

Научная статья

УДК 631.333.92

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-93-99

Обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров ворошителя навозно-компостных смесей

Солтан Ильясович Темиржанов¹, Юрий Ахметханович Шекихачев^{✉2}

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹temirzhanovs@yandex.ru

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

Аннотация. На основании анализа конструкций машин для технического обеспечения механизированного компостирования, предварительных теоретических и экспериментальных исследований известных ученых, собственных поисковых исследований установлено, что механизированное производство компостов требует дополнительного изучения. Некоторые устройства и оборудование нуждаются в усовершенствовании конструкции. Систематизация положений о механизированных способах производства компостов, определение рациональных параметров рабочих органов позволят уменьшить эксплуатационные расходы, а технологии будут доступны для практического использования. С учетом изложенного обоснована конструктивно-технологическая схема ворошителя, которая позволяет реализовать процесс компостирования навозно-компостных смесей в виде буртов. Его рабочим органом является фрезерный барабан с радиально расположенными лопастями. Теоретические и экспериментальные результаты исследования ворошителя навозно-компостных смесей барабанного типа позволяют разработать методику инженерных расчетов для определения основных параметров и режимов работы, как фрезерного барабана, так и ворошителя в целом. Показатели работы ворошителя для переработки органических отходов животноводства, в частности навоза, должны отвечать требованиям, предъявляемым к органическим удобрениям, исходя из необходимости получения максимально возможного урожая в конкретных почвенно-климатических условиях.

Ключевые слова: навоз, переработка, компостная смесь, ворошитель, рабочий орган, барабан

Для цитирования: Темиржанов С. И., Шекихачев Ю. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров ворошителя навозно-компостных смесей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 1(51). С. 93–99. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-93-99

Original article

Justification of the design and technological scheme and parameters of the manure-compost mixture stirrer

Soltan I. Temirzhanov¹, Yuri A. Shekikhachev^{✉2}

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

¹temirzhanovs@yandex.ru

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

Abstract. Based on the analysis of the designs of machines for the technical support of mechanized composting, preliminary theoretical and experimental studies of well-known scientists, own search studies, it was established that the mechanized production of composts requires additional study. Some devices and equipment require design improvements. Systematization of provisions on mechanized methods of compost production, rational parameters of working bodies will reduce operating costs, and technologies are available for practical use. Taking into account the above, the design and technological scheme of the agitator is justified, which makes it possible to implement the process of composting manure and composting mixtures in the form of beads. Its working element is a milling drum with radially located blades. The obtained theoretical and experimental studies of the agitator of dung-compost mixtures of the drum type make it possible to develop a methodology for its engineering calculations to determine the main parameters and operating modes of both the milling drum and the agitator as a whole. The performance indicators of the agitator for processing organic waste of animal husbandry, in particular manure, must meet the requirements set by agricultural plants for organic fertilizers based on the need to obtain the maximum possible yield in specific soil and climatic conditions.

Keywords: manure, processing, compost mixture, agitator, working body, drum

For citation: Temirzhanov S.I., Shekikhachev Yu.A. Justification of the design and technological scheme and parameters of the manure-compost mixture stirrer. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;1(51):93–99. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-93-99

Введение. Один из важных факторов формирования плодородия почв связан с содержанием гумуса. Увеличение его содержания улучшает емкость впитывания и степень насыщения основаниями, тем самым противодействует изменениям реакции почвенного раствора. Поэтому для повышения буферности почвы необходимо вносить органические удобрения. Именно по причине недостаточного количества органических удобрений в почвах России типично сложился дефицитный баланс гумуса, а темпы ежегодной потери гумуса составляют 1,5 млрд т [1–5].

Для улучшения положения необходимо перейти на инновационные методы производства и внесения органических удобрений. Одним из таких направлений должна стать переработка отходов животноводства в качественные удобрения, в частности компосты. К тому же обогащение компостных смесей минеральными добавками не только предотвратит потери азота, но и в конечном счете усилит его биологическую активность.

