

# МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МОЛОТКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ДЛЯ ЗЕРНА

ЕЖИ КАЛЬВАЙ (Техническая сельскохозяйственная Академия, Механический Факультет, Быдгощ, Республика Польша)

**РЕЗЮМЕ:** Молотковые измельчители в кормовом производстве реализуют одну из главных операций – измельчение зерновых материалов на частички точно определенного размера. В статье представлена конструкция и экспериментальная верификация молотковой дробилки, имеющей новый ротор со специальными лопатками, основной функцией которых является увеличение доступа воздуха через рабочую камеру устройства. Это обеспечивает уменьшение энергоемкости процесса, т.е. снижает основной недостаток этих машин.

Исследования проблемы измельчения зерна в кормопроизводстве позволяют утверждать, что молотковые измельчители, кроме многих преимуществ и широкого их применения, имеют также существенные недостатки, среди которых наиболее значительные это:

1) высокое на фоне других измельчающих машин удельное потребление энергии на процесс, находящееся в пределах 36-45 кДж/кг;

2) не самое лучшее качество измельчения продукта, выражающееся, прежде всего, большим количеством пылевой фракции, достигающим 30 % всей массы продукта.

В результате сказанного кажется обоснованным начало конструктивно-исследовательских работ, имеющих целью улучшение выше указанных показателей молотковых дробилок.

Некоторые авторы опубликованных исследований молотко-

вых измельчителей подтверждают положительное влияние увеличенного потока воздуха через рабочую камеру устройства. Это послужило также основанием для дальнейших исследований конструкции устройства с ротором, имеющим специальные лопатки и получение патентных прав (Р-224146, Республика Польша).

Конструкция такого решения представлена на рис. 1.

менее 0,4 мм) в продукте. Существует опасение, что может наступить общее увеличение энергопотребления на измельчение, т.к. новый ротор может работать как вращающиеся элементы вентиляторов.

Отсюда появилась необходимость исследовательской, опытной проверки новой конструкции.

В связи с этим, главной це-

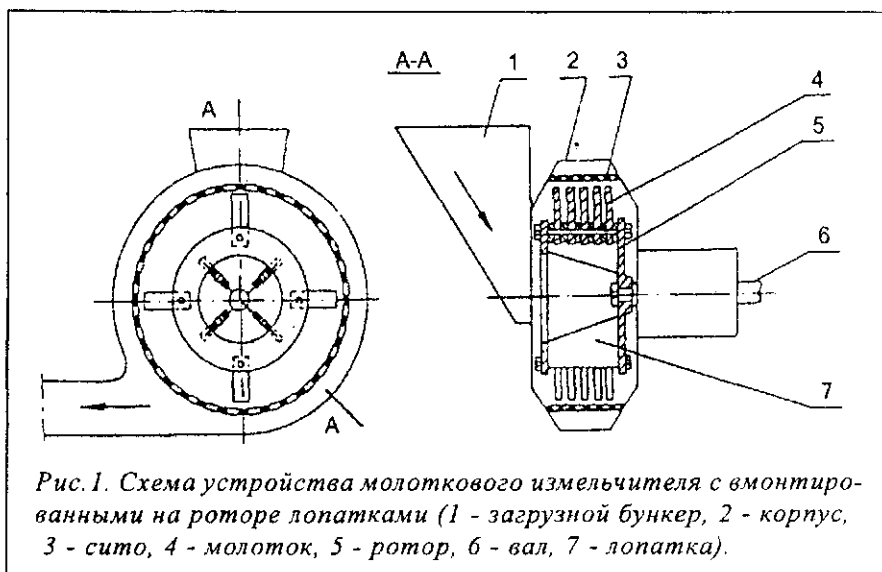


Рис. 1. Схема устройства молоткового измельчителя с вмонтированными на роторе лопатками (1 - загрузной бункер, 2 - корпус, 3 - сито, 4 - молоток, 5 - ротор, 6 - вал, 7 - лопатка).

Новое решение ротора молотковой дробилки, имеющего дополнительные элементы, обеспечивающие увеличенный и направленный поток воздуха в рабочей камере, должно привести к быстрейшему опорожнению рабочей камеры от частичек материала, уже раздробленного до определенного размера. Это должно уменьшить расход энергии на процесс измельчения, а также снизить количество пылевой фракции (т.е. частичек размером

лью исследований было получение информации об эффективности работы молотковой дробилки, имеющей новый ротор, позволяющее оценить такое конструкторское решение в аспекте удельного энергопотребления на фоне традиционной машины, широко используемой в отрасли.

