

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-628953>

Оригинальное исследование



Разработка машины для обработки почвы и посева зерновых культур

М.А. Ерусланова¹, К.В. Немтинов², К.А. Ерусланов¹, В.А. Немтинов²¹ «Еруслан», хутор Громковский, Российская Федерация;² Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. При проектировании посевных машин предъявляются требования, обеспечивающие подготовку почвы и посев зерновых культур в рамках реализации энергосберегающей технологии, так как от этих видов работ в значительной степени зависит их урожайность. Таким образом, повышение эффективности посевных машин является актуальной задачей.

Цель работы — разработка конструкции сеялки, позволяющей при максимальном упрощении конструкции по сравнению с аналогами, снижении металлоемкости и повышении технологичности изделия, как в производстве, так и при её эксплуатации, обеспечить наилучшие условия роста посевных культур и значительный рост урожайности. За один проход сеялка высевает основную культуру, мелкосемянную культуру (бинарный компонент) и вносит минеральные удобрения, а также может быть использована при вводе в оборот бросовых и залежных земель.

Материалы и методы. При разработке конструкции сеялки использовались методы системного анализа, математического моделирования, планирования эксперимента. Экспериментальные исследования проводились в полевых и лабораторных условиях в соответствии с существующими методиками, с использованием современных электронных и механических приборов. Обработка экспериментальных данных проводилась в среде системы «MathCAD», «Microsoft Office Excel».

Результаты. В отличие от известных аналогов в предлагаемом техническом решении сеялки упрощена конструкция, снижена масса и улучшена технологичность изделия на простой раме, сваренной в одной плоскости из труб, но достаточно свободной для 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 её металлоемкость. Разработанная авторами сеялка-культиватор позволяет реализовать все операции, связанные с обработкой почвы и посевом зерновых культур.

Заключение. Полученные авторами проектные решения по сеялке-культиватору упростили конструкцию сеялки по сравнению с аналогами, снизили её металлоемкость, а значит и массу, что позволяет применять тракторы меньшего класса с меньшим расходом топлива. Также упростилась настройка угла атаки дисков, а дополнительная установка разрыхлителей снизила засоряемость сеялки пожнивными остатками и комками почвы.

Ключевые слова: энергосберегающая технология земледелия; трактор; посевная машина; сеялка-культиватор; зерновые культуры; конструкторская разработка; металлоёмкость и технологичность; обработка почвы и посев зерновых культур.

Как цитировать:

Ерусланова М.А., Немтинов К.В., Ерусланов К.А., Немтинов В.А. Разработка машины для обработки почвы и посева зерновых культур // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 522–532. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-628953>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-628953>

Original Study Article

Development of a machine for tillage and sowing of grain crops

Maria A. Eruslanova¹, Kirill V. Nemtinov², Konstantin A. Eruslanov¹, Vladimir A. Nemtinov²

¹ Yeruslan, Gromkovsky, Russian Federation;

² Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: When designing sowing machines, requirements are imposed to ensure soil preparation and sowing of grain crops as part of the implementation of energy-saving technology, since their productivity largely depends on these types of work. Thus, increasing the efficiency of sowing machines is an urgent task.

AIM: The development of a seeder design that allows, with maximum simplification of the design compared with analogues, reducing metal consumption and increasing the manufacturability of the product, both in production and in operation, to ensure the best conditions for the growth of crops and a significant increase in yield. In one pass, the seeder sows the main crop, small-seeded crop (binary component) and introduces mineral fertilizers, and can also be used when putting waste and fallow lands into circulation.

METHODS: Methods of system analysis, mathematical modeling, and experiment planning were used in the development of the drill design. Experimental studies were conducted in the field and laboratory conditions in accordance with existing methods, using modern electronic and mechanical devices. Experimental data processing was carried out in the environment of the MathCAD system, Microsoft Office Excel.

RESULTS: In contrast to known analogues, the proposed technical solution of the seeder simplifies the design, reduces the weight and improves the manufacturability of the product — on a simple frame welded in one plane from pipes, but free enough for the passage of crop residues and soil particles, on one side are installed stands with tines for mounting discs, and on the other - for mounting the hopper. The plane of attachment of tines for disc mounting is as close as possible to the soil surface, which reduced the load on the frame and reduced its material intensity. The seed drill-cultivator developed by the authors allows to realise all operations related to soil cultivation and sowing of grain crops

CONCLUSION: The design solutions for the cultivator planter obtained by the authors simplified the design of the planter compared to its analogues, reduced its metal consumption, and therefore its weight, which makes it possible to use tractors of a smaller class with lower fuel consumption. The adjustment of the angle of attack of the discs has also been simplified, and the additional installation of baking powder has reduced the clogging of the seeder with crop residues and soil lumps.

Keywords: energy-saving farming technology; tractor; sowing machine; seeder cultivator; grain crops; design development; metal consumption and manufacturability; tillage and sowing of grain crops.

To cite this article:

Eruslanova MA, Nemtinov KV, Eruslanov KA, Nemtinov VA. Development of a machine for tillage and sowing of grain crops. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024; 91(5):522–532. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-628953>

Received: 11.03.2024

Accepted: 18.11.2024

Published online: 26.11.2024

ВВЕДЕНИЕ

Многokратная вспашка почв, которая до недавнего времени считалась основой земледелия, не отвечает вызовам нового тысячелетия. В современном сельском хозяйстве нет места для столь варварских и разрушающих естественную структуру почв технологий. Сберегающее земледелие не только позволяет повысить урожайность, но также сокращает расходы на подготовку пахотных угодий, способствует оздоровлению почвы, направлению почвообразовательного процесса в его естественное состояние [1–3].

