

УДК 631.363.21

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Абдюкаева А.Ф., Огородников П.И.

*ГОУ «Оренбургский государственный университет», Электроэнергетический
факультет, кафедра «Электроснабжение»
г. Оренбург, Россия*

В статье рассматривается вопрос о снижении энергозатрат путем совершенствования конструкции рабочих органов ножей и кормодробилки. На основе проведенных исследований сформирована конструкция и рабочие органы, обосновывающие процесс удара и резания со скольжением, что привело к снижению энергозатрат, как показано на графических зависимостях.

В современных условиях потребления зерна, нормированный его расход при кормлении крупного рогатого скота имеет большую актуальность, тем более что конкуренция на рынке кормов постоянно требует поиска новых путей повышения качества кормовых смесей и снижения производственных затрат. Корм должен быть питательным, вкусным, чистым, легко перевариваться и хорошо усваиваться, не содержать примесей и веществ, вредных для здоровья, неблагоприятно влияющих на качество животноводческой продукции. Это возможно лишь при кормлении крупного рогатого скота сбалансированной, высококачественной кормовой продукцией. Так как организм животного усваивает всего лишь 20...25% энергии корма, то задача состоит в уменьшении потери энергии корма путем повышения его питательной ценности. Для этого при кормлении животных используют кормосмеси, в результате чего продуктивность увеличивается на 7...10%, а расход корма на единицу продукции снижается на 15...20% [3].

Кормовые смеси высокого качества окупаются в животноводстве как минимум на 25...30% выше, чем скормливание неполноценного фуража. Иначе говоря, эффективность развития животноводческой отрасли в целом, во многом зависит от качества готовой продукции.

Для производства качественного зернового корма применяются основные виды культур таблица 1, которые в определенном соотношении используются при производстве кормосмесей и комбикормов [5].

Из таблиц 1 видно, что для производства корма используется в основном 5...6 основных зерновых культур с добавлением микроэлементов, биостимуляторов, витаминов, минеральных добавок. Полноценность комбикорма формируется за счет перераспределения фактически применяемых культур. Зерно злаков – основной компонент комбикормов для различных видов животных - его доля составляет 60%.

Таблица 1 – Структура зернового сырья, используемого для производства комбикормов по видам животных

	Кукуруза	Ячмень	Овес	Пшеница	Рожь	Просо	Горох
Птица	≤ 60%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 30%	-	≤ 40%	≤ 25%
Лошади	≤ 60%	≤ 40%	≤ 60%	≤ 60%	≤ 30%	-	-
КРС	≤ 45%	≤ 40%	≤ 40%	≤ 30%	≤ 30%	≤ 20%	≤ 10%
Свиньи	≤ 35%	≤ 60%	≤ 60%	≤ 25%	≤ 30%	≤ 20%	≤ 25%

В решении поставленной задачи важную роль играет процесс дробления всех ингредиентов входящих в кормовую смесь. Промышленностью выпускается множество различных типов и модификаций молотковой дробилки, что вызывает трудности в выборе наиболее оптимальной установки при достижении необходимого качества смеси и минимальных затрат энергии.

Анализ литературных источников, по данному вопросу показал, что имеются различные виды молотковых дробилок, такие как: решетные молотковые дробилки с осевой подачей, молотковые дробилки открытого типа, роторные закрытого типа, дисковые с разгонными рабочими органами и т.д. На основании теоретических предпосылок пришли к выводу, что молотковые измельчители имеют ряд недостатков: большая металлоемкость и энергоемкость, неравномерный гранулометриче-

ский состав измельчения продукта, быстрый износ рабочих органов [9].

Изучив классификацию дробилок, наиболее характерной является дробилки закрытого типа. Которые на данный момент применяются в крестьянских и фермерских хозяйствах.

В зависимости от вида перерабатываемого корма и зоотехнических требований к качеству его измельчения применяются следующие типы измельчающих аппаратов, представленных в таблице 2 [9].

