

УДК 631.363.21

**Искендеров Р. Р., Лебедев А. Т.**

Iskenderov R. R., Lebedev A. T.

## **МОЛОТКОВЫЕ ДРОБИЛКИ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

### **HAMMER CRUSHERS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES**

Молотковые дробилки обладают следующими достоинствами: простота и компактность конструкции, достаточная надежность, небольшой вес, непрерывность работы, большая производительность, высокая степень измельчения. Молотковые дробилки, имеющие колосниковую решетку, не могут выдать куски размером более ширины щели между колосниками. Недостатки молотковых дробилок: быстрый износ молотков, особенно при дроблении абразивных материалов; при переработке материалов влажностью свыше 15% колосниковые решетки замазываются; при попадании в дробилку недробимых предметов возможны аварии.

Молотковые дробилки используют удар, в результате которого тело распадается на части под действием динамической нагрузки. Поэтому контролировать размер частиц готового продукта очень сложно и в большинстве конструкций вводят сита и решета для фильтрации разрушаемого в полости дробилки материала. В этом случае помимо частиц требуемого размера в готовый продукт попадают переизмельченные пылевидные фракции, а с постепенным износом решет недоизмельченные частицы.

В молотковых дробилках и других современных измельчителях образование частиц готового продукта происходит случайным образом и результатом такой работы является появление пылевидной и других фракций не соответствующих заданной степени измельчения. Таким образом, исследования по сведению их к минимуму, являются важной научно-практической задачей в процессе измельчения кормовых материалов, внедрение результатов которых позволяет, как минимизировать потери производства, так и снизить энергоемкость этого процесса в целом.

**Ключевые слова:** молотковая дробилка, измельчение, перемолот, недомолот, питательные вещества, износ рабочих органов, болезни животных.

Hammer crushers have the following advantages: simplicity and compactness of design, sufficient reliability, light weight, continuous operation, high capacity, high crushing ratio. Hammer crushers, with grate, can not give out the pieces larger than the width of the gap between the grate. Disadvantages of hammer crushers, hammers rapid wear, particularly at crushing abrasive materials; the processing of materials humidity over 15% grates smeared; When injected into the grinder tramp for possible accidents.

Hammer crushers use impact, resulting in the body falls apart under the influence of dynamic loading. Therefore, to control the particle size of the final product is very difficult, and in most designs administered sieves and sieve filtration erodible material in the cavity of the crusher. In this case, in addition to the required particle size in the finished product fall overgrinding pulverulent fraction and a gradual deterioration of the sieves nedoizmelchennye particles.

In a hammer mill and other modern shredders particle formation of the final product is random and the result of this work is the appearance of dust and other factions do not match the degree of grinding. Thus, research on the minimization, are an important scientific and practical problems in the process of grinding of feed materials, the introduction of the results of which will, as to minimize the loss of production and reduce the energy intensity of the process as a whole.

**Key words:** hammer crusher, grinding, milled, nedomolot, nutrients, deterioration of working organs, diseases of animals.

**Искендеров Рамиль Рашидович** – инженер, аспирант кафедры «Технический сервис стандартизация и метрология» Ставропольского государственного аграрного университета  
Тел.: 8-918-762-34-67  
E-mail: iskenderov\_ramil@inbox.ru.

**Iskenderov Ramil Rashidovich** – engineer, graduate student «Technical service standardization and metrology» Stavropol State Agrarian University, Stavropol  
Tel. 8-918-762-34-67  
E-mail: iskenderov\_ramil@inbox.ru.

**Лебедев Анатолий Тимофеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Технический сервис стандартизация и метрология» Ставропольского государственного аграрного университета  
Тел. 8-961-498-64-23,  
E-mail: lebedev.1962@mail.ru.

**Lebedev Anatoly Timofeevich.** – Docror in Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Technical service standardization and metrology» Stavropol State Agrarian University, Stavropol  
Tel. 8-961-498-64-23  
E-mail: lebedev.1962@mail.ru.

**С**ельскохозяйственное производство характеризуется большим многообразием технологических процессов, таких как транспортирование, смешивание, дозирование и другие. Среди них важнейшую роль играет измельчение, являющееся разновидностью ключевого процесса разделения материала на части, задача которого разделить исходный

материал на заданное количество частей одного размера [1].

