

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОВЫХ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК ДЛЯ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ

Алексеевко В. А., к.т.н.,

Петриченко С.В., к.т.н.,

*Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь,
Россия*

Аннотация. В статье даны практические рекомендации по расчету конструктивных параметров универсальных молотковых дробилок с шарнирно закрепленными молотками и радиальной загрузкой для применения в учебном и производственном процессе на стадии проектирования новых и модернизации существующих конструкций машин.

Ключевые слова: комбикорм, кормодробилка, скорость удара, молоток, зерновой материал, качество измельчения, эффективность.

Постановка проблемы. Анализ состояния животноводческой отрасли Российской Федерации показывает, что за последние годы отмечался неизменный рост индекса производства продукции животноводства по всем категориям хозяйств. Наибольший рост показали крупные сельскохозяйственные организации – 110,6 % за последние 3 года. Крестьянские (фермерские) хозяйства также продемонстрировали значительный рост в производстве животноводческой продукции. В 2021 году индекс производства в этих хозяйствах составил 105,3 %, в 2022 году он увеличился до 108,5 %, а в 2023 до 109,5 % [1]. Эти показатели свидетельствуют о высоком

уровне адаптации фермеров к текущим экономическим условиям и способности этих хозяйств эффективно использовать доступные ресурсы. Следует отметить, что малые хозяйства обеспечены кормами собственного производства лишь на 30...35 %, и одной из причин этого является недостаточная оснащенность хозяйств малогабаритной техникой для приготовления комбикормов.

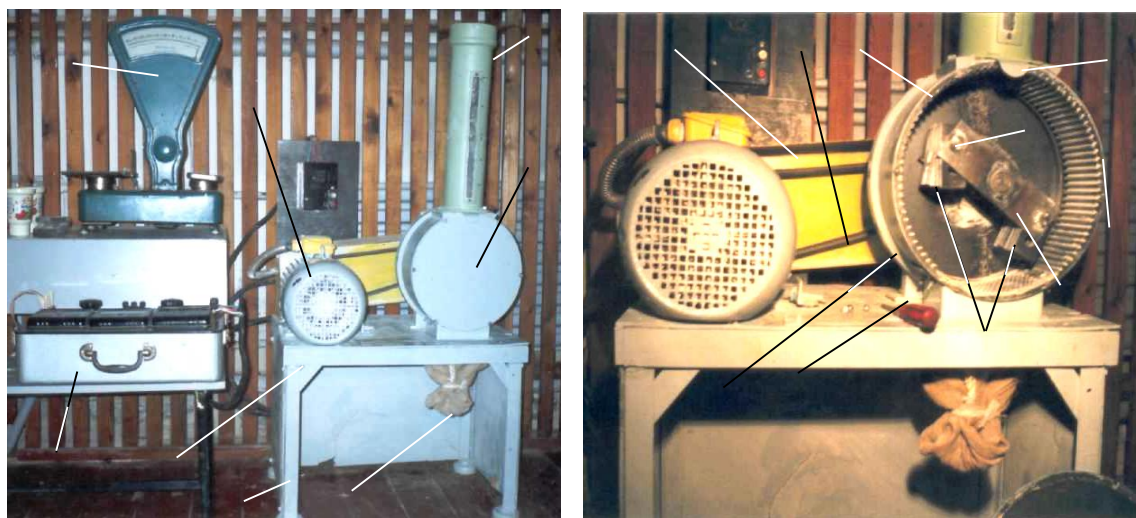
Для нужд животноводческой отрасли в 2023 году в России произведено 35 млн тонн комбикормов, что на 1,7 % больше, чем в предыдущем году. По сравнению с операциями смешивания и транспортировки на измельчение приходится до 65 % общих затрат электроэнергии, что составляет около трети себестоимости товарного продукта. Средства механизации, предлагаемые на рынке, представляют собой уменьшенные образцы промышленных дробилок, выполненные путем экспериментального подбора конструктивных параметров, и не всегда удовлетворяют требованиям качества и энергосбережения.

Поэтому задача разработки эффективных малогабаритных машин, которые обеспечат качество измельчения в соответствии с зоотехническими требованиями и не перегрузят сельские электросети особенно актуальна в современных условиях развития малых хозяйственных организационных формирований животноводческого направления.

Основные материалы исследования. Широкое применение получил пневмотранспорт как для подачи сырья в дробилку, так и загрузки измельченной массы в смеситель. При этом после измельчения отдельные зерновые компоненты подаются в дозированном количестве в смесительный бункер, куда последней загружается соответствующая смесь добавок.

Среди основных типов машин для измельчения наиболее распространены универсальные дробилки ударно-истирающего

действия для мелкого и тонкого измельчения с шарнирным закреплением молотков. Они способны измельчать разнообразные виды сырья, по сравнению с другими просты по конструкции и удобны в обслуживании и эксплуатации. Основным их недостатком является то, что во время работы образуется около 20 % пылевидных частиц в продуктах измельчения, что снижает кормовую ценность смесей, увеличивает технологические потери и энергоемкость выполнения операции до 40 %.



