

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.363

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-34-40>

Инновационные решения технического обеспечения процесса производства комбикормов в фермерских хозяйствах

Т.А. Клевцова^{1✉}, *А.В. Гвоздев*²^{1,2} Мелитопольский государственный университет; г. Мелитополь, Россия¹ klevtsova1204@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7319-9266>² gav11gvozdev@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1401-8434>

Аннотация. Производство комбикормов в хозяйствах из собственного зерна позволяет снизить их себестоимость. Создание технологических линий производства комбикормов в виде комплекса технологических модулей с применением гравитационного, инерционного и центробежно-ударного воздействия на кормовые материалы позволит малым зерноперерабатывающим предприятиям получать широкий ассортимент комбикормов высокого качества с низкой себестоимостью. С целью создания высокопроизводительных и малоэнергоёмких кормоприготовительных агрегатов блочно-модульного типа проведен технико-технологический анализ малых зерноперерабатывающих предприятий. В результате нами разработан агрегат блочно-модульного типа, включающий в себя гравитационный сепаратор, через который пропускают зерно (перед измельчением в дробилке прямого удара) и продукты помола (перед приготовлением комбикормов), а также объемный дозатор непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом и высокоскоростной смеситель-увлажнитель. В сравнении с аналогами агрегат позволяет получить такое же качество комбикормов, но с наименьшей потребляемой мощностью (8 кВт) и минимальными затратами при его переналадке на производство заданного вида комбикорма (только открытие и закрытие соответствующих дозаторов). Разработанный агрегат позволит получать широкий ассортимент комбикормов высокого качества с низкой себестоимостью.

Ключевые слова: зерно, комбикорм, агрегат, блочно-модульное построение, качество, энергозатраты, гравитационная сепарация, дробилка прямого удара

Для цитирования: Клевцова Т.А., Гвоздев А.В. Инновационные решения технического обеспечения процесса производства комбикормов в фермерских хозяйствах // Агроинженерия. 2025. Т. 27. № 1. С. 34-40. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-34-40>

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» (тема FRRS-2023-0019).

Благодарности. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

ORIGINAL ARTICLE

Innovative solutions for the technical support of the feed production process in farms

T.A. Klevtsova^{1✉}, *A.V. Gvozdev*²^{1,2} Melitopol State University; Melitopol, Russia¹ klevtsova1204@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7319-9266>² gav11gvozdev@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1401-8434>

Abstract. The on-farm production of compound feeds from the farm own grain reduces feed costs. The introduction of technological lines for the production of compound feeds in the form of technological modules using gravitational, inertial and centrifugal impact on feed materials will enable small grain processing enterprises to receive a wide range of compound feeds of high quality at a low cost. In order to design high-performance and low-energy feed preparation units of a block-module type, the authors carried out a technical and technological analysis of small grain processing enterprises. As a result, they have developed a block-module unit, including a gravity separator through which grain passes (before being crushed in a direct impact crusher) and grinding products (before preparing compound feeds), as well as a continuous volumetric dispenser with a cylindrical working body and a high-speed mixer humidifier. Compared with its counterparts, the unit ensures the same quality of compound feeds, but at the lowest power consumption (8 kW) and minimal costs when used for the production

of a given type of compound feed (only opening and closing the corresponding dispensers). The developed unit will make it possible to obtain a wide range of low-cost high-quality compound feeds.

Keywords: grain, feed, unit, block-module design, quality, energy consumption, gravity separation, direct impact crusher

Financing. The work financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Melitopol State University" (theme FRRS-2023-0019).

Acknowledgements. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Klevtsova T.A., Gvozdev A.V. Innovative solutions for the technical support of the feed production process in farms. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(1):34-40 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-34-40>

Введение

Производство комбикормов из собственного зернового сырья в цехах хозяйств способствует уменьшению их себестоимости. Для таких установок нужны небольшие площади и энергозатраты¹. Однако технологии и машины для производства комбикормов в хозяйствах не внедрены в производство².

По расчетам академика РАН В.И. Сыроватка, в хозяйствах должно быть не менее 25,5 тыс. комбикормовых цехов производительностью 5...12 т/ч с возможностью производства в них 41,5...46,7 млн т комбикормов в год.

