

Разработка роботизированной сельскохозяйственной машины для разбросного посева семян сельскохозяйственных культур

Р.А. Нотов

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В данной статье рассматривается вопрос проектирования роботизированной сельскохозяйственной машины для посева семян сельскохозяйственных культур разбросным способом, область применения которой включает в себя различные сельскохозяйственные компании, агропромышленные комплексы, а также небольшие фермерские хозяйства, занимающиеся посевом зерновых культур. Существующие посевные машины имеют общий недостаток, который состоит в том, что влажная почва прилипает к поверхности рабочих органов, в частности двухдисковых сошников этих машин, тем самым происходит изменение формы бороздки, образуется предсошниковый холм, что является причиной нарушения требований, предъявляемых к посеву. Эти факторы ухудшают качество выполняемой работы, наблюдается увеличение тягового сопротивления, что приводит к повышению расходов на горюче-смазочные материалы.

Целью работы является разработка роботизированной сельскохозяйственной машины, оборудованной дисковым разбрасывателем, которая будет выполнять свои функции в автоматическом режиме с минимальным участием человека.

Материалы и методы. Проектирование выполнялось в трёхмерной САПР — программе Compas 3D V19. Применялись существующие подходы при конструировании и проектировании промышленных роботов. Был использован метод поисковых исследований, включающий анализ известных дисковых разбрасывателей.

Результаты. В статье приведены устройство и принцип действия роботизированной сельскохозяйственной машины, включающие описание рамы, на которой установлены блок управления, бункер для семян, семяпровод с заслонкой, ременная передача, приводы, цепной загортач, дисковый разбрасыватель и бороздообразующий каток. Предлагается конструкция дискового разбрасывателя с направляющими вогнутой формы, который обеспечит равномерное распределение семян по поверхности поля.

Заключение. Предлагаемая разработка обеспечит полную роботизацию посева зерновых культур разбросным способом, благодаря чему технологическая операция — посев будет выполняться с минимальным участием человека, что в свою очередь устраняет разные человеческие факторы при выполнении работы. Кроме того, уменьшаются затраты на оплату труда штату работников.

Ключевые слова: роботизированная сельскохозяйственная машина; посев; дисковый разбрасыватель; зерновые культуры; дисковый сошник; рабочий орган.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Нотов Р.А. Разработка роботизированной сельскохозяйственной машины для разбросного посева семян сельскохозяйственных культур // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 4. С. **x-y**. DOI: [10.17816/0321-4443-635129](https://doi.org/10.17816/0321-4443-635129) EDN: EVNMXC

Рукопись получена: 12.08.2024 Рукопись одобрена: 01.10.2025 Опубликовано онлайн: 01.10.2025

Development of a Robotic Agricultural Machine for Broadcast Sowing of Crop Seeds

Ruslan A. Notov

Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: This paper considers the issue of designing a robotic agricultural machine for broadcast sowing seeds of agricultural crops, the scope of which includes various agricultural companies, agricultural industry, as well as small farms engaged in sowing grain crops. Existing sowing machines have a common disadvantage, which is that the moist soil adheres to the surface of the working bodies, in particular the two-disc shares of these machines, causing changing the shape of the groove and forming a pre-sowing hill, which violate the requirements for sowing. These factors worsen the quality of the work performed, an increase in traction resistance is observed, which leads to an increase in fuel costs..

AIM: Development of a robotic agricultural machine equipped with a disk spreader, which is capable of operating in automatic mode with minimal human participation..

METHODS: The design was carried out using the KOMPAS-3D V19 three-dimensional CAD software. Existing approaches in the design and engineering of industrial robots were used. An exploratory study method was used, including an analysis of known disk spreaders.

RESULTS: The paper presents the design and operating principle of a robotic agricultural machine, including a description of the frame where the control unit, a seed tank, a seed line with a flap, a belt drive, drives, a chain coverer, a disk spreader and a furrowing roller are mounted. The design of a disk spreader with concave guides, ensuring an even distribution of seeds over the surface of the field, is proposed.

CONCLUSION: The proposed design will ensure complete robotization of broadcast sowing of grain crops, so that the technological operation — sowing will be performed with minimal human participation, which in turn eliminates various human factors when performing the work. In addition, the cost of paying the staff of employees is reduced.