1 – питающий патрубок; 2 – шиберная заслонка; 3 – корпус; 4 – крышка дробильной камеры; 5 – защитный кожух; 6 – клиноременная передача; 7 – электродвигатель; 8 – рама; 9 – стойки рамы; 10 – отводной патрубок; 11 – ножки рамы; 12 – опорный фланец дробильной камеры; 13 – стопорное кольцо; 14 – палец; 15 – планки ротора; 16 – молотки; 17 – ступица ротора; 18 – прибор К-50; 19 – весы лабораторные

Рис. 1 – Лабораторное место для исследования процесса измельчения на экспериментальной зерновой молотковой дробилке

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований на лабораторной установке (рис. 1) на кафедре технологии и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» разработаны практические рекомендации для применения в учебном и производственном процессе на стадии проектирования новых и модернизации существующих конструкций малогабаритных зерновых

кормодробилок с шарнирно закрепленными молотками и радиальной загрузкой [2].

При выборе молотков желательно применять комплекты, устанавливаемые на дробилке КДУ-2, поскольку для этого типоразмера уменьшение момента инерции в результате износа происходит постепенно и может быть компенсировано увеличением числа оборотов вала ротора для сохранения критической скорости разрушения зернового материала

$$v_{кр} = \frac{\sigma_{кр} \cdot l_c}{k_b} \sqrt{\frac{V}{J_A \cdot E}}, \quad (1)$$

где E - модуль упругости зерновки;

$\sigma_{кр}$ - критическое напряжение разрушения зерновки;

V - объем материала, поступающего в рабочую камеру;

k_b - коэффициент восстановления, для пшеницы $k_b=0,8...0,4$; для гороха $k_b=0,77...0,4$; для кукурузы $k_b=0,7...0,34$.

J_A - момент инерции молотка

$$J_A = m \cdot l_c \cdot l_{пр}, \quad (2)$$

где $l_{пр}$ - приведенная длина молотка;

l_c - расстояние от оси подвеса до центра масс молотка;

m - масса молотка.

Оценку качества измельчения зерновых материалов целесообразно проводить по содержанию фракций с рациональными зоотехническими размерами

$$K_{онм} = \frac{T_k}{T}, \quad (3)$$

где T_k - масса фракций, регламентированных зоотехническими требованиями;

T - общая масса навески измельченного корма.

Сравнительную оценку эффективности работы кормодробилок рекомендуется проводить по относительному показателю эффективности работы ротора

$$E_p = \frac{\Pi_E}{K_{onm}} \quad (4)$$

где Π_E - удельные затраты энергии на измельчение

$$\Pi_E = \frac{n \cdot t}{m}, \quad (5)$$

где n - мощность на привод дробилки,

t - время работы дробилки;

m - масса измельченного корма.

Показатель эффективности работы кормодробилки прямопропорционально зависит от энергоемкости процесса и обратно от коэффициента качества измельчения, поэтому более рациональными правомерно будет считать режимы измельчения, при которых относительный показатель эффективности работы будет иметь меньшее значение. Значение показателя E_p указывает какая мощность израсходована для получения 1 кг частиц с рациональными зоотехническими размерами 0,7...2 мм.

Выводы.

1. Установлено, поскольку время взаимодействия составляет 0,02...0,03 с и вязкие свойства измельчаемого материала не проявляются, наиболее эффективным для разрушения зерновки в дробилках ударно-перетирающего действия является первый этап – начальный удар, который можно считать квазиупругим.

2. Доказано, что для малогабаритных зерновых дробилок с радиальной загрузкой необходимым условием эффективного ударного воздействия на зерновку прямым ударом является осуществление молотком нечетного количества полупериодов собственных колебаний за период вращения ротора, что обеспечивается выбором соответствующего значения показателя линейного соотношения ротора из ряда преимущественных значений: 0,25; 2,25; 6,25; 12,25.

3. Теоретически установлено и экспериментально доказано, что рациональные значения показателя линейного соотношения

молоткового ротора находятся в пределах 2,25...2,42, поскольку при этих значениях молоток имеет максимальную разрушающую способность, а ротор – минимальный диаметр и металлоемкость [3].

4. Определено, что вследствие уменьшения массы, изменения положения центра масс и сведенной длины при износе молотков, затраты энергии на измельчение возрастают в соответствии с уменьшением момента инерции, поэтому рациональным является эксплуатация только первой и второй рабочих граней до пересечения линии износа с продольной осью молотка, поскольку при дальнейшей эксплуатации мощность на измельчение возрастает на 22...24 % [4].

Список использованных источников

1. Рущицкая, О.А. Развитие животноводства и роль хозяйств населения в сельскохозяйственном производстве России / Е.С. Куликова, Т.И. Кружкова, А.А. Крохалев // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 9 (часть 3) – С. 465-472

2. Алексеенко, В. А. Обоснование показателя линейных соотношений ротора молотковых зерновых дробилок / В. А. Алексеенко, С. В. Петриченко, С. Б. Булгаков // Университетская наука. – 2023. – № 2(16). – С. 84-87.

3. Петриченко, С. В. Определение закономерностей движения молотка дробилки ударного действия / С. В. Петриченко, В. А. Алексеенко // Материалы пула научно-практических конференций, Сочи, 23–27 января 2024 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2024. – С. 166-173.

4. Теоретические предпосылки исследования работы молоткового ротора дробилки / В. А. Алексеенко, С. В. Петриченко, А. А. Пупынин, С. Б. Булгаков // Университетская наука. – 2024. – № 1(17). – С. 9-12.