

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

(Potential Technologies for the Feed Grain Production of the Republic of Belarus)

*д.т.н., проф. Шило И.Н., к.т.н., доц. Воробьев Н.А., Гуд А.В.*

*Учреждение образования*

*«Белорусский государственный аграрный технический университет»*

Ресурсосбережение во всех отраслях народного хозяйства – одно из решающих условий обеспечения конкурентоспособности продукции. Экономическая эффективность отрасли животноводства главным образом зависит от эффективности использования фуражного зерна в кормлении сельскохозяйственных животных. Основным фактором повышения эффективности животноводства является снижение затрат на приготовление корма, полученного путем переработки фуражного зерна.

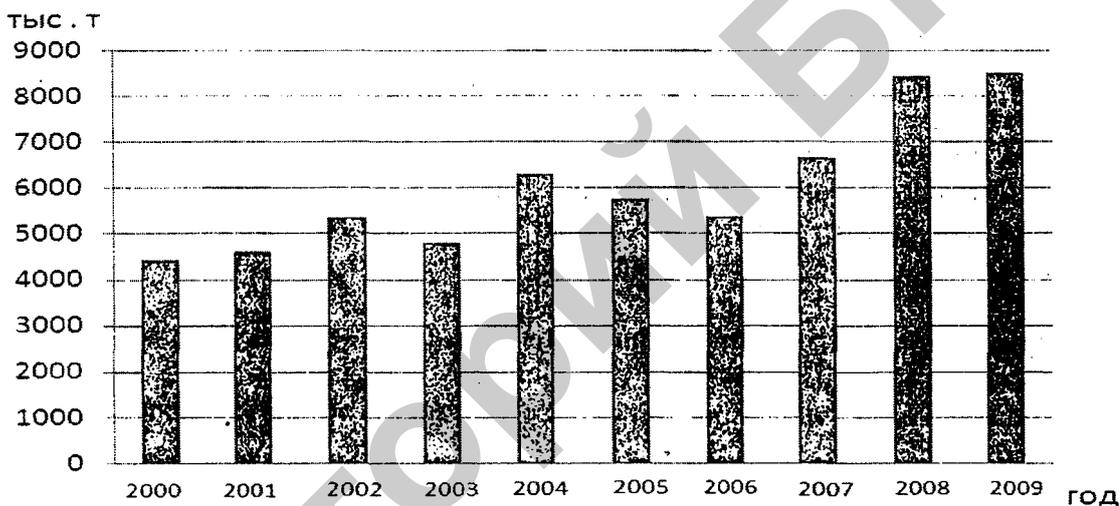


Рисунок 1 – Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур Республики Беларусь

На протяжении последних лет сохраняется последовательная динамика к росту производства зерна (рисунок 1), за последние три года валовой сбор составил 7-8 млн. тонн, из них около 50% идет на фуражные цели, что обуславливает большой объем работ по его переработке на фуражные цели.

Фуражное зерно убирают в стадиях молочно-восковой и полной спелости. Зерно, убранное в стадии молочно-восковой спелости, как правило, хранят в герметичных условиях с добавлением химических консервантов до или после плющения. Зерно полной спелости доводят до необходимой влажности путем высокотемпературной или низкотемпературной сушки, после чего его можно поджаривать, вспучивать, прессовать, плющить и измельчать, измельчение осуществляют при помощи дисковых мельниц, вальцовых станков, зубчатых дробилок, жерновых поставов, разрыхлителей, вальцедековых станков и дисковых дробилок (рисунок 2) [1].