Keywords: robotic agricultural machine; sowing; disk spreader; grain crops; disk spreader; working body.

TO CITE THIS ARTICLE:

Notov RA. Development of a Robotic Agricultural Machine for Broadcast Sowing of Crop Seeds. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(4):x-y. DOI: 10.17816/0321-4443-635129 EDN: EVNMXC

Submitted: 12.08.2024

Accepted: 01.10.2025

Published online: 01.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

Для аграрно-промышленного комплекса (АПК) на сегодняшний день большое значение имеет рост производства зерна. Важной технологической операцией в получении продукции растениеводства является посев [1]. Сеялки для посева зерновых культур производимые промышленностью и применяемые в большинстве случаев в хозяйствах оснащены в основном двухдисковыми сошниками. В результате налипания влажной почвы на поверхность дисковых сошников происходит изменение формы бороздки, образуется предсошниковый холм, что в итоге приводит к нарушению агротехнических требований, предъявляемых к механизированному посеву сельскохозяйственных культур. Ухудшается качество выполняемой работы вследствие трения образующейся почвы на дисковом сошнике о почву, наблюдается существенный рост тягового сопротивления, а при высоких показателях влажности почвы посев практически невозможен.

Специалистами в нашей стране и за рубежом предлагались различные способы решения данной проблемы. Например, в работе [2] для улучшения качества посева зерновых культур на влажных почвах предлагается добавить в конструкцию двухдискового сошника долото и стойку с наральником и отражателем. Безусловно, такая конструкция сошника существенно увеличивает тяговое сопротивление, хотя и позволяет повысить качество посева семян. В работе [3] предлагается внести в конструкцию дискового сошника чистики для удаления влажной почвы с ее поверхности. Способ [4] для очистки от почвы дисковых сошников состоит из литого нейлонового кольца, установленного на опорном ролике в верхней части дискового сошника. Кольцо имеет контакт с одной из сторон режущей кромки диска, а для его правильной работы необходимо много сборочных единиц. Добавление в конструкцию рабочего органа дополнительных деталей приводит к повышению металлоемкости и расходов на производство дискового сошника [5]. Также для решения данного вопроса — залипания почвой рабочих органов сеялки предлагалось осуществлять посев разбросным способом, заменив сошники на дисковый разбрасыватель. Существуют различные устройства для посева семян зерновых культур разбросным способом [6, 7]. Недостатком данных устройств является не равномерное разбрасывания семян по поверхности поля. Кроме того, следует отметить, что с учётом современных темпов развития роботостроения в сельском хозяйстве как в нашей стране, так и во всем мире, технологическая операция — посев может быть полностью автоматизирована и выполняться с минимальным участием человека. Известно, что немецкая компания Fendt разработала робота Xaver для посева зерновых культур, оснащённого двухдисковым сошником. К недостаткам этой сельскохозяйственной машины можно отнести нарушение работоспособности рабочих органов при эксплуатации во влажных почвах, а также его высокую стоимость.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка конструкции роботизированной сельскохозяйственной машины для разбросного посева семян сельскохозяйственных культур, оснащённой дисковым рабочим органом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке роботизированной сельскохозяйственной машины в качестве материалов для исследований использовались существующие конструкции различных разбрасывающих дисков для посева и внесения удобрений. Применялись известные методы проектирования и конструирования промышленных роботов [8-10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая роботизированная сельскохозяйственная машина предназначена для разбросного посева семян сельскохозяйственных культур.

Роботизированная сельскохозяйственная машина (далее РСМ) (рис. 1) включает в себя раму 1 и четыре мотор–колеса 13. Спереди на раме 1 размещён блок управления 2, внутри которого находится аккумуляторная батарея для обеспечения током всех электрических устройств РСМ. В средней части рамы размещается бункер для семян 4 с крышкой 5, закрепленный на опорных стойках 3. Бункер 4 через семяпровод 7 соединен с дисковым разбрасывателем 14, который размещается в нижней части рамы 1 между осями мотор–колёс 13. Между дисковым разбрасывателем 14 и осью передних движителей находится бороздообразующий каток

NEW MACHINES AND EQUIPMENT

18, установленный на держателе 17, который соединён с актуатором 16 для возможности изменения его положения в вертикальной плоскости. Сзади рамы 1 по торцам жестко установлены петли 11 для закрепления на них цепного загорточа 12. Внутри семяпровода 7 в верхней его части находится заслонка 6, которая приводится в действие от шагового двигателя 9. На нижнюю часть семяпровода 7 установлен ведомый шкив ременной передачи 8, привод которого показан цифрой 10. Бункер 4 закреплён под углом на опорных стойках 3 для лучшего осыпания семян к семяпроводу 7. На дисковом разбрасывателе 14 имеются направляющие 15 вогнутой формы, по которым семена равномерно распределяются по поверхности поля.