Механизированное компостирование является важной составляющей современного сельскохозяйственного производства, позволяющего эффективно использовать органические ресурсы, улучшать экологическое состояние окружающей среды, получать качественные органические удобрения и восстанавливать плодородие почв. Техническое

обеспечение требует постоянного системного анализа и усовершенствования [6, 7].

Технические средства механизации для компостирования делятся на три группы. Первая группа включает средства общего назначения: ковшовые и грейферные тракторные погрузчики, бульдозеры, разбрасыватели органических удобрений. Технологически средства обеспечивают базовые условия – высоту и ширину буртов, но недостаточно информации о качестве смесей и готовых компостов. Механизированные комплексы машин общего назначения характеризуются высокими эксплуатационными затратами.

Вторая группа – мобильные ворошители, имеющие высокую производительность в отдельных энергозатратных операциях – ворошении, измельчении, смешивании смеси, формировании бурта, но требующие постоянной технологической корректировки высоты бурта [8]. Третья группа, включающая погрузчики непрерывного действия, более производительна, но имеет сложную конструкцию и высокое энергопотребление, что влияет на экономическую эффективность.

Обоснование средств технического обеспечения производства компостов определяется системным анализом технологических, технических, организационных факторов, которые в каждом новом условиях сугубо индивидуальны. Результаты исследований по

компостированию подстилочного помета прицепным ворошителем позволят определить изменение внутренних температур при ворошении сырья, их влияние на результаты ферментации, принять системные решения по улучшению организационного обеспечения производства компостов на предприятии.

Поисковое исследование компостирования подстилочного помета на основе шелухи подсолнечника показало эффективность внесения воды при ферментации сырья. Изучались некоторые реологические свойства, температурные изменения в буртах, но необходимы более глубокие технологические исследования по результативности полученных компостов, техническому совершенствованию устройств и их испытанию, использованию различных технических средств [9].

Результаты исследования показывают комплексную оценку производства компостов в условиях реального хозяйства с учетом организационных, технических, технологических, финансовых возможностей. На их базе принимаются решения по обеспечению производства. Систематизация результатов исследований по новым направлениям всегда актуальна и требует последовательного их продолжения в целях разработки инновационных технологий и технических средств по производству компостов.

Цель исследования – обосновать конструктивно-технологическую схему ворошителя, позволяющую реализовать процесс компостирования навозно-компостных смесей в виде буртов.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использован ворошитель буртов навозно-компостных смесей. Результаты расчетов параметров ворошителя буртов навозно-компостных смесей обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. В конструктивно-технологическую схему мобильного ворошителя навозно-компостных смесей (рис. 1) входит фрезерный барабан 1 с прямыми 2 и наклонными лопастями 3, на выходной конец вала 4 которого установлена ведомая звездочка 5, соединенная цепной передачей 6 с цепной передачей 6 вала конического редуктора 8, приводимого от ВОМ трактора. Во время работы фрезерно-барабанный рабочий орган совершает одновременно поступательное движение со скоростью перемещения агрегата V_{Π} и вращательное с угловой скоростью ω , за счет чего взаимодействует с буртом гное-компостной смеси (рис. 2).

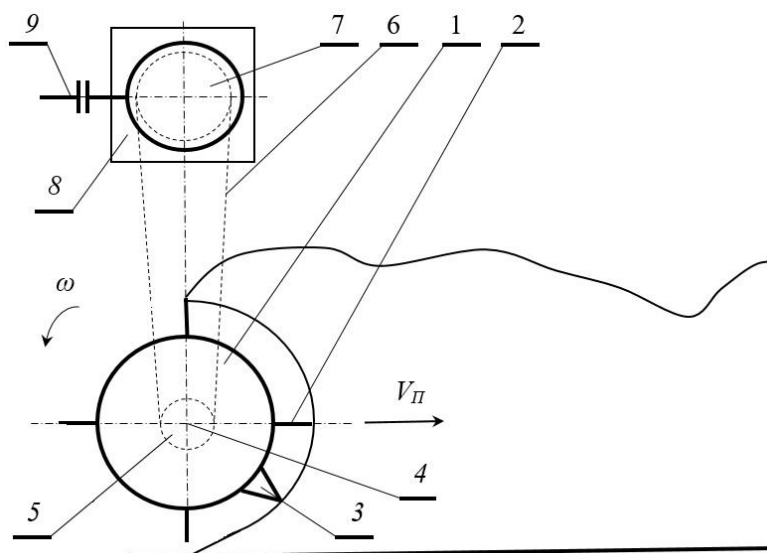


Рисунок 1. Конструктивно-технологическая схема ворошителя буртов навозно-компостной смеси:

1 – барабан; 2 – лопасть прямая; 3 – лопасть наклонная; 4 – вал барабана; 5 – звездочка ведомая; 6 – цепная передача; 7 – звездочка ведущая; 8 – редуктор конический; 9 – ВОМ трактора

Figure 1. Design and technological scheme of the manure-compost mixture pile stirrer:

1 – drum; 2 – straight blade; 3 – inclined blade; 4 – drum shaft; 5 – driven sprocket; 6 – chain transmission; 7 – driven sprocket; 8 – bevel gearbox; 9 – tractor power take-off shaft

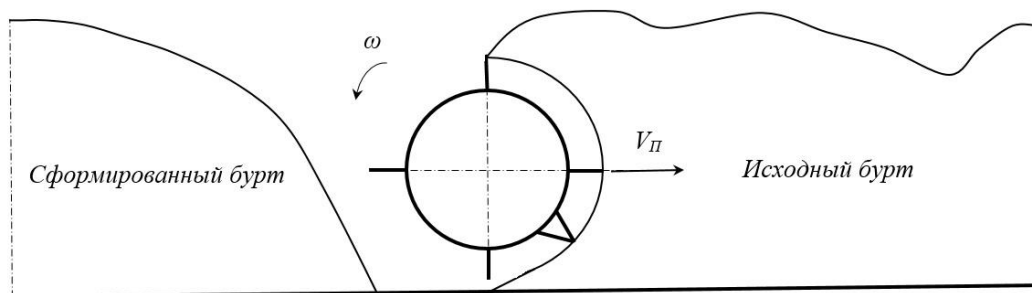


Рисунок 2. Процесс работы фрезерно-барабанного рабочего органа
Figure 2. The process of the milling-drum working body

Фрезерный барабан смесителя-аэратора оснащен жестко закрепленными радиальными лопастями. Лопасти установлены по одной окружности барабана и образуют две винтовые линии, смещенные между собой на 180° . В зонах, где радиус барабана вместе с зазором между лопастью и площадкой формирования бурта меньше высоты бурта, лопасти установлены параллельно оси барабана. От них и до концов барабана лопасти установлены под углом к его оси. Величина угла размещения изменяется с расположением лопасти по длине барабана при обеспечении подачи обособленной компостной массы отбрасыванием в зону продольной оси бурта.

Прямые лопасти фрезерного барабана, расположенные в зоне наибольшей высоты бурта (рис. 1 и 2), предназначены для отделения материала от массива бурта и его опрокидывания с одновременным формированием нового бурта.

Наклонные лопасти, наряду с тем, что действуют как и прямые, отделяя определенную часть массы с одновременным ее разрыхлением и смешиванием и опрокидыванием через барабан формируя новый бурт, предназначены также для дополнительного перемещения массы по бокам бурта к центру (рис. 2).

Ворошитель буртов навозно-компостных смесей имеет раму со сцепкой для агрегатирования с трактором. На раме установлены опорные колеса и фрезерный вращающийся барабан с рабочими элементами, выполненными в виде плоских лопастей, размещенных по центру фрезерного вращающегося барабана, установленных в плоскостях, тангенциальных к оси фрезерного вращающегося барабана, и радиально установленных по встречным винтовым линиям под углом $20-45^\circ$ к оси барабана.

