

Результаты исследования свидетельствуют, что использование в качестве подкормки бентонита в рационах молодняка свиней повышает динамику роста животных, а также улучшает морфологический состав и мясные качества свиней.

При определении экономической эффективности использования бентонита учитывались стоимость кормов и кормовых добавок, а также количество потребленных подопытными животными кормов.

Наименьшие затраты на корма в первом опыте, а соответственно, и общие затраты в денежном выражении были в 3-й опытной группе. Однако за счет более высоких приростов во 2-й опытной группе получено наибольшее количество выручки от реализованной продукции – 110,64% к контролю, в 1-й и 3-й опытных группах выручка составила 104,26 и 107,07% соответственно.

Наименьший расход кормов на прирост живой массы также имели животные 2-й опытной группы – 5,13 ЭКЕ, что на 0,72 ЭКЕ (на 12,3%) меньше в сравнении с контрольной группой.

У данной группы себестоимость прироста живой массы на 10,2% меньше, чем в контрольной, а в 1-й и 3-й опытных – на 4,3 и 7,6%. В связи с этим рентабельность откорма молодняка свиней во 2-й опытной группе возросла на 13,6%, в 1-й и 3-й опытных группах – на 5,4 и 9,9% соответственно.

Таким образом, для увеличения производства свинины, снижения ее себестоимости и повышения рентабельности следует вводить в рационы молодняка свиней в период откорма бентонитовую глину в количестве 3% от массы корма.

### Литература

1. Лушников, Н.А. Минеральные вещества и природные добавки в питании животных / Н.А. Лушников. – Курган: КГСХА, 2003. – 192 с.
2. Ягофаров, А.К. Бентонитовые глины зырянского месторождения Курганской области – для нужд производства Российской Федерации / А.К. Ягофаров, В.В. Эрст // Стратегия социально-экономического развития территорий Уральского экономического района: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Курган, 14–16 марта 1997 г. – Курган: Южно-Уральское кн. изд.-во, 1997. – С. 308-309.

УДК 636.085:7:631.363.21

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДРОБИЛОК С ВАЛЬЦОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

**А.И. Пунько**, к.т.н., доц., **Д.И. Романчук**, мл. науч. сотр.

*Республиканское унитарное предприятие*

*«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

**В.Н. Савиных**, к.т.н., **А.Н. Гуд**, лаборант

*Учреждение образования*

*«Белорусский государственный аграрный технический университет»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

Важнейшим направлением развития сельского хозяйства Республики Беларусь является повышение эффективности производства и экономия всех видов ресурсов. Создание энергосберегающих технологий и оборудования при

одновременном снижении их металлоемкости является одной из ключевых задач научно-технического прогресса. В связи с этим исследование, моделирование и оптимизация рабочего процесса измельчения в вальцовых дробилках с целью энергосбережения является весьма актуальной задачей.

Измельчающие машины в зависимости от технологических задач и свойств продуктов измельчения классифицируются по видам воздействия рабочих органов на материал. Схемы воздействия рабочих органов с зерном и схемы сил для различных машин представлены в таблице 33. Для измельчения фуражного зерна наибольшее применение нашли различные виды молотковых дробилок. В основу их работы положен принцип измельчения ударом с истиранием, что приводит к образованию переизмельченного продукта и значительно повышает энергоемкость процесса дробления. Воздействие ударом не дает требуемой равномерности измельчения зерна. Одной из перспективных

Таблица 33 – Классификация измельчающих машин

Рабочий орган	Вид воздействия	Схемы рабочих органов	Схемы движения рабочих органов	Схемы сил
Вальцовый станок	Сжатие и сдвиг			
Жерновой постов	Сжатие и истирание			
Дисковый измельчитель	Удар			
Молотковая дробилка	Удар и истирание			
Бичевая машина	Истирание и удар			
Плющильный станок	Сжатие			

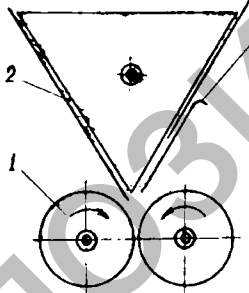
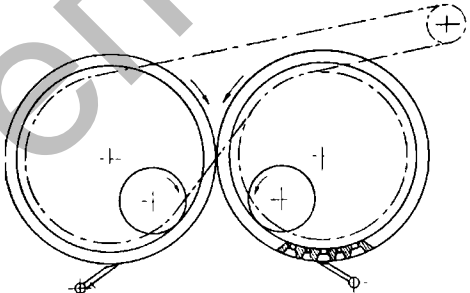
схем воздействия рабочих органов на продукт является сочетание сдвига и сжатия. Такая схема позволит значительно снизить энергоемкость и переизмельчение фуражного зерна.