Приверженцы традиционного земледелия используют метод отвальной вспашки, который предполагает механическое воздействие на плодородный слой почвы отвальным плугом. Такой сельскохозяйственный агрегат буквально вонзается в почву, оборачивает и крошит пахотный слой на глубине до 20 см и более. Считается, что таким образом почва насыщается кислородом и становится пригодной для засева. На практике отвальная вспашка способствует развитию эрозионных процессов, накоплению талых вод [4, 5].

Более щадящим вариантом обработки почв считается безотвальная обработка почвы, которая снижает риск эрозии и способствует повышению активности микроорганизмов. Но и она в полной мере не удовлетворяет принципам сберегающего земледелия [6–7].

Сберегающее земледелие предполагает рационализацию севооборота, в который важно включать не только рентабельные культуры, но и повышающие плодородность, вдумчивый подход к выбору средств борьбы с болезнями растений, вредителями, применение комбинированных сельскохозяйственных агрегатов, обеспечивающих выполнение нескольких операций за один проход [8, 9].

В мировой практике известны случаи успешного внедрения сберегающего земледелия в странах с засушливым климатом, где уровень осадков не превышает 250–300 мм. Щадящая обработка уместна и при высоких показателях увлажнения (более 700–800 мм). Технологии беспашотной обработки и их гибриды (например, Strip-Till) работают на очень легких суперпесчаных и тяжелоглинистых почвах.

При принятии решения о переходе к сберегающему земледелию, стоит учитывать климатические особенности региона, биологические характеристики и требовательность выращиваемых культур [9].

У минимальной и нулевой технологий обработки почв есть свои неоспоримые плюсы, но есть и негативные моменты, о которых также не стоит умалчивать. К достоинствам беспашотной обработки можно отнести:

- снижение затрат за счет использования многофункциональной техники, отказа от пахотных работ;
- эффект мульчирования, снижение риска эрозии, образования жесткой корки на поверхности почвы;

- сохранение однородного, постоянного почвенного профиля, что благоприятно влияет на формирование корневой системы растений;
 - отсутствие необходимости ждать пока почва просохнет в период между вспашкой и предпосевной обработкой;
 - благоприятные условия для развития и жизнедеятельности представителей полезной микрофауны (дождевых червей).
 - постепенное естественное снижение процента самосеющихся поверхностных сорняков.
- Среди минусов указанной технологии стоит отметить:
- высокую стоимость современной сельскохозяйственной техники, сложности с ее обслуживанием и ремонтом;
 - необходимость тщательного измельчения пожнивных остатков, что приводит к увеличению времени ожидания подсыхания почвенного профиля весной;
 - риск появления грунтовых вредителей, слизней, стеблевых, повышение концентрации в почве возбудителей фузариоза, корневой гнили и других болезней, увеличение количества сорняков (на начальных этапах).

Предупредить негативные последствия беспашотной обработки позволяет комплексный подход к внедрению сберегающего земледелия, который предполагает использование эффективного оборудования и безопасных для экосистемы методов борьбы с сорняками, вредителями и патогенными микроорганизмами.

В настоящее время многие зарубежные и российские научно-исследовательские институты и конструкторские бюро уделяют значительное время разработке перспективных образцов сельскохозяйственной техники. При этом, особое внимание уделяется сельскохозяйственным машинам, связанным с подготовкой почвы и посевом различных культур, так как от этих видов работ в значительной степени зависит и их урожайность.

В связи с этим в данной работе авторы акцентируют внимание на кратком анализе предлагаемых различными производителями образцов посевных машин, обеспечивающих подготовку почвы и посев зерновых культур в рамках реализации энергосберегающей технологии, а также описанию конструкторской разработки собственной посевной машины.

Среди зарубежных конструкций можно выделить сеялку [10], «содержащую вращающиеся на полых валах режущие диски сферической формы, установленные под углом по отношению к плоскости почвы и обращенные к ней своей вогнутой частью, при этом эти диски наклонены перпендикулярно направлению движения сеялки» [6]. Ее недостатком является полосовая обработка почвы, так как режущий диск заглублен в почву только наполовину, а между дисками имеются необработанные полосы, забираемые потом сорняком.

В России широко используется сеялка-культиватор «СКСС-2,5», «содержащая вращающиеся на полых

валах режущие диски сферической формы, установленные под углом по отношению к плоскости почвы и обращенные к ней своей вогнутой частью, при этом режущие диски наклонены в направлении движения сеялки» [6], т.е. в секущей плоскости, параллельной направлению движения сеялки-культиватора и перпендикулярной плоскости почвы передняя часть режущих дисков опущена, а задняя приподнята, образуя щель в 20 мм, при этом угол между плоскостью вращения и горизонтом обрабатываемой почвы равен $2^{\circ}30'$.

Данное устройство может быть использовано как сеялка, в которой семена проходят сквозь ось вращения режущих дисков и попадают в желоб, образованный диском в почве, а устройство заделки семян в почву выполнено в виде задних прикатывающих катков.