Установлено, что на измельчение (дробление или помол) ежегодно тратится не менее 5% всей производимой в мире энергии, включая энергию двигателей внутреннего сгорания. Такая большая доля в общем, энергетическом балансе подчеркивает место и важность использования процессов дробления в жизнедеятельности человека [4], особенно это заметно сейчас в связи с увеличением стоимости электрической энергии.

Таблице 2 – Область применения различных типов измельчающих аппаратов

Тип измельчаемого аппарата		Вид перерабатываемого корма			
		Зерно	Стебельные		Сочные (корнеклубнеплоды)
			грубые	зеленые	
Молотковый		+	+	-	+
Штифтовой		+	+	-	-
Ножевой		-	+	+	+
комбинированный	Ножевой и щелевой (с двумя роторами)	-	+	+	+
	Молотковый с ножами	+	+	+	+
	Ножевой и молотковый (с двумя роторами)	+	+	+	+

Условные обозначения: + применяется; - не применяется.

Главной причиной является - отсутствие обобщающих теоретических разработок по энергетическому анализу машин и рабочих органов в целом.

Одной из теоретических проблем теории измельчения, является теория резания лезвием (ножом) и затратами энергии

измельчителя с заданными конструктивными параметрами.

Затраты энергии на измельчение материала в дробилке является сложной функцией многих переменных величин, таких как физико-механических свойств измельчаемого материала, технологиче-

ских и конструктивно-геометрических параметров рабочих органов дробилки.

Процесс разрушения осуществляется в рабочей камере дробилки при взаимодействии рабочих органов (ножей, сит) с объектом переработки – пшеница, ячмень, горох, овес и т.д. Результат взаимодействия является образование измельченного продукта. В итоге процесс разрушения характеризуется следующими параметрами это - затраты энергии и качество получаемого продукта. С целью экономической целесообразности для выполнения всех условий работы молотковой дробилки были изучены конструкции молотковых дробилок, и разработана лабораторная уста-

новка рисунок 1, которая состоит из корпуса, патрубка, куда поступает готовый продукт и подвергается воздействию вращающихся с большой скоростью ножей, т.е дробилка имеет три ножевых блока у которых лезвие с режущей частью расположена со всех сторон и выполнена в виде верзиеры, которые, нанося удары, измельчают материал и отбрасывают его в сторону. Отброшенные с большой скоростью частицы на своем пути встречают сито, ударяясь о них, и отражаясь, вновь попадают под действие ножа. Так продолжается до тех пор, пока частицы не достигнут таких размеров, при которых они смогут свободно пройти через отверстия сита.

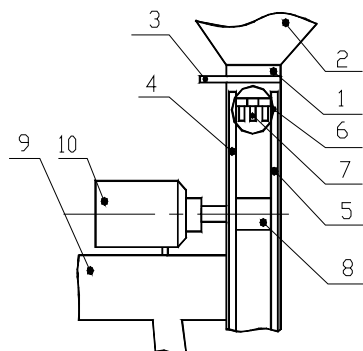


Рисунок 1 Устройство для измельчения зерна

1- корпус, 2- патрубок для загрузки, 3- заслонка, 4,5- диски, 6- ножевой блок, 7- нож, 8- ротор, 9- рама, 10- электродвигатель.

Одной из важнейших проблем процесса измельчения, зерновых кормов в частности является проблема повышенного расхода электрической энергии. Наша задача – снизить энергозатраты с помощью усовершенствованной комодробилки и рабочих органов (ножей) в виде верзиеры.

Техническим результатом этого обобщения является повышение эффективности измельчения и снижения энергоемкости за счет увеличения площади контакта зерна с ножами и ликвидации зон проскальзывания. На данный вид конструкции получен патент [1].

Работает устройство по способу разделения зерна на отдельные части вследст-

вие удара, излома, резания со скольжением и истирания между рабочими органами дробилки.

