

Согласно рисунку 2, отрыва семенного материала не будет при условии, если

$$J_y \leq P_y \quad (16)$$

или 
$$\omega^2 r \cos \alpha \leq \frac{g \cos \beta}{\sin \delta} . \quad (17)$$

Левая часть уравнения (1) имеет максимальное значение при  $\alpha = 0$  и  $\cos \alpha = 1$ , а частота вращения эксцентрика приводного механизма при этом должна быть:

$$n \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \cos \beta}{r \sin \delta}} . \quad (18)$$

Следовательно, для обеспечения устойчивой работы вибрационного штангового высевающего аппарата необходим такой режим колебаний штанг, который бы соответствовал условиям:

$$\frac{g \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \delta)} < \omega^2 r > \frac{g \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \delta)} , \quad (19)$$

при этом

$$\omega^2 r \leq \frac{g \cos \beta}{\sin \delta} . \quad (20)$$

Для конкретных значений  $\varphi = 30^\circ$ ,  $\beta = \delta = 4^\circ$  и  $r = 6$  мм диапазон изменения частоты вращения эксцентрика приводного ремня механизма в мин<sup>-1</sup>, при котором обеспечивается перемещение семенного материала вниз и вверх по штанге, при отсутствии его отрыва, должен быть в пределах:  $325 < n < 600$ .

Для уточнения оптимального режима работы вибрационного штангового высевающего аппарата необходимо провести лабораторное его исследование.



УДК 631.363

*Н.М. Антонов, В.В. Матюшев, В.Л. Смирнов*

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМОВ

Интенсификация производства кормов предусматривает использование следующих способов консервирования зеленых растений: приготовление силоса, сенажа, сена естественной сушки, травяной сечки или муки искусственной сушки в рассыпном или гранулированном виде, химическое консервирование, консервирование холодом.

В настоящее время, отдавая предпочтение тому или иному методу консервирования, стремятся получить высококачественные корма при минимальных потерях питательных веществ, скармливание которых дает возможность получить животноводческую продукцию высокого качества при наименьших затратах на ее производство.

Потери питательных веществ и экономическая эффективность получения растительных кормов в зависимости от используемых технологий изменяются в широких пределах. Так, наибольшие потери соответствуют технологиям заготовки сена полевой сушки (30%), силоса в буртах (25%) и сенажа при наземном хранении (21%). Минимальны потери питательных веществ при использовании технологии заготовки трав искусственной сушкой.

Таким образом, разработка новых энергосберегающих технологий и оборудования является актуальной задачей.

Известен способ получения витаминного корма из растительного сырья, включающий сушку сырья, размол на молотковых дробилках и гранулирование. С целью повышения сохранности витаминов перед сушкой сырье разделяют на две части, одну из которых высушивают, смешивают с другой частью и одновременно размалывают [1].

Недостатком данного способа является то, что 85% всей массы, поступающей на обработку сырья, сушится до влажности 5-7%. А это связано с повышением энергозатрат на единицу продукции. Снижение влажности на

агрегатах АВМ с 10 до 9% требует энергии на 10-15% больше, чем снижение влажности, например, с 15 до 14%. Следует отметить, что при влажности выше 10% усложняется работа дробилок из-за забивания их решет и соответственно повышаются энергозатраты и снижается производительность.

Имеется информация [2] о технологии (базовой) получения гранул из растительного сырья, которая включает измельчение зеленой массы в пасту, прессование, сушку на агрегатах АВМ с последующим добавлением компонентов, их смешивание и гранулирование. Недостатком данной технологии является значительное снижение качества корма. Дело в том, что при прессовании пасты зеленых растений до выходной влажности жома 65% происходит выделение сока до 50% от исходной массы. При этом с соком выносятся от 30 до 50% белка.

Для повышения качества заготавливаемого корма нами предложена технология, включающая сушку травяной резки и ее брикетирование. При этом часть высушенной травяной резки смешивается с зеленой массой, смесь нормализуют по влажности под давлением с разделением на две фракции, одну из которых (жом) высушивают, а другую (сок) используют известным способом (добавляют при брикетировании для поверхностного кондиционирования травяной резки, спаивают животным).

