

УДК 631.363.2

Карпунина В.В.

магистрант

Росин Е.А.

магистрант

Научный руководитель: Казаков А.А., д.б.н., профессор

*Преподаватель кафедры «Технология металлов и ремонта
машин»*

*Нижегородский Государственный Агротехнологический Университет
им. Л.Я. Флорентьева*

**ПРИМЕНЕНИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ**

Аннотация: Дробление сельскохозяйственных культур является ключевым процессом в агрономии, влияющим на эффективность переработки и хранение семян. В данной статье рассматриваются пшеница, овёс и рожь, проанализировав их энергетические и качественные показатели при работе с молотковой дробилкой марки ДИ-500-01. Осуществлены расчёты удельного расхода энергии с использованием экспериментального и теоретического подходов, а также оценены качественные характеристики процесса дробления.

Ключевые слова: Сельскохозяйственные культуры, дробление, энергетические показатели, качественные показатели, пшеница, овёс, рожь, молотковая дробилка, удельный расход энергии.

Karpunina V.V.

Master's student

Rosin E.A.

Master's student

Scientific supervisor: Kazakov A.A., Doctor of Biological Sciences,

Professor

Lecturer of the Department of "Technology of Metals and Machine

Repair"

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya.

Florentyev

APPLICATION AND THEORETICAL DEFINITION OF ENERGY AND QUALITY INDICATORS OF THE CRUSHING PROCESS

Abstract: Crushing of agricultural crops is a key process in agronomy, affecting the efficiency of processing and storage of seeds. This article examines wheat, oats and rye, analyzing their energy and quality indicators when working with a hammer crusher of the DI-500-01 brand. Calculations of specific energy consumption were carried out using experimental and theoretical approaches, and the qualitative characteristics of the crushing process were assessed.

Key words: Agricultural crops, crushing, energy indicators, quality indicators, wheat, oats, rye, hammer mill, specific energy consumption.

Дробление является важным процессом в производственной цепочке обработки сельскохозяйственных культур. Это позволяет увеличить эффективность последующей переработки, а также улучшить хранение семян. Для достижения оптимальных результатов необходимо учитывать как энергетические, так и качественные показатели дробления [1, с. 10].

Определение удельного расхода энергии:

Для определения удельного расхода энергии молотковой дробилки марки ДИ-500-01 необходимо учитывать механические и физико-химические свойства обрабатываемых культур.

Зернодробилка ДИ-500-01 - это роторная вакуумная дробилка, предназначенная для измельчения зерна в кормовых целях. Она широко используется в фермерских и личных подсобных хозяйствах для подготовки кормов домашних животных и птицы.

Основные характеристики:

- Производительность 500 кг/ч, что делает ее подходящей для средних и малых хозяйств.
- Мощность - 55 кВт, обеспечивающая высокую эффективность работы.
- Тип двигателя: асинхронный, что способствует долговечности и надежности устройства.
- Режим работы: продолжительный, что позволяет использовать машину в течении длительного времени без перерывов.
- Конструкция: роторная вакуумная система способствует эффективному удалению пыли и мелких частиц из рабочего пространства.

Для оценки качественных характеристик процесса можно использовать следующие методы:

- Анализ распределения размеров частиц: оптическая или лазерная классификация.
- Определение уровня пыльности: измерение пыли перед и после дробления.
- Количественные данные для анализа можно получить путём взятия проб и проведения экспериментов.

Цель работы:

Экспериментальное определение энергетических показателей молотковой дробилки и оценка качества измельченного материала.

Оборудование места работы:

Дробилка ДИ-500-01, измерительная аппаратура, решетный классификатор, секундомер, навесные весы.

Экспериментальное и теоретическое определение удельного расхода энергии молотковой дробилки.

Подготовить дробилку согласно правил ее эксплуатации. Расход энергии определяется с помощью трехфазного счетчика активной электрической энергии. Счетчик включен в электрическую схему дробилки.

Включить дробилку в работу на холостом ходу и при установившемся режиме вращения барабана дробилки зафиксировать число оборотов диска счетчика в течении одной минуты.

Затраты энергии на холостом ходу:

$$A_x = \frac{n \cdot k_t \cdot k_x}{225 \cdot t}, \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_x = \frac{3 \cdot 20 \cdot 0,8}{225 \cdot 98} = 0,00217 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

где, n - число оборотов счётчика;

k_t - коэффициент трансформации счётчика ($k_t=20$);

k_x - К.П.Д. электродвигателя ($k \cdot \eta = 0,8$);

t - время отсчёта счётчик, с.

