

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ
ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ****Б. Г. Зиганшин, Б. М. Сабилов, И. Р. Нафиков, И. И. Кашапов**

Реферат. Измельчение является хорошо известным и важным методом переработки зерна. В данном процессе разрушается твердая оболочка зерновки, что ускоряет пищеварение в желудке животных и обеспечивает более полное усвоение пищевой энергии корма. В сельскохозяйственных предприятиях зерновые корма лучше обеспечивать на собственной кормовой основе. Для этого применяются малогабаритные дробильные оборудования (дробилки). Таким установкам свойственна низкая металлоэнергоёмкость, простота конструкции, мобильность и дешевизна. Цель работы – оценка эффективности разработанной дробилки в сравнении с аналогом – зернодробилкой Фермер ИЗЭ-05М. Для достижения этой цели была изготовлена малогабаритная установка (дробилка) с диском. Его отличительной особенностью является наличие двух дисков диаметром 160 и 210 мм. Установка спроектирована таким образом, что в ней есть возможность перерабатывать семена зерновых культур повышенной влажности. Во время проведения исследований были получены результаты помола зерна, степени его измельчения и энергоёмкости. Результаты показали, что разработанная установка способна обеспечить тонкий помол зерна, чем ее аналог. Оптимальная влажность для получения мелкого помола на аналоге составляет 12,8%, а в нашей установке можно работать с влажностью 13,1%. Разница по влажности составляет 0,3%. Это говорит о том, что затраты на предварительную сушку зерна будут в разы снижены. Также интервал помола зерна несколько шире от 13,1% до 14,4% против 12,8%...13,9%. Энергоёмкость при влажности зерна 9,8% разработанной установки составила 5,1 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг ниже чем взятый аналог (5,9 Дж/кг). При повышенной влажности зерна до 14,4% энергоёмкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг.

Ключевые слова: конструкция, металлоёмкость, энергоёмкость, степень измельчения, помол зерна.

Введение. Российский агропромышленный комплекс переживает период бурного развития, особенно это заметно ощущается в отрасли растениеводства и животноводства. Это развитие во многом связано внешнеполитической ситуацией и санкционным давлением со стороны недружественных стран, которая является реакцией на необходимость обеспечения продовольственной безопасности страны. Санкции, введенные против нашей страны, затронули импорт сельскохозяйственной продукции, в частности удобрений, семян и техники, что привело к поиску новых внутренних резервов и развитию собственного производства.

Одним из ярких примеров служит широкое применение в небольших сельскохозяйственных предприятиях (фермерские хозяйства) технологии производства кормов и использованием малогабаритных устройств [1]. Применение таких устройств в значительной степени позволяет оптимизировать затраты на логистику, которая составляет большую часть себестоимости кормов. Транспортировка зерна является дорогостоящим процессом, особенно это наблюдается в небольших хозяйствах, которые удалены от перерабатывающих предприятий. Наличие собственного оборудования в хозяйстве позволяет быстро и кратчайшие сроки получить готовый измельченный корм на месте ее производства, тем самым снижая транспортные расходы и время на перевозку. Малогабаритные кормоприготовительные агрегаты характеризуются низким энергопотреблением, компактностью и

металлоёмкостью [2, 3]. Сегодня многие малые фермерские хозяйства используют в своих кормовых базах компактные дробильные машины. Таких машин можно классифицировать по таким основным видам, как роторные, щечковые, молотковые, конусные, вальцевые и другие. Они отличаются по типу рабочих органов, эксплуатационным характеристикам, технологическому назначению и т.д.

Измельчение зерновых культур – важный этап в производстве кормов для сельскохозяйственных животных, которая определяет не только качество получаемого конечного продукта, но и экономическую его сторону и вследствие чего разработка и внедрение высокопроизводительного и энергоэффективного оборудования – одна из актуальных задач сельского хозяйства.

К основным показателям, которые должны быть учтены при технологическом процессе, относятся: масса измельченного продукта в единицу времени, степень измельчения, энергоёмкость. Совокупность всех этих показателей и их оптимизация влияют на экономичность и эффективность работы на всей технологической линии [4]. В роторных дробильных машинах на степень измельчения существенно влияет формы измельчающей камеры, в котором обычно происходит работа дисковых рабочих органов (роторов). Форма рабочей камеры (коническая, цилиндрическая) во многом влияет на движение зернового материала и на его измельчение во внутренней части дробилки.

Цель исследования – оценка

эффективности и результативности разработанной установки для измельчения зерна в сравнении с аналогами.

