

Технические особенности современных разбрасывателей минеральных удобрений

Ирина Владимировна Кокунова¹, Вячеслав Анатольевич Ружьев²,
Виктория Александровна Григорьева¹

¹ Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, Россия

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Россия

e-mail: i.kokunova@yandex.ru

Аннотация. Поддержание почвенного плодородия путем внесения минеральных удобрений и необходимость соблюдения экологических регламентов предъявляют все более высокие требования к работе разбрасывателей удобрений. В связи с этим, ведущие производители сельскохозяйственной техники предлагают различные инновационные решения для новых машин. Цель проводимых исследований заключалась в выявлении технических особенностей современных разбрасывателей удобрений и поиска перспективных направлений их дальнейшего совершенствования, направленных на повышение эффективности внесения материала и снижения экологических рисков. В работе отмечено, что важнейшими факторами, оказывающими влияние на качество работы машин, являются: обеспечение равномерности посева удобрений, соблюдение установленных доз внесения материала на протяжении всего периода работы машин, поддержание технологических свойств удобрений, обеспечение экологических требований при работе по кромке поля, вдоль линии дорог и водоемов. Проведенный анализ конструкций современных разбрасывателей минеральных удобрений показал их высокий технический уровень, однако есть еще определенные моменты, которые требуют дополнительной проработки. Результаты научного исследования позволили выявить основные направления модернизации конструкций разбрасывателей удобрений, к которым относятся: совершенствование дозирующих систем, перемешивающих устройств, систем подачи материала на разбрасывающие диски. Не маловажная роль в повышении качества внесения удобрений отводится конструкции разбрасывающих дисков, их расположению относительно дозирующих систем, а также количеству, форме и углам наклона распределяющих лопаток. Для дифференцированного внесения удобрений необходимо активнее оснащать технику нового поколения ISOBUS-терминалами, навигационным оборудованием, системами параллельного вождения, устройствами для автоматического контроля и управления технологическими процессами внесения материала.

Ключевые слова: разбрасыватель минеральных удобрений; центробежный распределитель; равномерность распределения удобрений; дифференцированное внесение материала; точное земледелие.

Для цитирования: Кокунова И. В., Ружьев В. А., Григорьева В. А. Технические особенности современных разбрасывателей минеральных удобрений // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 99–103. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp99-103>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Technical features of modern spreaders of mineral fertilizers

Irina V. Kokunova¹, Vyacheslav A. Ruzhev², Victoria A. Grigorieva¹

¹ State Agricultural Academy of Velikie Luki, Velikie Luki, Russia

² Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg-Pushkin, Russia

e-mail: i.kokunova@yandex.ru

Abstract. Maintaining soil fertility through the application of mineral fertilizers and the need to comply with environmental regulations are placing increasing demands on the operation of fertilizer spreaders. In this regard, leading manufacturers of agricultural machinery offer various innovative solutions for new machines. The purpose of the research was to identify the technical features of modern fertilizer spreaders and search for promising directions for their further improvement, aimed at increasing the efficiency of material application and reducing environmental risks. It is noted in the work that the most important factors affecting the quality of the machines are: ensuring the uniformity of fertilizer sowing, adherence to the established doses of material application throughout the entire period of machine operation, maintaining the technological properties of fertilizers, ensuring environmental requirements when working on the edge of the field, along the line roads and reservoirs. The analysis of the designs of modern mineral fertilizer spreaders showed their high technical level, but there are still certain points that require additional study. The results of scientific research made it possible to identify the main directions of modernization of the structures of fertilizer spreaders, which include: improvement of metering systems, mixing devices, systems for feeding material to spreading discs. An important role in improving the quality of fertilization is played by the design of the spreading discs, their position relative to the metering systems, as well as the number, shape and angles of inclination of the spreading vanes. For differentiated fertilization, it is necessary to more actively equip new generation equipment with ISOBUS terminals, navigation equipment, parallel driving systems, devices for automatic control and management of technological processes of material application.

Keywords: mineral fertilizer spreader; centrifugal distributor; uniform distribution of fertilizers; differentiated application of material; precision farming.

For citation: Kokunova I. V., Ruzhev V. A., Grigorieva V. A. Technical features of modern spreaders of mineral fertilizers // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(6):99–103. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp99-103>.





