов и обоснования рациональных параметров высевяющего аппарата сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом: дозатора, обеспечивающего равномерное распределение семян по длине полосы посева на 1 м² площади, а также разбрасывателя семян, обеспечивающего равномерное распределение семян по ширине полосы посева 3 м. Рациональные значения параметров дозатора и разбрасывателя определены в результате факторного эксперимента с применением ортогонального центрального композиционного плана. Использовали технологию обработки результатов отдельного опыта с помощью компьютерного зрения, реализованного программой, написанной на языке Python с использованием библиотеки функций и инструментов компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV, а также библиотек NumPy, Pandas и Matplotlib. Результаты полевых испытаний опытного образца сеялки показали равномерное распределение семян как по длине полосы посева, так и по ее ширине, что позволило создать благоприятные условия для роста и развития растений и получения высоких показателей урожайности зерновых культур. Предложенное техническое решение направлено на упрощение конструкции, снижение металлоемкости и повышение технологичности изделия как в производстве, так и в эксплуатации, что позволит применять тракторы меньшего класса с более низким расходом топлива.

Ключевые слова: зерновые культуры, сеялка прямого посева, разбросной способ, высевяющий аппарат, дозатор семян, разбрасыватель семян, факторный эксперимент, автоматизированная обработка, рациональные параметры

Для цитирования: Немтинов К.В., Ерусланова М.А., Ерусланов К.А., Немтинов В.А. Обоснование параметров высевяющего аппарата сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 4(87). С. 119–129. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_4_119-129.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Justification of the parameters of grain-drill feed of a direct seeding planter of grain crops by broadcast sowing

Kirill V. Nemtinov¹, Maria A. Eruslanova²,
Konstantin A. Eruslanov³, Vladimir A. Nemtinov⁴✉

^{1, 2, 4} Tambov State Technical University, Tambov, Russia

^{2, 3} Eruslan Consumer Co-operative, Rostov Oblast, Sholokhovsky District, Russia

⁴ nemtinov.va@yandex.ru✉

Abstract. The results of a study carried out to substantiate the parameters of the seeding apparatus as the main unit of a grain-drill feed of a direct seeding planter of grain crops by broadcast sowing are presented. The design development of the seeder has been carried out, the features of which are designed to provide the most favorable conditions for the growth of grain crops and increase yields. A prototype was made based on the created electronic model. At the development stage, the authors justified the parameters of the seeding apparatus of a grain-drill feed of a direct seeding planter of grain crops by broadcast sowing: a dispenser that provides a uniform number of seeds along the length of the sowing strip per 1 m² of area, as well as a seed spreader that ensures

uniform distribution of seeds across the width of the sowing strip of 3 m. Rational values of the parameters of the dispenser and spreader were determined as a result of a factorial experiment using orthogonal central compositional design. The authors used the technology of processing the results of individual experiments using computer vision implemented by a program written in Python using the OpenCV library of functions and computer vision tools, as well as the Matplotlib, NumPy and Pandas Libraries. The results of field tests of the prototype seeder showed an even distribution of seeds both along the length of the sowing strip and along its width, which allowed creating favorable conditions for the growth and development of plants and obtaining high yields of grain crops. The proposed technical solution is aimed at simplifying the design, reducing metal consumption and increasing the manufacturability of the product both in production and in operation, allowing the use of tractors of a smaller class with lower fuel consumption.

Keywords: grain crops, direct seeding planter, broadcast sowing, seeding machine, seed dispenser, seed spreader, factorial experiment, automated processing, rational parameters

For citation: Nemtinov K.V., Eruslanova M.A., Eruslanov K.A., Nemtinov V.A. Justification of the parameters of grain-drill feed of a direct seeding planter of grain crops by broadcast sowing. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(4):119-129. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_4_119-129.

В настоящее время в Российской Федерации реализуется Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, целью которой является «...обеспечение импортозамещения и повышение эффективности производства в сфере агропромышленного комплекса за счет разработки и внедрения отечественных инновационных технологий и достижений, повышения их конкурентоспособности» [3]. По мнению авторов, заявленная цель может быть достигнута как результат внедрения в первую очередь ресурсосберегающих технологий, в том числе технологий сберегающего земледелия, а также органического сельского хозяйства [9, 10]. Мировой опыт показывает, что эти технологии положительно влияют на состояние верхнего слоя почвы (благодаря образованию водопрочных почвенных агрегатов под действием биогенных факторов), так как подразумевают не просто отказ от вспашки, а применение целого комплекса мероприятий, включающего управление растительными остатками, защищающими почву от ветровой и водной эрозии, использование семян определенных сортов, подбор минеральных удобрений, применение специальной техники.