Процесс резания представляет собой частный вид измельчения и потому подчинен общим законам разрушения материалов под действием внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления. Однако этот процесс имеет свои специфические особенности, которые более полно отражаются в теории резания лезвием. В теории измельчения резанием рассматриваются два комплекса вопросов. Которые включают вопросы совокупности содержания теории процесса резания лезвием, изучающей влияние различных факторов

на величину угла заточки ножа и энергоёмкость процесса измельчения.[2]

Теорию резания лезвием разработал академик Горячкин В.П., дальнейшее развитие она получила в трудах Жилиговский В.А., Резника Н.Е.[3], а также в работах других ученых.

При оценке способа измельчения и конструкции рабочих органов измельчителей прежде всего надлежит учитывать физико-механические свойства кормов и выбирать такие способы воздействия на перерабатываемый материал, при которых разрушение его может быть достигнуто при наименьших напряжениях и затрате энергии. В этом отношении раскалывание, истирание или резание представляются более выгодным, т.к. разрушающее напряжение скалывания тразр. меньше нормальных напряжений сразр.

По линии контакта лезвия со слоем перерезаемого материала возникают весьма высокие контактные нормальные разрушающие напряжения. В этом случае грани клина, называемые фасками, существенного влияния на процесс резания не оказывают, а сам процесс резания происходит без снятия стружки. Рабочий процесс резания ножом состоит из двух этапов: определяемым углом β заточки и углом β заключен между передней и задней гранями ножа.

Однако процесс резания протекает различно. В связи с этим теория резания лезвием из всего многообразия выделяет три вида резания: нормальное, наклонное и скользящее.

Отмеченные виды резания отличаются друг от друга величиной угла заточки ножа τ , заключенного между направлением движения рассматриваемой точки лезвия и нормалью к лезвию, проходящей через эту точку. Угол τ называется углом скольжения.

Еще Горячкин В.П. установил, что в процессе резания лезвием решающее значение имеет скользящее движение ножа, так как оно заметно понижает придел нормального давления на материал, необходимого для процесса резания, и обеспечивает более чистый срез. Проникновение ножа в слой материала при наличии бокового движения объясняется влиянием ряда факторов, важнейшим является угол заточки ножа, (лезвия) [2].

Из анализа условий резания лезвием основное значение имеют такие параметры режима, как нормальное давление ножа на материал, боковое скользящее движение ножа и кинематическая трансформация угла заточки. Угол заточки ножа задается от измельчаемого материала. Исследовав влияния острых граней молотка (ножа) по показателям работы дробилки Сыроватка В.И. [9], пришел к выводу, что рабочие органы с острой формой граней повышают производительность в 1,2...1,3 раза. По данным Ефремова М.Г. прирост силы резания по мере затупления ножа при работе с измельчаемой культурой, с малыми углами заточки рабочих органов меньше, чем с большими. Анализируя экспериментальные данные, он пришел к выводу – чем меньше угол заточки, тем меньше изменяется полное усилие резания от остроты. Угол заточки выбирается такой, при котором лезвие остается достаточно стойким к излому, длительное время сохраняет свою остроту, а усилие остается равным минимуму. На основе этих теоретических предпосылок нами была разработана конструкция ножа к устройству для измельчения, включающую втулку, лезвие с режущей частью расположенной по всей кромке ножа в виде кривой верзиеры и имеет разные углы заточки, в соответствии с рисунком 2, на данный вид ножа получен патент [6].

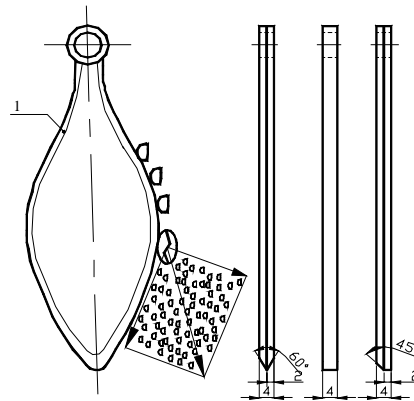


Рисунок 2 Нож для измельчения зерна
1 – режущая часть

Конструкция позволяет производить отбор проб в установившийся период работы дробилки в течение любого промежутка времени и в необходимом для точности количестве.