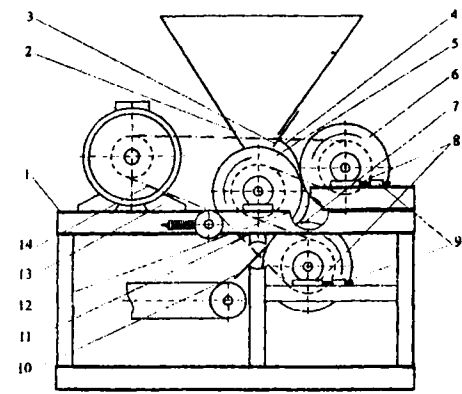
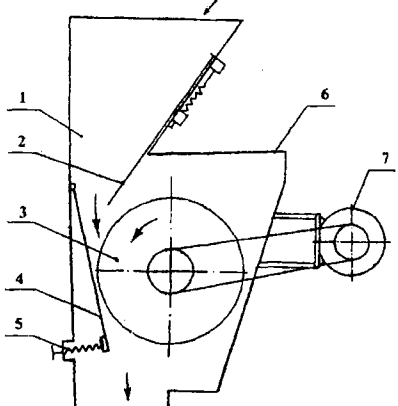
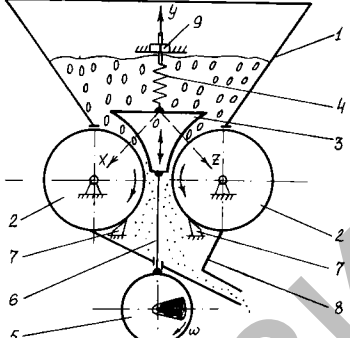
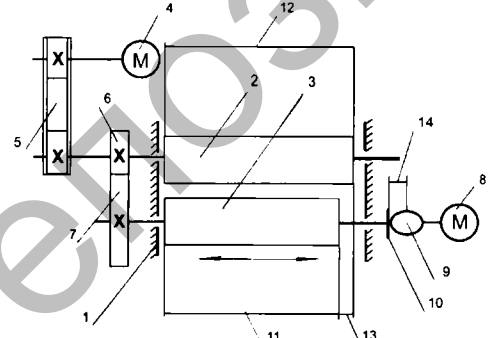
Рабочий процесс вальцовой дробилки основан на разрушении зерна за счет разных скоростей измельчающих валцов. В зоне измельчения разрушаемая частица зерна отстает от быстровращающегося вальца и обгоняет медленновращающийся, в результате чего скалывающее воздействие на него рифлей усиливается.

Существует два типа вальцовых измельчителей: первые выполняют технологический процесс за два прохода (зерно проходит одну пару валцов, установленных с большим зазором, затем другую пару с меньшим зазором, что позволяет достичь более тонкого измельчения зерна). Ко второму типу относятся одно-, двух-, трех-, четырехвальцовые измельчители, которые измельчают зерно за один проход. Наибольшее распространение получили двух- и четырехвальцовые измельчители, обеспечивающие качественное дробление зерна с минимальной энергоемкостью при сохранении высокой производительности.

Производительность дробилки, степень измельчения и расход электроэнергии взаимосвязаны и определяются окружной скоростью валцов, диаметром и параметрами рифленой поверхности. Среди факторов, влияющих на эффективность измельчения зерновых продуктов, особое место занимает величина межвальцового зазора. Его изменение и установка является одной из оперативных регулировок вальцовой дробилки. Схемы вальцовых дробилок и особенности их конструкций приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Конструктивно-технологические схемы вальцовых дробилок

Схемы вальцовых дробилок	Особенности конструкции
	<p>С внешним расположением валцов</p>
	<p>С внутренним расположением валцов</p>

Схемы валцовых дробилок	Особенности конструкции
	Двухступенчатая дробилка
	С одним валцом и декой
	С внешним расположением валцов с вибровозбудителем
	Дробилка с колебательным движением вальца

Основные преимущества валцовых дробилок:

- энергетическая эффективность;
- равномерность распределения частиц;
- оперативность изменения степени помола зерна;
- относительно низкие уровни шума и запыленности.

При дроблении зерна вальцовой дробилкой достигается более низкий расход электроэнергии, чем при использовании для этих целей молотковой дробилки: потребление электроэнергии уменьшается более чем на 40% [1]. В отличие от молотковых дробилок, размер частиц можно точно и быстро менять путем изменения зазора, а не заменой сит. Дробленое зерно из вальцовых дробилок отличается однородностью гранулометрического состава, отношение мелких частиц к средним 1:(5÷8), между тем как у молотковых дробилок этот показатель составляет 2:3. Высокое содержание мучных и пылевых фракций способствует возникновению расстройств, легочных заболеваний и диетических проблем у животных.