Процесс измельчения самый распространенный и незаменимый в механической технологии приготовления кормов и обуславливается требованиями физиологии кормления животных. В результате измельчения кормов образуется множество частиц с высокоразвитой поверхностью, что способствует ускорению процессов

пищеварения и повышает усвояемость питательных веществ [2]. Однако в процессе механического воздействия на исходный зерновой материал наблюдается появление недоизмельченного и переизмельченного материалов, которые ведут к различным производственным потерям и заболеваниям [3] у вскармливаемых ими животных. Необходимость исключения этих фракций и одновременное соблюдение заданной крупности готового продукта накладывают субъективные предпосылки в решении вопроса качественной реализации технологической операции измельчения.

Это послужило причиной появления для каждого конкретного случая не только большого многообразия технологических машин, но и создания для них новых рабочих органов, которые непосредственно вступают во взаимодействие с обрабатываемым материалом и именно они формируют конечный результат процесса [1]. Накопленный многовековой практический опыт и основные теоретические закономерности механики предопределили направления в создании способов разрушения [5] и форм рабочих органов для измельчения материалов, например разделения ударом молотков зерновых. Такие формы рабочих органов на базе молотковых дробилок используются и в настоящее время в большинстве хозяйств.

Молотковые дробилки обладают следующими достоинствами: простота и компактность конструкции, достаточная надежность, небольшой вес, непрерывность работы, большая производительность, высокая степень измельчения. Молотковые дробилки, имеющие колосниковую решетку, не могут выдать куски размером более ширины щели между колосниками. Недостатки молотковых дробилок: быстрый износ молотков, особенно при дроблении абразивных материалов; при переработке материалов влажностью свыше 15% колосниковые решетки замазываются; при попадании в дробилку недробимых предметов возможны аварии [6].

Способ разделения материала на части, используемый в молотковых дробилках это удар, в результате которого тело распадается на части под действием динамической нагрузки [4,5]. Однако при ударе контролировать размер частиц готового продукта очень сложно и в большинство конструкций вводят сита и решета для фильтрации разрушаемого в полости дробилки материала. В этом случае помимо частиц требуемого размера в готовый продукт попадают переизмельченные пылевидные фракции, а с постепенным износом решет недоизмельченные частицы. При этом для достижения требуемой степени измельчения в молотковой дробилке, необходимо 10...40 ударов зерновки о рабочие органы в зависимости от скорости молотков.

Также недостатки современных измельчителей видны на примере исследований работы молотковых дробилок, проведенных в СПК

колхоз-племзавод «Казьминский» Ставропольского края [7].

Если в начале эксперимента перемолот составлял 42,4 %, а недомолот 15,2 %, то в конце наблюдений 26,2 % и 26,8 %, соответственно. Эта тенденция распределения частиц по фракциям объясняется износом молотков и решет дробилки (рис. 1).

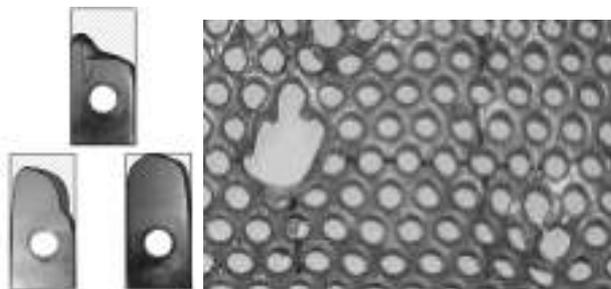


Рисунок 1 – Износ молотков и решета молотковой дробилки ДМ-10

Износившиеся молотки можно поделить на три группы, и хотя 55 % из них (3 группа) не работали свой ресурс, дальнейшее их использование невозможно ввиду требований динамической уравновешенности дробилки. Решето также подверглось значительному износу из-за воздействия на него измельчаемой массы. Так его прогиб, наиболее проявившийся в средней части, достигает в среднем 5 мм, а отверстия изменили свою форму из круглых в эллипсообразную с увеличением диаметра на 1,2–4 мм. Также в центральной части решета имеются пробои от попадания посторонних предметов [8].

За период проведения эксперимента, количество измельченной массы, отвечающей требуемым значениям крупности помола, не превышало 47 %. И хотя средний размер частиц находился в заданном диапазоне, фактически лишь половина приготовленной кормовой смеси соответствовала зоотехническим требованиям. При этом, недомолот можно повторно подвергнуть измельчению, но это сопровождается дополнительным объемом работ и дополнительными затратами (рис. 2).