При проведении экспериментальных исследований зеленая масса кукурузы влажностью 75% смешивалась в соотношении 8,5:1,5 с травяной резкой влажностью 15% и прессовалась. После пресса жом влажностью 65% направлялся на высокотемпературную сушку агрегата АВМ-1,5. Шестьдесят два процента высушенного жома направлялось на брикетирование, а оставшиеся 38% возвращались на смешивание с зеленой массой для обеспечения непрерывности процесса. Выделяющийся сок в количестве 1,2% использовался для поверхностного увлажнения сухой травяной резки перед брикетированием. В таблице представлены качественные показатели заготавливаемого корма сравниваемых технологий.

**Качественные показатели заготавливаемого корма сравниваемых технологий, %**

Вид сырья	Влажность жома	Выход сока от веса сырья	Выход протеина с соком от исходного содержания в сырье
Зеленая масса влажностью 75% (базовая технология)	65	40	35
Смесь зеленой массы влажностью 75% с травяной резкой влажностью 15% в соотношении 8,5:1,5 (предлагаемая технология)	65	1,2 (используется при брикетировании)	Отсутствует

Из таблицы видно, что выход сока по базовой технологии достигает 40% при исходной влажности сырья 75%. Поскольку при этом с соком выносятся 35% протеина от исходного его содержания в сырье, то готовый корм получается пониженного качества из-за потерь белка.

По предлагаемой технологии выделяется 1,2% сока с незначительным содержанием исходного протеина и используемого в дальнейшем при брикетировании. Таким образом по предлагаемой технологии качество готового корма по наличию в нем протеина повышается на 35% относительно базовой технологии, т.е. предотвращаются полностью потери протеина, уносимого с соком при его выделении в процессе прессования.

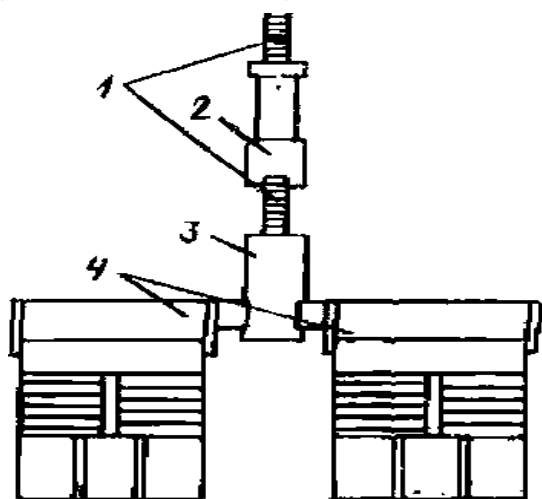
Известна технология приготовления корма для животных из высоковлажных кормовых продуктов, включающая измельчение зеленой массы и ее разделение путем прессования на жидкую и твердую фракции [3]. При этом перед операцией прессования в зеленую массу добавляют грубые корма или их отходы в количестве 30...60% от веса зеленой массы.

В данной технологии влажность зеленой массы и соломы составляет соответственно 85 и 17%, а влажность смеси – 44,2% при соотношении соломы и зеленой массы 6:4. При прессовании кормовой смеси с такой влажностью выход сока составляет 66%, что соответствует 264 г из 1 кг смеси. Влажность жома составляет 25,3%. По данной технологии предполагается получить из выделившегося сока белково-витаминный концентрат. Однако получение его сопряжено с большими энергозатратами на коагуляцию сока, фильтрацию коагулята, его сушку и гранулирование. К тому же снижение влажности смеси путем механического обезвоживания с 44,2 до 25,3% требует дополнительных энергозатрат.

Следует отметить, что при скашивании зеленой массы разрушается 20...24% растительных клеток, а после дополнительного измельчения эта величина достигает 70%. При этом с соком выделяется от 30 до 50% белка, за счет чего снижается питательность жома.

Нами разработана технология заготовки прессованных кормов (рис. 1). Скошенные и измельченные в поле комбайном КСК-100 зеленые растения влажностью 85...90% транспортируются на стационарный пункт агрегата АВМ-1,5. Здесь зеленая масса смешивается с соломой влажностью 15...20% в соотношении 8:1 по весу. Усредненная влажность смеси выравнивается до 78...81% [4]. Механическое обезвоживание зеленых растений осуще-

ствляется на шнековом прессе при давлении прессования 5 МПа. Жом из кормовой смеси после сушки брикетизируется, охлаждается и поступает на хранение.