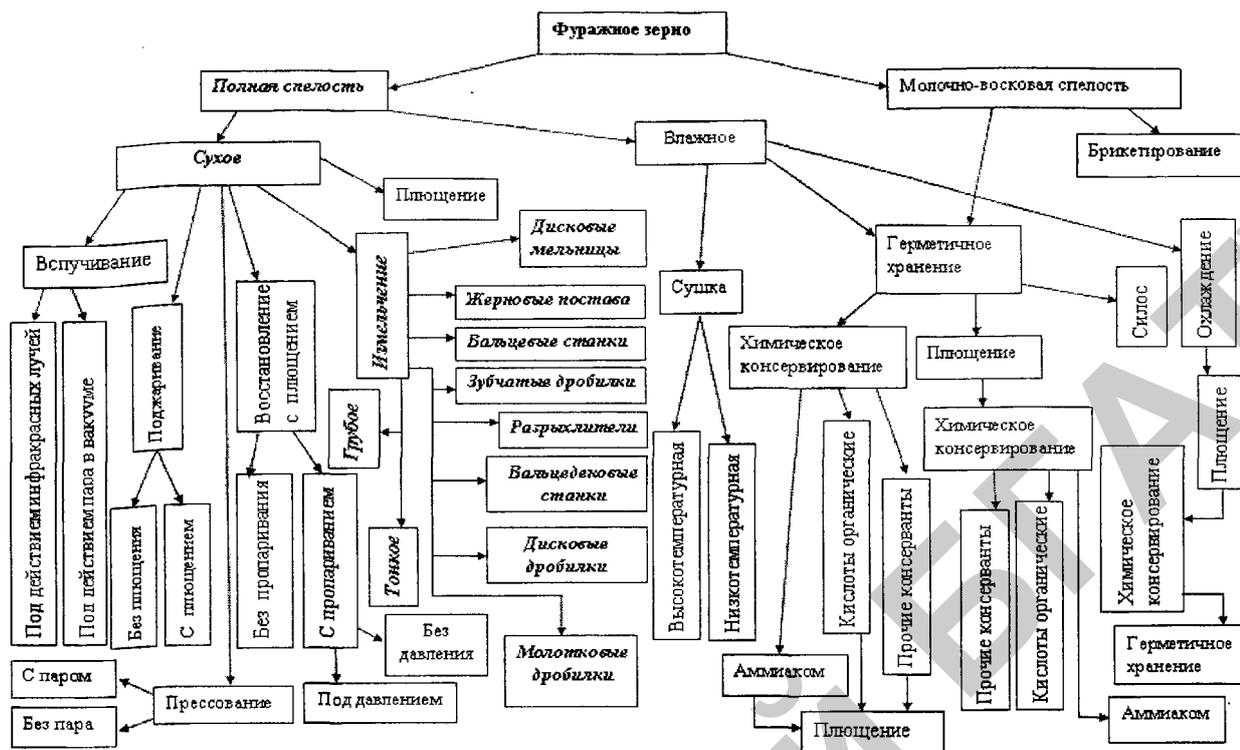


Рисунок 2 – Структурная схема способов послеуборочной обработки фуражного зерна

Машины для переработки фуражного корма в зависимости от технологических задач и механических свойств зерна классифицируются по видам воздействия рабочих органов на материал. Схемы взаимодействия рабочих органов с зерном и схемы сил по данным В.А. Шуляка представлены в таблице 1.

Анализ способов взаимодействия рабочих органов с материалом показывает, что одним из способов послеуборочной обработки влажного фуражного зерна может быть его плющение с последующим консервированием. Уборка зерновых начинается при влажности 35-40% [2]. В этот период зерно содержит максимальное количество питательных веществ, поэтому сбор питательных веществ с 1 га площади увеличивается примерно на 10%. Уборка урожая начинается на 2...3 недели раньше обычных сроков, что важно для регионов с неустойчивым климатом. Ранняя уборка зерновых: дает возможность выращивания более поздних и урожайных сортов; позволяет успешно расти подпокровным травам, а также получить дополнительный урожай пожнивных культур; высевать последующие культуры в лучшие агротехнические сроки; исключаются полевые потери от осыпания зерна и от повреждения птицами. Погодные условия не оказывают решающего значения при комбайнировании. Зерно, предназначенное для плющения, не требует предварительной очистки. Отпадает необходимость дробить зерно после сушки, т.е. исключается одна из энергоёмких стадий приготовления корма. Неравномерное созревание зерна не затрудняет его обработку, используются и зеленые, и мелкие, и поврежденные зерна. Не требуется сушка зерна на фуражные цели, что значительно экономит расход энергоресурсов. Переваримость питательных веществ плющеного зерна восковой спелости выше, чем у зерна полной спелости. При сушке зерна с влагой теряется часть питательных веществ, и чем она интенсивнее, тем меньше его питательная ценность. Плющенное зерно полнее усваивается животными. Использование консервированного плющеного зерна позволяет увеличить приросты и надои, улучшить вкусовые качества молока, повысить жирность и содержание белка в молоке.

