

EDN: SOPNUN

DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-55-60

Научная статья
УДК 631.331

Особенности сеялки для прямого посева зерновых культур

Мария Алексеевна Ерусланова^{1,2},ведущий специалист, аспирант,
e-mail: marieruslan@yandex.ru;**Кирилл Владимирович Немтинов²,**кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: kir155@mail.ru;**Константин Алексеевич Ерусланов¹,**ведущий специалист,
e-mail: eruslan10@yandex.ru;**Владимир Алексеевич Немтинов²,**доктор технических наук, профессор,
e-mail: nemtinov.va@yandex.ru¹ПК «Еруслан», Ростовская обл., Шолоховский район, хутор Громковский, Российская Федерация;²Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация

Реферат. В рамках реализации энергосберегающей технологии выращивания зерновых культур этапы подготовки почвы и посева наиболее важны. В связи с этим актуальная задача состоит в повышении эффективности посевных машин. (*Цель исследования*) Разработка физического прототипа сеялки, конструкция которой позволит при максимальном упрощении по сравнению с аналогами снизить металлоемкость, повысить технологичность, обеспечить наилучшие условия роста культур. (*Материалы и методы*) Конструкторское решение при создании электронной модели (цифрового двойника) сеялки и ее физического прототипа базировалось на использовании методов системного анализа, математического моделирования, планирования эксперимента. Эксперименты выполнены с применением сертифицированного оборудования в полевых и лабораторных условиях. (*Результаты и обсуждение*) Сеялка представляет собой закрепленный на раме бункер для семян с высевальными аппаратами и семяпроводами. Семена подаются сквозь полые оси вращения режущих дисков сферической формы. Диски закреплены на раме, обращены к поверхности почвы вогнутой частью и расположены к ней под углом, а также под углом к направлению движения с возможностью регулирования угла наклона от 0 до 90 градусов. В одном ряду наклон дисков одинаковый, в соседнем противоположный, при этом 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 сеялки. (*Выводы*) Предложенное решение позволяет применять тракторы меньшего класса с меньшим расходом топлива для скоростного сплошного посева зерновых, бобовых и масличных культур, многолетних трав.

Ключевые слова: зерновые культуры, прямой посев, сеялка, конструкторская разработка, основные узлы, электронная модель, физический прототип.

■ **Для цитирования:** Ерусланова М.А., Немтинов К.В., Ерусланов К.А., Немтинов В.А. Особенности сеялки для прямого посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. Т. 19. №1. С. 55-60. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-55-60. EDN: SOPNUN.

Scientific article

Design Features of the Seeder for Direct Sowing of Grain Crops

Maria A. Eruslanova^{1,2},director,
e-mail: marieruslan@yandex.ru;**Kirill V. Nemtinov²,**Ph.D. (Eng.), senior researcher,
e-mail: kir155@mail.ru;**Konstantin A. Eruslanov¹,**leading specialist,
e-mail: eruslan10@yandex.ru;**Vladimir A. Nemtinov²,**Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: nemtinov.va@yandex.ru¹PC Yeruslan, Gromkovsky khutor, Sholokhovsky district, Rostov region, Russian Federation;²Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

Abstract. In energy-saving technologies for cereal crop cultivation, the soil preparation and sowing stages are the most critical. Therefore, improving the efficiency of sowing machines is a pressing task. (*Research purpose*) To develop a physical prototype of a seeder with a significantly simplified design compared to existing analogues. The proposed design aims to reduce metal consumption, enhance manufacturability, and ensure optimal conditions for crop growth. (*Materials and methods*) The design of the electronic model (digital twin) of the seeder and its physical prototype were developed using system analysis methods, mathematical modeling, and experimental planning. Experiments were conducted in both field and laboratory conditions using certified equipment. (*Results and discussion*) The seeder contains a seed hopper mounted on a frame, equipped with sowing devices and seed tubes. Seeds are supplied through hollow rotating shafts of spherical cutting discs. These discs are mounted on a frame with their concave part facing the soil surface. At the same time the cutting discs are positioned at an angle relative to both the soil and the direction of movement with the possibility of adjusting the angle of inclination between 0 to 90 degrees. In one row, the inclination of the discs is the same, and in the adjacent row, the inclination is reversed. Additionally, the cutting discs in the second row are positioned perpendicularly relative to those in the first row. The cutting discs in the third row are offset relative to the discs in the first and second rows in a perpendicular direction at varying intervals. This arrangement ensures complete soil coverage, preventing untreated gaps. Behind the third row of discs, loosening elements are installed in the form of vertical spherical discs with alternating teeth and grooves along the cutting edge. These elements are positioned on the left and right sides relative to seeder's movement and arranged in pairs above each cutting disc, with opposite attack angles. (*Conclusions*) The proposed solution for the seeder simplifies its design and reduces metal consumption, enabling the use of smaller class tractors for high-speed continuous sowing of cereals, legumes, oilseeds, and perennial grasses.