Задачи исследования заключаются в анализе влияния конструктивных и технологических параметров дробилки для помола зерна, а также в оценке степени измельчения и энергоёмкости процесса.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились при помощи спроектированного на кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского государственного аграрного университета установки для дробления зерновых кормов [5]. В качестве сравнения было применено дробильное устройство Фермер ИЗЭ-05М.

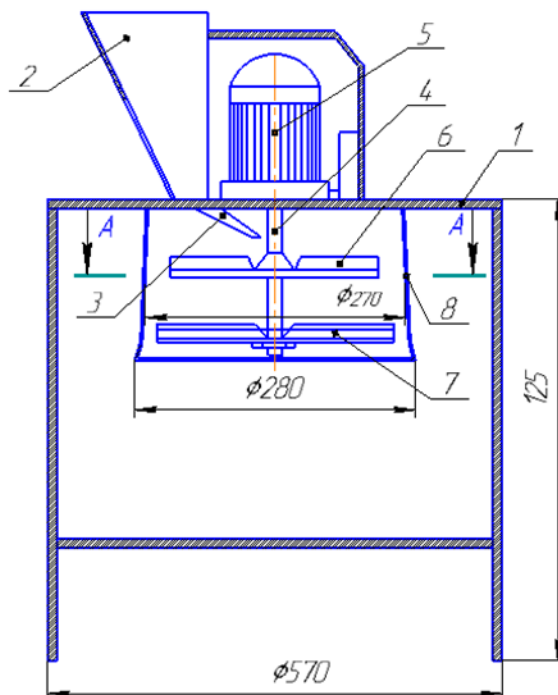


Рис. 1 – Установка для дробления зерновых кормов: 1 – станина; 2 – загрузочная воронка; 3 – направляющий труба; 4 – приводной вал (полуось); 5 – силовой агрегат; 6, 7 – разбрасывающие диски; 7 – обечайка ситовая; 8 – отражатель

Дробилка зерновых кормов включает в себя станину, на которой размещены загрузочная воронка, ситовая обечайка в виде срезного конуса, отражатель и силовой агрегат, который соединен с приводным валом и дисками для разбрасывания. Разбрасывающие диски предназначены для ускорения подаваемого зернового материала к ситовой обечайке, а лопатки, расположенные на верхней поверхности дисков, помогают зерну достигать максимальной скорости [6, 7]. Направляющая труба загрузочной воронки необходима для подачи зернового материала в центр разбрасывающего диска, а ситовая обечайка в форме усеченного конуса создает отскакивающий момент для зерна после его первоначального удара о верхний диск, что завершает процесс дробления.

Одним из ключевых отличительных признаков разработанной дробилки является наличие в ее камере измельчения двух разбрасывающих дисков с лопатками. Эти диски имеют геометрические параметры, которые обеспечивают эффективное и равномерное измельчение. Диаметры дисков составляют 160 и 210 мм.

Для проведения эксперимента нами была взята проба зерна ржи массой 1000 г.

влажностью в интервале 9,8...14,4%. Помол зерна и степень его измельчения определили с помощью анализатора ситового А20 на базе ВП 30 [8]. Вес навески измеряли на весах порционных AND NP-S (5000), а также был использован КИ-К50 (Комплект измерительный), для определения энергоёмкости.

Для того, чтобы определить помол зерна брали сита с различными диаметрами отверстий, в частности используются такие размеры, как 1 мм, 2 мм, 3 мм, а также 0 мм – дно анализатора, в котором после проведения процесса просеивания собирается мука, то есть самые мелкие частицы зерна, которые прошли через первые три сита. Первый шаг процесса заключался в следующем, устанавливали анализатор ситовый на ровную поверхность, чтобы при просеивании измельченный зерновой материал равномерно проходил по необходимым нам ситам. Затем провели подбор вышеперечисленных сит (0; 1; 2; 3 мм) и установили в лабораторное оборудование (Ситовый анализатор А20 на базе ВП 30). После этого анализатор подключили к электричеству и запустили, выбрав соответствующий режим просеивания. Таймер отсчета времени был выбран 2:3 минуты, согласно предложенной в инструкции методике [9, 10].