Недостатком сеялки-культиватора «СКСС-2,5» является то, что режущие диски, наклоненные в направлении движения сеялки-культиватора, оказывают такое же лобовое сопротивление, как и стрелчатые лапы у общеизвестных сеялок или культиваторов, что приводит к увеличению массы, так как большие нагрузки испытывают высокие стойки, на которых размещены режущие диски, и скоростная обработка не может быть выполнена.

Также известна сеялка [11], «содержащая вращающиеся на полых валах режущие диски сферической формы, сориентированные под углом $2^{\circ}30'$ по отношению к плоскости почвы и обращенные к ней своей вогнутой частью, при этом режущие диски наклонены в направлении движения сеялки, то есть, установлены под нулевым градусом. Ее недостатком является то, что установленные под нулевым углом режущие диски оказывают большое лобовое сопротивление, что приводит к повышенному расходу топлива» [6] и увеличению массы из-за больших ударных нагрузок.

Среди сеялок-культиваторов также можно выделить машину [12], обеспечивающую подачу семян сквозь полые оси вращения режущих дисков сферической формы, которые установлены в ряды под очень маленьким углом по отношению к поверхности почвы и обращены к ней вогнутой частью с возможностью перемещения наклона режущих дисков в диапазоне от 0° , когда диски наклонены в направление движения, и до 90° , когда наклон режущих дисков перпендикулярен этому направлению; причём в одном ряду наклон режущих дисков одинаков, а в соседнем противоположный и диски второго ряда в перпендикулярном направлении смещены относительно дисков первого ряда.

Недостатками этой сеялки-культиватора являются невозможность точной настройки наклона режущих дисков для разных почв, обеспечивающих работоспособность сеялки, накопление за вторым рядом режущих дисков пожнивных остатков и почвы, и, как следствие, некачественная заделка семян. В итоге имеет место сложная нетехнологичная конструкция, как при ее производстве, так и в процессе её эксплуатации.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является разработка конструкции сеялки, позволяющей при максимальном упрощении конструкции по сравнению с аналогами, снижении металлоёмкости и повышении технологичности изделия, как в производстве, так и в эксплуатации, обеспечить наилучшие условия роста посевных культур и значительный прирост урожайности. За один проход сеялка высевает основную культуру, мелкосемянную культуру (бинарный компонент) и вносит минеральные удобрения, а также может быть использована при вводе в оборот бросовых и залежных земель.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели авторами использованы достижения российских и зарубежных авторов, разработки которых направлены на создание конструкций посевных машин, обеспечивающих подготовку почвы и посев зерновых культур в рамках реализации энергосберегающей технологии [13–17]. При разработке собственной конструкции сеялки использовались методы системного анализа, математического моделирования, планирования эксперимента [18–23]. Экспериментальные исследования проводились в полевых и лабораторных условиях в соответствии с существующими методиками, с использованием современных электронных и механических приборов. Обработка экспериментальных данных проводилась в среде системы «MathCAD», «Microsoft Office Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Авторское проектное решение сеялки направлено: на упрощение конструкции по сравнению с приведёнными выше образцами, снижение металлоёмкости и повышения технологичности изделия, как в производстве, так и в эксплуатации.

Для этого в сеялке, содержащей подачу семян сквозь полые оси вращения режущих дисков сферической формы, которые установлены в ряды под углом в несколько градусов по отношению к поверхности почвы и обращены к ней вогнутой частью с возможностью перемещения наклона режущих дисков в диапазоне от 0° , когда диски наклонены в направлении движения, и до 90° , когда наклон дисков перпендикулярен этому направлению, при этом в одном ряду наклон режущих дисков одинаков, а в соседнем противоположный и диски второго ряда в перпендикулярном направлении смещены относительно дисков первого ряда, согласно данному заявлению, сеялка снабжена режущими дисками третьего ряда в перпендикулярном направлении смещёнными относительно режущих дисков первого и второго рядов на разный шаг, перекрывая зоны обработки почвы и исключая необработанные пропуски.

Сеялка имеет одноплоскостную трубчатую раму с плоскими лапами, в каждой из которых выполнено отверстие. В это отверстие 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.

Снаружи подшипника установлен корпус, фиксирующий вращающееся наружное кольцо подшипника упором в корпус и стопорной шайбой, установленной у буртика. На юбке корпуса выпуклой частью сферический режущий диск закреплен болтами, а сверху корпуса установлен неподвижный отбойник, охватывающий упор корпуса и упирающийся со стороны своей юбки во внутреннее кольцо подшипника, а с противоположной — в плоскость лапы, в которой с помощью шайбы и гайки зафиксирован весь узел. При этом упор корпуса защищён от внешней среды торцовым и радиальным сальниками.

Плоскость прилегания отбойника к лапе выполнена под углом к плоскости торцевой поверхности внутреннего кольца подшипника и установлена с максимальным зазором в сторону наклона режущего диска.

За последним рядом режущих дисков установлены дополнительные разрыхлители в виде вертикально установленных сферических дисков с чередованием зубцов и пазов по режущей кромке, парами над каждым режущим диском с противоположным углом атаки, слева и справа относительно направления движения сеялки.