Keywords: cereal crops, direct seeding, seeder, design development, main units, electronic model, physical prototype.

■ **For citation:** Eruslanova M.A., Nemtinov K.V., Eruslanov K.A., Nemtinov V.A. Design features of the seeder for direct sowing of grain crops. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N1. 55-60 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-55-60. EDN: SOPNUN.

Для реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы и стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции» [1] необходимо обеспечить отрасли агропромышленного комплекса актуальными для современного рынка научными разработками и технологиями для повышения конкурентоспособности [2]. Одним из направлений является внедрение бережливого земледелия, предполагающего рационализацию севооборота. Это касается не только включения в севооборот рентабельных культур, повышения плодородия, выбора средств борьбы с болезнями растений, вредителями, но также применения комбинированных сельскохозяйственных агрегатов, выполняющих несколько операций за один проход [3].

При переходе к бережливому земледелию следует учитывать климатические особенности региона, биологические характеристики и требовательность культур [4]. Более щадящая безотвальная обработка почвы позволяет снизить риск эрозии, повысить активность почвенных микроорганизмов [5]. При технологии минимальной и нулевой обработки почвы используется метод прямого посева [6].

Преимущества прямого посева [7]:

- минимизация оборачивания почвы способствует сохранению ее структуры и биологической активности;
- экономия времени и топлива, так как не требуются плугование и другие операции по обработке почвы;

- быстрая обработка больших участков за счет высокой производительности.

К недостаткам сеялок прямого посева можно отнести [8]:

- сложность настройки, для точного высева требуется хорошая калибровка и настройка сеялки;
- при неправильной настройке могут возникнуть проблемы с сорняками;
- ограничения по культурам – не все культуры подходят для такой технологии из-за требований к глубине посева или других факторов.

В работе рассмотрены вопросы конструирования сеялки прямого посева разбросным способом, который обеспечивает практически одинаковую площадь питания для каждого растения [9].

Цель исследования – разработка физического прототипа сеялки, которая обеспечит наилучшие условия для посевных культур и значительный рост урожайности. Ставилась задача создания конструкции, которая при максимальном упрощении узлов по сравнению с аналогами [10], в том числе сеялкой-культиватором СКСС-2,5 [11], позволит снизить металлоемкость и повысить технологичность машины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Физический прототип сеялки прямого посева зерновых культур создан на основе разработок ведущих российских и зарубежных ученых в области конструирования посевной техники [12].

Конструкторское решение по созданию электронной модели (цифрового двойника) сеялки на

первом этапе и затем ее физического прототипа базировалось на использовании методов системного анализа, математического моделирования, планирования эксперимента [13]. Эксперименты выполнены с применением сертифицированного оборудования в полевых и лабораторных условиях, данные обрабатывались в среде программ *MathCAD*, *Excel* [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Электронная модель сеялки и ее элементов представлена на рисунке 1.

Сеялка с дугообразной цепкой 1 представляет собой раму 13, траверсу 10, двуплечие рычаги 7, 8, уши 9, крепления гидроцилиндров, вращающуюся вокруг своей оси опоры, на которой смонтированы парные колеса. Катки выполнены в виде колес 5 и 6, установленных парами в шахматном порядке (рис. 1, I). Под цепкой расположены передние колеса, но цепка может быть выполнена плоской, а парные колеса могут быть разнесены на края сеялки с установкой дополнительной опоры.