Оценка помола зерна была осуществлена по средневзвешенному диаметру частиц (модулю) прошедшего процесс измельчения продукта:

$$M = \frac{3,5G_3 + 2,5G_2 + 1,5G_1 + 0,5G_0}{100}, \quad (1)$$

здесь M – модуль помола зерна, мм;
 G_0 – остаток на сборном дне анализатора, гр.;

G_1, G_2, G_3 – остатки на ситах с отверстиями диаметром, 1, 2, 3 мм соответственно, гр.;

0,5; 1,5; 2,5; 3,5 – Значение диаметра отверстий сит;

В данном случае мелкий помол будет в пределах $M=0,3-1$ мм, средний $M=1-1,7$ мм, а $M=1,7-3$ мм считается крупным помолом.

Чтобы узнать, в какой степени измельчена партия зерна ржи, использовали следующую формулу:

$$\lambda = \frac{D_{\Sigma}}{d_{cp}}, \quad (2)$$

здесь λ – степень измельчения зерна;

D_{Σ} – средневзвешенный диаметр частиц обработанного зерна, мм;

d_{cp} – диаметр шара объемом, равным объему одного зерна, называемый эквивалентным диаметром зерна, мм.

Последним шагом было проведения эксперимента на выявление расхода полезной энергии на образование единицы новой площади зерновой частицы. Воспользовались следующим выражением:

$$A = \frac{P_d - P_{xx}}{Q^{\Delta S}}, \quad (3)$$

здесь A – удельный расход энергии (Дж/м²);

P_d – мощность на валу ротора дробильной машины в процессе дробления (Вт); D

P_{xx} – мощность холостого хода (Вт);

Q – пропускная способность дробильной машины (кг/ч);

ΔS – приращение удельной площади поверхности (м²/кг).

Результаты и обсуждение. Разработанная на базе кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ дробилка обеспечивала более тонкий помол по сравнению со средними и крупными размерами помола. После процесса просеивания вес самой мелкой фракции (1 мм) при использовании этой дробилки оказался выше, чем при измельчении на аналогичном устройстве Фермер ИЗЭ-05М, составив 6,4 гр., в то время как средний помол увеличился на 19,4 гр. (табл. 1).

Таблица 1 – Измельченный продукт в каждой навеске, гр.

Размер ситового элемента, мм	Разработанная установка (дробилка)	Фермер ИЗЭ-05М)
Дно анализатора	1,8	2,2
1 мм	8,1	1,7
2 мм	60,7	41,3
3 мм	21,4	54,8
Итого	100	100

При применении разработанной дробилки мелкий помол зерна получили, когда влажность зерна достигала 13,1%, что на 0,3% выше, чем у аналога. Эта, казалось бы, небольшая разница на самом деле позволяет получить больший объем материала без предварительной сушки, что в значительной мере снижает затраты на данный процесс.

Оптимальная влажность зерна для аналога дробилки Фермер ИЗЭ-05М составляет в пределах 12,8...13,9%, а с разработанной моделью дробилки увеличивается с 13,1 до 14,4% [11]. Таким образом, используя разработанную установку, мы имеем возможность перерабатывать зерновой материал повышенной влажности (рис. 2).