Для подачи семян сеялка снабжена бункером с нижними выходами на корпуса двух рядов высевальных аппаратов. В каждом корпусе, между двумя щеками расположен цилиндрический дозатор, в ребре пересечения торцевой и цилиндрической поверхностей которого выполнены ниши для захвата семян. Дозатор захватывает семена снизу, поднимает вверх и выбрасывает в семяпроводы.

В отличие от сеялки-культиватора [12] в предлагаемом проектом решении упрощена конструкция, снижена масса и улучшена технологичность изделия на простой раме, сваренной в одной плоскости из труб, но достаточно свободной для 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 нагрузку на раму и позволило уменьшить её материалоемкость.

Опыт эксплуатации посевных машин показал, что для разных условий почв и рельефа требуется точная подстройка наклона дисков, которая в данной модели выполняется простым поворотом отбойника, плоскость контакта которого 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. Также благодаря новой компоновке подшипникового узла упростилась его конструкция, повышена его надёжность и технологичность.

Такие технические решения упростили конструкцию сеялки, снизили её металлоемкость, а значит, и массу, что позволило применить тракторы меньшего класса с меньшим расходом топлива. Кроме того, упростилась настройка угла атаки дисков, а дополнительная установка разрыхлителей снизила засоряемость сеялки пожнивными остатками.

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 (рис. 1).

Особенности конструкции сеялки-культиватора

Особенности разработанной конструкции сеялки представлены на рис. 1–3. На всех рисунках используется общая нумерация элементов конструкции. Сеялка включает в себя: сцепку 1; раму 2; траверсу 3; двуплечие рычаги 4, 5 и 6, 7; уши 8, 9; крепления гидроцилиндров 10, 11; вращающуюся вокруг своей оси опору 12; на которой смонтированы парные колеса 13; а катки выполнены в виде колёс 14 и 15; установленные парами в шахматном порядке. На чертежах представлена дугообразная сцепка 1, под которой расположены передние колёса 13, но сцепка может быть выполнена плоской, а парные колеса 13 могут быть разнесены на края сеялки с установкой дополнительной опоры 12 (см. рис. 3).

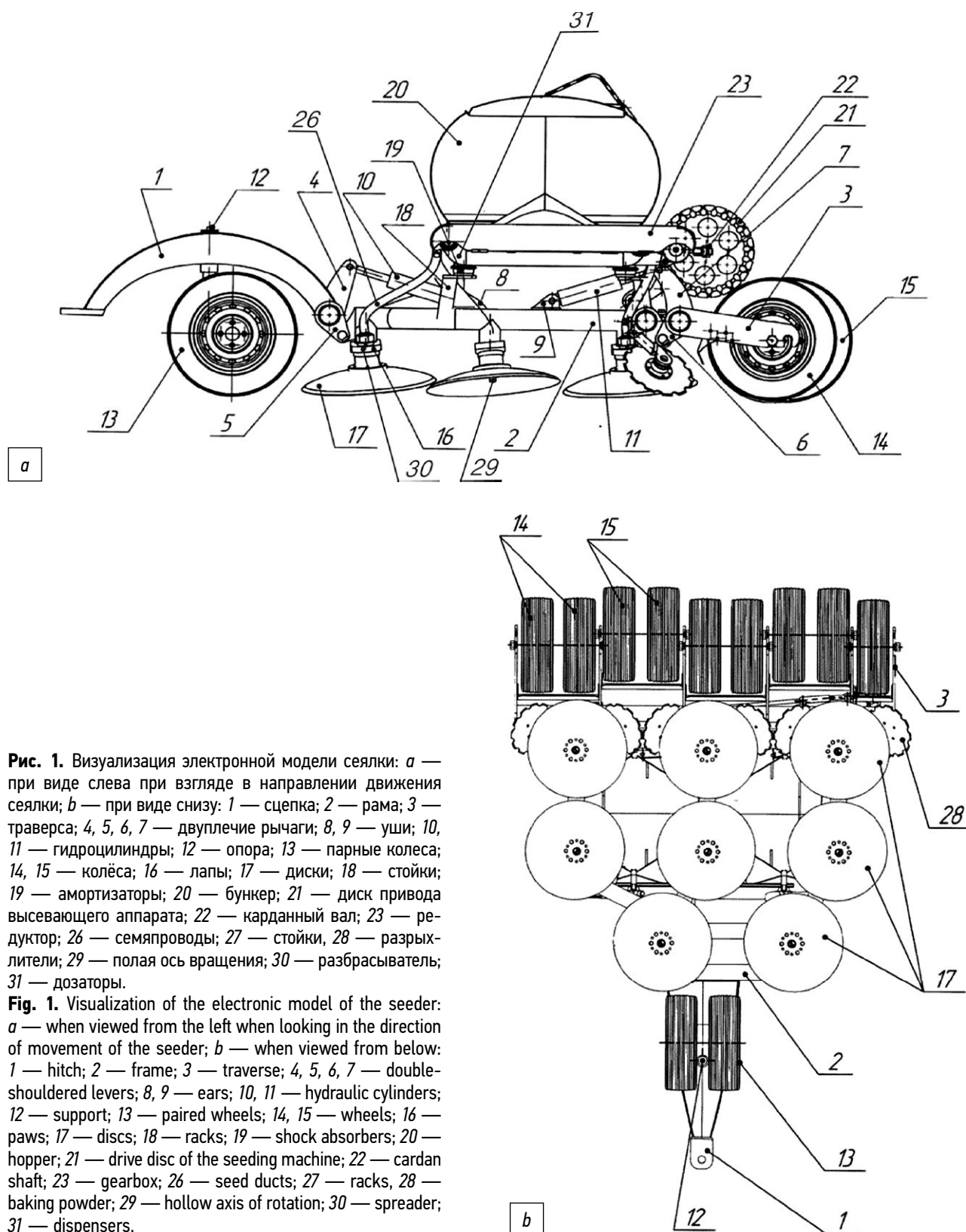
На раме 2 установлены лапы 16 по наклону дисков 17, а сверху рамы установлены стойки 18 с пятками для амортизаторов 19 бункера семян 20. На дополнительной стойке 27, установленной на раме 2, смонтированы разрыхлители 28. На лапах 16, приваренных к стойкам рамы 2, смонтированы режущие диски 17 с подшипниковыми узлами.