Стратегической задачей сберегающего земледелия является обеспечение ресурсосбережения, базирующегося на трех ключевых принципах, а именно: минимальное воздействие на почву, диверсифицированный севооборот и достаточный почвенный покров за счет накопления растительных остатков [11, 12]. В настоящее время сельхозтоваропроизводителям рекомендуется применять природоохранные методы производства для сохранения почвенного плодородия. Научные исследования и многолетний практический опыт показывают, что системы сберегающего земледелия потенциально улучшают здоровье почвы, стимулируют почвенное дыхание за счет накопления углерода, повышения содержания влаги в почве, а также активности и численности почвенных микроорганизмов.

Методы обработки почвы также оказывают существенное влияние на показатели качества почвы (физические, химические и биологические свойства). Методы консервирующей обработки почвы (когда растительные остатки остаются на поверхности почвы) способствуют сохранению структуры, защищают от эрозии, удерживают влагу, а также позволяют «улавливать» углерод в почве, тем самым сокращая выбросы парниковых газов в атмосферу [1, 4]. К механическим методам консервирующей обработки почвы относятся такие, как Mini-Till (минимальная обработка), Strip-Till (обработка только узких полос), No-Till (нулевая обработка). Во многом успешная реализация технологии сберегающего земледелия зависит от применяемого при этом оборудования, в частности посевных машин, обеспечивающих подготовку почвы и посев выращиваемых культур [5, 6, 7].

Учитывая приведенную выше аргументацию, авторами выполнена конструкторская разработка сеялки, особенности которой призваны обеспечить наиболее благоприятные условия роста зерновых культур и повышение урожайности. В данной статье

представлено обоснование параметров высевающего аппарата как основного узла сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом.

Разработка электронной модели сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом

Основной задачей, стоявшей перед авторами при создании высевающего аппарата, являлась разработка более простой по сравнению с аналогами конструкции, обеспечивающей повышение технологичности как в производстве, так и в эксплуатации при снижении металлоемкости [8, 13].

Разработанная конструкция сеялки (рис. 1) обеспечивает подачу семян через полые оси вращения режущих дисков сферической формы, установленные в ряды под очень маленьким углом по отношению к поверхности почвы и обращенные к ней вогнутой частью с возможностью варьирования наклона режущих дисков в диапазоне от 6 до 12°. При этом в одном ряду наклон режущих дисков одинаков, а в соседнем диски второго ряда в перпендикулярном направлении смещены относительно дисков первого ряда. Режущие диски третьего ряда смещены относительно дисков первого и второго рядов в перпендикулярном направлении на разный шаг, перекрывая зоны обработки почвы и исключая необрабатываемые пропуски. За третьим рядом дисков установлены разрыхлители в виде вертикальных сферических дисков с чередованием зубцов и пазов по режущей кромке. Разрыхлители расположены парами над каждым режущим диском с противоположным углом атаки, слева и справа относительно направления движения.

Сеялка снабжена одноплоскостной трубчатой рамой, имеющей плоские лапы, в каждой из которых выполнены отверстия, в которые вставлена ось вращения, изготовленная с буртиком, установленным с зазором у выпуклой части режущего диска, на ось напрессован подшипник, неподвижное внутреннее кольцо которого упирается в буртик с радиальным сальником.