Введение. Интенсификация сельскохозяйственного производства, реализация в растениеводстве интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологий, предполагает не только увеличение объемов производства продукции, но и повышение плодородия почв путем внесения установленных доз органических и минеральных удобрений с соблюдением соответствующих регламентов. Особая роль в этом вопросе отводится минеральным удобрениям, так как в зависимости от реализуемых технологий, их можно вносить в разные агротехнические сроки и различными способами, а модельный ряд применяемых машин довольно разнообразен. Кроме того, минеральные удобрения способны не только обеспечивать растения необходимыми элементами питания в течение всего периода вегетации, но и усиливать биологическую активность почв, улучшить их физико-химические свойства [4, 11].

Значительная часть минеральных удобрений вносится сегодня разбросным способом с помощью навесных и прицепных разбрасывателей, оснащенных центробежными распределительными системами. Эти машины характеризуются высокой производительностью, простотой технического обслуживания, удобством проведения технологических регулировок и надежностью в работе [5, 8]. В то же время у некоторых моделей машин, реализующих традиционные и интенсивные агротехнологии, наблюдается повышенная неравномерность распределения материала, как по ширине разброса удобрений, так и по длине обрабатываемого участка, возможно также отклонение от установленных доз внесения, особенно при опорожнении бункеров.

Отмеченные недостатки в работе центробежных разбрасывателей удобрений могут привести к неравномерному росту и созреванию сельскохозяйственных культур, к недобору биологического урожая и ухудшению его качества, а также к полеганию растений, что негативно отражается на качестве работы уборочной техники. Неравномерное внесение удобрений способствует накоплению в растительной массе нитратов и нитритов, которые опасны как для человека, так и для сельскохозяйственных животных [3, 7].

Цель исследования – анализ технических решений в конструкциях современных разбрасывателей минеральных удобрений и поиск перспективных направлений их дальнейшего совершенствования, направленных на повышение эффективности внесения материала и снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

Методика исследований. В работе применялись аналитические методы исследования, а также использовались результаты многолетних практических наблюдений за работой и технической эксплуатацией разбрасывателей минеральных удобрений, эксплуатируемых на сельскохозяйственных предприятиях северо-западного региона России. В качестве объектов исследования рассматривались дозирующие и распределительные системы современных машин, реализующих традиционные и интенсивные агротехнологии, а также работающих по технологиям точного земледелия.

Результаты исследований. Современные технические средства для внесения минеральных удобрений характеризуются большим разнообразием конструкций основных рабочих органов и наличием электронных систем управления и контроля. Однако, несмотря на широкий модельный ряд и технические особенности различных типов машин, их технологический процесс во многом схож. Большинство современных машин оснащаются центробежным распределяющим аппаратом, который представляет собой один или два вращающихся диска с распределительными лопатками и туконаправителями [3, 9]. Двухдисковые аппараты имеют более сложную конструкцию, обеспечивая при этом большую стабильность распределения удобрений при изменении их свойств. При выборе правильного перекрытия полосы рассева можно добиться неравномерности распределения удобрений всего 2–3 % [1].

Регулирование равномерности рассева удобрений у машин с центробежным распределяющим аппаратом и неподвижными распределительными лопатками осуществляется перемещением туконаправителя по направляющим пазам вперед или назад по ходу движения машины, а также изменением положения внутренних стенок направляющих лотков относительно центров распределяющих дисков. Обе регулировки изменяют место подачи удобрений на диски, что позволяет добиться равномерности рассева для каждого вида удобрений.

В машинах с постоянным положением туконаправителя равномерность распределения удобрений обеспечивается применением дисков с поворотными распределительными лопатками, имеющими различную длину. Настройку равномерности рассева в таких аппаратах производят путем изменения угла установки лопаток к радиусу диска. Различная длина лопаток, размещенных на диске, способствует более равномерному распределению удобрений по полю.

На некоторых моделях машин для рассева удобрений устанавливаются роторы, вращающиеся вокруг горизонтальной оси и снабженные внутренними и наружными лопатками. За счет разного наклона лопаток роторы разбрасывают удобрения в четыре рабочие зоны, перекрывающие друг друга, в результате чего происходит более равномерное распределение материала. Из-за сложности технического обслуживания механизмов, эти машины не нашли широкого распространения. Однако исследования ряда ученых [1, 9] показывают, что разработка таких систем является перспективным направлением дальнейшего развития технических средств для внесения минеральных удобрений.