Аппликационной целью исследований было описание зависимостей между принятыми в эксперименте зависимыми и независимыми изменяющимися вели-

чинами, что позволило бы проектировать новые технические объекты.

В связи с тем, что новая конструкция ротора требовала опытной верификации, этому были подчинены поставленные в процессе исследований научные проблемы. Последние приняли такую форму:

1) уменьшится ли удельное энергопотребление в сравнении с традиционной конструкцией, благодаря использованию в молотковой дробилке нового ротора со специальными лопатками?

2) какие количественные параметры конструкции лопаток нового ротора обеспечат мини-

ты удельное потребление энергии, являющееся отношением потребления мощности и производительности, а также определенное количество пыли в продукте размола.

Как независимые переменные (аргумент функции) приняты величина площади поверхности лопаток  $S$ , угол наклона лопаток  $\beta$  и диаметр отверстий в сите размола  $d$ .

Уровни величин независимых переменных приняты на основании литературных данных, они также были верифицированы во время вступительных (предварительных) исследований.

Для выполнения эксперимен-

В опытном образце особого внимания заслуживает новый ротор измельчителя. Отличают его от традиционного решения четыре специальные лопатки, размещенные в свободных пространствах между шкворнями (болт, штырь) молотков. Конструкция ротора позволяла менять эти лопатки в принятом диапазоне колебаний величины поверхности и угла наклона.

Традиционный ротор получали после съема лопаток.

Для исследований использовали зерно ячменя и пшеницы. Удельное потребление энергии на размол рассчитывали как отношение полезной мощности к производительности измельчителя. Количество пыли в продукте определялось методом ситового анализа. Результаты измерений были математически обработаны в соответствии с требованиями статистических стандартов.

На основании результатов получены графические зависимости, которые были проанализированы.

В первую очередь были проанализированы зависимости удельного потребления энергии на размол от величины поверхности лопаток и угла их наклона для принятого диапазона диаметров отверстий в сите измельчителя.

Для анализа этой пространственной функции принят распределительно-однообъемный метод.

В связи с ограничением объема здесь представлены лишь примерные изображения исследованных зависимостей (рис. 3 и 4).

На рис. 3 представлена зависимость удельного потребления энергии на измельчение  $E$  в функции угла наклона лопаток  $\beta$ , для площади поверхности лопаток  $S=105 \text{ см}^2$ , и диаметра отверстий в сите мельницы  $d=4 \text{ мм}$ . Верхняя кривая иллюстрирует изменения для ячменя, нижняя — для