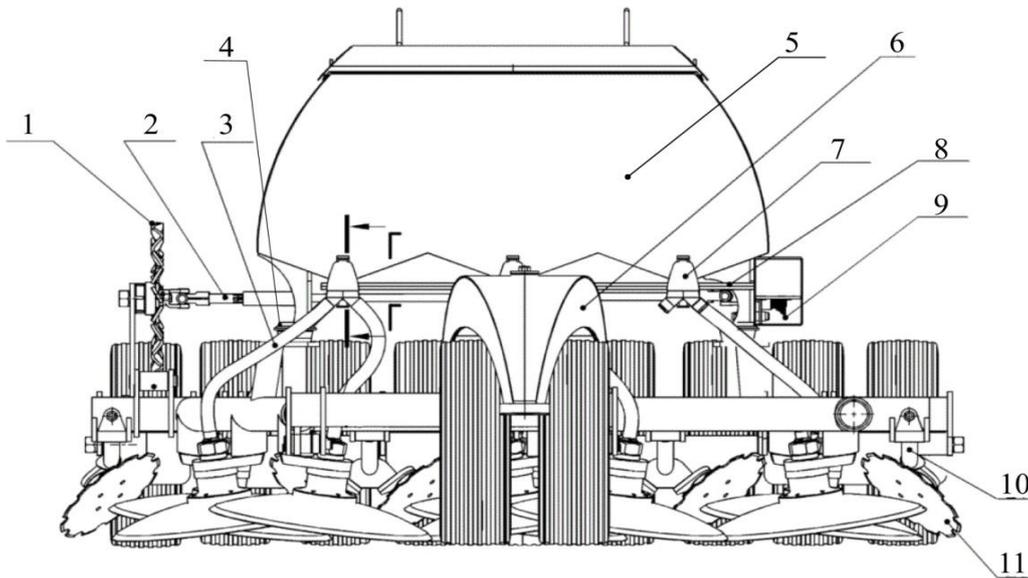


Рис. 1. Визуализация электронной модели сеялки (вид спереди): 1 – диск привода высевающего аппарата; 2 – карданный вал; 3 – семяпровод; 4 – пятка для амортизатора; 5 – бункер; 6 – сцепка; 7 – дозатор высевающего аппарата; 8 – шестигранный вал привода; 9 – редуктор; 10 – стойка; 11 – загорточ

Для подачи семян сеялка оборудована бункером с нижними выходами на корпуса двух рядов высевающих аппаратов. В каждом корпусе расположен цилиндрический дозатор, который захватывает семена снизу, поднимает вверх и выбрасывает в семяпроводы. Далее семена проходят через ось вращения и разбрасывателем направляются

под почвенный пласт. Окончательную заделку семян первого ряда производят диски второго ряда, затем работают диски третьего ряда и разрыхлители, а за ними установлен каток из набора колес, который прикатывает семена после разрыхлителей, уплотняет и выравнивает почву.

В отличие от аналогов упрощена конструкция разработанной авторами сеялки, снижена масса и улучшена технологичность изделия: на простой раме, сваренной в одной плоскости из труб, расположенных для свободного прохождения пожнивных остатков и частичек почвы, с одной стороны установлены стойки с лапами для монтажа дисков, а с другой – для монтажа бункера. Плоскость крепления лап для установки дисков максимально приближена к поверхности почвы, что снизило нагрузки на раму и позволило уменьшить ее материалоемкость.

Опыт эксплуатации посевных машин показал, что для разных почвенных условий и рельефа требуется точная подстройка наклона дисков, и это условие в разработанной конструкции сеялки выполняется достаточно просто, а именно поворотом отбойника, у которого плоскость контакта с плоскостью лапы выполнена под углом по отношению к торцу внутреннего кольца подшипника. Чтобы изменить наклон диска на небольшую величину для точной настройки, необходимо отпустить гайку, повернуть отбойник на нужный угол и снова затянуть гайку. Благодаря новой компоновке подшипникового узла удалось упростить конструкцию при повышении надежности и технологичности.

Предложенное техническое решение позволяет применять тракторы меньшего класса с более низким расходом топлива, при этом настройка угла атаки дисков упрощается.

На основе разработанной электронной модели сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом на производственной базе ПК «Еруслан» был изготовлен опытный образец (рис. 2).



Рис. 2. Опытный образец разработанной сеялки, агрегируемой с трактором тягового класса не более 1,4 (МТЗ-80)

На этапе конструкторской разработки были выбраны факторы и уровни их варьирования для проведения экспериментов и обоснования рациональных параметров высевающего аппарата сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом – дозатора, обеспечивающего равномерное распределение семян по длине полосы посева на всей площади посева, а также разбрасывателя семян, обеспечивающего равномерное распределение семян по ширине полосы посева 3 м.

Исходя из того, что дозатор должен обеспечивать равномерное распределение семян по длине полосы посева, а разбрасыватель – по ширине полосы посева, то определение рациональных значений параметров этих узлов высевающего аппарата сеялки можно провести последовательно. Сначала определим рациональные значения параметров дозатора, а затем – разбрасывателя.