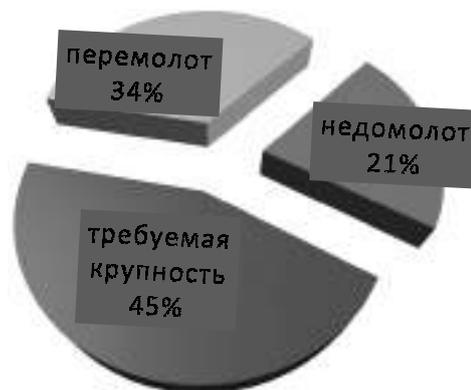


Рисунок 2 – Распределение по фракциям готового кормового материала

Перемолот составил в среднем 34 % за весь эксперимент, из него 18–24 % это частицы размером менее 0,5 мм, в том числе менее 0,25 мм – 7–11 %, которые приближаются по размерам к пыли и муке.

Чтобы оценить недопустимость этих потерь в виде перемолота, были проведены исследования качественных показателей зерен пшеницы и пробы перемолота частиц этой же пшеницы размером менее 0,5 мм, каждая проба массой 2 кг.

Так по данным испытательной лаборатории Ставропольского филиала ФГБУ РосСельХозНадзора «Федерального центра оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» выяснилось, что массовая доля протеина в перемолоте 14,08 %, что на 12 % процентов больше. Количество клетчатки в зерне 3,44 % и 6,17 % в перемолоте, что на 44 % превышает исходный показатель. Содержание жира в перемолоте на 42 % выше и составило 3,44 % (рис. 3).

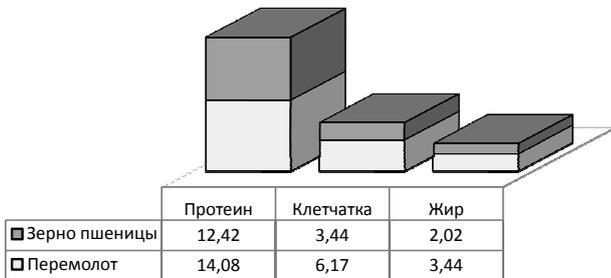


Рисунок 3 – Сравнительные данные питательных веществ, %

Исследования показали, что по полезности и питательности, а соответственно и по содержанию вышеуказанных веществ перемолот не уступает зернам пшеницы, а содержит значительно большее их количество. Поэтому в реальных производственных условиях значительно возрастает необходимость сохранения перемолота, состоящего в основном из пылевидных частиц.

Более наглядно эффект работы молотковых дробилок можно оценить показателем фактической результативности  $\Phi_{pi}$  [1], который показывает, сколько приходится надежных применений объекта на каждое ненадежное:

$$\Phi_{pi} = \frac{\Psi_i}{\Omega_i}, \quad (1)$$

где  $\Psi_i$  – показатель надежности процесса (требуемая крупность);

$\Omega_i$  – показатель ненадежности процесса (перемолот и недомолот).

Используя этот новый методологический подход к классификации ключевых процессов и их оценке и применив его к данным исследования [6], получим, что из 1500т измельченного продукта только 675т соответствуют требуемым значениям крупности, 300т являются недомолотом и 525т перемолотом (при  $\Phi_{pi} = 0,82$ ).

Так как перемолот состоит из мельчайших частиц сравнимых по размеру с пылью, невозможно проследить его исчезновение в окружающую среду, осадению на рабочие органы и другие потери, не говоря о том, что он не может быть подан в пищу животным из-за не соответствия размера частиц и дисбаланса питательных веществ. Поэтому перемолот фактически приравнивается к производственному браку, негодному для дальнейшего использования и переработки продукту, в таком виде, или требует дополнительных затрат на изменение его состояния за счет связывания между собой пылевидных частиц. Таким образом, только контроль размера частиц кормов может обеспечить полноценный рацион животных в соответствии с сельскохозяйственными нормами.

Необходимо совершенствовать процесс измельчения, уходя от ударных способов разрушения к таким как срез, распиливание, раскалывание, так как при их протекании минимально образование мучных или пылевидных фракций, а разброс размеров частиц поддается прогнозированию. Данные работы необходимо вести как на базе молотковых дробилок, так и других современных измельчителей с использованием новых конструктивных технологических схем протекания процесса, использования новых форм рабочих органов и новых способов воздействия на материал. Правильность данного подхода подтверждают результаты, которые показали дробилки роторного и конусного типов нашей конструкции [9,10], при измельчении зерновых материалов содержание в готовом продукте пылевидных фракций удалось снизить до 4%.

В молотковых дробилках и других современных измельчителях образование частиц готового продукта происходит случайным образом, а сам процесс измельчения имеет сложный вероятностный характер, которым довольно трудно управлять в эксплуатации. Результатом такой работы является появление пылевидной и других фракций не соответствующих заданной степени измельчения. Таким образом, исследование по сведению их к минимуму, являются важной научно-практической задачей в процессе измельчения кормовых материалов, внедрение результатов которых позволит, как минимизировать потери производства, так и снизить энергоёмкость этого процесса в целом.