Диск привода 21 высевальных аппаратов смонтирован с возможностью вращения от колеса 14, но может быть установлен с заглублением в почву и при движении сеялки начинает вращать карданный вал 22 и редуктор 23, шестигранный вал привода высевальных аппаратов 24 которого проходит сквозь высевальные аппараты 25, семена из которого попадают в семяпроводы 26, а затем через полые оси под диски 17 в почву.

В качестве примера практической реализации на рис. 3 приведено фото общего вида физического прототипа разработанной сеялки-культиватора.

Функционирование сеялки-культиватора

Сеялка-культиватор работает следующим образом. В статическом состоянии гидроцилиндры 10 и 11 опускают раму 2 в рабочее положение, с учётом глубины



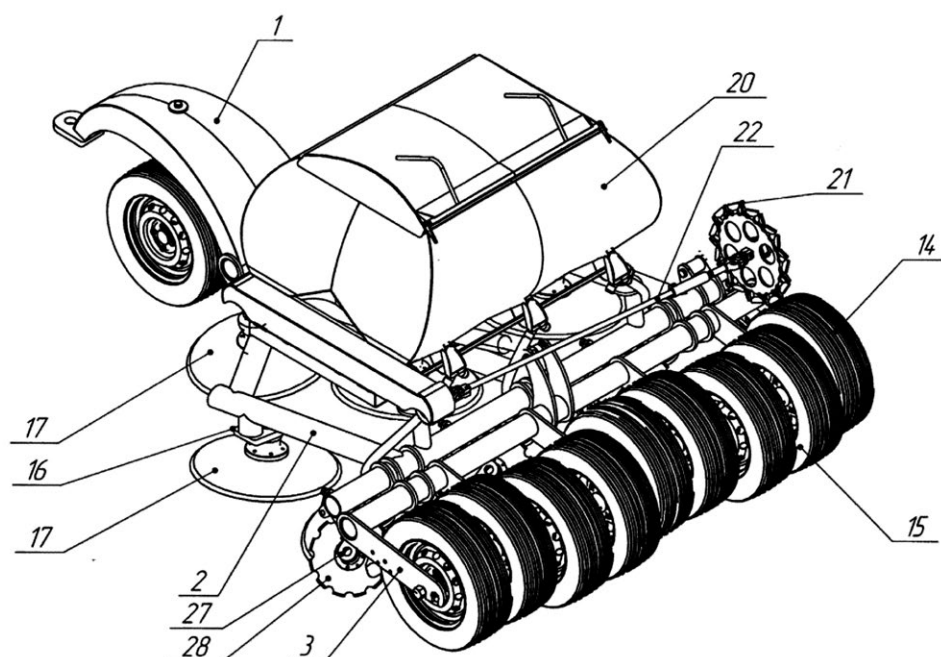


Рис. 2. Визуализация электронной модели сеялки при виде сверху: 1 — сцепка; 2 — рама; 3 — траверса; 14, 15 — колёса; 16 — лапы; 17 — диски; 20 — бункер; 21 — диск привода высевяющего аппарата; 22 — карданный вал; 27 — стойки, 28 — разрыхлители.

Fig. 2. Visualisation of the electronic model of the seeder in top view: 1 — hitch; 2 — frame; 3 — traverse; 14, 15 — wheels; 16 — paws; 17 — discs; 20 — hopper; 21 — drive disc of the seeding machine; 22 — driveshaft; 27 — racks, 28 — baking powder.



Рис. 3. Общи вид физического прототипа разработанной сеялки-культиватора: 1 — сцепка; 2 — рама; 10 — гидроцилиндры; 12 — опора; 13 — парные колеса; 14 — колёса; 16 — лапы; 17 — диски; 18 — стойки; 20 — бункер; 21 — диск привода высевяющего аппарата; 22 — карданный вал; 23 — редуктор; 24 — шестигранный вал привода высевяющих аппаратов; 25 — высевяющие аппараты; 27 — стойки, 28 — разрыхлители.

Fig. 3. General view of the physical prototype of the developed cultivator seeder: 1 — coupling; 2 — frame; 10 — hydraulic cylinders; 12 — support; 13 — paired wheels; 14 — wheels; 16 — paws; 17 — discs; 18 — racks; 20 — hopper; 21 — drive disc of the seeding machine; 22 — cardan shaft; 23 — gearbox; 24 — hexagonal the drive shaft of the seeding machines; 25 — seeding machines; 27 — racks, 28 — baking powder.