Равномерное распределение семян по длине полосы посева может обеспечиваться за счет варьирования следующих параметров дозаторов: количества ячеек дозатора, объема ячейки каждого из 9 дозаторов, а также скорости его вращения при средней скорости движения посевной машины при посеве 12 км/час. На рисунке 3 приведен вид электронной модели высевающего аппарата, а на рисунке 4 – ее фрагмент.

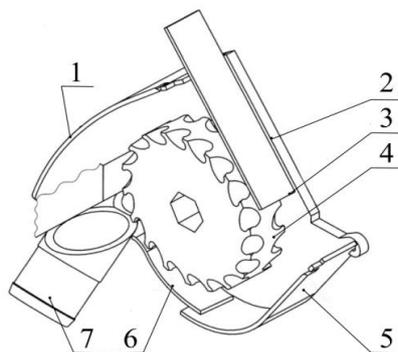


Рис. 3. Вид электронной модели дозатора высевающего аппарата: 1 – верхние подпружиненные дверки; 2 – щека; 3 – окна для выхода семян; 4 – дозатор; 5 – нижние подпружиненные дверки; 6 – пандус; 7 – разделитель

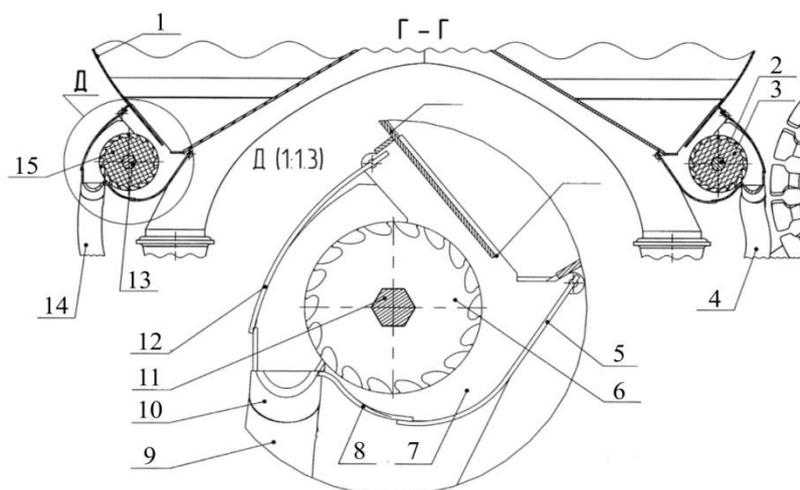


Рис. 4. Разрез Г – Г электронной модели разбрасывателя высевающего аппарата сеялки: 1 – бункер; 2, 11, 13 – валы приводов; 3, 6, 15 – дозаторы; 4, 9, 14 – семяпроводы; 5 – нижние подпружиненные дверки; 7 – щека; 8 – пандус; 10 – разделитель; 12 – верхние подпружиненные дверки

Рассмотрим технологию проведения испытаний и обработки их результатов для определения рациональных значений параметров высевающего аппарата сеялки, которые могут быть определены в результате факторного эксперимента с применением ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) [2, 14]. Эксперимент проводился на опытных полях ПК «Еруслан» Шолоховского района Ростовской области при разбросном посеве озимой пшеницы сорта Тимирязевка 150 (среднепоздний сорт Краснодарской селекции с высокой кустистостью растений). Был сформирован план эксперимента 2-го порядка, обеспечивающий нахождение значений факторов, соответствующих оптимуму поверхности отклика при анализе функционирования физического прототипа сеялки. При его реализации к опытам полного факторного эксперимента до-

бавляются опыты в «звездных точках», а также в центре плана. Общее количество опытов при проведении эксперимента определяется по формуле

$$T_{\text{общ}} = T_0 + 2s + 1,$$

где $T_{\text{общ}}$ – общее количество экспериментов;

T_0 – количество опытов полного факторного эксперимента, равное $2s$;

s – количество факторов при определении рациональных значений параметров высевающего аппарата сеялки (в нашем случае $s = 3$).

Определение рациональных значений параметров дозатора семян высевающего аппарата сеялки

При проведении эксперимента по определению значений параметров дозатора семян были заданы следующие диапазоны варьирования факторов:

- объем ячейки дозатора (x_1) – от 1,0 до 4,5 см³;
- количество ячеек (x_2) – от 12 до 20 шт.;
- скорость вращения дозатора (x_3) – от 30 до 50 об/мин.