В составе комбикормов доля зерна составляет до 70% [1]. При производстве качественных комбикормов зерно подвергается энергоемким операциям: очистке, фракционированию, сепарации, измельчению, дозированию, смешиванию. Поэтому разработка новых рабочих органов и машин, адаптированных к многообразию условий современного сельскохозяйственного производства, обладающих минимальными удельными энергозатратами, является актуальной задачей.

Цель исследований: провести технико-технологический анализ малых зерноперерабатывающих предприятий и создать высокопроизводительный и малоэнергоемкий кормоприготовительный агрегат блочно-модульного типа для получения широкого ассортимента комбикормов высокого качества с низкой себестоимостью.

Материалы и методы

Использовались методы системного анализа и научных обобщений, метод аргументации с применением инновационной коммуникации.

¹Краснов И.Н., Филин В.М., Глобин А.Н., Ладьгин Е.А. Производство комбикормов в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств: Монография. Волгоград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. 228 с. EDN: YSMVTP.

²Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года. М.: Росинформагротех, 2015. 152 с. EDN: UKRREV.

Производство высококачественных комбикормов непосредственно в хозяйствах возможно путем применения высокоэффективных цехов и агрегатов, а это требует того, чтобы отечественное машиностроение организовало производство инновационной техники и исследований по разработке высокоэффективных технологий³[2].

Рассмотрены направления развития технологий и технических средств для производства комбикормов на период до 2030 г., которые подразумевают модульное исполнение установок и оборудования (для упрощения их монтажа и обслуживания в однотипных узлах и машинах) и гибкость типоразмерного ряда комбикормовых цехов производительностью 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 8 т/ч (для обеспечения потребности хозяйства в комбикормах от 3,0 до 120 т в сутки) [3].

Проведен анализ оборудования для приготовления комбикормов [2, 4]: АМК-1, МКА-1, АКА-3.322, АП-100, АВАР, Прок, Клад, УПК-0,7, Awila, УМК-Ф-2, ОПК-2, SKIOLD, установки комбикормовые КОМБИНАТ, RIELA, MILL-MIXER, SKIOLD PICCOLO, комбикормовые мини-заводы DOZA, полуприцепные комбикормовые установки РМ 35 и Mix all, самоходные установки для приготовления комбикормов фирм «Польмя Агро» и Awila, недорогой блочно-модульный комбикормовый агрегат марки УЗ-ДКА-1 (ОАО «ВНИИКП») и др. Минимальная однородность смеси у перечисленных кормоприготовительных агрегатов составляет в среднем 90%, но не более 98%. Производительность комбикормовых агрегатов изменяется от 0,2 до 5,0 т/ч. Мощность на привод смесителей, применяемых в комбикормовых агрегатах, составляет у некоторых моделей до 54% от суммарной установленной мощности и не менее 16%. Энергоемкость применяемых смесителей оказывает большое влияние на энергоемкость

³Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года. М.: Росинформагротех, 2015. 152 с. EDN: UKRREV.

малогабаритных комбикормовых агрегатов в целом, в конечном счете – на стоимость комбикормов [2, 4].

Блочно-модульное построение предприятия и блочно-модульные технологические линии по переработке зерна позволят без остановки производства изменять структуру технологического процесса и корректировать производительность в зависимости от запросов заказчика [5-7].

В источниках [2, 4, 8-12] отмечается возможность улучшения технико-экономических показателей техники для производства комбикорма за счет гравитационного, инерционного и центробежно-ударного воздействия на кормовые материалы.

Результаты и их обсуждение

По причине значительного роста стоимости комбикормовой продукции, предлагаемой комбикормовыми заводами сельскохозяйственным товаропроизводителям, определилась устойчивая тенденция приближения производства комбикормов непосредственно к потребителям комбикормовой продукции и местным сырьевым ресурсам. Приготовление комбикормов непосредственно в хозяйствах позволяет значительно снизить затраты на транспортные операции, шире использовать дешевые местные сырьевые ресурсы и др. Все это позволяет существенно сократить себестоимость производимых комбикормов⁴ [2, 4, 13, 14].

Для снижения суммарной установленной мощности кормоприготовительных агрегатов и себестоимости комбикормов необходимы инновационные решения технического обеспечения процесса приготовления комбикормов.

Решить данный вопрос мы предлагаем применением гравитационной сепарации зерна перед измельчением его в дробилке прямого удара, применением гравитационной сепарации продуктов дробления перед приготовлением комбикормов, инерционно-центробежного смешивания компонентов комбикормов, объемного дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом, а также за счет универсальности применения кормоприготовительных агрегатов для получения разнообразных видов комбикормов [8-12].