Для обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции растениеводства и снижения экологической нагрузки на природную среду необходимо более активно переходить на дифференцированные технологии внесения материалов, предполагающие целенаправленное использование удобрений в соответствии с потребностями растений. В то же время, вне зависимости от реализуемых технологий, следует бережно обращаться с самими минеральными удобрениями, не разрушать целостность их гранул при подаче на разбрасывающие диски и при распределении по полю, так как от этого зависит равномерность рассева материала и соблюдение установленной дозы внесения.

Современные технические средства, оснащенные ISOBUS-терминалами, навигационным оборудованием и системами параллельного вождения, способны дифференцированно вносить удобрения для получения программированного урожая по конкретным координатам участков поля. Дифференцированное внесение материалов может осуществляться в off-line режиме, основываясь на результатах предварительного анализа карт урожайности сельскохозяйственных культур, карт агрохимического анализа почв, математических моделей программирования урожая или происходить в on-line формате по данным сенсорных систем, установленных на машинно-тракторных агрегатах [2, 8].

Важным аспектом снижения негативных последствий, возникающих при внесении удобрений, является их точное распределение по границе обрабатываемого участка, вдоль линии дорог и водоемов. С этой целью ведущие производители

техники устанавливают на разбрасывателях удобрений специальные ограничительные устройства [6]. Например, немецкая компания Amazone оснащает свои машины системой ограничения распределения удобрений Limiter (рис. 1, а). Пластинчатый ограничитель этой системы устанавливается со стороны границы поля и легко вводится в сектор разброса гидравлическим цилиндром. Приспособление состоит из двух дугообразных пластин, между которыми закреплены направляющие лопатки, осуществляющие принудительное перекрытие части сектора рассева удобрений.

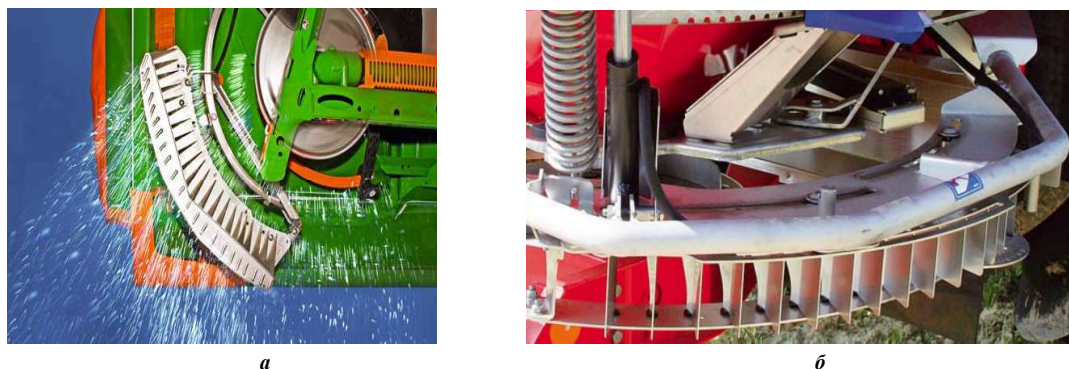


Рис. 1. Ограничители распределения удобрений: а – система Amazone Limiter; б – система Rauch Telimat T50

Система ограничения распределения удобрений Telimat T25/T50, устанавливаемая на машинах компании Rauch (рис. 1, б), позволяет с большой точностью вносить удобрения по границам поля и уменьшать не обоснованный расход вносимого материала. Гидравлическое устройство Telimat одностороннего действия откидывается дистанционно перед разбрасывающим диском и надежно контролируется с помощью хорошо просматриваемого механического позиционного индикатора.

В настоящее время разработчиками технических средств для внесения минеральных удобрений уделяется повышенное внимание созданию специальных систем для поддержания технологических свойств удобрений, исключению повреждения гранул при дозировании и рассеве. Одной из таких разработок является система для особо бережного обращения с удобрениями Soft Ballistic System (SBS) компании Amazone (рис. 2, а). При работе машины в поле удобрения из основного бункера поступают в специальные воронкообразные лотки, откуда перемещаются медленно вращающимися спиральными элементами мешалки к выпускным отверстиям и бережно подаются в центр распределяющего диска, оснащенного короткой и длинной поворотными лопастями, и равномерно распределяются по полю. Угол установки лопастей на дисках может изменяться в соответствии с необходимой шириной захвата. Различная длина лопастей обеспечивает точное распределение удобрений в отдельных частях сектора рассева [4, 10].