Однако каждый метод определения качества измельченного продукта должен отвечать следующим требованиям: а) способ должен быть универсальным; б) время, затрачиваемое на выполнение замеров, должно быть незначительным; в) полученные данные должны быть объективными и не должны зависеть от индивидуальных свойств исполнителя; г) погрешности при измерении должны быть минимальными.

Количество энергии, необходимое для измельчения какого-либо материала до определенных размеров, зависит от многих факторов: размера, влажности, формы, взаимного расположения частиц, прочности, хрупкости, однородности исходного материала, вида и состояния рабочих поверхностей машины. Поэтому установить аналитическую зависимость между расходом энергии на измельчение, физико-механическими свойствами измельчаемого материала и результатом процесса можно лишь в общем виде.

Расход энергии на измельчение сырья зависит от многих параметров, важнейшими из которых являются: производительность, степень измельчения, структурно-механические свойства перерабатываемого материала, его влажность и другие, а также потребляемая мощность на измельчение продукта.

Энергоемкость процесса чаще всего определяют по известной формуле:

$$W = \frac{N_{раб}}{Q}, \quad (1)$$

где $N_{раб}$ - мощность электродвигателя дробилки при рабочей нагрузке, кВт;

Q - производительность дробилки, т/ч.

Энергоемкость процесса измельчения в дробилке может быть определена по следующему выражению:

$$W = \frac{N_{раб} - N_{хх}}{Q}, \quad (2)$$

где $N_{хх}$ - мощность дробилки на холстом ходу, кВт.

При выполнении экспериментальных исследований главное место отводится вопросам определения полезной мощности, потребляемой установкой при измельчении. Большое многообразие применяемого оборудования даст возможность сравнить полученные результаты.

Расчет мощности, расходуемой экспериментальной установкой выполняли с учетом коэффициента полезного действия электродвигателей и их приводов.

Расчет расхода энергии дробилки выполняли по следующей формуле:

$$N_{изм} = N_p \cdot \eta - N_{хх}, \quad (3)$$

где $N_{изм}$ - мощность, потребляемая при измельчении, кВт;

N_p - средняя мощность, потребляемая измельчением под нагрузкой, кВт;

η - КПД электродвигателя при работе под нагрузкой ($\eta = 0,88$).

Определяем мощность холостого хода - N_{xx} по формуле:

$$N_{xx} = N_{pxx} \cdot \eta_{xx}, \quad (4)$$

где N_{pxx} - мощность, потребляемая при работе в холостую, кВт;

η_{xx} - КПД электродвигателя при нагрузке холостого хода (0,9).

Удельный расход энергии:

$$N_{y0} = N_{изм} / Q, \quad (5)$$

где Q - производительность дробилки, т/ч.

Изучив теорию резания, нами были проведены исследования предложенных ножей и кормодробилки. Для эксперимента использовалась лабораторная установка,

которая описывается выше и ножи с разным углом заточки: без заточки, угол заточки равен 60 градусам и 45 градусам. С помощью измерительных приборов, таких как ваттметр, амперметр и вольтметр снимались данные по потребной мощности вращения ротора на холостом ходу измельчителя и с нагрузкой по величине потребной мощности из сети. Опыт проводили несколько этапов: подача зерна имела разную навеску и разный вид культуры; разные диаметры сита $\varnothing 4;3;2;1,2$ мм, для определения равномерности гранулометрического состава.

Полученные данные записывали в сводную таблицу и графически сделали сравнительную характеристику двух культур на заточку ножа с целью выявления энергоёмкости рисунок 3.