### Конструктивные параметры рабочих органов вальцовой дробилки

Рабочим органом дробилок является валец. Основные его параметры – это длина, диаметр, тип рабочей поверхности. Диаметр вальцов машин, используемых в настоящее время, находится в интервале 200–450 мм, длина вальцов – в диапазоне от 100 до 1200 мм, причем с увеличением длины вальца производительность растет прямо пропорционально, а энергоемкость уменьшается (таблица 35).

Таблица 35 – Основные технические характеристики вальцовых дробилок фирмы Romill [3]

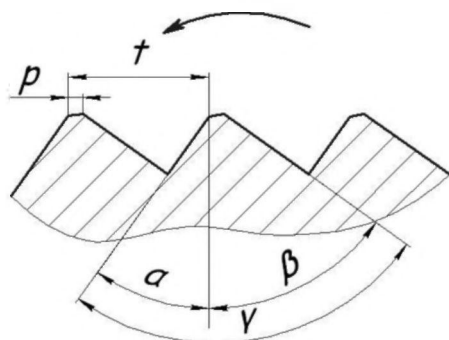
Марка машины	Масса машины, кг	Установленная мощность, кВт	Длина вальца, мм	Производительность, т/ч		Энергоемкость дробления, кВтч/т	
				тонкий продукт	грубый продукт	тонкий продукт	грубый продукт
S100	163	2,2	100	0,4–0,5	0,6–0,9	5,50–4,40	3,67–2,44
S300	478	7,5	300	1,2–1,5	1,8–2,6	6,25–5,00	4,17–2,88
S600	993	18,5	600	3–5	6–9	6,17–3,70	3,08–2,06
S900	1387	37	900	7–9	14–20	5,29–4,11	2,64–1,85
S1200	1712	45	1200	10–12	17–25	4,50–3,75	2,65–1,80

Тип рабочей поверхности вальца оказывает существенное влияние на весь процесс измельчения в целом:

- вальцы с гладкой поверхностью характеризуются слабым захватом и низкой производительностью. Применяются, в основном, для плющения зерна;
- вальцы с микрошероховатой поверхностью характеризуются удовлетворительным захватом, средней производительностью и высокой степенью переизмельчения, что недопустимо при использовании их в фуражных целях. Применяются, в основном, в шлифовальных машинах;
- вальцы с рифленой поверхностью характеризуются хорошим захватом, высокой производительностью. Наиболее пригодны для измельчения фуражного зерна.

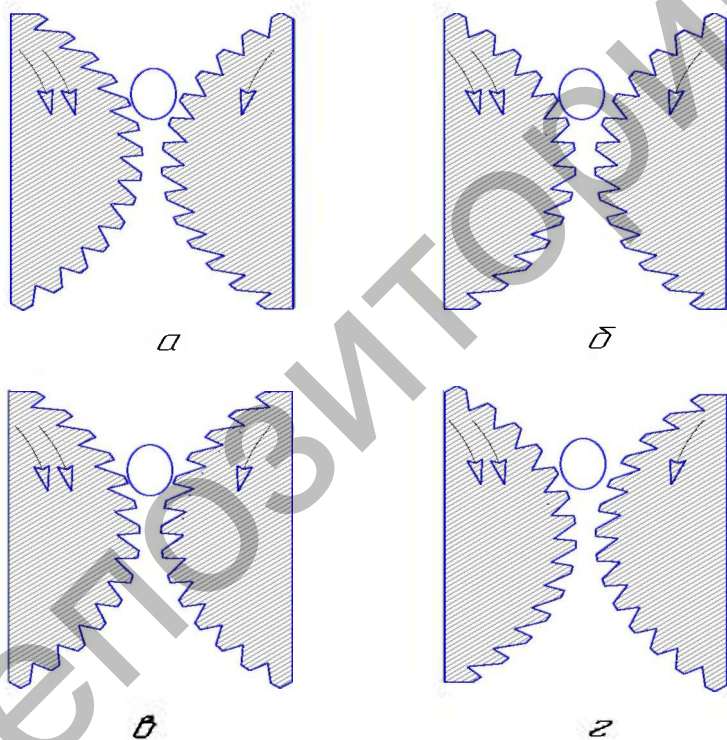
Эффективность измельчения фуражного зерна вальцами с рифленой поверхностью зависит от профиля рифлей, их числа на 1 см длины окружности

вальцов, уклона рифлей, а также их взаимного расположения на парно работающих вальцах. Профиль рифлей (рисунок 81) характеризуется следующими параметрами: уклоном ( $\gamma$ ), шагом  $t$ , т.е. расстоянием между одинаковыми точками соседних рифлей; углом заострения ( $\gamma = \alpha + \beta$ ); углами острия ( $\alpha$ ) и спинки ( $\beta$ ); размером полочки  $p$ , мм.