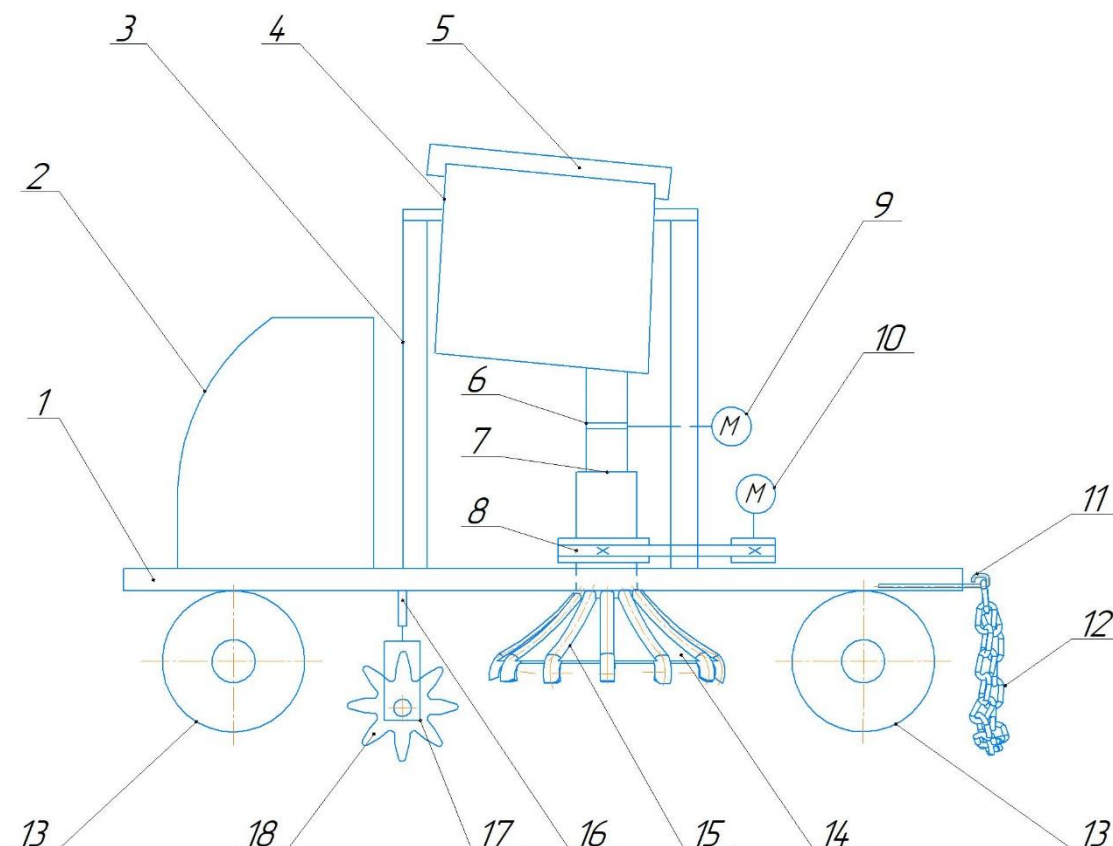


Рис. 1. Общий вид роботизированной сельскохозяйственной машины: 1 — рама; 2 — блок управления; 3 — опорные стойки бункера для семян; 4 — бункер для семян; 5 — крышка бункера для семян; 6 — заслонка; 7 — семяпровод; 8 — ременная передача; 9 — привод заслонки; 10 — привод ременной передачи; 11 — петля для крепления цепного загорточа; 12 — цепной загорточ; 13 — мотор-колесо; 14 — дисковый разбрасыватель; 15 — направляющие дискового разбрасывателя; 16 — актуатор; 17 — держатель бороздообразующего катка; 18 — бороздообразующий каток.