В качестве отклика использована функция

$$f(x_1, x_2, x_3) = |N_v - N_{\text{экс.}i}|,$$

где N_v – норма высева семян на 1 м²,

$N_{\text{экс.}i}$ – количество семян при проведении i -го опыта, $i = 1, 2, \dots, 15$.

Для трех факторов коррекция их квадратов $a = 0,73$, «звездное плечо» $\alpha = 1,215$. По результатам опытов был сформирован полином 2-й степени уравнения регрессии, а затем определены рациональные значения исследуемых факторов.

Уровни варьирования выбранных факторов приведены в таблице 1, результаты опытов – в таблице 2.

Таблица 1. Уровни варьирования выбранных факторов

Фактор	$-\alpha$	-1	0	$+1$	$+\alpha$
x_1	1,00	1,31	2,75	4,19	4,50
x_2	12,00	12,71	16,00	19,29	20,00
x_3	30,00	31,75	40,00	48,25	50,00

Таблица 2. Результаты опытов

Уровни варьирования факторов			
x_1	x_2	x_3	$ N_v - N_{\text{экс.}i} $
-1	-1	-1	42
$+1$	-1	-1	45
-1	$+1$	-1	24
$+1$	$+1$	-1	36
-1	-1	$+1$	33
$+1$	-1	$+1$	41
-1	$+1$	$+1$	24
$+1$	$+1$	$+1$	35
$-\alpha$	0	0	16
$+\alpha$	0	0	41
0	$-\alpha$	0	26
0	$+\alpha$	0	27
0	0	$-\alpha$	31
0	0	$+\alpha$	25
0	0	0	19

Технология проведения отдельного опыта и обработки его результатов заключалась в следующем. На ровной поверхности на пути движения сеялки закреплялась белая липкая ткань размером $1 \text{ м} \times 1 \text{ м} = 1 \text{ м}^2$. При посеве пшеницы каждое семя фиксировалось на ткани.

Распознавание координат расположения семян пшеницы (эллипсоидных объектов) на площади 1 м^2 осуществлялось с помощью компьютерного зрения, реализованного обработкой полученных результатов опыта программой, написанной на языке Python с использованием библиотеки функций и инструментов компьютерного зрения и машинного обучения с открытым исходным кодом OpenCV, а также библиотек NumPy, Pandas и Matplotlib.

Процесс распознавания координат состоит из следующих шагов:

- сбор изображения: сделать фото участка с семенами (камера сверху, ровное освещение), которое может быть получено при использовании смартфона или камеры высокого разрешения;
- предобработка изображения: преобразовать цветное изображение в изображение в оттенках серого цвета, убрать шумы с помощью гауссового размытия и применить пороговую обработку (бинаризацию) для выделения контуров;
- выделение объектов: использовать алгоритмы нахождения контуров (cv2.FindContours в OpenCV) и применить метод эллиптического приближения (cv2.fitEllipse);
- извлечение координат: представить каждое семя как эллипс и извлечь координаты центра (X, Y) каждого эллипса;
- калибровка координат: применить трансформацию (cv2.getPerspectiveTransform), если фото сделано с искажением перспективы, и масштабировать координаты относительно 1 м^2 ;
- вывод данных: сохранить координаты в CSV, JSON и определить количество семян на площади посева 1 м^2 .

По результатам обработки результатов всех опытов при проведении ОЦКП получено уравнение следующего вида:

$$f_2(x_1, x_2, x_3) = 19,835 - 5,878x_1 - 3,724x_2 + 1,5x_3 + 0,5x_1x_2 + 1,5x_1x_3 - 0,75x_2x_3 + 5,662x_1^2 + 4,308x_2^2 + 5,324x_3^2.$$

Расчетное значение критерия Фишера F_r в данном случае равно 0,157, а табличное значение $F_t = 2,16$, то есть $F_r < F_t$; следовательно, полином регрессии адекватен объекту исследования.

Равномерное распределение растений озимой пшеницы сорта Тимирязевка 150 при принятом авторами значении количества семян ~ 220 шт. на 1 м^2 обеспечивается функционированием дозатора, имеющего следующие параметры:

- объем ячейки дозатора (x_1) – 1,6–1,8 см³;
- количество ячеек (x_2) – 18 шт.;
- скорость вращения дозатора (x_3) – 40–42 об/мин.