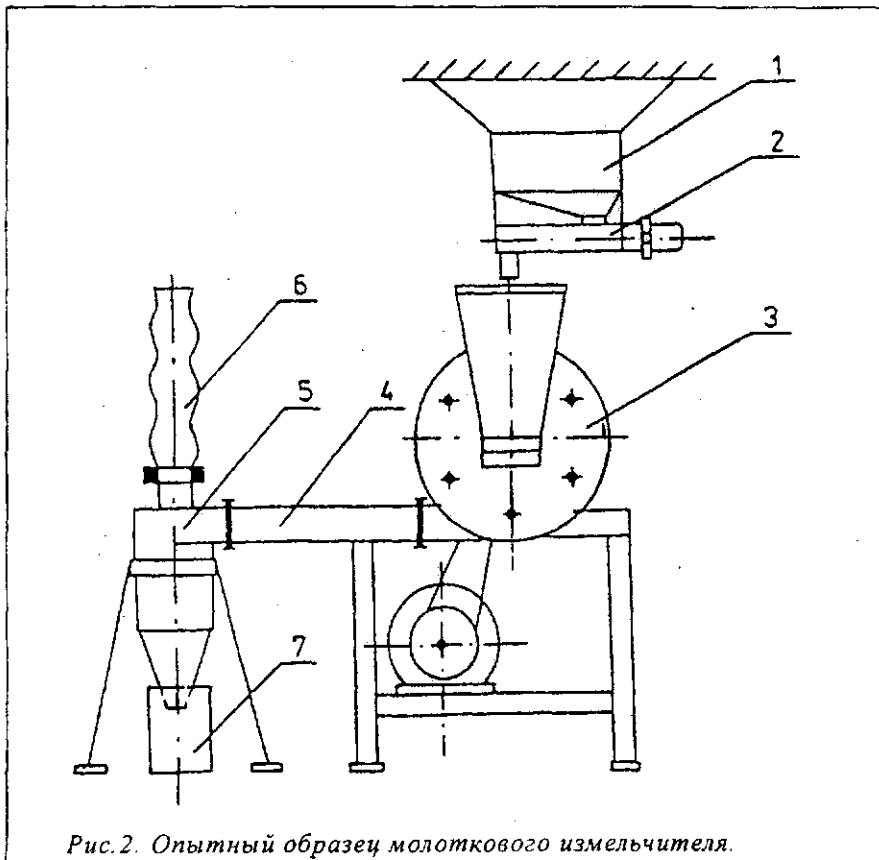


Рис. 2. Опытный образец молоткового измельчителя.

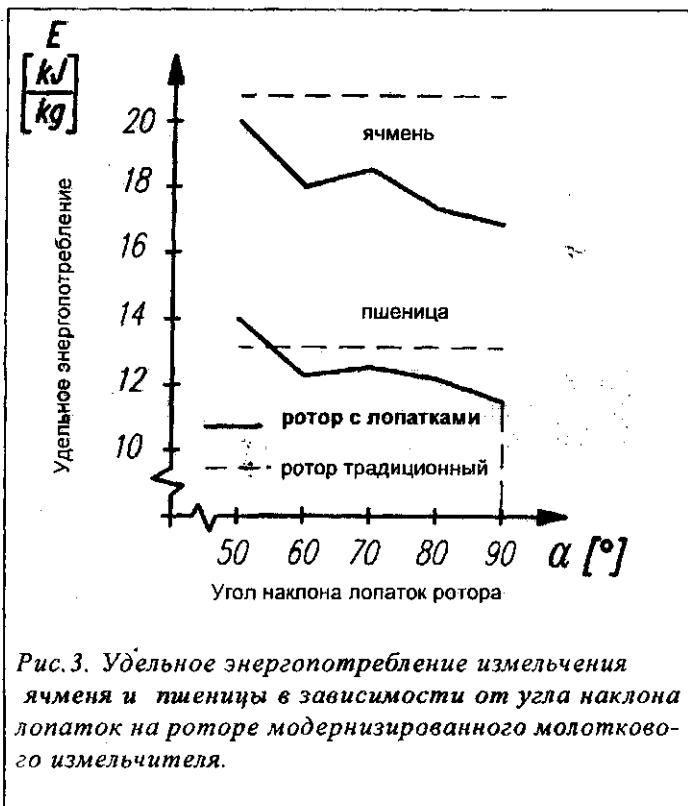
мизацию энергоемкости процесса?

3) не повлияют ли возможные энергетические преимущества на качественные показатели процесса — как изменится количество пыли в продукте в сравнении с традиционным решением?

Как зависимые переменные (функции) в эксперименте приня-

та был изготовлен опытный образец, схема которого представлена на рис. 2.

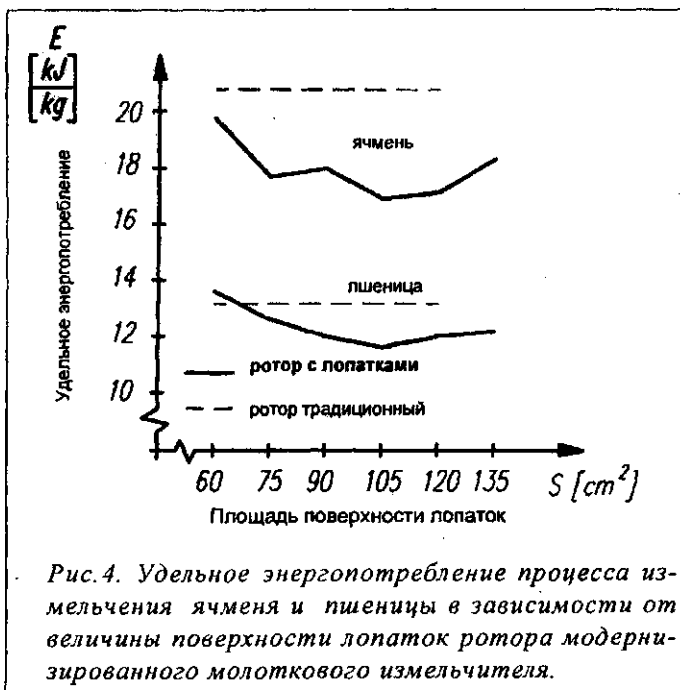
Он состоит из следующих узлов: загрузочный бункер — 1, винтовой дозатор — 2, молотковый измельчитель — 3, соединительный канал — 4, фильроциклон — 5, матерчатый фильтр — 6, приемник продукта — 7.