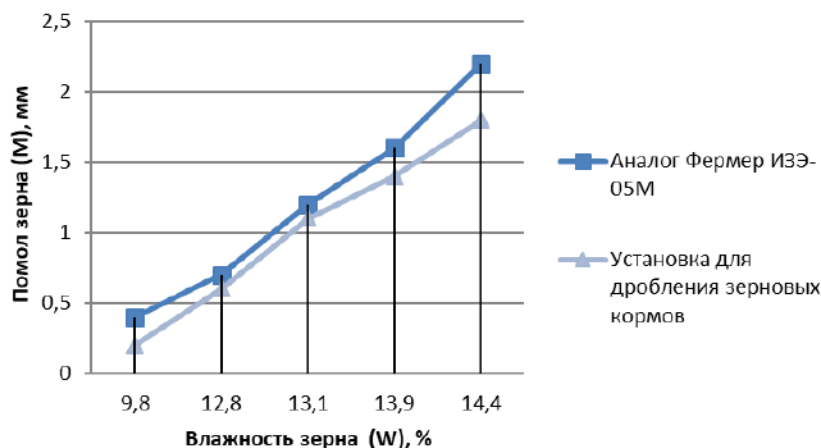


Рис. 2 – Помол зерна в зависимости от влажности

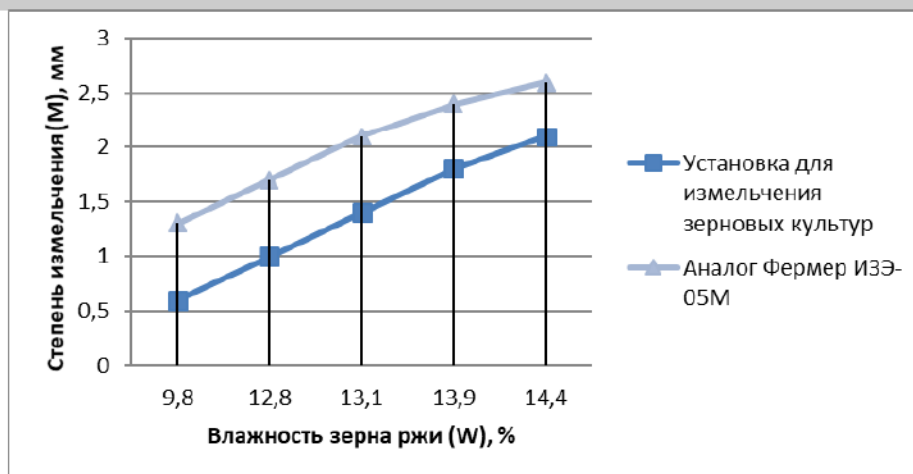


Рис. 3 – Степень измельчения в зависимости от влажности

С увеличением влажности зерна наблюдается рост затрат на его переработку (измельчение), которая является одним из основных критериев оценки кормовой базы сельскохозяйственных предприятий [12, 13]. Из проведенных исследований видно, что при уровне влажности зерна 9,8% применение установки позволяет достигать энергоёмкость

в 5,1 Дж/кг. В то же время применив аналог Фермер ИЗЭ-05М энергоёмкость возросла до 5,9 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг больше чем у разработанной дробилки. При повышенной влажности зерна до 14,4% энергоёмкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг (рис. 4).

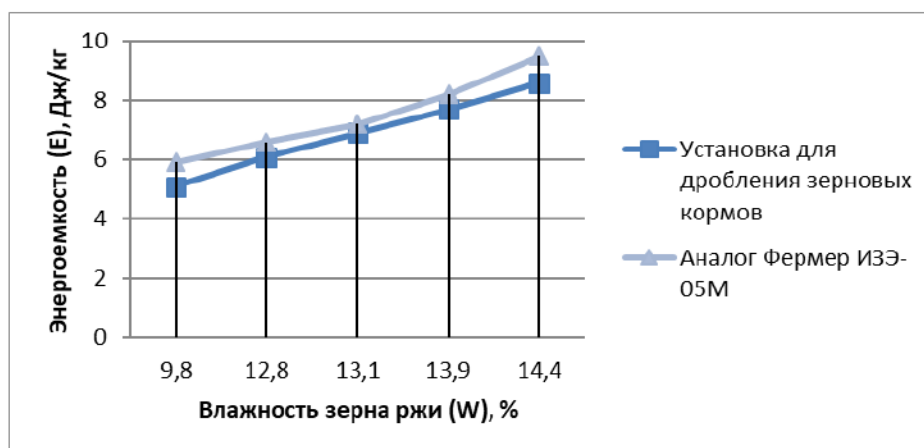


Рис. 4 – Энергоёмкость в зависимости от влажности

Таким образом, после проведения всех необходимых исследований, получили

следующие результаты по основным показателям, которые приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Сравнительная характеристика показателей исследуемых дробилок

Показатели эффективности	Разработанная установка	Аналог (Фермер ИЗЭ-05М)
Степень измельчения, мм	1,3	1,1
Модуль помола, мм	2,4	3,0
Энергоёмкость, Дж/кг	6,8	7,4

Использование разработанной дисковой установки продемонстрировало снижение уровня степени измельчения на 0,2 по сравнению с аналогом (Фермер ИЗЭ-05М), а также уменьшение уровня помола на 0,6 мм и снижение энергоёмкости на 0,6 Дж/кг.

Выводы. Проведенные результаты сравнения двух дробилок показало, что, разработанная установка способна обеспечить тонкий помол зерна, чем ее аналог. Оптимальная влажность для получения мелкого помола на

аналоге составляет 12,8%, а в разработанном экспериментальном образце можно работать с влажностью 13,1%. Разница по влажности составляет 0,3%. Это говорит о том, что затраты на предварительную сушку зерна будут в разы снижены. Также интервал помола зерна несколько шире от 13,1% до 14,4% против 12,8%...13,9%. Энергоёмкость при влажности зерна 9,8% разработанной установки составила 5,1 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг ниже чем взятый аналог (5,9 Дж/кг). При повышенной

влажности зерна до 14,4% энергоёмкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг.