Определение рациональных значений параметров разбрасывателя семян высевяющего аппарата сеялки

Рациональные параметры разбрасывателя семян (рис. 4), обеспечивающего равномерное распределение семян по ширине полосы посева 3 м, определяли аналогично определению значений параметров дозатора. При этом в качестве отклика использовали функцию

$$f(x_1, x_2, x_3) = CV_i,$$

где CV_i – значение коэффициента вариации распределения семян при проведении i -го опыта, $i = 1, 2, \dots, 15$.

При проведении эксперимента по нахождению значений параметров разбрасывателя семян были заданы следующие диапазоны варьирования факторов:

- значение конусности первого конусообразного отражательного элемента (x_1) – от 30 : 60 до 50 : 60;
- значение конусности второго конусообразного отражательного элемента (x_2) – от 5 : 55 до 50 : 55;
- угол поворота оси конусов разбрасывателя относительно линии направления полосы посева (x_3) – от 30 до 50° вправо или влево в зависимости от номера ряда расположения дисков в сеялке.

Уровни варьирования выбранных факторов приведены в таблице 3, результаты опытов – в таблице 4.

Таблица 3. Уровни варьирования выбранных факторов

Фактор	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
x_1	30,0	31,8	40,0	48,5	50,0
x_2	5,0	9,0	27,5	46,0	50,0
x_3	30,0	31,8	40,0	48,3	50,0

Таблица 4. Результаты опытов

Уровни варьирования факторов			
x_1	x_2	x_3	Коэффициент вариации (CV), %
-1	-1	-1	33,2
+1	-1	-1	35,4
-1	+1	-1	13,3
+1	+1	-1	26,5
-1	-1	+1	21,2
+1	-1	+1	31,1
-1	+1	+1	15,3
+1	+1	+1	36,8
$-\alpha$	0	0	14,4
$+\alpha$	0	0	31,1
0	$-\alpha$	0	16,2
0	$+\alpha$	0	18,4
0	0	$-\alpha$	21,6
0	0	$+\alpha$	15,3
0	0	0	9,5

Технология проведения отдельного опыта и обработки его результатов в рамках второго эксперимента заключалась в следующем. На первом этапе она полностью совпадала с технологией первого эксперимента, в результате чего определяли количество семян на площади посева 1 м² и координаты центров эллипсов, которыми описывается каждое семя.

Для оценки равномерности распределения семян использован коэффициент вариации распределения, который определяли с использованием программы, написанной на языке Python, включающей следующие действия:

- разделение площади 1 м² на небольшие равные участки – сетку 10 × 10 = 100 ячеек по 100 см²;
- определение количества семян в каждой ячейке;

- нахождение среднего количества семян на ячейку:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{l=1}^M N_l}{M},$$

где N_l – число семян в l -й ячейке;

M – количество ячеек;

- вычисление стандартного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^M (N_l - \bar{N})^2}{M}};$$

- определение коэффициента вариации (CV):

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{N}} \times 100 \% .$$

Чем меньше значение CV , тем более равномерным будет распределение семян по площади посева.

По результатам обработки результатов второго эксперимента получено уравнение:

$$f_2(x_1, x_2, x_3) = 10,834 - 2,517x_1 - 1,031x_2 + 2,75x_3 + 2,0x_1x_2 + 3,5x_1x_3 + 7,477x_1^2 + 3,753x_2^2 + 4,431x_3^2.$$

Расчетное значение критерия Фишера F_r в данном случае равно 0,249, а табличное значение $F_t = 2,16$, то есть $F_r < F_t$; следовательно, полином регрессии адекватен объекту исследования.

Равномерное распределение растений зерновых культур по ширине полосы и всей площади посева обеспечивается предложенной конструкцией распределителя семян и углом поворота оси конусов разбрасывателя относительно линии направления полосы посева:

- значение конусности первого конусообразного отражательного элемента – 36 : 60;
- значение конусности второго конусообразного отражательного элемента – 35 : 55;
- угол поворота оси конусов разбрасывателя относительно линии направления полосы посева – 45° вправо или влево в зависимости от номера ряда расположения дисков в сеялке.

Эксплуатационные испытания

Эксплуатация опытного образца разработанной сеялки была выполнена осенью 2022 г. на экспериментальных полях ПК «Еруслан» Шолоховского района Ростовской области при разбросном посеве озимой пшеницы сорта Тимирязевка 150 (площадь участка – 50 га).