Разработанная конструкция дробилки прямого удара с предварительной сепарацией зерна и продуктов измельчения осуществляет многоступенчатое измельчение зерна в одном рабочем пространстве камеры дробления с отводом продуктов

измельчения заданной крупности и подачей его на повторное измельчение, позволяет для получения модуля помола зерна 1,4...2,0 мм снизить удельную энергоемкость в пальцевой дробилке ДМБ-П с 8,05 до 7,02 кВт·ч/т, в экспериментальной дробилке – с 4,55 до 3,80 кВт·ч/т [10].

Применение разработанного гравитационного сепаратора со щелевыми сепарирующими отверстиями позволяет без энергозатрат снизить нагрузку и повысить качество процесса сепарирования до 88...89% [11].

Мы определили, что перспективным направлением в исследовании устройств для смешивания сыпучих компонентов комбикормов являются устройства, оснащенные горизонтально расположенными винтовыми (шнековыми) рабочими органами и работающие в быстроскоростном режиме [12].

Зоотехническими требованиями рекомендуется разная крупность помола ингредиентов комбикормов: мелкий помол со средним размером частиц 0,2...1,0 мм – для свиней; средний помол (1,0...1,8 мм) – для птицы; крупный помол (1,8...2,6 мм) – для крупного рогатого скота. Неравномерность измельченного продукта (коэффициент вариации) согласно действующим требованиям⁵ не должна превышать 10%. Между тем современное технологическое оборудование, а это преимущественно молотковые дробилки, обеспечивает довольно неравномерный фракционный состав продуктов измельчения.

Разработанный агрегат для производства комбикормов (рис. 1) в общем виде представляет собой комбикормовый модуль, составленный из автономных блоков предварительной сепарации зерна (I), измельчения зерна (II), фракционирования продуктов измельчения (III), смешивания компонентов комбикормов (IV) и накопления продукции (V).

Агрегат для производства комбикормов содержит гравитационный сепаратор 1 со щелевыми сепарирующими отверстиями для выделения крупной фракции зерна, входящий в блок I. Крупные фракции зерна собираются в бункер-накопитель 2. Блок II состоит из дробилки 3 прямого удара с сепарацией зерна и продуктов измельчения с размещенным под ней блоком III – фракционирования продуктов измельчения. Блок III включает в себя гравитационный сепаратор (классификатор) в виде конвейера с просеивающей поверхностью 4, причем конвейер выполнен с возможностью регулирования угла его

⁴ Краснов И.Н., Филин В.М., Глобин А.Н., Ладыгин Е.А. Производство комбикормов в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств: Монография. Зеленоград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. 228 с. EDN: YSMVTP.

⁵ Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для кормопроизводства: СТО АИСТ 1.14.2-2020. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 32 с.

наклона и снабжен вибратором 5. Просеивающая поверхность 4 имеет секционную конструкцию с участками решет, размер отверстий которых возрастает в направлении движения материала и обеспечивает разделение продуктов измельчения на фракции и их сбор в отдельные лотки. Пылевидная фракция с эквивалентным диаметром частиц 0,2...0,4 мм собирается в лоток 6, мелкий помол (1,0...1,2 мм) – в лоток 7, средний помол (1,8...2,0 мм) – в лоток 8, крупный помол (2,6...2,8 мм) – в лоток 9, а недостаточно измельченная фракция сходит с просеивающей поверхности 4 по направляющей 10.

Классификатор имеет дополнительный лоток 11 для микродобавок. Лотки 6, 7, 8, 9 и 11 снабжены дозаторами 12, под которыми размещен блок IV, состоящий из высокоскоростного смесителя-увлажнителя 13 со шнековым рабочим органом 14 и устройства для ввода жидких добавок 15 в готовый комбикорм. Готовый комбикорм накапливается в бункере 16 блока накопления V.

Агрегат для производства комбикормов работает следующим образом: исходное сырье (например, фуражное зерно) направляется в гравитационный сепаратор 1 со щелевыми сепарирующими отверстиями для выделения крупной фракции зерна, которое собирается в бункере 2. Крупное зерно может использоваться для дальнейшей переработки в пищевые продукты.