Fig. 1. General view of a robotic agricultural machine: 1: frame; 2: control unit; 3: support posts of the seed tank; 4: seed tank; 5: seed tank cover; 6: flap; 7: seed line; 8: belt drive; 9: flap drive; 10: belt drive; 11: loop for fasteners of the chain coverer; 12: chain coverer; 13: motor-wheel; 14: disc spreader; 15: guides of the disc spreader; 16: actuator; 17: holder of the furrowing roller; 18: furrowing roller.

3D модель дискового разбрасывателя и РСМ показаны на рис. 2 и 3.

Крышка бункера для семян 5 имеет резиновое уплотнение, что предотвращает попадание в неё дождя и пыли. Также в верхней части блока управления 2 возможна установка солнечной панели для получения дополнительного питания аккумуляторной батареи РСМ.

Принцип действия РСМ осуществляется следующим образом. Перед началом работы бороздообразующий каток 18 устанавливается на необходимую высоту с помощью актуатора 16. Дисковый разбрасыватель 14 приводится в действие через ременную передачу 8 приводом 10, вал которого соединен с ведущим шкивом, а ведомый шкив насажен на нижнюю часть семяпровода 7. Затем после начала движения РСМ открывается заслонка 6 внутри семяпровода 7 приводом 9. Далее семена из бункера 4 поступают в семяпровод 7 и проходя через заслонку 6 попадают на дисковый разбрасыватель 14. После чего семенной материал движется по направляющим 15 дискового разбрасывателя 14 и попадает на дно образованных бороз-

НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

док. Заделка семян происходит цепным загортачом 12, который расположен в задней части рамы 1. Данная РСМ оснащается необходимыми электронными компонентами (микроконтроллер, драйвер, дальномеры, датчики препятствий и т.д.) для выполнения ею заданных функций в автоматическом режиме с минимальным участием человека, а также средствами освещения для возможности работы в ночное время.

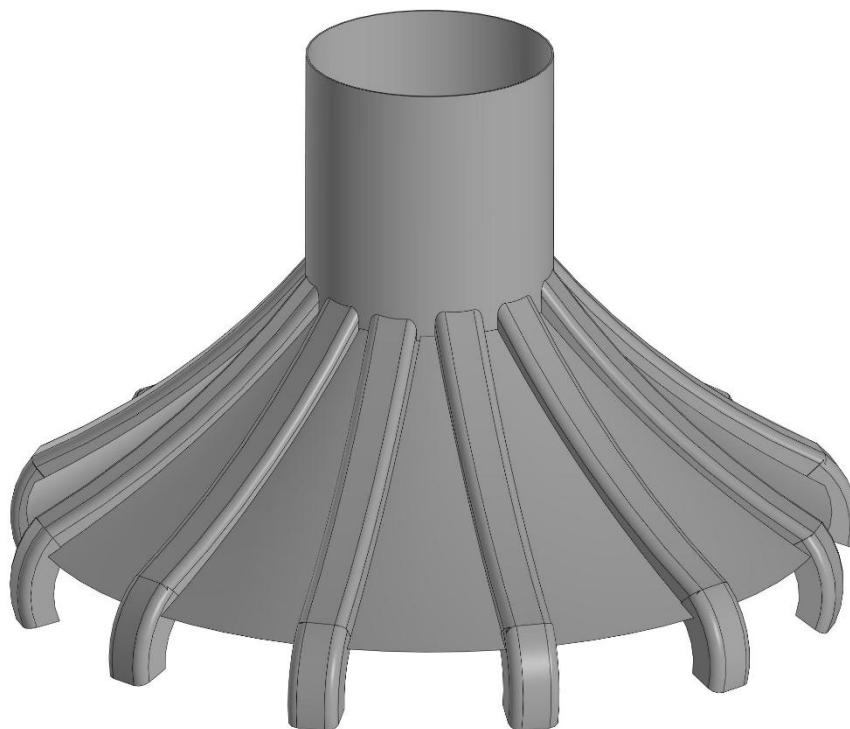


Рис. 2. 3D модель дискового разбрасывателя.