пшеницы.

Для сравнения показаны также горизонтальные прерывистые линии – это аналогичные величины в случае традиционного ротора.

Как следует из рис. 3, росту угла наклона лопаток в диапазоне от 50 до 90° соответствует снижение удельного потребления энергии: для ячменя с 20,2 до 17,8 кДж/кг, т.е. на 19,3 %; для пшеницы – с 13,9 до 11,5 кДж/кг, т.е. на 13,1 %. Минимальное удельное потребление энергии получено в случае,

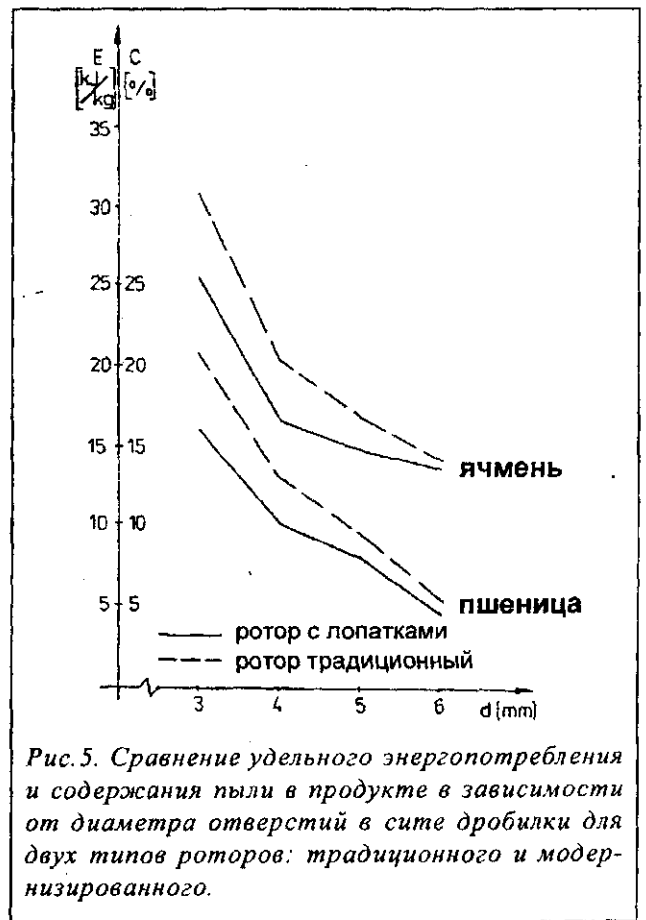


когда угол наклона лопаток составлял  $\beta = 90^\circ$ , т.е. когда они были установлены в роторе радиально. Это утверждение сохраняет свою силу и для всех других соответствий исследуемых параметров.

На рис. 4 представлена зависимость удельного потребления энергии на измельчение  $E$  в функции величины поверхности лопаток ротора  $S$ , для угла наклона лопаток  $\beta = 90^\circ$  и сита с отверстиями диаметром  $d = 4$  мм.

Верхняя кривая иллюстрирует изменения для ячменя, нижняя – для пшеницы. Горизонтальные прерывистые линии – для сравнения – это величины, свойственные традиционному ротору.