На раме 13 установлены лапы 15 по наклону дисков 14, а сверху рамы – стойки с пятками для амортизаторов бункера семян 2 (рис. 1, II). Диск привода 4 высевающих аппаратов может вращаться от колеса 5, но может быть установлен с заглублением в почву и при движении сеялки начинает вращать карданный вал 3 и редуктор 22. Выходной шестигранный вал привода 21 проходит сквозь высевающие аппараты 20, семена из которого попадают в семяпроводы 28 и через полые оси под диски 14 в почву. На дополнительной стойке 12, установленной на раме 13, смонтированы разрыхлители 11.

На лапах 15, приваренных к стойкам рамы 13, смонтированы режущие диски 14 с подшипниковыми узлами. Ниппель для семяпроводов 18 смонтирован на оси вращения 24 каждого режущего диска 14. Ось вращения 24 вставлена в отверстие лапы 15 и гайкой 27 через шайбу 26 прижата к отбойнику 25.

Зазоры Ж и И, обозначенные на разрезах Б-Б и В-В, отражают скос отбойника в незажатом состоянии после затягивания гайки 27. Для большей эффективности такого метода подстройки наклона режущих дисков может быть выбрано более свободное поле допусков для посадки оси вращения 24 в отверстие лапы 15.

Обеспечивающие герметичность сальники 28 установлены между отбойником 29 и упором корпуса 33 подшипника 34, зафиксированного стопорной шайбой 30, и между корпусом 33 и буртиком оси вращения 24, в нижней части которой установлен разбрасыватель семян 31.

В корпусах высевающих аппаратов 20 установлены цилиндрические дозаторы 38. Сквозь их шестигранное отверстие проходит шестигранный вал привода 21 редуктора 22, из которого выходят два таких вала 21 на два ряда высевающих аппаратов 20

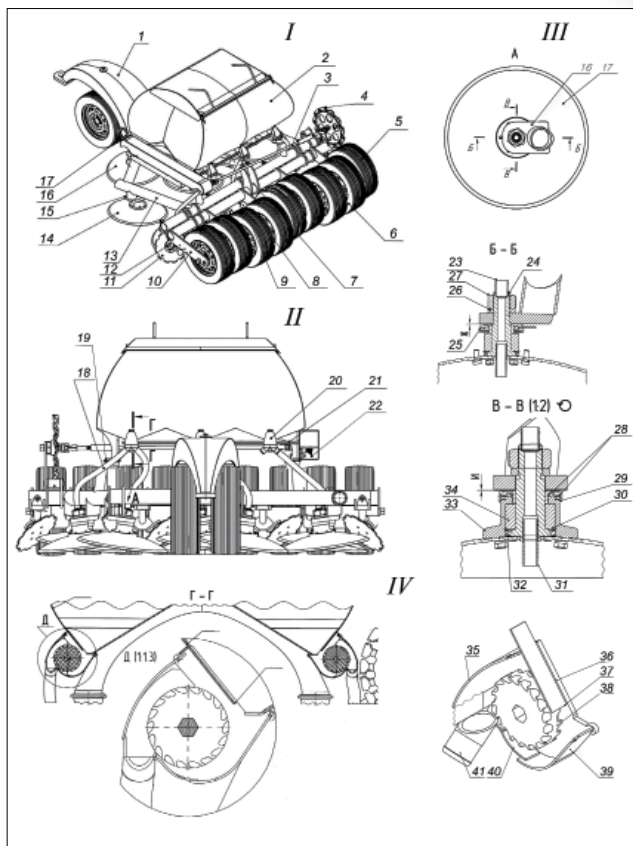


Рис. 1. Электронная модель сеялки: I – вид сверху; II – вид спереди; III – узел крепления режущего диска; IV – высевающий аппарат; 1 – цепка; 2 – бункер; 3 – карданный вал; 4 – диск привода высевающего аппарата; 5, 6 – колеса; 7, 8 – двуплечие рычаги; 9 – уши; 10 – траверса; 11 – разрыхлители; 12 – стойки; 13 – рама; 14, 16 – режущие диски; 15 – лапы; 17 – двуплечие рычаги; 18 – семяпроводы; 19 – пятки для амортизаторов; 20 – высевающий аппарат; 21 – шестигранный вал привода; 22 – редуктор; 23 – ниппель; 24 – ось; 25, 29 – отбойник; 26 – шайба; 27 – гайка; 28 – сальник; 30 – стопорная шайба; 31 – разбрасыватель семян; 32 – сальник; 33 – корпус; 34 – подшипник; 35 – верхние подпружиненные дверки; 36 – щека; 37 – окна для выхода семян; 38 – дозатор; 39 – нижние подпружиненные дверки; 40 – пандус; 41 – разделитель