#### Литература:

1. Лебедев А. Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК : моногр. Ставрополь, 2012. 376 с.

#### References:

1. Lebedev A. T. Resource ways to improve the reliability and efficiency of technological processes in agriculture : monogr. Stavropol, 2012. 376 p.

2. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л. : Колос, Ленинградское отделение, 1978. 560 с.
3. Щербakov Г. Г., Коробов А. В. Внутренние болезни животных. СПб. : Лань, 2002. 736 с.
4. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов : справочник. М. : Россельхозиздат, 1987. Ч. 1. 285 с.
5. Лебедев А. Т., Искендеров Р. Р. Анализ способов измельчения материалов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. статей. Ставрополь, 2013. С. 221–224.
6. Молотковые дробилки // Строительные машины и оборудование : справочник. URL: <http://stroy-technics.ru/article/molotkovye-drobilki> (дата обращения: 28.10.2014).
7. Надежность процесса измельчения зерновых материалов, используемых для кормления животных / А. Т. Лебедев, Д. И. Макаренко, А. В. Каа, А. С. Шумский // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 1 (5). С. 29–31.
8. Износостойкость рабочих органов молотковых дробилок для кормления животных / А. Т. Лебедев, В. С. Цховребов, А. Я. Симоновский, Д. И. Макаренко, А. В. Каа, А. С. Шумский // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3 (7). С. 50–52.
9. Пат. 2476269 Российская Федерация, МПК В 02 С 2/04. Конусная инерционная дробилка / А. Т. Лебедев, Р. В. Павлюк, Д. И. Макаренко, П. А. Лебедев, Р. А. Магомедов, А. В. Каа, Н. А. Марьян ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2011143842/13 ; заявл. 28.10.11 ; опубл. 27.02.13, Бюл. № 6. 8 с.
10. Пат. 2519230 Российская Федерация, МПК В 02 С 2/02. Роторная дробилка / А. Т. Лебедев, Р. В. Павлюк, Д. И. Макаренко [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2012150669/13 ; заявл. 26.11.2012 ; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. 6 с.
2. Melnikov S. V. Mechanization and automation of cattle farms. AL: Kolos, Leningrad Branch, 1978. 560 p.
3. Shcherbakov G. G., Korobov A. V. Internal diseases of animals. St. Petersburg : Lan, 2002. 736 p.
4. Kulakovskii I. V., Kirpichnikov F. S., Resnick E. I. Machinery and equipment for feed preparation: a guide. Part 1. Moscow: Rossel'khozizdat, 1987. 285 p.
5. Lebedev A. T. Iskenderov R. R. Analysis grinding methods materials // Actual problems of scientific and technological progress in agriculture : a collection of scientific articles. Stavropol, 2013. P. 221–224.
6. Hammer crushers // Construction machinery and equipment directory. URL: <http://stroy-technics.ru/article/molotkovye-drobilki> (date accessed: 28/10/2014).
7. Reliability of the grinding process of grain materials using Mykh-feeding animals / T. A. Lebedev, D. I. Makarenko, A. V. Kaa, A. S. Shumsky // Bulletin AIC Stavropol. 2012. № 1 (5). P. 29–31.
8. Durability working bodies hammer mills for animal feed / T. A. Lebedev, V. S. Tskhovrebov, A. Y. Simonowski, D. I. Makarenko, A. V. Kaa, A. S. Shumsky // Bulletin of the AIC Stavropoli. 2012. № 3 (7). P. 50–52.
9. Pat. 2476269 Russian Federation, IPC B 02 C 2/04. Cone crusher flywheel / T. A. Lebedev, R. V. Pavljuk, D., and Makarenko, P. Lebedev, R. A. Magomedov, A. V. Kaa, N. A. Marin ; applicant and patentee FSBEI HPO Stavropol State Agrarian University. № 2011143842/13 ; appl. 28.10.11 ; publ. 02.27.13, Bul. № 6. 8 p.
10. Pat. 2519230 Russian Federation, IPC B 02 C 2/02. Impact Crusher / T. A. Lebedev, R. V. Pavljuk, D., and Makarenko [et al.] ; applicant and patentee FSBEI HPO Stavropol State Agrarian University. № 2012150669/13 ; appl. 26.11.2012 ; publ. 10.06.2014, Bull. № 16. 6 p.