Рис. 2. Системы для поддержания технологических свойств удобрений: а – система бережного внесения Amazone Soft Ballistic System; б – распределяющая система Amazone TS с концентричным смещением

Навесные распределители удобрений серии ZA-TS компании Amazone и прицепные машины ZG-TS оснащены принципиально новой распределительной системой TS (рис. 2, б) с концентричным смещением, осуществляющей прецизионное внесение гранулированных удобрений по ширине захвата от 15 м до 54 м. Две медленно вращающиеся электрические звездчатые мешалки с сервоприводом в воронках имеют частоту вращения 60 мин⁻¹. Их основная функция заключается в активной подаче материала к выходному отверстию в бункере с сохранением постоянной нормы внесения. При попадании в воронку инородных частиц и при перегрузке мешалок соответствующий сервомотор автоматически реверсирует в комбинации с шиберной заслонкой. Как только дозирующее отверстие полностью закрывается, расположенная над ним мешалка автоматически останавливается. Таким образом обеспечивается щадящий режим работы механизмов и предотвращается разрушение гранул [10].

При регулировке разбрасывающего устройства на заданную ширину захвата и в зависимости от вида вносимых удобрений распределяющую систему машины можно механически или электрически повернуть вокруг центров разбрасывающих дисков (концентрично). При этом расстояние между местом подачи удобрений и центрами дисков всегда будет оставаться неизменным.

Для контроля поперечного распределения удобрений в процессе их внесения распределители ZA-TS и ZG-TS могут оснащаться сенсорной системой ArgusTwin, которая позволяет непрерывно контролировать веер распределения за счет 14 радарных сенсоров, установленных на правой и левой стороне машины. При возникающих отклонениях поперечное распределение автоматически корректируется путем регулировки электрической распределяющей системы.





Разбрасыватели удобрений CIRO и ZENO итальянской компании Gaspardo оснащаются системой питания Vibro Feed (рис. 3, а), характерной чертой которой является подача удобрений на диски при помощи вибрационного механизма. Эта система обеспечивает постоянство питания как при полностью заполненном, так и при неполном бункере. Подача удобрений осуществляется в центр распределяющего диска из специальной камеры со стороны диффузоров.

Гранулы удобрений поступают на распределяющие лопасти диска с боку, претерпевая при этом постепенное и равномерное ускорение. Такая система предотвращает дробление, распыление и нагрев гранул. Она пригодна для внесения различных видов минеральных удобрений и в любых погодных условиях. Для нее характерно постоянство распределения по обрабатываемой площади и отсутствие образования комков.



Рис. 3. Инновации в конструкциях разбрасывателей удобрений компаний Gaspardo и Rauch:
а – система подачи удобрений Gaspardo Vibro Feed; б – приспособление для внесения удобрений по рядам Rauch RFZ 7

Эффективной альтернативой для рядовых посевов овощных и пропашных культур является приспособление для внесения по рядам RFZ 7 (рис. 3, б), разработанное немецкой компанией Rauch и позволяющее с высокой точностью вносить заданное количество удобрений параллельно на ширину до семи рядов. Приспособление легко настраивается на внесение различного количества удобрений и на разные расстояния между рядами.

Система CDA (коаксиального регулирования распределения), стандартно устанавливаемая на модельный ряд разбрасывателей AXIS компании Rauch, является уникальной разработкой, благодаря двум применяемым оригинальным решениям. Прежде всего, эта система обеспечивает быстрое изменение места подачи удобрений на диск за счет поворота основания бункера, что способствует адаптации машины к различным типам удобрений и ширине захвата. Специальная конструкция дозирующего механизма, за счет близкого расположения дозирующих заслонок относительно центра диска, обеспечивает создание постоянного потока удобрений с широкими зонами перекрытий и низким коэффициентом вариации веера разброса.

Система подачи GranuSafe разбрасывателей Rauch серии AXIS бережно транспортирует гранулированные удобрения на распределяющие лопасти разбрасывающего диска. Оптимальное согласование работы медленно пульсирующей мешалки, совершающей 17 мин⁻¹, и бережной подачи удобрений, за счет специальной формы дозирочного канала со щёточнообразными стопорами турбулентности (рис. 4, а) на выходах, позволяет добиться образования оптимального потока. Частота вращения разбрасывающих дисков составляет 900 мин⁻¹. Отражатели AIRFIN, устанавливаемые на диски, уменьшают завихрения, создаваемые вращающимися механизмами, обеспечивая тем самым равномерный поток удобрений.