заделки семян, и на ровной плоскости производят настройку наклонов режущих дисков 16 с помощью отбойников, как было описано выше. После протяжки гаек сеялка готова к работе. Гидроцилиндрами 10 и 11 рама 2 переводится в транспортное положение, режущие диски отдалаются от поверхности почвы и сеялка перемещается на поле. Двуплечие рычаги 4, 5 и 6, 7 позволяют, при одновременной работе гидроцилиндров 10 и 11, перемещать режущие диски практически параллельно поверхности почвы.

При перемещении сеялки, например, трактором МТЗ-80, после опускания рамы 2, режущие диски 16 входят во взаимодействие с почвой, вращаясь вокруг своей оси и, погружаясь в неё, подрезают пласт почвы, формируя желоб для семян.

Одновременно с этим начинает вращаться колесо 21 привода высевочных аппаратов и семена с помощью дозаторов 31 начинают поступать в семяпроводы 26, проходят через полуось вращения 29 и разбрасывателем 30 направляются под пласт на желоб. Высевочные семена первого ряда режущих дисков 16 заделываются в почву подрезанным пластом и режущими дисками второго ряда, затем третьего ряда, а пожнивными остатками и накапливаемая за третьим рядом почва из крупных комков измельчаются разрыхлителями 28 и окончательно прикатываются задними колесами 14 и 15.

В отличие от известных аналогов в предлагаемом техническом решении упрощена конструкция, снижена масса и улучшена технологичность изделия — на простой раме, сваренной в одной плоскости из труб, но достаточно свободной для 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 металлоёмкость. Эксплуатационная масса разработанной авторами конструкции сеялки составляет около 1500 кг (см. рис. 3), а соответственно трёх её секций с рабочей шириной захвата 9 м — 4500 кг, что позволяет агрегатировать её с трактором МТЗ-80. Это значительно меньше по сравнению с аналогами [6, 11, 12].

В предложенной конструкции сеялки выполняется точная подстройка наклона дисков, что просто реализуется поворотом отбойника, у которого плоскость контакта с плоскостью лапы выполнена под углом по отношению к торцу внутреннего кольца подшипника. Кроме того, благодаря оригинальной компоновке подшипникового узла, упростилась его конструкция, повышена его надёжность и технологичность. Расположение корпуса подшипника под лапой не имеет ограничений по диаметру, поэтому может быть применен радиально-упорный автомобильный подшипник, проверенный годами эксплуатации.

Разработанная авторами сеялка-культиватор позволяет реализовать все операции, связанные с обработкой

почвы и посевом зерновых культур. За один проход сеялка высевает основную культуру, мелкосемянную культуру (бинарный компонент) и вносит минеральные удобрения, а также может быть использована при вводе в оборот бросовых и залежных земель.

Апробация физического прототипа сеялки-культиватора, агрегатированной с трактором МТЗ-80, выполнена осенью 2022 года на экспериментальных полях площадью 50 гектаров ПК «Еруслан» Шолоховского района Ростовской области при посеве озимой пшеницы. Средняя урожайность при использовании сеялки, разработанной авторами, составила более 68 центнеров с гектара, что на 28,5% больше по сравнению с использованием традиционной технологии подготовки почвы и посева.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время внедрение технологий сберегающего земледелия в крупных агрохолдингах и малых хозяйствах позволяет повысить рентабельность агробизнеса за счёт снижения затрат на производство, рационального использования ресурсов, самовосстановления почв. Многие российские земледельцы уже переосмыслили свои подходы к обработке почв, активно осваивают No-till и другие технологии, суть которых заключается в бережном возделывании почвы, грамотном использовании покровных культур и правильном составлении севооборотов.

Полученные авторами проектные решения по сеялке-культиватору упростили конструкцию сеялки, снизили ее металлоёмкость, а, значит, и массу, что позволяет применять тракторы меньшего класса с меньшим расходом топлива. Также упростилась настройка угла атаки дисков, а дополнительная установка разрыхлителей снизила засоряемость сеялки пожнивными остатками и комками почвы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. М.А. Ерусланова — проработка вопросов, связанных с разработкой отдельных узлов проектируемой сеялки, описание их работы; К.В. Немтинов — составление плана статьи, создание электронной модели разработанной конструкции сеялки-культиватора, работа над текстом (сведение частей рукописи); К.А. Ерусланов — генерация вариантов проектного решения сеялки-культиватора, руководство работами по созданию физического прототипа, работа над текстом совместно с соавторами; В.А. Немтинов — общее руководство, распределение ролей в авторском коллективе, а также решение методологических и практических вопросов. Все авторы подтверждают ответственность своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. M.A. Eruslanova — elaboration of issues related to the development of individual components of the projected seeder, description of their work; K.V. Nemtinov — drawing up an article plan, creating an electronic model of the developed design of the seeder cultivator, working on the text (combining parts