Fig. 1. Electronic model of the seeder: I – top view; II – front view; III – mounting unit of the cutting disc; IV – seed metering mechanism; 1 – hitch; 2 – seed hopper; 3 – power take-off shaft; 4 – seed metering drive wheel; 5, 6 – wheels; 7, 8 – double-arm levers; 9 – mounting lugs; 10 – crossbeam; 11 – soil loosening tools; 12 – support posts; 13 – frame; 14, 16 – cutting discs; 15 – shanks; 17 – double-arm levers; 18 – seed tubes; 19 – shock absorber pads; 20 – seed metering device; 21 – hexagonal drive shaft; 22 – gearbox; 23 – nipple; 24 – axle; 25, 29 – deflector; 26 – washer; 27 – nut; 28 – seal; 30 – lock washer; 31 – seed spreader; 32 – seal; 33 – housing; 34 – bearing; 35 – upper spring-loaded flaps; 36 – side panel; 37 – seed outlet openings; 38 – seed metering unit; 39 – lower spring-loaded flaps; 40 – guide ramp; 41 – divider

(рис. 1, IV). В нижней части бункера 2 выполнены выходы 37 (окна) для семян. Под выходами находятся нижние подпружиненные дверки 39, а напротив через дозатор 38 – верхние подпружиненные дверки 35, под ними находится разделитель 41 подачи семян в два канала семяпроводов [15].

Справа от разделителя 41 под дозатором 38 смонтирован пандус 40, а по торцам корпуса установлены две щеки 36. Эти детали вместе с дверкой 39 и дозатором 38 помогают сформировать пространство накопления небольшой дозы семян в виде хвостика запятой, что позволяет эффективно наполнять ячейки дозатора, вращающегося против часовой стрелки (рис. 1, IV).

Если открыть подпружиненные дверки 35, вынуть из цилиндрических дозаторов 38 шестигранный вал привода 21, то дозатор 38 для пшеницы быстро заменяется дозаторами других семян. Подпружиненные дверки 39 позволяют удалить остатки семян из высевающего аппарата 20 или очистить ячейки дозатора, расположенные на ребрах пересечения цилиндрической и торцовых поверхностей дозаторов [16].



Рис. 2. Физический прототип сеялки прямого посева зерновых культур

Fig. 2. Prototype of the developed seeder for direct sowing of grain crops

Масса сеялки эксплуатационная (включая семена и удобрения) составляет около 1500 кг, соответственно масса трех ее секций с рабочей шириной захвата 9 м – 4500 кг, что позволяет агрегатировать сеялку с трактором тягового класса не более 1,4 (МТЗ-80). Это значительно меньше по сравнению с аналогами [10].

Испытания прототипа сеялки (рис. 2) проводили осенью 2022 г. на экспериментальных полях пло-

щадью 50 га ПК «Еруслан» при разбросном посеве озимой пшеницы среднепозднего сорта *Тимирязевка 150* Краснодарской селекции [17]. Предварительная настройка сеялки обеспечивает для пшеницы оптимальную глубину заделки семян до 2 см. При этом верхний слой должен быть рыхлым, обеспечивающим росткам его лучшее преодоление, а нижний слой – достаточно плотным и влажным. В этом случае создаются условия для формирования продуктивных органов растений [18].

При средней глубине заделки семян озимой пшеницы до 2 см получена равномерная всхожесть на всей площади посева. Установленные в сеялке углы атаки и бокового крена дисков 17 обеспечивают 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%. В предложенной конструкции высевающего аппарата разделитель 41 и пандус 40 имеют конические поверхности, обеспечивающие равномерное распределение семян по ширине, а при средней скорости движения сеялки 12 км/ч обеспечивается равномерное распределение на всей площади.