Ворошитель компоста оснащен системой увлажнения компоста, представляющей собой: емкость для жидких компонентов, распылители, распределитель, фильтр и насос, позволяющий синхронизировать подачу жидких компонентов с частотой вращения фрезерного вращающегося барабана. Фрезерный вращающийся барабан приводится в движение от энергетического средства через редуктор. Для перестановки опорных колес используется гидродомкрат. Рама выполнена с возможностью регулировки клиренса между рабочими органами фрезерного вращающегося барабана и опорной поверхностью за счет установки винтовых валов.

При создании технического средства, предназначенного для ворошения навозно-компостных материалов, в первую очередь следует исходить из основного количественного показателя – производительности Q процесса в единицу рабочего времени и рекомендаций к проектированию таких машин [6], также из результатов собственных аналитических и лабораторно-экспериментальных исследований и физико-механических свойств навозно-компостных смесей.

В зависимости от угла природного откоса компоста α и высоты навалочного бурта H , внешний радиус фрезерного барабана R определяется из уравнения:

$$R = 0,4H - 0,013H\alpha + 0,0002H\alpha^2. \quad (1)$$

Согласно теоретическим исследованиям [6] радиус внутреннего барабана аэратора должен составлять $r = 0,143$ м.

Угловая скорость барабана аэратора ω и скорость его перемещения V определяются из системы уравнений [9, 10]:

$$\begin{cases} \omega = \frac{HV}{0,1(R^2 - r^2)} \\ Q = 146,1 - 0,6R - 1,2\omega + 536,3V \end{cases} \quad (2)$$

Мощность привода фрезерного барабана $N_{\text{пр}}$ и тяговое сопротивление перемещению ворошителя F_B определяются по зависимости:

$$\begin{cases} N_{\text{пр}} = 66,8 - 0,2R + 0,2\omega - 31,8V \\ F_B = -3,3 + 0,03R - 0,02\omega - 0,04V \end{cases} \quad (3)$$

Структурность полученного бурта δ определяется по зависимости:

$$\begin{aligned} \delta = & -72,4 + 9,6 \frac{\omega R}{V} - 135,1H - \\ & - 0,1 \left(\frac{\omega R}{V} \right)^2 - 0,1 \frac{\omega R H}{V} + 45,5H^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассчитав скорость V_B перемещения агрегата при условии буксования колес трактора ε :

$$V_B = V(1 - \varepsilon), \quad (5)$$

можно определить площадь поперечного сечения бурта S_B в зависимости от плотности массы обрабатываемого бурта ρ_B :

$$S_B = \frac{Q}{V_B \rho_B}. \quad (6)$$

Для нахождения ширины полученного бурта B можно воспользоваться формулой:

$$B = 2H \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

Таким образом, сочетание теоретических разработок с полученными физико-технологическими свойствами обрабатываемых буртов и частиц компостного материала и зависимостями, полученными при исследовании технологического процесса ворошения, дает возможность разработать методику инженерного расчета основных конструктивных параметров и режимов работы ворошителя навозно-компостных смесей с учетом физико-механических свойств обрабатываемого материала и формируемого бурта.

Вывод. Исследование процесса ворошения буртов навозно-компостных смесей позволяет разработать методику инженерных расчетов для определения основных параметров и режимов работы как фрезерного барабана, так и ворошителя в целом.