Предварительная настройка сеялки обеспечила для пшеницы рациональную глубину заделки семян – до 2 см. Предусмотренные в сеялке углы атаки и бокового крена дисков обеспечили разницу глубины залегания семян не более 7 мм.

Среднее количество всходов на 1 м² на десяти разных участках экспериментального поля составило 205 растений при дисперсии 7,28%.

Весной 2023 г. средняя кустистость составила 22 стебля при дисперсии 8,45%. Средняя урожайность при использовании разработанной сеялки превысила 68 ц/га, что на 28,5% больше по сравнению с использованием традиционной технологии подготовки почвы и посева.

Заключение

На основе разработанной электронной модели сеялки прямого посева зерновых культур разбросным способом изготовлен опытный образец.

Обоснованы параметры высевашего аппарата разработанной сеялки.

Равномерное распределение растений зерновых культур обеспечивается функционированием дозатора, имеющего следующие параметры:

- объем ячейки дозатора – 1,6–1,8 см³;
- количество ячеек – 18 шт.;
- скорость вращения дозатора – 40–42 об/мин.

Равномерное распределение растений зерновых культур по ширине полосы и всей площади посева обеспечивается конструкцией распределителя семян и углом поворота оси конусов разбрасывателя относительно линии направления полосы посева:

- значение конусности первого конусообразного отражательного элемента – 36 : 60;
- значение конусности второго конусообразного отражательного элемента – 35 : 55;
- угол поворота оси конусов разбрасывателя относительно линии направления полосы посева – 45° вправо или влево в зависимости от номера ряда расположения дисков в сеялке.

Опытный образец сеялки, выполненной в соответствии с конструкцией, предложенной авторами данного исследования, в процессе эксплуатации показал высокую эффективность.

Список источников

1. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н. и др. Эффективность посева без основной обработки почвы в плодосменном и зернопаровом севооборотах центрального лесостепного Зауралья // Земледелие. 2021. № 6. С. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8.
2. Немтинов К.В. Разработка комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Тамбов, 2018. 153 с.
3. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы: Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71755402/> (дата обращения: 20.05.2025).
4. Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А. и др. Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16, № 2. С. 14–21. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21.
5. Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. и др. Разработка однорядной сеялки с диско-кассетным высевашим устройством для посева зерновых культур колосьями // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 2. С. 82–88. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88.
6. Gierz Ł., Markowski P., Choszcz D.J. et al. Effect of using deflector in the distributor head of a pneumatic seed drill on the oat seed sowing unevenness // Scientific Reports. 2023. Vol. 13(1). Article No. 15471. DOI: 10.1038/s41598-023-42476-5.
7. Isaev Yu.M., Kryuchin N.P., Semashkin N.M. et al. Theoretical studies of movement of loose material in a dosing device // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9(5). Pp. 834–840.
8. Kapustin V., Nemtinov K., Nemtinova Yu. et al. Decision support system for technological maintenance of seeding machines // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 193. Article No. 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301015.
9. Khasawneh A.R., Yahia A.O. Organic farming and conservation tillage influenced soil health component // Fresenius Environmental Bulletin. 2020. Vol. 29(2). Pp. 895–902.
10. Laryushin N.P., Shukov A.V., Kiryukhina T.A. et al. Innovative seed planter implements for resource-saving sowing technologies // IOP: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 953. Article No. 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.
11. Mandal A., Dhaliwal S.S., Mani P.K. et al. Conservation agricultural practices under organic farming // Advances in Organic Farming: Agronomic Soil Management Practices. 1st edition. Chapter 2. Pp. 17–37. DOI: 10.1016/B978-0-12-822358-1.00014-6. Oxford, UK: Woodhead Publishing, Elsevier, 2021. 260 p.
12. Naorem A., Jaison M., Chanu P.H. et al. Energy Use and Economic Evaluation under Conservation and Organic Farming // Handbook of Energy Management in Agriculture. Pp. 1–19. Springer; 2023. 792 p. DOI: 10.1007/978-981-19-7736-7_8-1.
13. Nemtinov V., Kryuchin N., Kryuchin A. et al. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 126. Article No. 00008. DOI: 10.1051/e3sconf/201912600008.
14. Ospanova Sh., Aduov M., Kapov S. et al. The results of experimental research of a rotor seed-metering unit for sowing non-free-flowing seeds // Journal of Agricultural Engineering. 2024. Vol. 55(1). Article No. 1556. DOI: 10.4081/jae.2024.1556.