Fig. 2. A 3D model of a disc spreader.

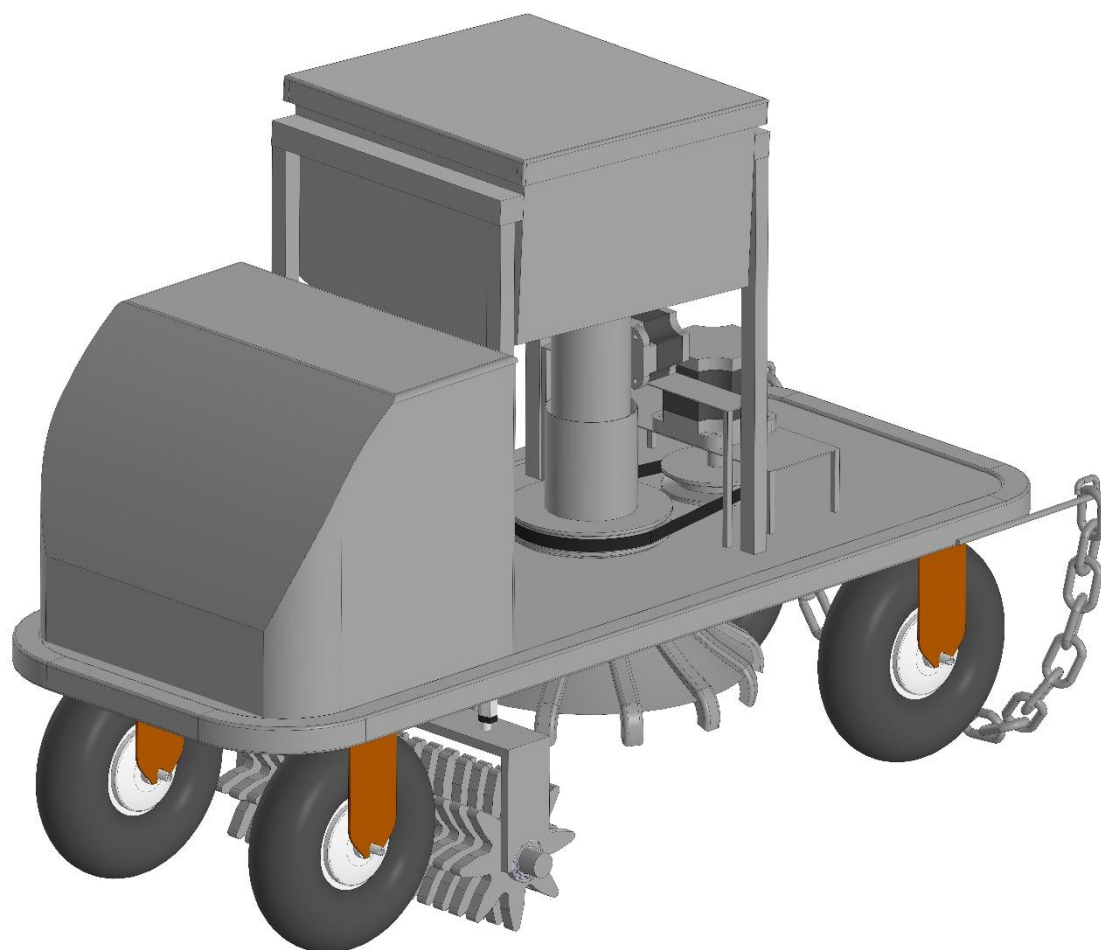


Рис. 3. Роботизированная сельскохозяйственная машина.

Fig. 3. A robotic agricultural machine.

В ходе разработки РСМ проводились экспериментальные исследования для обоснования оптимальных значений главных параметров данной машины (окружная скорость дискового разбрасывателя, скорость движения РСМ, высота установки дискового разбрасывателя, диаметр движителей) оказывающих влияние на ее работоспособность и, в конечном итоге урожайность сельскохозяйственных культур. Исследования проводились при движении робота на скоростях 5, 7 и 9 км/ч. Высота расположения дискового разбрасывателя на РСМ от земли изменялось от 0,3 до 0,5 м. В результате проведенных исследований установлено, что наилучшие показатели урожайности и равномерности распределения семян по поверхности поля достигаются при скорости вращения дискового разбрасывателя равном 10,2 м/с и скорости движения самого робота 7 км/ч. (рис. 4), при высоте установки дискового разбрасывателя 0,42 м. Для предотвращения зарывания и пробуксовок при движении робота в поле выбраны движители диаметром 0,56 м. Производительность данной разработки составляет 0,5 га/ч. Урожайность при посеве яровой пшеницы — 27,9 ц/га.