Список литературы

1. Езиев М. И., Шекихачева Л. З., Шибзухова З. С. Экологическая безопасность аграрного землепользования в контексте системного управления // АгроЭкоИнфо. 2025. № 2(68). С. 6. DOI: 10.51419/202152208. EDN: VKPYZF
2. Езиев М. И., Шекихачева Л. З., Шибзухова З. С. Экологический мониторинг качества почвы // АгроЭкоИнфо. 2025. № 2(68). С. 8. DOI: 10.51419/202152207. EDN: WOMIYS
3. Шекихачев Ю. А., Мишхожев В. Х., Шекихачева Л. З. Техничко-технологическое обеспечение борьбы с эрозионными процессами в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 3(49). С. 120–128. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-3-49-120-128. EDN: VBQSSY
4. Шекихачева Л. З. Экологические последствия эрозионного разрушения почв // Научные достижения и инновационные подходы в АПК: сб. науч. тр. по итогам XII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б. Х. Жерукова. Нальчик, 2024. С. 79–82. EDN: JXNEXD
5. Шекихачева Л. З. Меры по защите почв от возникновения и развития эрозионных процессов // В сборнике: Научные достижения и инновационные подходы в АПК. Сборник научных трудов по итогам XII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б. Х. Жерукова. Нальчик, 2024. С. 82–85. EDN: JBSZTV
6. Li Z., Miito G.J., Lim T.T. Mixing-Vessel Composting System at a Large Swine Finishing Farm. Extension. University of Missouri. 2020. Vol. 12. Pp. 1–9.
7. Epstein E. Industrial Composting. Environmental Engineering and Facilities Management. CRC Press. 2011. 338 p.
8. Karthika A., Seenivasagan R., Vasanthy M.A Review on Technological Approach for Obtaining Nutrient from Solid Waste. Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies Organic Pollutants. 2021. Pp. 475–502. DOI: 10.1007/978-3-030-7244-2_19

9. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture // *Agraarteadus: Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. XXXII. No 2. Pp. 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30

References

1. Eziev M.I., Shekikhacheva L.Z., Shibzukhova Z.S. Environmental safety of agricultural land use in the context of systemic management. *AgroEkoInfo*. 2025;2(68):6. (In Russ.). DOI: 10.51419/202152208. EDN: BKPYZF

2. Eziev M.I., Shekikhacheva L.Z., Shibzukhova Z.S. Environmental monitoring of soil quality. *AgroEkoInfo*. 2025;2(68):8. (In Russ.). DOI: 10.51419/202152207. EDN: WOMIYS

3. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.H., Shekikhacheva L.Z. Technical and technological support for combating erosion processes in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;3(49):120–128. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-3-49-120-128. EDN: VBQSSY

4. Shekikhacheva L.Z. Ecological consequences of soil erosion. *Nauchnye dostizheniya i innovacionnye podhody v APK: sb. nauch. tr. po itogam XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR, professora B. H. Zherukova* [Scientific achievements and innovative approaches in the agro-industrial complex: collection of scientific papers following the results of the XII International scientific and practical conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation and the Kabardino-Balkarian Republic, Professor B.Kh. Zherukov]. Nalchik, 2024. Pp. 79–82. (In Russ.). EDN: JXNEXD

5. Shekikhacheva L.Z. Measures to protect soils from the occurrence and development of erosion processes. *Nauchnye dostizheniya i innovacionnye podhody v APK: sb. nauch. tr. po itogam XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR, professora B.H. Zherukova* [Scientific achievements and innovative approaches in the agro-industrial complex: collection of scientific papers following the results of the XII International scientific and practical conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation and the Kabardino-Balkarian Republic, Professor B.Kh. Zherukov]. Nalchik, 2024. Pp. 82–85. (In Russ.). EDN: JBSZTV

6. Li Z., Miito G.J., Lim T.T. Mixing-Vessel Composting System at a Large Swine Finishing Farm. Extension. University of Missouri. 2020. Vol. 12. Pp. 1–9.

7. Epstein E. Industrial Composting. Environmental Engineering and Facilities Management. CRC Press. 2011. 338 p.

8. Karthika A., Seenivasagan R., Vasanthy M. A Review on Technological Approach for Obtaining Nutrient from Solid Waste. Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies Organic Pollutants. 2021. Pp. 475–502. DOI: 10.1007/978-3-030-7244-2_19

9. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus: Journal of Agricultural Science*. 2021;XXXII(2):169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30

Сведения об авторах

Темиржанов Солтан Ильясович – аспирант кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Шекихачев Юрий Ахметханович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Information about the authors

Soltan I. Temirzhanov – Graduate student of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Yuri A. Shekikhachev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 21.01.2026;
одобрена после рецензирования 10.02.2026;
принята к публикации 17.02.2026.*

*The article was submitted 21.01.2026;
approved after reviewing 10.02.2026;
accepted for publication 17.02.2026.*