Таблица 1 – Классификация машин для производства фуражного корма

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			

Плющение осуществляется вальцовыми машинами. Имеются плющилки, выполняющие 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 плющения. К недостаткам машин данного типа относятся: высокая металлоемкость и невысокая производительность. Ко второму типу относятся одно-, двух-, четырёх-вальцовые плющилки, которые обрабатывают зерно за один проход. В основном, для плющения влажного зерна применяют двух-, четырёх- вальцовые плющилки, которые обеспечивают качественное плющение зерна, с минимальными энергозатратами, при сохранении высокой производительности.

В настоящее время в РБ используются плющилки финского производства "Murska", канадского - "Penn roller mill", "Romill", белорусского - "ПВЗ" и российского "ВМ" и др., технические характеристики которых представлены в таблице 2.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» за последние годы были разработаны и внедрены плющилки влажного зерна ПВЗ-10 и ПВЗ-30. Результаты государственных испытаний этих машин показали, что по производительности и потребляемой мощности эти плющилки не уступают лучшим зарубежным аналогам [3].

Таблица 2 – Технические характеристики вальцовых машин применяемых для  
плющения фуражного зерна

Марка	Q, т/ч	N, кВт	Вальцы			N	BOM
			n	d	l		
Murska							
220S	1	4	2	200	220	540	-
350S2	5	15	2	300	350	540	+
700S2	10	30	2	300	700	540	+
1000S2	20	50	2	300	1000	540	+
1000hd	20	65	2	300	1000	540	+
1400 S2x2	30	75	4	300	700	540	+
2000S2x2	40	95	4	300	1000	540	+
Renn							
RMC10	2,2	5	2	216	254	540	-
RMC12	6,5	10	2	406	305	540	+
RMC18	9,8	15	2	406	457	540	+
RMC24	13	20	2	406	610	540	+
RMC30	17,4	30	2	406	762	540	+
RMC36	19,5	40	2	406	914	540	+
RMC48	26	50	2	406	1219	540	+
New Concept							
NC 1210	10	30	2	273	305	540	+
NC 1610	15	40	2	273	406	540	+
NC 2210	20	50	2	273	559	540	+
NC 3010	25	65	2	273	762	540	+
BM							
BM-1	1	4	2	200	200	500	-
BM-2	4	7,5	2	200	300	500	-
BM-3	10	32,2	2	310	700	500	-
ПВ3-700							
ПВ3-700	8	22	2	300	700	540	+
Romill							
M100	0,7	2,2	2	300	100	500	-
M300	1,8	5,5	2	300	300	500	-
M600	4	11	2	220	600	1000	-
M900	6	18,5	2	220	900	1000	-
M1	15-20	44	2	220	900	1000	+
M2	30-40	88	4	220	900	1000	+
ПЗ-3А							
ПЗ-3А	3-5	36,5	2	450	600	500	-
ПВ3-10							
ПВ3-10	10	22	2	292	700	540	+
ПВ3-30	30	65	4	270	600	540	+
КОРМ							
КОРМ-10	10	39,2	2	300	420	1480	-
КОРМ-20	20	47,2	2	300	560	1480	-

Однако, несмотря на ряд преимуществ технологии плющения и консервирования зернофуража, нельзя недооценивать важность технологии приготовления фуражного корма путем дробления зерна. Фуражное зерно влажностью 12-14% храниться несколько лет и может быть измельченным в любое время в течение всего года, так как зерно, идущее на плющение, необходимо перерабатывать сразу после уборки в сжатые сроки (2-3 недели), а также требуется внесение консерванта, а остальное время года плющилки простаивают.