Зерно, прошедшее предварительную сепарацию, измельчается дробилкой 3 прямого удара с предварительной сепарацией зерна и продуктов измельчения.

Продукты измельчения направляются в гравитационный сепаратор (классификатор) и попадают на просеивающую поверхность 4, где осуществляется их разделение на фракции. Сначала продукты измельчения проходят секцию решета с диаметром отверстий $d = 0,2 \dots 0,4$ мм, и в лоток 6 отводится пылевидная фракция. Далее последовательно продукты измельчения проходят секции решет, которые отделяют мелкий, средний и крупный помол в лотки, соответственно, 7, 8 и 9. Недостаточно измельченная фракция сходит с конвейера 2 по направляющей 10. Дополнительный лоток 11, установленный в классификаторе, предназначен для микродобавок.

Агрегат для производства комбикормов целесообразно применять в специализированных цехах и фермерских хозяйствах с широкой номенклатурой производства комбикормов. Каждую из размерных фракций, полученных в данном агрегате, используют по специальному назначению: пылевидную – для приготовления питательных растворов молодняку скота; мелкую – для получения комбикормов для свиней; среднюю – для молодняка

птицы и крупного рогатого скота; крупную – для получения комбикормов для взрослого поголовья птицы и крупного рогатого скота. Фракция с диаметром более 2,6 мм возвращается на дополнительное измельчение.

Для получения необходимого комбикорма открывают дозаторы 12 соответствующих лотков, и компоненты смеси попадают в высокоскоростной смеситель-увлажнитель 13 со шнековым рабочим

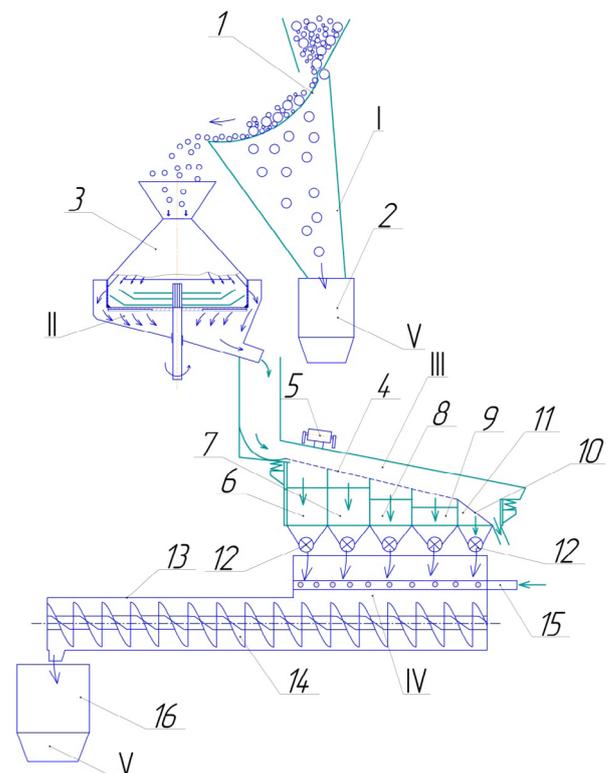


Рис. 1. Агрегат для производства комбикормов:

- I – блок предварительной сепарации зерна;
- II – блок измельчения зерна;
- III – блок фракционирования продуктов измельчения;
- IV – блок смешивания компонентов комбикормов;
- V – блок накопления продукции;
- 1 – гравитационный сепаратор; 2 – бункер-накопитель;
- 3 – дробилка; 4 – гравитационный сепаратор (классификатор);
- 5 – вибратор; 6, 7, 8, 9 – лотки; 10 – направляющая;
- 11 – лоток для микродобавок; 12 – дозатор;
- 13 – смеситель-увлажнитель; 14 – шнековый рабочий орган;
- 15 – устройство для ввода жидких добавок;
- 16 – бункер-накопитель

Fig. 1. Feed production unit:

- I – grain pre-separation unit; II – grain grinding unit;
- III – fractionation unit for grinding products;
- IV – mixing unit for compound feed components;
- V – production accumulation unit; 1 – gravity separator;
- 2 – storage hopper; 3 – crusher; 4 – gravity separator (grader);
- 5 – vibrator; 6, 7, 8, 9 – trays; 10 – guide;
- 11 – tray for microadditives; 12 – dispenser;
- 13 – mixer humidifier; 14 – screw working tool;
- 15 – device for introducing liquid additives;
- 16 – storage hopper

органом 14. Для получения увлажненного комбикорма служит устройство для введения жидких добавок 15. Полученный в смесителе-увлажнителе готовый продукт собирается в бункер 16.