References

1. Gilev S.D., Tsybalenko I.N., Kopylov A.N. et al. Efficiency of sowing without main tillage in crop rotations of the Central Forest-Steppe Trans-Urals. *Zemledelie*. 2021;6:3-8. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8. (In Russ).
2. Nemtinov K.V. Development of a combined unit for soil preparation and sowing of grain crops: Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Tambov; 2018. 153 p. (In Russ.).
3. On the approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030: Decree of the Government of the Russian Federation of August 25, 2017 No. 996. URL: <https://base.garant.ru/71755402/>. (In Russ).
4. Fedorenko V.F., Petukhov D.A., Sviridova S.A. et al. The effectiveness of no-till sowing and minimal tillage in the cultivation of corn for grain. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022;16(2):14-21. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21. (In Russ).
5. Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V. et al. Development of a Single-Row Ear Seeder Equipped with a Disk-Cassette Sowing Device. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023;17(2):82-88. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88. (In Russ).
6. Gierz Ł., Markowski P., Choszcz D.J. et al. Effect of using deflector in the distributor head of a pneumatic seed drill on the oat seed sowing unevenness. *Scientific Reports*. 2023;13(1):15471. DOI: 10.1038/s41598-023-42476-5.
7. Isaev Yu.M., Kryuchin N.P., Semashkin N.M. et al. Theoretical studies of movement of loose material in a dosing device. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018;9(5):834-840.
8. Kapustin V., Nemtinov K., Nemtinova Yu. et al. Decision support system for technological maintenance of seeding machines. *E3S Web of Conferences*. 2020;193:01015. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301015.
9. Khasawneh A.R., Yahia A.O. Organic farming and conservation tillage influenced soil health component. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29(2):895-902.
10. Laryushin N.P., Shukov A.V., Kiryukhina T.A. et al. Innovative seed planter implements for resource-saving sowing technologies. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021;953:012012. DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.
11. Mandal A., Dhaliwal S.S., Mani P.K. et al. Conservation agricultural practices under organic farming. In book *Advances in Organic Farming: Agronomic Soil Management Practices*. 1st edition. Chapter 2. Pp. 17–37. DOI: 10.1016/B978-0-12-822358-1.00014-6. Oxford, UK: Woodhead Publishing, Elsevier, 2021. 260 p.
12. Naorem A., Jaison M., Chanu P.H. et al. Energy Use and Economic Evaluation Under Conservation and Organic Farming. In *Handbook of Energy Management in Agriculture*. Pp. 1–19. Springer; 2023. 792 p. DOI: 10.1007/978-981-19-7736-7_8-1.
13. Nemtinov V., Kryuchin N., Kryuchin A. et al. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines. *E3S Web of Conferences*. 2019;126:00008. DOI: 10.1051/e3sconf/201912600008.
14. Ospanova Sh., Aduov M., Kapov S. et al. The results of experimental research of a rotor seed-metering unit for sowing non-free-flowing seeds. *Journal of Agricultural Engineering*. 2024;55(1):1556. DOI: 10.4081/jae.2024.1556.

Информация об авторах

К.В. Немтинов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник центра прототипирования и промышленного дизайна ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», kir155@mail.ru.
 М.А. Ерусланова – аспирант ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»; ведущий специалист ПК «Еруслан», marieruslan@yandex.ru.
 К.А. Ерусланов – ведущий специалист ПК «Еруслан», eruslan10@mail.ru.
 В.А. Немтинов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», nemtinov.va@yandex.ru.

Information about the authors

K.V. Nemtinov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist, Center for Prototyping and Industrial Design, Tambov State Technical University, kir155@mail.ru.
 M.A. Eruslanova, Postgraduate Student, Tambov State Technical University; Leading Specialist, Eruslan Consumer Co-operative, marieruslan@yandex.ru.
 K.A. Eruslanov, Leading Specialist, Eruslan Consumer Co-operative, eruslan10@mail.ru.
 V.A. Nemtinov, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Professor, the Dept. of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering, Tambov State Technical University, nemtinov.va@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 10.08.2025; одобрена после рецензирования 26.09.2025; принята к публикации 10.10.2025.

The article was submitted 10.08.2025; approved after reviewing 26.09.2025; accepted for publication 10.10.2025.

© Немтинов К.В., Ерусланова М.А., Ерусланов К.А., Немтинов В.А., 2025