В целом, применение разработанной дисковой установки продемонстрировало снижение уровня степени измельчения на 0,2 по сравнению с аналогом (Фермер ИЗЭ-05М), а

также уменьшение уровня помола на 0,6 мм и снижение энергоёмкости на 0,6 Дж/кг. Все эти полученные результаты говорят о том, что разработанная установка обеспечивает более качественную и равномерную обработку зерна по сравнению с зернодробилкой (Фермер ИЗЭ-05М), что позволяет получать измельченный и готовый к скармливанию животным корм.

Литература

1. Исследование устройства для дробления зерна / Б. М. Сабиров, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 1(69). – С. 75-79. – doi 10.12737/2073-0462-2023-75-79.
2. Садов, В. В. Влияние способа подачи зерна относительно положения оси ротора на технологические показатели молотковой дробилки / В. В. Садов, С. А. Сорокин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(231). – С. 91-95. – doi 10.53083/1996-4277-2024-231-1-91-95.
3. Исследование движения воздушно-зерновой смеси в рабочей зоне семенорешетки аэромеханического типа / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. Н. Хафизов и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 4(63). С. 27–37.
4. Кукаев, Х. С. Эффективность измельчения зернового сырья ударными воздействиями / Х. С. Кукаев, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрывина. – 2023. – № 2(65). – С. 174-179.
5. Курбанов, Н. М. Оптимальные параметры рабочих органов дробилки-измельчителя / Н. М. Курбанов, Б. А. Хатамов, З. Х. Исакова // Universum: технические науки. – 2022. – № 7-1(100). – С. 31-34.
6. Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна / В. Е. Чуйков, В. В. Коналов, М. В. Донцова, С. С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 45-55. – doi 10.55471/19973225_2023_8_3_45.
7. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019): Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – doi 10.1051/bioconf/20201700093.
8. Петров, В. А. Физическое моделирование износа лопастного барабана молотковой дробилки при оптимальном проектировании / В. А. Петров, П. В. Дорохов, Л. Я. Лебедев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 2(34). – С. 74-80.
9. Сабиев, У. К. Показатели эффективности измельчителей фуражного зерна / У. К. Сабиев, В. В. Садов // Каталог научных и инновационных исследований ФГБОУ ВО Омский ГАУ: Сборник материалов по итогам научно-исследовательской деятельности. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 505-511.
10. Сахарова, В. В. Исследование качества измельчения зерна серийными сепарирующими решетками и решетками тороидальной формы / В. В. Сахарова // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 81-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 07 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский ГАУ, 2023. – С. 294-300.
11. Шаршунов, В. А. Определение энергозатрат на измельчение пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы в вихревом роторном измельчителе / В. А. Шаршунов, А. В. Евдокимов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 145-150.
12. Клевцова, Т. А. Поиск конструктивных решений дробилок зерна для повышения эффективности дробления / Т. А. Клевцова, А. А. Пузынин // Вестник аграрной науки Дона. – 2024. – Т. 17, № 1(65). – С. 22-29. – doi 10.55618/20756704_2024_17_1_22-29.
13. Саенко, Ю. В. Технология добавления в комбикорм пророщенного зерна и обоснование конструктивно-режимных параметров дробилки / Ю. В. Саенко, М. А. Семернина, В. Ю. Страхов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 2(42). – С. 15-24.

Сведения об авторах:

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru

Сабиров Булат Миннефаилевич – старший преподаватель кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: sabbm5@mail.ru

Нафиков Инсаф Рафитович – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: insaf-82@mail.ru

Кашапов Ильдар Ильясович – старший преподаватель кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: ildar.84@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

EXPERIMENTAL STUDY OF A GRAIN FEED CRUSHING PLANT

B. G. Ziganshin, B. M. Sabirov, I. R. Nafikov, I. I. Kashapov

Abstract. Grinding is a well-known and important method of grain processing. In this process, the hard shell of the grain is destroyed, which accelerates digestion in the stomach of animals and ensures a more complete absorption of food energy in the feed. In agricultural enterprises, it is better to provide grain feed on its own feed base. For this purpose, small-sized crushing equipment (crushers) are used. Such installations are characterized by low metal and energy intensity, simple design, mobility and low cost. The purpose of the work is to evaluate the efficiency of the developed crusher in comparison with an analogue - grain crusher Farmer IZE-05M. To achieve this goal, a small-sized unit (crusher) with a disk was manufactured. Its distinctive feature is the presence of two disks with a diameter of 160 and 210 mm. The unit is