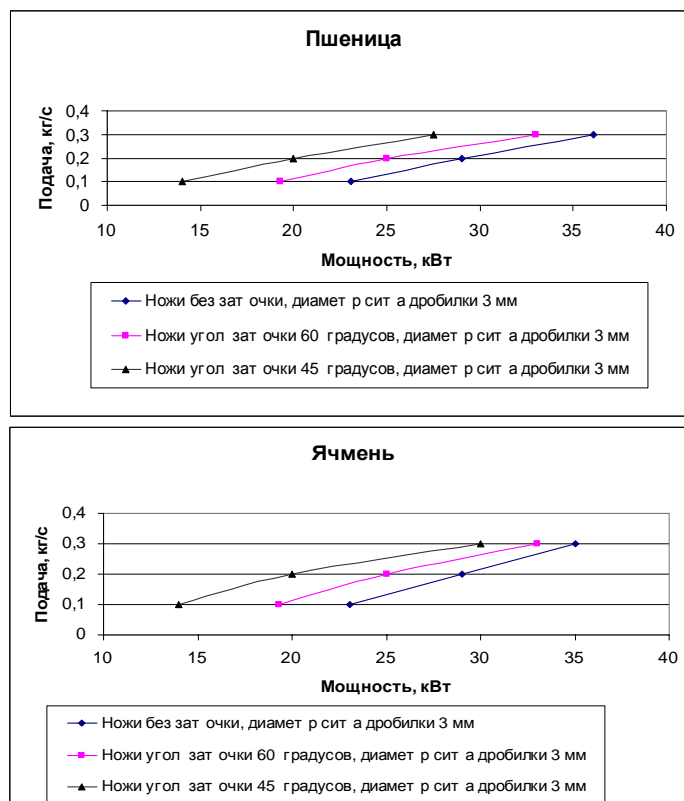


Рисунок 3 Влияние угла заточки ножа на энергоёмкость

На рисунке 3 представлены зависимости влияния угла заточки ножа на энергоёмкость, от подачи материала и потребляемой мощности дробилки. Проведя ис-

следования на лабораторной установке, пришли к выводу, что измельчитель зерна, работающий по принципу резания со скольжением, обеспечивает снижение

энергозатрат за счет минимального угла заточки ножа, который составляет 45 градусов. Причем такой вид ножа обеспечивает малый износ рабочих органов и дает выход зерна с равномерным гранулометрическим составом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абдюкаева А.Ф., Огородников П.И., Припадчев А.Д. Устройство для измельчения / Патент на изобретение № 2263542 выдан 10.11.2005г.

2. Горячкин В.П. Собрание сочинений, 3 том – М.: Колос, 1965. – 384 с.

3. Карташов Л.П., Аверкиев А.А., Чугунов А.И., Козлов В.Г. Механизация и электрификация животноводства, М.: Агропромиздат, 1987. – 480 с.

4. Клушанцев Б.В., Косарев Ю.А., Муйземнек, Дробилки. Конструкция, рас-

чет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

5. Машков Б.М., Хазина З.И. Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки, М.: Колос, 1980.

6. Припадчев А.Д., Абдюкаева А.Ф., Огородников П.И., Нож к устройству для измельчения /Патент на полезную модель № 47260 выдан 27.08.2005 г.

7. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов, - М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.

8. Сыроватка В.И., Карташов С.Г. Производство комбикормов в хозяйствах, М.: Агропромиздат, 1991. – 40 с.

9. Ялпачик Ф.Е., Ялпачик С.Г., Крыжаковский Н.Л., Кюрчев В.Н. Кормодробилки: конструкция, расчет, / под ред. к.т.н. Ялпачик Г.С., Запорожье.: Коммунар, 1992. – 290 с.

Energy expenditure optimization of grain grinding process by tools perfection

Abdukaeva A.F., Ogorodnikov P.I.

The energy expenditure reduction by means of tools and fodder grinder perfection is under consideration in the given article. On the basis of fulfilled research work the construction and tools were formed which gave reasons for clapping process and sliding cutting which lead to energy expenditure safety as it is shown at graphical dependence.