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

Выводы. Внедрение технологий бережливого земледелия позволяет повысить рентабельность агробизнеса за счет: снижения затрат на производство, рационального использования ресурсов, самовосстановления почв. Переосмыслив свои подходы к обработке почв, в настоящее время многие российские хлеборобы активно осваивают так называемые технологии нулевой вспашки (или прямого посева *No till*) и другие, направленные на бережное возделывание почвы.

Конструкторская разработка, предложенная авторами, позволила снизить металлоемкость и массу сеялки, а значит применять тракторы меньшего класса с более низким расходом топлива, а также значительно повысить урожайность зерновых культур по сравнению с традиционной технологией земледелия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов Ю.А. Развитие агропромышленного комплекса России и обеспечение продовольственной безопасности страны в условиях санкций // *Экономический анализ: теория и практика*. 2022. Т. 21. №8(527). С. 1390-1419. DOI: 10.24891/ea.21.8.1390.
2. Cucchiaro S., Carretta L., Nasta P. et al. Multi-temporal geomorphometric analysis to assess soil erosion under different tillage practices: A methodological case study. *Journal of Agricultural Engineering*. 2022. Vol. 53. N1. DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.

3. Laryushin N.P., Shukov A.V., Kiryukhina T.A., Yashin A.V. Innovative seed planter implements for resource-saving sowing technologies. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 953. 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.
4. 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. N1. 1556. DOI: 10.4081/jae.2024.1556.
5. Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Лазуткина С.А., Албутов С.П. Обоснование плотности почвы, формируемой катком гребневой сеялки // *Техника и оборудование для села*. 2021. N11(293). С. 14-16. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-14-16.
6. 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. N6. С. 3-8. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8.
7. 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. N2. С. 14-21. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21.
8. Женченко К.Г., Турин Е.Н., Гонгало А.А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (No-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // *Зерновое хозяйство России*. 2020. N5 (71). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
9. Gierz Ł., Markowski P., Choszcz D. Ja., Wojcieszak D. Effect of using deflector in the distributor head of a pneumatic seed drill on the oat seed sowing unevenness. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. N1. 15471. DOI: 10.1038/s41598-023-42476-5.
10. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Зазуля А.Н. Конструирование и расчет посевного комплекса для мелких зерновых культур // *Вестник АПК Ставрополя*. 2015. N1(17). С. 50-54. EDN: TXGEDJ.
11. Искаков Р.М., Торегаали Д. Патентный анализ современных сеялок // *Молодой ученый*. 2017. N15(149). С. 56-59. EDN: YLNROP.
12. Nemtinov V., Zazulya A., Kapustin V., Nemtinova Y. Analysis of decision-making options in complex technical system design. *Journal of Physics*. 2019. Vol. 1278. 012018. DOI: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018.
13. Mokrozub V.G., Nemtinov K.V., Sharonin K.A. Domain-invariant software for computer-aided systems for allocating spatial objects. *Automatic. Documentation and Mathematical Linguistic*. 2012. Vol. 46. N2. 68-78. DOI: 0.3103/S0005105512020033.
14. Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. и др. Разработка однорядной сеялки с диско-кассетным высевающим устройством для посева зерновых культур колосьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. N2. С. 82-88. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88.
15. Isaev Yu.M., Kryuchin N.P., Semashkin N.M., Kryuchin A.N. Theoretical studies of movement of loose material in a dosing device. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. N5. 834-840. EDN: XPNHWH.
16. Kapustin V., Nemtinov K., Nemtinova Yu., Nemtinov V. Decision support system for technological maintenance of seeding machines. *E3S Web*. 2020. 193, 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301015.
17. Горянин О.И., Щербинина Е.В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в Поволжье // *Аграрный научный журнал*. 2020. N6. С. 11-14. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp11-14.
18. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Мокриков Г.В., Шуркин А.Ю. Плодородие почвы: настоящее и будущее нашего земледелия // *Земледелие*. 2018. N5. С. 4-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10501.