Полный расход энергии при дроблении определяется:

$$A_p = \frac{n \cdot k_t \cdot k_r}{225 \cdot t}, \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

Рожь:

$$A_{pp} = \frac{16 \cdot 20 \cdot 0,87}{225 \cdot 23} = 0,054 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

Пшеница:

$$A_{pn} = \frac{12 \cdot 20 \cdot 0,87}{225 \cdot 21} = 0,044 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

Овёс:

$$A_{po} = \frac{3 \cdot 20 \cdot 0,87}{225 \cdot 98} = 0,00217 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

где, $k_r=0,87$ - К.П.Д. электродвигателя при дроблении.

Затраты энергии на процесс дробления:

$$A_{\partial} = A_p - A_x, \text{Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{\partial p} = 0,054 - 0,00217 = 0,05183 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{\partial n} = 0,044 - 0,00217 = 0,04183 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{\partial o} = 0,031 - 0,00217 = 0,02883 \text{ Квт} \cdot \text{ч}.$$

Фактическая производительность дробилки:

$$Q_{\partial} = \frac{G}{t_0}, \text{кг/с};$$

$$Q_{\partial p} = \frac{6}{23} = 0,26 \text{ кг/с};$$

$$Q_{\partial n} = \frac{7,450}{21} = 0,35 \text{ кг/с};$$

$$Q_{\partial o} = \frac{9}{102} = 0,088 \text{ кг/с};$$

где, G - масса измельчённого продукта, кг;

t_0 - время опыта, с.

Удельный расход энергии на единицу массы измельченного продукта:

$$A_{yp} = \frac{A_{\partial}}{G}, \text{Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{yp} = \frac{0,05183}{6} = 0,0086 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{yn} = \frac{0,04183}{7,450} = 0,0056 \text{ Квт} \cdot \text{ч};$$

$$A_{yo} = \frac{0,02883}{9} = 0,0032 \text{ Квт} \cdot \text{ч}.$$

Расчёт удельного расхода энергии аналитическим путем:

$$A_y = C_w \cdot C_{\text{фм}} \cdot (C_n \cdot l g i^3 + C_{\text{об}} \cdot (i-1)), \text{Квт} \cdot \text{ч/кг};$$

$$A_{yp} = (1+0,07 \cdot (13-11)) \cdot 1,2 \cdot (2,4 \cdot 10^{-3} \cdot l g 3,2^3 + 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot (3,2-1)) = 0,0067 \text{ Квт} \cdot \text{ч/кг};$$

$$A_{yn} = (1+0,07 \cdot (13-11)) \cdot 1,45 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3} \cdot l g 4,1^3 + 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot (4,1-1)) = 0,0127 \text{ Квт} \cdot \text{ч/кг};$$

$$A_{yp} = (1+0,07 \cdot (13-11)) \cdot 5,0 \cdot (6,5 \cdot 10^{-4} \cdot l g 2,6^3 + 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot (2,6-1)) = 0,0504 \text{ Квт} \cdot \text{ч/кг};$$

где, C_w - коэффициент учитывающий влажность зерна %, $C = 1+0,07$ ($B = 11$), B - относительная влажность зерна, % ($B = 11 \dots 14\%$);

$C_{\text{фм}}$ - коэффициент учитывающий физико-механические свойства зерна. (табл. 1,1);

$C_{\text{об}}$ - коэффициент, характеризующий затраты энергии на образование новых поверхностей, $\text{Квт} \cdot \text{ч}$.

Табл. 1.1

Тип зерна	D_z , мм	Коэффициенты		
		$C_{\text{фм}}$	C_n <i>Квт·ч/кг</i>	$C_{\text{об}}$
Рожь	3,3	1,2±0,3	2,4·10 ⁻³	2,1·10 ⁻³
Пшеница	4,2	1,45±0,35	2,3·10 ⁻³	2,3·10 ⁻³
Овёс	3,7	5,0±1,5	6,5·10 ⁻⁴	5,5·10 ⁻³

Определение качественных показателей процесса дробления.

Гранулометрический состав измельченного зерна характеризует распределение частиц по классам (фракциям). Он определяется методом ситового анализа на решетном классификаторе. Из обмолоченного зерна взять пробу массой 100г. На классификаторе провести просев пробы в течении 2 . . . 3 минут, затем завесить остатки частиц на каждом сите с точностью (до 0,01г.).