Применение вальцовых машин для плющения фуражного зерна и их успешная реализация в производстве дает предпосылки к созданию дробилок с вальцовыми рабочими органами, так как традиционные молотковые дробилки, применяемые в хозяйствах Республики Беларусь, обладают высокой энергоемкостью и не обеспечивают равномерность гранулометрического состава дробленого зерна. Разработка и изготовление таких вальцовых машин может повысить энергоэффективность процесса дробления и качество зернофуража по сравнению с используемыми в хозяйствах Республики Беларусь дробилками.

В сельском хозяйстве Республики Беларусь для измельчения фуражного зерна наибольшее применение нашли различные виды молотковых дробилок. В основу их работы положен принцип измельчения ударом с истиранием. Наибольшее распространение получили дробилки ДБ-5, ДКР-2 и ДЗВ-5. Из зарубежных дробилок наибольшее распространение получили машины таких марок как А1-ДМ2-55 и ММ-70 (Россия), дробилка фирмы «ВАН-ААРСЕН» НМ-500-2Д, фирмы «МАТАДОР» ОРТМЛ, фирмы ТЕСТМЕР RB-P45 (Польша), МК 30S (Польша) [4].

Технические характеристики молотковых дробилок приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Технические характеристики молотковых дробилок используемых в хозяйствах Республики Беларусь**

Параметры	БД-5	ДКМ-5	ДКР-2	ДЗВ-5	МК 30S	RB-P45
Производительность, т/ч на ситах с круглыми отверстиями диаметром:						
6,0 мм	4,5	4	3,0	6,5	4,5	6
3,0 мм	3,5	3	2,0	5	3,5	5
Мощность привода, кВт	32	30	30	55	45	45
Энергоемкость, кВтч/т на ситах с круглыми отверстиями диаметром:						
6,0 мм	7,1	7,5	10	8,4	10	7,5
3,0 мм	9,1	10	15	11	12,9	9
Масса без электродвигателя, кг	1070	1280	1000	1200	1255	1045

По результатам анализа определены основные недостатки молотковых дробилок:

- высокий удельный расход электроэнергии на дробление;
- неоднородность гранулометрического состава дробленого фуражного зерна;
- переизмельчение фуражного корма;
- образования пыли при измельчении;
- уровень шума превышающий 80 дБл.

Применение вальцовых машин для дробления фуражного зерна позволит устранить указанные недостатки молотковых дробилок.

Рабочий процесс вальцовой дробилки основан на разрушении зерна за счет разных скоростей вальцов. Среди факторов, влияющих на эффективность дробления зерновых кормов, особое место занимает величина межвальцового зазора. Его изменение и установка является одной из оперативных регулировок вальцовой дробилки, значительно влияющих на качество дробления.

Поверхность вальцов может быть рифленой, микрошероховатой и гладкой. Примене-

ние рифленых вальцов оказывает существенное влияние на процесс дробления. Эффективность измельчения зависит от профиля рифлей, их количества, угла наклона рифлей, а также их взаимного расположения на парно работающих вальцах.

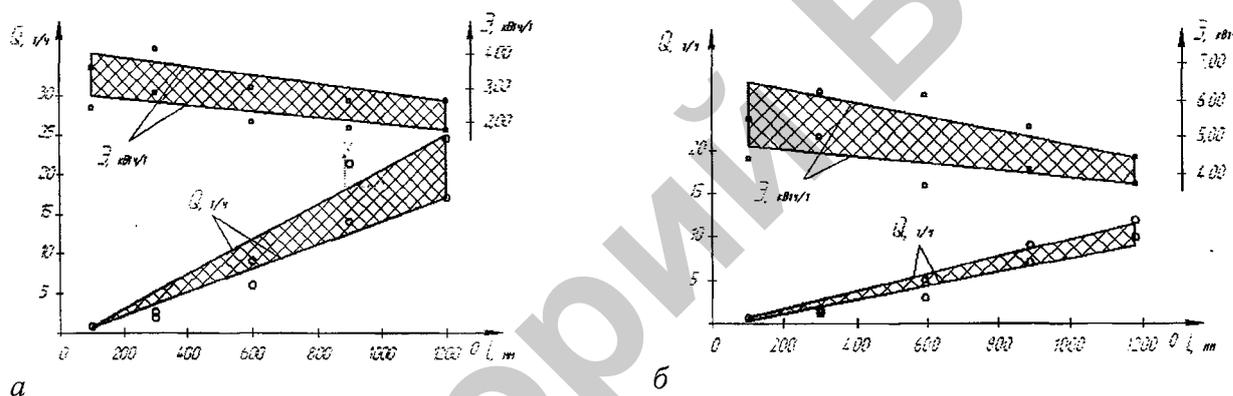
Производительность дробилки, модуль помола и расход электроэнергии взаимосвязаны и определяются окружной скоростью вальцов, диаметром и параметрами рифленой поверхности [5].