of the manuscript); K.A. Eruslanov — generation of design options for the seeder cultivator, management of work on creation of a physical prototype, work on the text together with coauthors; V.A. Nemtinov — general guidance, distribution of roles in the author's team, as well as solving methodological and practical issues. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 EDN: PSUZFZ
2. Алексеенкова Е. Комплексный подход. Рынок комбинированных посевных машин // АгроФорум. 2021. № 5. С. 56–62. EDN: KRDGJC
3. Мяло В.В., Мазуров В.В. Энергосберегающие технологии при обработке почвы. В кн.: Каталог научных и инновационных исследований ФГБОУ ВО Омский ГАУ : Сборник материалов по итогам научно-исследовательской деятельности. Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2022. С. 780–783.
4. Бекетов В.Г. Повышение урожайности яровой пшеницы с применением ресурсосберегающей сеялки-культиватора точного высева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2013. № 5 (103). С. 122–125.
5. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., и др. Бесплужные ресурсосберегающие технологии возделывания яровой пшеницы для центральной зоны Зауралья // АПК России. 2016. Т. 75, № 1. С. 160–165.
6. Исаков Р.М., Торегали Д. Патентный анализ современных сеялок // Молодой учёный. 2017. № 15(149). С. 56–59.
7. Мяло В.В., Студеникин А.В., Розбах Д.В., и др. Энергоэффективность и сохранение почв при обычной, минимальной и беспашотной обработке. В кн.: Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина: сборник материалов по итогам научно-исследовательской деятельности. Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2021. С. 787–790.
8. Урожайность зерновых культур [internet] Дата обращения: 25.02.2024. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/ovoschnye/ovoschnye-tehnologija-vozdelyvaniya/urozhainost-zernovykhkultury.html>
9. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г. [internet] Дата обращения: 25.02.2024. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/G3hzRyrGPbmFAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf>
10. Patent US1105570A Lea R.N., Lea F.M. Seed or Like Drill. United States Patent Office. Дата обращения: 25.02.2024. Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/US1105570A/en>
11. Патент РФ № 2293460 / 20.02.2007 Самодуров В.Н., Ткаченко В.Г., Прулов В.А., Серебров П.В. Сеялка. EDN: IOYPZX
12. Патент РФ № 2574116 / 10.02.2016 Ерусланов А.К., Звездун Д.А. Сеялка-культиватор. EDN: FQLEXS
13. ГОСТ 26711-89 Сеялки тракторные. Общие технические требования. Дата обращения: 19.02.2024. Режим доступа: https://standartgost.ru/b/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26711-89
14. ГОСТ 31345-2007 Сеялки тракторные. Методы испытаний. Дата обращения: 19.02.2024. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200057684>
15. 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, N. 2. P. 68–78. doi: 0.3103/S0005105512020033
16. Зазуля А.Н., Немтинов К.В. Решение проектно-конструкторских задач по созданию посевных комплексов с использованием прикладного программного обеспечения // Наука в центральной России. 2016. № 1. С. 5–14.
17. Крючин Н.П., Крючин А.Н. Результаты исследований влияния конструктивно-технологических параметров дисково-штифтового высевяющего аппарата на равномерность дозирования семян // Известия СГСХА. 2017. № 4. С. 34–38.
18. Ларюшин Н.П., Мачнев А.В., Шумаев В.В., и др. Посевные машины. Теория, конструкция, расчёт. Москва: Росинформагротех. 2010.
19. Немтинов К.В., Зазуля А.Н., Ерусланов А.К. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10. С. 9–15.
20. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Зазуля А.Н. Конструирование и расчет посевного комплекса для мелких зерновых культур // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1. С. 50–54.
21. Немтинов, К.В. Особенности конструкции зернового бункера и ковшового элеватора посевного комплекса для мелких зерновых культур // Вестник Мичуринского ГАУ. 2015. № 4. С. 198–203.

22. Lin J., Qian W., Li B., Liu Y. Simulation and validation of seeding depth mathematical model of 2BG-2 type corn ridge planting no-till planter // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2015. Vol. 31. N. 9. P. 19–24.

23. Nemtinov V., Zazulya A., Kapustin V., Nemtinova Y. Analysis of decision-making options in complex technical system design // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1278. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018 EDN: JZOKGV

REFERENCES

1. Kuznetsov YuA. Development of the agro-industrial complex of Russia and ensuring the country's food security under sanctions. *Economic analysis: theory and practice*. 2022;21(8):1390–1419. doi: 10.24891/ea.21.8.1390 (in Russ.).
2. Alekseenkova E. An integrated approach. The market of combined sowing machines. *AgroForum*. 2021; 5: 56–62 (in Russ.).
3. Myalo VV, Mazurov VV. Energy-saving technologies in soil cultivation In: *Catalog of scientific and innovative research of the Omsk State Agrarian University : Collection of materials on the results of scientific research activities*. Omsk: Omskiy GAU; 2022:780–783 (in Russ.).
4. Beketov VG. Increasing the yield of spring wheat using a resus-saving seeder cultivator for precise seeding. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013;5:122–125 (in Russ.).
5. Gilev SD, Tsymbalenko IN, Kopylov AN, Meshkova NV. Bespluzhnye resource-saving technologies of cultivation of spring wheat for the central zone of the Trans-Urals. *Agroindustrial Complex of Russia*. 2016;75(1):160–165 (in Russ.).
6. Iskakov RM, Toregali D. Patent analysis of modern seeders. *Young Scientist*. 2017;15(149):56–59 (in Russ.).
7. Myalo VV, Studenikin AV, Rozbach DV, et al. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimal and ploughless processing. In: *Catalog of scientific and innovative developments of the Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin : collection of materials on the results of research activities*. Omsk : Omskiy GAU; 2021:787–790 (in Russ.).
8. The yield of grain crops [internet] [accessed 25.02.2024] Available from: <https://www.agroxxi.ru/ovoschnye/ovoschnye-tehnologija-vozdelyvaniya/urozhainost-zernovykhkultury.html> (in Russ.).
9. Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030. [internet] [accessed 25.02.2024] Available from: <http://static.government.ru/media/files/G3hzRyrGPbmFAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf>
10. Patent US 1105570. Lea RN, Lea FM. Seed or Like Drill. [accessed 25.02.2024] Available from: <https://patents.google.com/patent/US1105570A/en>
11. Patent RUS 2293460 / 20.02.2007. Samodurov VN, Tkachenko VG, Prulov VA, Serebrov PV. Seeder. (in Russ.) EDN: IOYPZX