Варианты блочно-модульного построения разработанного агрегата для производства комбикормов в зависимости от специализации и потребности в комбикормах фермерских хозяйств представлены на рисунке 2.

Разработанный агрегат, включающий в себя гравитационный сепаратор и дробилку прямого удара с предварительной сепарацией, по сравнению с аналогами отличается меньшей потребляемой мощностью при том же качестве получаемого комбикорма (табл.).

Агрегат также отличается минимальными затратами, связанными с переналадкой его на производство заданного вида комбикорма (только открытие

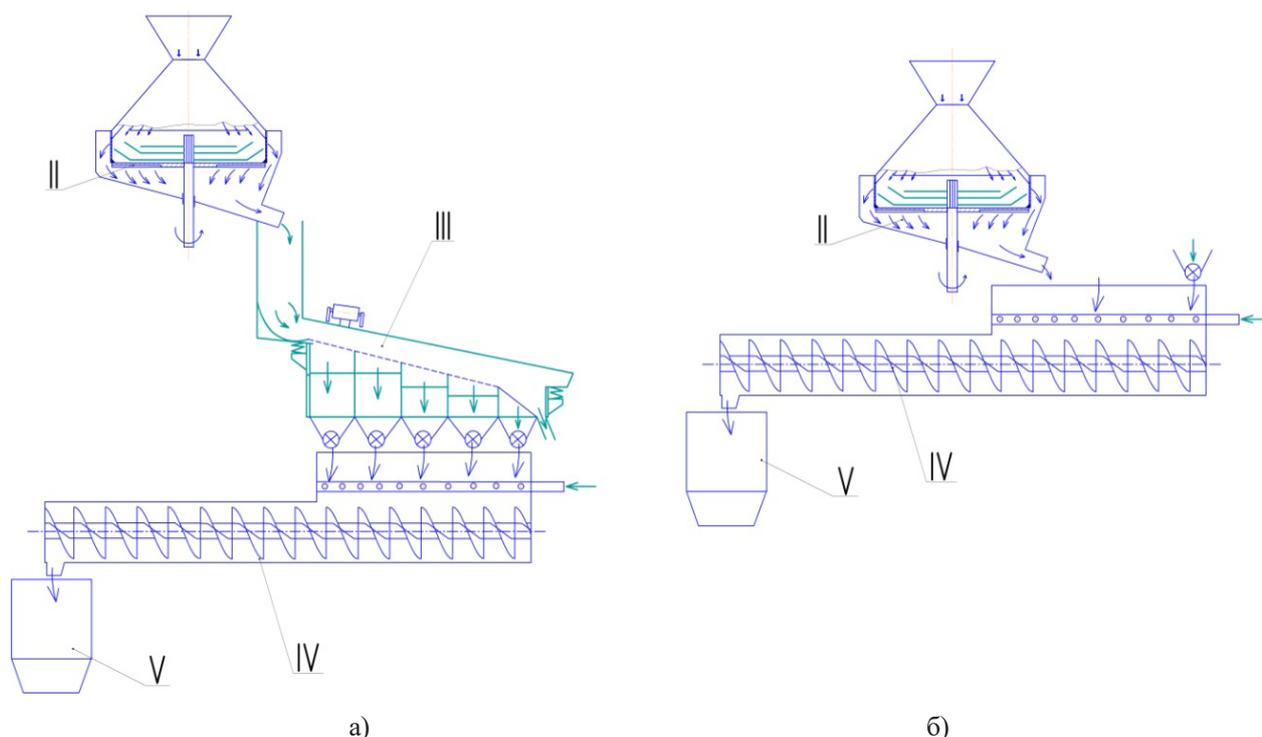


Рис. 2. Варианты блочно-модульного построения разработанного агрегата для производства комбикормов:
 а – без блока предварительной сепарации зерна;
 б – без блоков предварительной сепарации зерна и фракционирования продуктов измельчения

Fig. 2. Options for the block-module design of the developed unit for the production of compound feeds:
 a – without a grain pre-separation unit; b – without units of grain pre-separation and fractionation of grinding products