designed in such a way that it has the ability to process seeds of grain crops with high humidity. During the research, the results of grain grinding, the degree of its grinding and energy intensity were obtained. The results showed that the developed unit is capable of providing fine grain grinding than its analogue. The optimal humidity for obtaining fine grinding on the analogue is 12.8%, and in our unit it is possible to work with a humidity of 13.1%. The difference in humidity is 0.3%. This means that the costs of preliminary grain drying will be reduced several times. Also, the grain grinding range is somewhat wider from 13.1% to 14.4% against 12.8%...13.9%. The energy consumption at a grain humidity of 9.8% of the developed installation was 5.1 J/kg, which is 0.8 J/kg lower than the analogue (5.9 J/kg). At increased grain humidity up to 14.4%, the energy intensity of the new installation decreased to 8.6 J/kg, while for the analogue it was 9.5 J/kg.

Key words: design, metal consumption, energy consumption, degree of grinding, grain milling.

References

1. Study of a device for crushing grain / B. M. Sabirov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. - 2023. - Vol. 18, No. 1(69). - P. 75-79. - doi 10.12737/2073-0462-2023-75-79.
2. Sadov, V. V. Influence of the grain feeding method relative to the rotor axis position on the technological indicators of a hammer crusher / V. V. Sadov, S. A. Sorokin // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2024. - No. 1 (231). - P. 91-95. - doi 10.53083/1996-4277-2024-231-1-91-95.
3. Study of the movement of air-grain mixture in the working area of an aeromechanical seed huller / D. T. Khaliullin, A. V. Dmitriev, R. N. Khafizov et al. // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2019. Vol. 12. No. 4(63). P. 27-37.
4. Kukaev, H. S. Efficiency of grinding grain raw materials by impact effects / H. S. Kukaev, E. M. Asmankin, Yu. A. Ushakov // Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin. - 2023. - No. 2 (65). - P. 174-179.
5. Kurbanov, N. M. Optimum parameters of the working bodies of a crusher-grinder / N. M. Kurbanov, B. A. Khatamov, Z. Kh. Isakova // Universum: technical sciences. - 2022. - No. 7-1 (100). - P. 31-34.
6. Justification of the direction of improving the designs of grain crushers / V. E. Chuikov, V. V. Kononov, M. V. Dontsova, S. S. Petrova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. - 2023. - No. 3. - P. 45-55. - doi 10.55471/19973225_2023_8_3_45.
7. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019): Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – doi 10.1051/bioconf/20201700093.
8. Petrov, V. A. Physical modeling of wear of the blade drum of a hammer crusher with optimal design / V. A. Petrov, P. V. Dorodov, L. Ya. Lebedev // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. - 2022. - No. 2 (34). - P. 74-80.
9. Sabiev, U. K. Performance indicators of feed grain crushers / U. K. Sabiev, V. V. Sadov // Catalog of scientific and innovative research of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Omsk State Agricultural University: Collection of materials based on the results of research activities. - Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2022. - P. 505-511.
10. Sakharova, V. V. Study of the quality of grain grinding by serial separating sieves and toroidal sieves / V. V. Sakharova // Student science - for agricultural production: Proceedings of the 81st student (regional) scientific conference, Kazan, February 7, 2023. Volume 2. - Kazan: Kazan State Agrarian University, 2023. - P. 294-300.
11. Sharshunov, V. A. Determination of energy costs for grinding sprouted grain of rye, triticale and wheat in a vortex rotor grinder / V. A. Sharshunov, A. V. Evdokimov // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2023. - No. 2. - P. 145-150.
12. Klevtsova, T. A. Search for design solutions for grain crushers to improve crushing efficiency / T. A. Klevtsova, A. A. Pupynin // Bulletin of Agrarian Science of the Don. - 2024. - Vol. 17, No. 1 (65). - P. 22-29. - doi 10.55618/20756704_2024_17_1_22-29.
13. Saenko, Yu. V. Technology of adding sprouted grain to compound feed and substantiation of design and operating parameters of the crusher / Yu. V. Saenko, M. A. Semernina, V. Yu. Strakhov // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. - 2024. - No. 2 (42). - P. 15-24.

Authors:

Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, professor of Machines and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: zigan66@mail.ru
 Sabirov Bulat Minnefailevich - Senior Lecturer of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: sabbm5@mail.ru
 Nafikov Insaf Rafitovich - Ph.D. of Technical sciences, associate professor of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: insaf-82@mail.ru
 Ildar Ilyasovich Kashapov - Senior Lecturer of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: ildar.84@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.