Характеристики, содержащиеся на рис. 4, графически взаимно весьма похожи и приближены к кривой второй степени. Рост площади поверхности лопаток в исследуемом диапазоне от 60 до 135 см<sup>2</sup>, вызывает в начальной фазе снижение потребления энергии (резкое для ячменя), и даже хорошо видим минимум функции, а далее, для больших поверхностей лопаток – значительный повторный рост этого показателя. Минимум удельного потребления энергии соответствует лопаткам средней величины поверхности 105 см<sup>2</sup>, и равен: для ячменя 16,9 кДж/кг, для пшеницы – 11,6 кДж/кг, что составляет в сравнении с традиционной конструкцией экономию энергии, соответственно, 16,8 и 11,7 %. Для других исследуемых независи-



мых изменяемых комбинаций форма описываемых функций была подобной, а их минимумы находились в области от 70 до 90 % максимальной поверхности лопаток.

В конечной стадии этого этапа проведен синтез результатов исследований, который отображает самые эффективные точки работы молотковой дробилки с новым ротором – на фоне традиционного решения. Это видно из рис. 5.

Проведенные экспериментальные исследования первого этапа задания дают основания сделать следующие выводы:

1. Применение в молотковой дробилке нового ротора, оборудованного дополнительными лопатками, является эффективным решением, в сравнении с традиционным. Преимущество такой модели ротора выражается, прежде всего, в меньшем удельном потреблении энергии на разлом в диапазоне от 11,5 до 16,3 %.

2. Уменьшение потребления энергии одновременно влечет за собой снижение количества пыли в продукте в количестве от 18,5 до 21,2 %.

3. Наиболее энергетически выгодные параметры лопаток нового ротора – это угол наклона  $\beta = 90^\circ$ , площадь в границах 60 % максимальной поверхности лопаток.

4. Увеличенный поток воздуха можно использовать для пневмотранспорта продукта в машине.

5. Новый ротор молотковой дробилки с лопатками требует дальнейших исследований с целью следующей модернизации и использования ее в производственных условиях.

## Уважаемые коллеги!

*Приглашаем Вас принять участие в работе третьей международной научно-технической конференции «Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин», которая состоится в Белорусском государственном аграрном техническом университете 25-27 сентября 2002 г.*

**На конференции планируется работа секций по следующим направлениям:**

- Математическое моделирование процессов и машин.
- Новые информационные технологии в системах контроля и управления.
- Модельные программы реструктуризации и реформирования АПК.
- Информационные компьютерные сети сельскохозяйственного производства.
- Машинная графика и программное обеспечение САПР.
- Новые информационные технологии в учебном процессе.

На конференции будет предоставлена возможность демонстрации программных продуктов.

### Требования к оформлению

Тезисы докладов объемом до двух полных страниц предоставляются в распечатанном виде на белой бумаге формата А4 (210x297 мм) с одной стороны листа и в виде файла на дискете 3.5" или переданного по E-mail: [svp@batu.edu.by](mailto:svp@batu.edu.by)

Текст должен быть набран в редакторе Word97 шрифтом Times New Roman размером 12 pt через 1.5 интервала. Поля: слева 25мм, справа, сверху и снизу — 20 мм.

В тезисах указываются: фамилия и инициалы автора (авторов), организация, город, название статьи прописными буквами, далее текст.

В случае несоблюдения вышеизложенных требований публикации приниматься не будут.

### Условия участия в конференции

Организационный взнос для участников конференции составляет:

- из Республики Беларусь - 14000руб.;
- из других стран - в эквиваленте 20 дол. США на момент перевода денег.

Организационный взнос вносится на р/с 3622003980016 АСБ «Беларусбанк», филиал №522, код 192, УНН 100185315.

### ЗАЯВКА НА УЧАСТИЕ в конференции «Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин»

Ф.И.О. \_\_\_\_\_  
 Ученая степень, звание \_\_\_\_\_  
 Должность \_\_\_\_\_  
 Организация \_\_\_\_\_  
 Подробный адрес \_\_\_\_\_  
 Название доклада \_\_\_\_\_  
 Секция \_\_\_\_\_  
 необходимые технические средства \_\_\_\_\_  
 требуемые характеристики компьютера \_\_\_\_\_  
 необходимость предоставления общежития  
 (гостиницы) \_\_\_\_\_

Заявка и материалы доклада должны быть присланы в оргкомитет до 15 июня 2002 г. по адресу:

220023, Республика Беларусь г. Минск, пр. Ф.Скорины, 99, БГАТУ.  
 Научно-исследовательская часть  
 тел. (017)264-22-14, (017)264-60-64 E-mail: [mailto:svp@batu.edu.by](mailto:mailto:svp@batu.edu.by)