Технологические характеристики агрегатов для приготовления комбикормов

Таблица

Technological characteristics of units for the production of compound feeds

Table

Марка Brand	Производительность, т/ч Performance, t/h	Вместимость бункера смесителя, м ³ Mixer hopper capacity, m ³	Однородность смешивания, % Uniformity of mixing, %	Общая потребляемая мощность, кВт Total power consumption, kW
У10-ПМК	1,0	1,5	98	38,2
КУ-2-1	1,0	4,0	90	18,5
АКМ-1,0	1,0	1,0	90	16,2
Клад-1,0	1,3...1,5	1,6	90	17,0
МКА-1	1,0	-	90	13,2
Dozamech-1	1,0	2,0	92	9,0
Экспериментальный агрегат Experimental unit	1,0	1,0	92	8,0

и закрытие соответствующих дозаторов), а использование высокоскоростного смесителя-увлажнителя позволяет повысить интенсификацию процесса смешивания и качество комбикормов.

Выводы

1. Создание технологических линий производства комбикормов в виде комплекса технологических модулей, использующих гравитационное, инерционное и центробежно-ударное воздействие

Список источников

1. Сапожников С.Н. Состояние и тенденции развития производства комбикормов // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы IX Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2017». 2017. С. 271-274. EDN: ZMKLFV
2. Садов В.В. Сравнительная оценка комбикормовых агрегатов на этапе концептуального проектирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 10 (156). С. 144-150. EDN: ZIFVBJ
3. Морозов Н.М., Кирсанов В.В. Направления развития технического прогресса в механизации и автоматизации животноводства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XV Международной научно-практической конференции. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. С. 29-54. EDN: GPMYKH
4. Ведищев С.М., Кажияхметова А.А., Хольшев Н.В. Анализ малогабаритных комбикормовых агрегатов // Импортосаменяющие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: Материалы I Всероссийской конференции с международным участием. Тамбов, 2019. С. 135-151. EDN: ICLYHQ
5. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н. Принципы перехода от традиционных технологических линий малых зерноперерабатывающих предприятий к модульным // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3 (19). С. 31-38. EDN: BUODZE
6. Kampker A., Voet H., Burggraf P., Krunke M., Kreiskother K. Methodology for the development of modular factory systems. *FAIM Conference Proceedings*. 2014:131-138
7. Rossi F., Arfelli S., Hu S.J.A., Tolio T.A.M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2019;31:945-988. <https://doi.org/10.1007/s10696-019-09338-7>
8. Петров А.А., Шахов В.А., Наумов Д.В., Кондрашов А.Н., Комарова Н.К. Повышение производительности дробилки зерна за счет улучшения сепарации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 159-162. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-159-162> EDN: BAFJJO
9. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В., Мирошниченко Я.А. Роль сепарации зерновой смеси в технологическом процессе производства комбикормов // Университетская Наука. 2023. № 2 (16). С. 88-91. EDN: IHFZLS
10. Клевцова Т.А., Пупынин А.А. Поиск конструктивных решений дробилок зерна для повышения эффективности дробления // Вестник аграрной науки Дона. 2024. Т. 17, № 1 (65). С. 22-29. https://doi.org/10.55618/20756704_2024_17_1_22-29

на зерно, позволяет получать широкий ассортимент комбикормов высокого качества с низкой себестоимостью.

2. Разработанный агрегат для производства комбикормов за счет использования гравитационного сепаратора, дробилки прямого удара с предварительной сепарацией зерна и высокоскоростного смесителя-увлажнителя отличается от аналогов меньшей потребляемой мощностью при том же качестве получаемого комбикорма.