REFERENCES

1. Kuznetsov Yu.A. Development of the agro-industrial complex of Russia and ensuring the country's food security under sanctions. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2022. Vol. 21. N8(527). 1390-1419 (In Russian). DOI: 10.24891/ea.21.8.1390.
2. Cucchiaro S., Carretta L., Nasta P. et al. Multi-temporal geomorphometric analysis to assess soil erosion under different tillage practices: A methodological case study. *Journal of Agricultural Engineering*. 2022. Vol. 53. N1 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.
3. Laryushin N.P., Shukov A.V., Kiryukhina T.A., Yashin A.V. Innovative seed planter implements for resource-saving sowing technologies. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 953. 012012 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/953/1/012012.
4. 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. N1. 1556 (In English). DOI: 10.4081/jae.2024.1556.
5. Zykin E.S., Kurdyumov V.I., Lazutkina S.A., Albutov S.P. Substantiation of the density of the soil formed by a ridge drill roller. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021. N11(293). 4-16 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-14-16.
6. Gilev S.D., Tsybalenko I.N., Kopylov A.N. Efficiency of sowing without main tillage in crop rotations of the Central Forest-Steppe Trans-Urals. *Zemledelie*. 2021. N6. 3-8 (In Russian). DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8.
7. 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. Vol. 16. N2. 1421 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21.
8. Zhenchenko K.G., Turin E.N., Gongalo A.A. The study results of the farming system of direct sowing (no-till) when growing winter wheat in the central steppe of the Crimea. *Grain Economy of Russia*. 2020. N5 (71). 45-52 (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
 9. Gierz L., Markowski P., Choszcz D. Ja., Wojcieszak D. Effect of using deflector in the distributor head of a pneumatic seed drill on the oat seed sowing unevenness. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. N1. 15471 (In English). DOI: 10.1038/s41598-023-42476-5.
 10. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Zazulya A.N. Design and calculations of a seeding complex for small grains. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015. N1(17). 50-54 (In Russian). EDN: TXGEDJ.
 11. Isakov R.M., Toregali D. Patent analysis of modern seeders. *Young scientist*. 2017. N5(149). 56-59 (In Russian). EDN: YLNROP.
 12. Nemtinov V., Zazulya A., Kapustin V., Nemtinova Y. Analysis of decision-making options in complex technical system design. *Journal of Physics*. 2019. Vol. 1278. 012018 (In English). DOI: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018.
 13. Mokrozub V.G., Nemtinov K.V., Sharonin K.A. Domain-invariant software for computer-aided systems for allocating spatial objects. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistic*. 2012. Vol. 46. N2. 68-78 (In English). DOI: 0.3103/S0005105512020033.
 14. 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. Vol. 17. N2. 82-88. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88.
 15. Isaev Yu.M., Kryuchin N.P., Semashkin N.M., Kryuchin A.N. Theoretical studies of movement of loose material in a dosing device. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. N5. 834-840 (In English). EDN: XPNHWH.
 16. Kapustin V., Nemtinov K., Nemtinova Yu., Nemtinov V. Decision support system for technological maintenance of seeding machines. *E3S Web*. 2020. 193. 01015 (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202019301015.
 17. Goryanin O.I., Shcherbinina E.V. Improving the technology of spring wheat cultivation in the Volga Region. *Agrarian Scientific Journal*. 2020. N6. 11-14 (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp11-14.
 18. Zelenskii N.A., Zelenskaya G.M., Mokrikov G.V. et al. Soil fertility: present and future of our agriculture. *Zemledelie*. 2018. N5. 4-7 (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10501.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Ерусланова М.А. — проработка вопросов, связанных с конструкцией отдельных узлов проектируемой сеялки, их описание;

Немтинов К.В. — составление плана статьи, создание электронной модели разработанной конструкции сеялки, работа над текстом (сведение частей рукописи);

Ерусланов К.А. — генерация вариантов проектного решения сеялки, руководство работами по созданию физического прототипа, работа над текстом совместно с соавторами, проведение экспериментальных исследований;

Немтинов В.А. — общее руководство, а также решение методологических и практических вопросов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Eruslanova M.A. — development of aspects related to the design of individual units of the proposed seeder, and their description;

Nemtinov K.V. — drafting the manuscript plan, creating the electronic model of the developed seeder design, contributing to the work on the manuscript text by compiling its parts;

Eruslanov K.A. — generating design options for the seeder, supervising the development of the physical prototype, working on the manuscript text together with the coauthors, conducting experimental research;

Nemtinov V.A. — general supervision, as well as address distribution of roles in the author's team, as well as solving methodological and practical issues. working on the article manuscript.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

03.12.2024
25.02.2025