Основными преимуществами вальцовых дробилок являются:

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

На ряду с преимуществами вальцовые дробилки обладают также недостатками, к которым относятся быстрая залипаемость рифлей при дроблении влажных (более 18%) фуражных кормов и нагревание продукта [6].

На графиках рисунка 3 представлена зависимость энергоёмкости процесса дробления фуражного зерна от длины вальцов.



**Рисунок 5 – Зависимости производительности ( $Q$ , Т/ч) и энергоёмкости ( $E$ , кВт ч/Т) дробления от длины вальцов:**

**$a$  – при грубом помоле;  $b$  – при тонком помоле**

При дроблении зерна вальцовой дробилкой достигается более низкий расход электрической энергии, чем при использовании для этих целей молотковой дробилки, потребление электрической энергии уменьшается более чем на 40% [7]. Затраты электроэнергии дробления уменьшаются с увеличением модуля помола и длины вальцов (рисунок 5).

Хороший энергетический баланс достигается в случае, когда вальцовая дробилка обрабатывает сырье для дальнейшей доработки молотковой дробилкой, или, что еще эффективней, другой вальцовой дробилкой.

При дроблении фуражного зерна на вальцовых дробилках размер частиц можно точно и быстро менять путем изменения межвальцового зазора в отличие от молотковых дробилок, у которых это возможно только заменой сит, что требует больших трудозатрат.

На вальцовых дробилках можно производить весь ассортимент фуражных кормов, практически для всех видов и категорий животных. Однако широкое применение в хозяйствах Республики Беларусь дробилок с вальцовыми рабочими органами сдерживается отсутствием отечественных вальцовых машин и высокой стоимостью зарубежных аналогов.

Поэтому в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» проводятся исследования с целью: обоснования параметров и режимов работы вальцовых машин для дробления зерна; разработки и внедрения высокоэффективных вальцовых технических средств для дробления зернофуража.

### Литература

1. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна: Рекомендации / Институт аграрной экономики НАН Беларуси; Ю.Ф. Лачуга [и. др]. – Москва: РАСХН, ГНУ ВНИИМЖ, ГПУ ВИЭСХ, ГНУ СЗ НИИМЭСХ, ГУ НИИСХ СВ им. Н.В. Рудницкого, 2006. – 131 с.
2. Отраслевой регламент «Заготовка плющеного зерна повышенной влажности».- Минск: Институт аграрной экономики НАН Беларуси, 2004.
3. Савиных, В.Н. Результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10 / В.Н. Савиных, Д.И. Романчук, Н.А. Воробьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – 2008. – Вып. 42. – С.
4. Тарасевич, А. М. Анализ конструкций и перспективы развития отечественного измельчающего оборудования / А. М. Тарасевич// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции, 17-19 октября 2007 г. - Минск, 2007. - Т. 2. - С. 148-154.
5. Шабурова, Г.В., Зимняков, В.М., Курочкин, А.А., Поликанов, А.В. Практикум по оборудованию и автоматизации перерабатывающих производств. – М.: КолосС, 2007. – 183с.
6. Воробьев, Н. А. Вальцовые рабочие органы машин для переработки зерна / Н. А. Воробьев// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции, 17-19 октября 2007 г. - Минск, 2007. - Т. 2. - С. 71-75.
7. Кормовые машины ROMILL 2007. Рекламный материал.