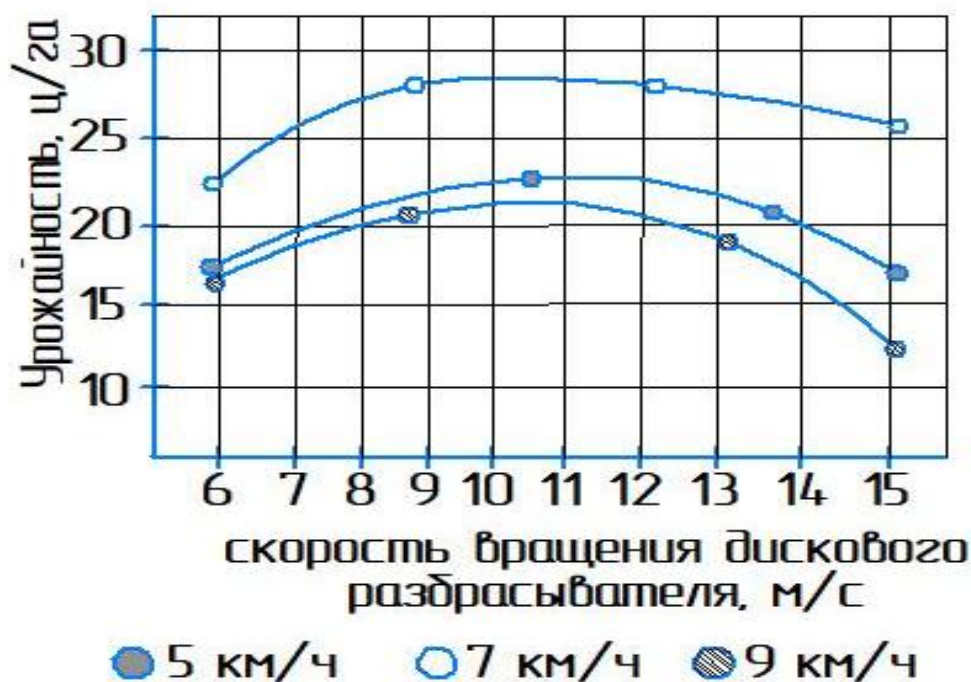


Рис. 4. Влияние скорости вращения дискового разбрасывателя и скорости движения роботизированной сельскохозяйственной машины на урожайность.

Fig. 4. The effect of the rotation speed of the disc spreader and the motion velocity of the robotic agricultural machine on yield rate.

Рекомендации по улучшению предлагаемой разработки в дальнейшем. Для обеспечения безопасности РСМ по окончании работы предлагается предусмотреть специальный ангар с автоматическими воротами, который будет защищать его от климатического воздействия и нежелательного доступа. Также возможно оснащение робота специальным звуковым сигналом, отпугивающим посторонних и видеокамерой, изображение с которой можно было, просматривать с мобильного телефона находясь на расстоянии. Кроме этого, нужно учесть возможность геопозиционирования робота.

Чтобы не допустить различных травм людей, по каким-либо причинам, оказавшихся в зоне действия данной машины необходимо соблюдение принципа коллаборативности, то есть на стадии разработки нужно предусмотреть различные датчики, компьютерное зрение и остановочные защитные механизмы способные фиксировать перемещение человека. Если люди оказываются на определенном расстоянии, от траектории его движения, происходит снижение скорости до минимальных значений, либо при необходимости и возможности столкновения полная остановка. Возможно, также предусмотреть подачу звукового и светового сигналов с целью привлечения внимания для того, чтобы предотвратить наезд на человека или животное. Общие формы самодвижущихся роботов необходимо проектировать более обтекаемой формы, без каких-либо заостренных элементов, которые могут представлять опасность в случае столкновения. Также рекомендуется использовать эластичные защитные элементы на передней части робота.