**Рисунок 81 – Профиль рифленой поверхности вальцов**

Угол заострения рифли выбирают для разных систем измельчения от  $85$  до  $115^\circ$ . Чаще всего он равен  $90$ ,  $100$  или  $110^\circ$ . Углы острия и спинки в каждом из этих случаев могут иметь разные значения: чем меньше угол острия, тем сильнее проявляется режущий эффект и тем интенсивнее измельчается продукт. Рифли нарезают с уклоном от  $4$  до  $15^\circ$ ; при этом чем больше уклон, тем лучше измельчается продукт.



$a$  – «острие по острию»;  $b$  – «спинка по острию»;  
 $v$  – «острие по спинке»;  $z$  – «спинка по спинке»

**Рисунок 82 – Взаимное расположение профилей вальцов**

вание рабочей поверхности (залипание рифлей), неверные параметры и режимы работы, техническое состояние дробилки [3].

В зависимости от крупности поступающего на измельчение продукта на вальцовой машине нарезается от 4 до 16 рифлей на  $1$  см, так что шаг в этом случае составляет от  $2,5$  до  $0,6$  мм. Размер полочки  $p = 0,1$ – $0,15$  мм.

Угол заострения рифли выбирают для разных систем измельчения от  $85$  до  $115^\circ$ . Чаще всего он равен  $90$ ,  $100$  или  $110^\circ$ . Углы острия и спинки в каждом из этих случаев могут иметь разные значения: чем меньше

угол острия, тем сильнее проявляется режущий эффект и тем интенсивнее измельчается продукт. Рифли нарезают с уклоном от  $4$  до  $15^\circ$ ; при этом чем больше уклон, тем лучше измельчается продукт.

В зависимости от взаиморасположения граней острия и спинки рифлей парно работающих вальцов в зоне измельчения различают четыре положения рифлей. На рисунке 82 показаны четыре возможных варианта взаимного положения рифлей быстровращающегося и медленно вращающегося вальцов.

В процессе эксплуатации вальцовой дробилки может снижаться производительность, увеличиваться энергоёмкость процесса, ухудшаться качество дробление зерна. Причиной является изменение геометрических характеристик, заби-

## Заключение

1. Эффективным рабочим органом для измельчения фуражного зерна являются вальцы с рифленой поверхностью. Рациональными значениями параметров вальца для измельчения фуражного зерна являются: количество рифлей на 1 см длины окружности вальца – 4–8 шт.; угол острия –  $20 \div 40^\circ$ ; угол спинки –  $50 \div 70^\circ$ ; длина полочки на острие рифли – 0,1–0,15 мм; продольный уклон рифли – до  $15^\circ$ .

2. Окружная скорость быстровращающегося вальца должна находиться в пределах 8–16 м/с, отношение скоростей вращения между вальцами (дифференциал)  $i = 2,0–2,5$ .

3. Данные параметры заложены в конструкции разрабатываемого в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» экспериментального образца вальцовой дробилки для проведения исследований и испытаний по обоснованию рациональных параметров и режимов работы вальцовых рабочих органов.

## Литература

1. Воробьев, Н.А. Вальцовые рабочие органы машин для переработки зерна / Н.А. Воробьев / Научно-технический процесс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–19 окт. 2007 г.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2007. – Т. 2. – С. 71–75.
2. Валковые дробилки Romill. – 2007. – 8 с. (Рекламный материал, Чешская Республика.)
3. Мянд, А.Э. Кормоприготовительные машины и агрегаты / А.Э. Мянд. – М.: Машиностроение, 1970. – 26 с.

УДК 636.085:7:631.363.21

## РАЗРАБОТКА ВАЛЬЦОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЗЕРНОФУРАЖА

А.И. Пунько, к.т.н., доц., Д.И. Романчук, мл. н. сотр.

*Республиканское унитарное предприятие*

«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

*г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в республике значительное число производителей комбикормовой продукции заинтересованы в высокопроизводительных дробилках с минимальным удельным расходом электроэнергии и высоким качеством измельченной массы. Таким требованиям наиболее соответствуют вальцовые дробилки, которые могут использоваться на существующих комбикормовых предприятиях без нарушения технологических процессов и без значительных трудозатрат на монтаж и эксплуатацию.

Промышленностью выпускаются молотковые дробилки ДБ-5, ДЗВ-5, которые обеспечивают производительность 3–5 т/ч при удельном расходе энергии 7,2–10,5 кВт-ч/т и удельной материалоемкости 242–388 кг-ч/т. Однако из-за нарушений условий хранения и использования зерна в хозяйствах, перепада температур воздуха зерно увлажняется до 18–20%, изменяются его физико-механические характеристики, что приводит к повышению вязкости зерно-