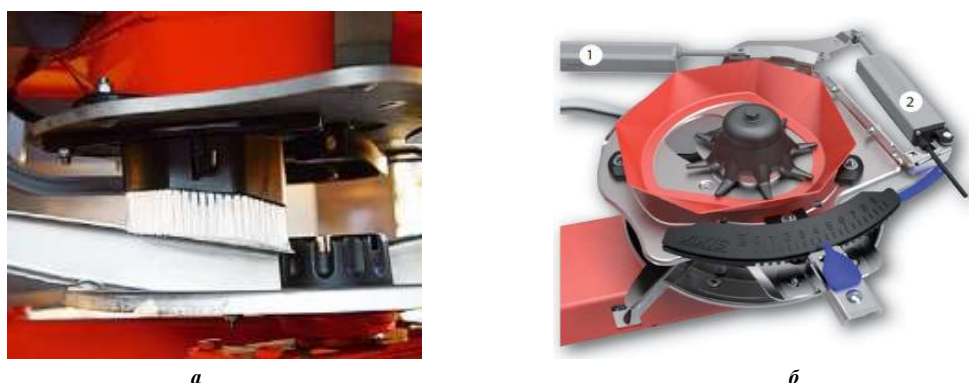


Рис. 4. Система бережной подачи удобрений Rauch GranuSafe с технологией CDA:
а – щёточные стопоры турбулентности; б – электрическое дистанционное управление внесением удобрений

В разбрасывателях AXIS M 50.2 W настройка рабочей ширины захвата и режимов работы машины в зависимости от вида применяемых удобрений осуществляется дистанционно из кабины трактора при помощи электрической системы. Два электрических актуатора (рис. 4, б) для изменения точки подачи удобрений 1 и регулировки дозирочных шиберных заслонок 2 позволяют проводить непрерывные корректировки на клиновидных участках поля, препятствиях и при не четкой системе технологической колеи.

Инновационная радарная технология AXMATduo для разбрасывателей AXIS H с ISOBUS-терминалами Rauch CSI позволяет в режиме реального времени и с высокой точностью анализировать схему внесения удобрений. Это обеспечивается за счет использования 54 радарных датчиков, установленных вокруг разбрасывающих дисков и

соответствующего программного обеспечения, которое немедленно выполняет необходимую регулировку, если размер гранул удобрения, уклон склона, состояние распределяющих лопаток по-разному влияют на схему внесения.

Заключение. Проведенный анализ модельного ряда современных разбрасывателей минеральных удобрений и их технических особенностей показал, что для всех машин характерен высокий технический уровень вне зависимости от производителя. Однако, не смотря на достигнутые результаты, разработчики сельскохозяйственной техники стремятся еще к большему совершенству выпускаемых машин, постоянно модернизируют системы дозирования и подачи удобрений на распределительные устройства, оснащают их различными электронными системами, позволяющими повысить эффективность управления процессами распределения удобрений вне зависимости от видов используемых удобрений и природно-климатических особенностей территорий.

Все инновационные разработки, применяемые в конструкциях разбрасывателей, направлены на повышение качества внесения удобрений, снижение их необоснованного расхода, поддержание технологических свойств удобрений и уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду. В тоже время существуют еще определенные направления, которые требуют проведения дополнительных исследований. Значительный интерес представляют исследования работы дозирующих систем, перемешивающих устройств, систем подачи и распределения удобрений. Важным направлением в производстве качественных продуктов питания и снижении экологических рисков для природной среды является применение дифференцированных технологий внесения удобрений с использованием техники нового поколения, оснащенной электронными терминалами управления, навигационным оборудованием, системами параллельного вождения, сенсорными устройствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ конструкций рабочих органов и разбрасывателей гранулированных удобрений / А. А. Шварц [и др.] // Наука в центральной России. 2021. № 1(49). С. 12–22.
2. Астахов В. С. Возможный качественный прорыв при дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 158–161.
3. Григорьева В. А., Кокунова И. В. Распределительные системы современных разбрасывателей минеральных удобрений // Актуальные проблемы науки в области АПК: материалы науч.-практ. конф. Великие Луки, 2021. С. 21–24.
4. Кокунова И. В., Федорова-Семенова Т. Е., Григорьева В. А. Инновационные решения в конструкциях разбрасывателей минеральных удобрений для снижения экологических рисков // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (34). С. 51–60.
5. Мазитов Н. К., Сахапов Р. Л., Шарафиев Л. З. Отечественная техника и технология ликвидации продовольственной зависимости // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3 (35). С. 76–80.
6. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Инновационная сельскохозяйственная техника для цифровых технологий АПК // Агрофорум. 2020. № 4. С. 10–16.
7. Морозов В. В., Кокунова И. В. Перспективы применения точного земледелия в агропромышленном комплексе Псковской области // Научный вклад академии в развитие региона: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Великие Луки. 2017. С. 51–58.
8. Ружьев В. А., Иванов М. В., Дзибук И. С. Основы совершенствования технологического процесса дифференцированного внесения минеральных удобрений в геоинформационных системах точного земледелия // Вестник Студенческого научного общества. Санкт-Петербург-Пушкин. 2014. №3. С. 71–73.
9. Черноволы В. А., Шертов С. А. Экспериментальное исследование вертикальных роторных аппаратов для рассева минеральных удобрений // Мичуринский агрономический вестник. 2017. № 2. С. 103–110.
10. AMAZONE. Прецизионность при внесении минеральных удобрений. <https://amazone.ru/ru-ru/планы-и-решения/решения/интеллектуальное-растениеводство/praezision-in-der-mineralduengerausbringung> (дата обращения: 10.01.2022).
11. Samarin G. N., Kokunova I. V., Vasilyev A. N., Kudryavtsev A. A., Normov D. A. (2021) Optimization of Compost Production Technology. *Intelligent Computing and Optimization. ICO 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1324. Springer, Cham, Pp. 1319–1327.