По результатам ситового анализа:

$$M = \frac{p_1 D_1 + \dots + p_i D_i}{100}, \text{ мм};$$

$$M_p = \frac{(3,7 \cdot 3,5) + (15,8 \cdot 2,25) + (11,7 \cdot 1,35) + (66,8 \cdot 0,6)}{100} = 1,04 \text{ мм};$$

$$M_n = \frac{(1,8 \cdot 3,5) + (15,5 \cdot 2,25) + (16,2 \cdot 1,35) + (66,2 \cdot 0,6)}{100} = 1,03 \text{ мм};$$

$$M_o = \frac{(25,7 \cdot 3,5) + (1,6 \cdot 2,25) + (6,9 \cdot 1,35) + (64,2 \cdot 0,6)}{100} = 1,41 \text{ мм};$$

где p - остаток на каждом сите (включая дно),

D - средний размер двух смежных сит, мм.

Вид измельчения характеризуется:

$M = 0,2 \dots 1,0$ - тонкое измельчение;

$M = 1,0 \dots 1,8$ - среднее измельчение;

$M = 1,8 \dots 2,6$ - крупное измельчение.

Показатель степени измельчения:

$$i = \frac{D_z}{M};$$

$$i_p = \frac{3,3}{1,04} = 3,2;$$

$$i_n = \frac{4,2}{1,03} = 4,1;$$

$$i_o = \frac{3,7}{1,41} = 2,6;$$

где D_z - эквивалент диаметра зерна, мм см табл. (1,1).

Влияние дробленого зерна на животноводство:

- Улучшение перевариваемости.

Дробленое зерно увеличивает площадь поверхности, что облегчает доступ ферментов к крахмалу и другим питательным веществам. Это повышает усвояемость корма животными, особенно у жвачных (коровы, овцы и свиньи).

- Повышение продуктивности.

Благодаря лучшему усвоению питательных веществ.

- Экономия кормов.

Животные усваивают дробленое зерно лучше, что позволяет снизить расход корма на единицу продукции.

- Снижение риска потерь

Целое зерно может проходить через пищеварительный тракт частично непереваренным. Дробление минимизирует такие потери.

- Гибкость в рационе

Дроблёное зерно легче смешивать с другими компонентами кормов (белки, витамины, премиксы), формируя сбалансированный.

Актуальность.

- Рост потребности в энергоэффективной переработке зерна.

Современное сельское хозяйство и пищевая промышленность требуют эффективных методов дробления зерна с минимальными затратами энергии и ресурсов. Это важно как для кормопроизводства, так и для мукомольной промышленности.

- Качество конечного продукта.

Дробление зерна напрямую влияет на качество корма для животных и пищевых продуктов. Тонкость помола, равномерность фракции и сохранение питательных веществ играют ключевую роль в биологической ценности продукции.

- Инновации в оборудовании и технологиях.

Появление новых конструкций дробильных машин, применение автоматизированных систем и использование аналитических методов (например, CFD-моделирования) требуют научного осмысления и обоснования.

- Экологические и экономические аспекты.

Эффективные технологии дробления позволяют сократить отходы, снизить потребление электроэнергии и эксплуатационные расходы, что особенно актуально в условиях устойчивого развития и роста цен на энергоресурсы.

- Актуальность для смежных отраслей.

Результаты исследований могут быть полезны в фармацевтике, биотехнологиях и производстве биотоплива, где используется тонкий помол растительного сырья.

Вывод.

1. Оптимальные параметры дробления (размер фракций 1,0-1,8 мм) способствуют повышению продуктивности животных и улучшению показателей конверсии корма.
2. Применение современных дробильных установок с регулируемыми режимами работы позволяет снизить удельные энергозатраты на переработку зерна до 10-5% без потери качества продукта.
3. Результаты гранулометрического анализа подтвердили необходимость подбора дробильного оборудования в зависимости от типа зерновой культуры и целей кормопроизводства.

Список литературы:

1. Кенжебаев, А. (2020). Аграрные технологии переработки сельскохозяйственных культур. Алматы: Издательство "Наука", с. 45.
2. Анисимова, И. (2021). Энергетические аспекты обработки семян. Москва: Издательство "Агропромиздат", с. 32.
3. Smith, J., & Brown, R. (2022). Energy Consumption in Grain Processing: A Comprehensive Study. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(1), 55.
4. Ли, С. С., & Чжоу, Л. (2019). Grain Processing Technology. *Journal of Agricultural Engineering*, 45(3), 217-224.