12. Patent RUS 2574116 / 10.02.2016. Eruslanov AK, Zvezdunov DA. Seeder cultivator. (in Russ.) EDN: FQLEXS
13. GOST 26711-89: Tractor seeders. General technical requirements. (in Russ.) [accessed 25.02.2024] Available from: https://standartgost.ru/b/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26711-89
14. GOST 31345-2007 — Tractor seeders. Test methods (in Russ.) [accessed 25.02.2024] Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200057684>
15. Mokrozub VG, Nemtinov KV, Sharonin KA. Domain-Invariant Software for Computer-Aided Systems for Allocating Spatial Objects. *Automatic documentation and mathematical linguistic*. 2012;46(2):68–78. doi: 0.3103/S0005105512020033
16. Zazulya AN, Nemtinov KV. The solution of design tasks for the creation of seed complexes using applied software. *Science in Central Russia*. 2016;1:5–14 (in Russ.).
17. Kryuchin NP, Kryuchin AN. The results of studies of the influence of constructive technological parameters of the disc-pin seeding apparatus for the uniformity of seed dosing. *Izvestiya Samara State Agricultural Academy*. 2017;4:34–38 (in Russ.).
18. Laryushin NP, Machnev AV, Shumaev VV, et al. Sowing machines. *Theory, construction, calculation*. Moscow: Rosinformagrotech; 2010 (in Russ.).
19. Nemtinov KV, Zazulya AN, Eruslanov AK. Automation of the process of selecting a node of agricultural machinery. *Vestnik komp'uternykh i informatsionnykh tekhnologii*. 2014;10:9–15 (in Russ.).
20. Nemtinov KV, Eruslanov AK, Zazulya AN. Design and calculation of a sowing complex for small grain crops. *Bulletin of the agroindustrial complex of Stavropol*. 2015;1:50–54 (in Russ.).
21. Nemtinov KV. Design features of the grain hopper and bucket elevator of the sowing complex for small grain crops. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2015;4:198–203. (in Russ.).
22. Lin Jing, Qian Wei, Li Baofa, Liu Yanfen. Simulation and validation of seeding depth mathematical model of 2BG-2 type corn ridge planting no-till planter. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2015;31(9):19–24.
23. Nemtinov V, Zazulya A, Kapustin V, Nemtinova Y. Analysis of decision-making options in complex technical system design. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2019;1278. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018 EDN: JZOKGV

ОБ АВТОРАХ

* **Немтинов Владимир Алексеевич**,
доктор техн. наук, профессор,
профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы»;
адрес: Российская Федерация, 392000, Тамбов,
ул. Советская, д. 106;
ORCID: 0000-0003-2917-3610;
eLibrary SPIN: 4628-6145;
Scopus ID: 6603614090;
e-mail: nemtinov.va@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Vladimir A. Nemtinov**,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Professor of the of Computer-Integrated Systems in Mechanical
Engineering Department;
address: 106 Sovetskaya street, 392000 Tambov, Russian Federation;
ORCID: 0000-0003-2917-3610;
eLibrary SPIN: 4628-6145;
Scopus ID: 6603614090;
e-mail: nemtinov.va@yandex.ru

Ерусланова Мария Алексеевна,

директор;

ORCID: 0009-0001-1312-2002;

e-mail: marieruslan@yandex.ru

Немтинов Кирилл Владимирович,

канд. техн. наук, старший научный сотрудник центра прототипирования;

ORCID: 0000-0001-7830-300X;

eLibrary SPIN: 8290-9077;

Scopus ID: 56148495600;

e-mail: kir155@mail.ru

Ерусланов Константин Алексеевич,

инженер;

ORCID: 0009-0009-6701-7003;

e-mail: eruslan10@yandex.ru

Maria A. Eruslanova,

Director;

ORCID: 0009-0001-1312-2002;

e-mail: marieruslan@yandex.ru

Kirill V. Nemtinov,

Cand. Sci. (Engineering),

Senior Researcher at the Prototyping Center,

ORCID: 0000-0001-7830-300X;

eLibrary SPIN: 8290-9077;

Scopus ID: 56148495600;

e-mail: kir155@mail.ru

Konstantin A. Eruslanov,

Engineer;

ORCID: 0009-0009-6701-7003;

e-mail: eruslan10@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author