ВЫВОДЫ

В результате ранее проведенных исследований, с целью решения проблемы залипания влажной почвой рабочих органов посевных машин, специалистами предлагались дисковые сошники с добавлением в их конструкцию различных чистящих элементов, недостатками которых были их удорожание, сложность устройства, а также залипание почвой самих чистящих элементов. Кроме того, предлагались дисковые разбрасыватели разных конфигурации и расположения лопастей, в качестве их недостатков можно отметить неравномерность распределения семян по поверхности поля. Ключевым нерешенным аспектом обозначенной в данной статье проблемы является то, что в перспективе данная технологическая операция — посев должна быть полностью роботизирована. Предлагаемая разработка позволит выполнять посев зерновых культур разбросным способом с минимальным участием людей, исклю-

NEW MACHINES AND EQUIPMENT

чив при этом различные человеческие факторы в работе. Также сокращаются расходы на содержание рабочего персонала. Предложен рабочий орган — дисковый разбрасыватель, который, благодаря своей конструкции обеспечит равномерное распределение семян по поверхности поля. Определены значения главных параметров данной машины оказывающих влияние на ее эффективность. Урожайность яровой пшеницы при посеве РСМ составила 27,9 ц/га, что на 4,2% выше, чем при посеве серийной сеялкой СЗ-3,6.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад автора. Автор одобрил рукопись (версию для публикации), а также согласился нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы автор не использовал ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внешний рецензент, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author's contribution: The author approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The author has no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review involved one external reviewer, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Polyakov GN, Shukhanov SN, Kosareva AV, Samusik GS. Sowing grain crops in ridges in the conditions of the Irkutsk region. In: *Materials of the X National Scientific – Practical Conference with International Participation*. Molodezhnyy; 2022:179–187. (In Russ.) EDN: AZDUJV
2. Patent USSR № 858606 / 30.08.1981. Bul. № 32. Patrín BP. Double-disc opener: copyright certificate (In Russ.) EDN: VLYHYE
3. Patent USA № 4603746, cl. A 01 at 23/06, 172/559. *Disk blade scraper*. Swales BL. (In Russ.)
4. Patent USA № 4736803, cl. A 01 with 7/16, A 01 with 15/16. *Self-adjusting scrapers for double disk openers*. Roush DE. (In Russ.)

НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

5. Erokov MB. *Study and justification of operating modes of the grain seeder opener in conditions of high soil moisture* [dissertation] Nalchik; 2000. (In Russ.) EDN: QDIKMZ.
6. Patent USSR №886781 / 15.10.1991. Bul. № 38. Kaskulov MKh, Yakhtanigov MA, Borukaev RM. *Device for waste sowing of seeds*. (In Russ.) EDN: WDUQTU
7. Patent RUS № 2349069 / 20.03.2009. Bul. №8. Kaskulov MKh, Gidaev AI. Baysiev KhKh. *Device for scattered seed sowing*. (In Russ.) EDN: JIODJL
8. Lukinov AP. *Design of mechatronic and robotic devices*. Saint Petersburg: Lan; 2012. (In Russ.) EDN: QMWTDH.
9. Vorobiev EI, Shekhvits EI. *Design of industrial robots*. Moscow: Mashinostroenie; 1993. (In Russ.)
10. Anshin SS, Babich AV, Baranov AG, Belyanin PN. *Design and development of industrial robots, under general*. Moscow: Mashinostroenie; 1989. (In Russ.)

ОБ АВТОРЕ / AUTHOR'S INFO

Нотов Руслан Адальбиевич,

канд. техн. наук,

научный сотрудник отдела модели и методы
развития и внедрения инновационных проектов;
адрес: Россия, 360000, Нальчик, ул. И. Арманд,
д. 37а;

ORCID: 0000-0001-5855-5963;

eLibrary SPIN: 5317-8341;

e-mail: notovr@inbox.ru

Ruslan A. Notov,

Cand. Sci. (Engineering),

Research Associate at the Models and Methods of
Development and Implementation of Innovative
Projects Department;

address: 37a I. Armand st, Nalchik, Russia,
360000;

ORCID: 0000-0001-5855-5963;

eLibrary SPIN: 5317-8341;

e-mail: notovr@inbox.ru