REFERENCES

1. Analysis of structures of working bodies and a spreader of granular fertilizers / A. A. Shvarts et al. *Science in central Russia*. 2021; 1 (49): 12–21 (In Russ.).
2. Astakhov V. S. A possible qualitative breakthrough in the differentiated application of granular mineral fertilizers. *Vestnik of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019; 1: 158–161 (In Russ.).
3. Grigorieva V. A., Kokunova I. V. Distribution systems of modern spreaders of mineral fertilizers. *Actual problems of science in the field of agro-industrial complex: materials of scientific-practical conf.* Velikiye Luki; 2021; 21–24 (In Russ.).
4. Kokunova I. V., Fedorova-Semenova T. E., Grigorieva V. A. Innovative solutions in the designs of mineral fertilizer spreaders for reducing environmental risks. *Izvestiya Velikolukskay State Agricultural Academy*. 2021. 1 (34): 51–60 (In Russ.).
5. Mazitov N. K., Sakhapov R. L., Sharafiev L. Z. Domestic equipment and technology for eliminating food dependence. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2020. 3(35): 76–80. (In Russ.).
6. Milyutkin V. A., Buksman V. E. Innovative agricultural machinery for digital technologies of the agro-industrial complex. *Agroforum*. 2020. 4: 10–16 (In Russ.).
7. Morozov V. V., Kokunova I. V. Prospects for the use of precision agriculture in the agro-industrial complex of the Pskov region. *Scientific contribution of the Academy to the development of the region: materials of the Intern. scientific-practical conf.* Velikiye Luki; 2017; 51–58 (In Russ.).
8. Ruzhev V. A., Ivanov M. V., Dzibuk I. S. Fundamentals of improving the technological process of differentiated application of mineral fertilizers in geoinformation systems of precision farming. *Bulletin of the Student Scientific Society*. 2014. 3: 71–73 (In Russ.).
9. Tseplyaev V. A., Timoshenko V. V., Magomedov A. M. Comparative analysis of machines for applying solid mineral fertilizers and hydrogel. *Optimization of agricultural land use and strengthening of the export potential of the agro-industrial complex of the Russian Federation: materials of the Intern. scientific-practical conf.* Volgograd; 2020; 217–222 (In Russ.).
10. AMAZONE. Precision when applying mineral fertilizers. <https://amazone.ru/ru-ru/планы-и-решения/решения/интеллектуальное-растениеводство/praezision-in-der-mineralduengerausbringung> (Access date: 10.01.2022) (In Russ.).
11. Samarin G. N., Kokunova I. V., Vasilyev A. N., Kudryavtsev A. A., Normov D. A. Optimization of Compost Production Technology. *Intelligent Computing and Optimization. ICO 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021; 1324: 1319–1327.

Статья поступила в редакцию 16.01.2022; одобрена после рецензирования 22.02.2022; принята к публикации 03.03.2022.
The article was submitted 16.01.2022; approved after reviewing 22.02.2022; accepted for publication 03.03.2022.