References

1. Sapozhnikov S.N. State and tendencies of development of production of compound feeds. *Scientific and Information Support of Innovative Development of Agriculture: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference "InformAgro-2017"*, 2017:271-274. (In Russ.)
2. Sadov V.V. Comparative evaluation of compound feed units at the stage of conceptual designing. *Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2017;10:144-150. (In Russ.)
3. Morozov N.M., Kirsanov V.V. Development trends of the technical progress in mechanization and automation of livestock farming. *Scientific and information support of innovative development of agroindustrial sector: Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference*. M.: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Support of Agroindustrial Sector, 2023:29-53. (In Russ.)
4. Vedishchev S.M., Kazhiyakhmetova A.A., Kholshchev N.V. Analysis of small feed mill units. *Import-substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials: Proceedings of the I All-Russian Conference with international participation*. Tambov. 2019:135-151. (In Russ.)
5. Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N. Principles of transition from traditional process lines of small-scale grain processing factories to modular ones. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2019;3:31-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2019-3-19-31-38>
6. Kampker A., Voet H., Burggraf P., Krunke M., Kreiskother K. Methodology for the development of modular factory systems. *FAIM Conference Proceedings*. 2014:131-138.
7. Rossi F., Arfelli S., Hu S.J.A., Tolio T.A.M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2019;31:945-988. <https://doi.org/10.1007/s10696-019-09338-7>
8. Petrov A.A., Shakhov V.A., Naumov D.V., Kondrashov A.N., Komarova N.K. Increasing the productivity of the grain crusher due to improved separation. *Izvestia Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2021;3:159-162. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-159-162>
9. Klevtsova T.A., Gvozdev A.V., Miroshnichenko Ya.A. The role of grain mixture separation in the technological process of compound feed production. *Universitetskaya Nauka*. 2023;2:88-91. (In Russ.)
10. Klevtsova T.A., Pupyinin A.A. Search for constructive solutions for grain crushers to improve crushing efficiency. *Vestnik Agrarnoy Nauki Dona = Don Agrarian Science Bulletin*. 2024;17-1(65):22-29. (In Russ.) https://doi.org/10.55618/20756704_2024_17_1_22-29
11. Gvozdev A.V., Klevtsova T.A., Miroshnichenko Ya.A. Substantiation of the process of gravitational grain separation

11. Гвоздев А.В., Клевцова Т.А., Мирошниченко Я.А. Обоснование процесса гравитационной сепарации зерна методом моделирования // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16, № 4 (64). С. 32-40. https://doi.org/10.55618/20756704_2023_16_4_32-40

12. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В. Обоснование конструкции смесителя компонентов комбикормов на основе построения его морфологической модели // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: Материалы I Международной научно-практической конференции. Мелитополь, 2022. С. 126-129. EDN: UFXXKYM

13. Pavkin D.Yu., Shilin D.V., Nikitin E.A., Kiryushin I.A. Designing and simulating the control process of a feed pusher robot used on a dairy farm. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(22):10665. <https://doi.org/10.3390/app112210665>

14. Резник Е.И., Бестаев Л.З. Электромеханизация приготовления комбикормов в фермерских хозяйствах // Вестник ВИЭСХ. 2012. № 4 (9). С. 43-49. EDN: QBLDIF

Информация об авторах

¹ Клевцова Татьяна Александровна, канд. техн. наук; SPIN-код: 7512-9026, AuthorID: 1191338; klevtsova1204@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7319-9266>

² Гвоздев Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент; SPIN-код: 4472-7859, AuthorID: 296047; gav11gvozdev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1401-8434>

^{1,2} Мелитопольский государственный университет; 272312, Россия, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила 23.04.2024, после рецензирования и доработки 17.10.2024; принята к публикации 13.12.2024

by modeling method. *Vestnik Agrarnoy Nauki Dona = Don Agrarian Science Bulletin*. 2023;16-4(64):32-40. (In Russ.)

12. Klevtsova T.A., Gvozdev A.V. Justification of the design of the mixer of mixed fodder components based on its morphological model. *Technical and Technological Support of Innovations in Agroindustrial Sector: Proceedings of the First International Scientific and Practical Conference*. Melitopol. 2022:126-129. (In Russ.)

13. Pavkin D.Yu., Shilin D.V., Nikitin E.A., Kiryushin I.A. Designing and simulating the control process of a feed pusher robot used on a dairy farm. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(22):10665. <https://doi.org/10.3390/app112210665>

14. Reznik E.I., Bestaev L.Z. Electromechanization of mixed fodder preparation on farms. *Vestnik VIESKH*. 2012;4:43-49. (In Russ.)

Author Information

¹ Tatyana A. Klevtsova, CSc (Eng); klevtsova1204@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7319-9266>

² Alexander V. Gvozdev, CSc (Eng), Associate Professor; gav11gvozdev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1401-8434>

^{1,2} Melitopol State University; 18 B. Khmelniisky Avenue, Melitopol, 272312, Russian Federation.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper and are equally responsible for plagiarism.

Received 23.04.2024; Revised 17.10.2024; Accepted 13.12.2024