АВМ-1,5 → ОПК-2 → Охладитель → Склад

Рис. 1 Технологическая схема производства гранулированных кормов с включением соломы и механическим обезвоживанием: 1 – транспортер; 2 – пресс шнековый; 3 – смеситель; 4 – питатель зеленой массы.

Площадь живого сечения дренающего контура шнекового пресса равна 15% при диаметре отверстий 4 мм. Время вывода процесса на максимальное давление прессования материала составляет 5 минут.

После прессования влажность жома равна 72...74%. При указанных режимах выход сока из 1 кг смеси составляет 240...305 граммов с содержанием переваримого протеина в соке 4,02...4,65 г/кг. Таким образом, из 1 кг смеси выносятся с соком 1,24...1,39 г протеина. Питательность 1 кг абсолютно сухого вещества жома из смеси составляет 0,657...0,760 кормовой единицы.

При механическом обезвоживании только зеленой массы кукурузы с аналогичными режимами работы пресса выход сока из 1 кг зеленой массы составляет 300...500 граммов, а содержание в соке переваримого протеина равно 5,3...7,5 г/кг. Влажность жома равна 79,6...82,4%. Таким образом, всего выносятся с соком из 1 кг зеленой массы растений 2,25...2,65 граммов переваримого протеина. Питательность 1 кг абсолютно сухого вещества составляет 0,898...0,922 кормовой единицы.

В результате при обезвоживании прессованием 1 кг зеленой массы с соком выносятся в 1,81...1,91 раза больше переваримого протеина, чем при обезвоживании прессованием 1 кг смеси зеленых растений с соломой.

При механическом обезвоживании смеси зеленых растений с соломой проявляется еще одно очень важное свойство: наличие соломы снижает вынос питательных веществ с выделяемым в процессе прессования соком, как бы фильтруя его. В данном случае фильтрующая способность составляет 14...31%.

При сушке жома из кормовой смеси на агрегате АВМ-1,5 затрачивается 205...220 кг дизельного топлива на тонну готового корма, а при сушке жома из зеленой массы растений – 330...380 кг/т. Следовательно, расход топлива на тонну готового корма снижается в 1,61...1,73 раза.

Производительность агрегата АВМ-1,5 составляет соответственно 1,54...1,64 т/ч по травяной резке из жома кормовой смеси и 0,9...1,095 т/ч по травяной резке из жома зеленой массы. Таким образом, производительность агрегата АВМ-1,5 возрастает в 1,5...1,71 раза. Однако при этом питательность готового корма из смеси зеленой массы с соломой снижается в 1,21...1,37 раза.

Для объективной оценки сравниваемых технологий применялся биоэнергетический КПД (коэффициент полезного действия). Установлено, что биоэнергетический КПД производства брикетированного корма из жома смеси зеленой массы с соломой равен 0,455...0,565, а из жома зеленой массы – 0,379...0,398. Это доказывает, что эффективность производства брикетов из жома смеси зеленых растений с соломой выше в 1,2...1,42 раза по сравнению с производством брикетов из жома зеленой массы.

Перспективным способом при заготовке сенажа является использование механического обезвоживания зеленой массы растений. При этом до минимума сокращается разрыв во времени между скашиванием травы и закладкой ее на хранение. Поэтому потери питательных веществ вследствие протекания биохимических процессов на первоначальной стадии заготовки кормов резко снижаются.

При заготовке сенажа с механическим обезвоживанием зеленой массы отпадает необходимость проведения ряда операций: плющения, провяливания, сгребания, подбора – и устраняются связанные с ними потери питательных веществ. Кроме того, уменьшается парк уборочной техники, снижаются затраты труда и уменьшается зависимость заготовки корма от погодных условий.

Наиболее перспективны, исходя из анализа существующих технологий заготовки сенажа, для сохранения питательных веществ и удобства использования технология механического обезвоживания зеленой массы растений и порционное хранение жома в небольшой емкости. Так, как из жома невозможно сформировать тюк или ру-

лон, то предлагается уплотнять жом непосредственно внутри контейнера. Недостаток такой технологии заключается в том, что операции механического отжатия сока зеленых растений и уплотнения жома в контейнере выполняются различными устройствами.

Суть нашего предложения состоит в том, чтобы совместить в одном устройстве процесс отжима свободной влаги, уплотнения и затаривания массы в гибкий двухслойный армированный контейнер. На рисунке 2 схематично изображено устройство для прессования корма.

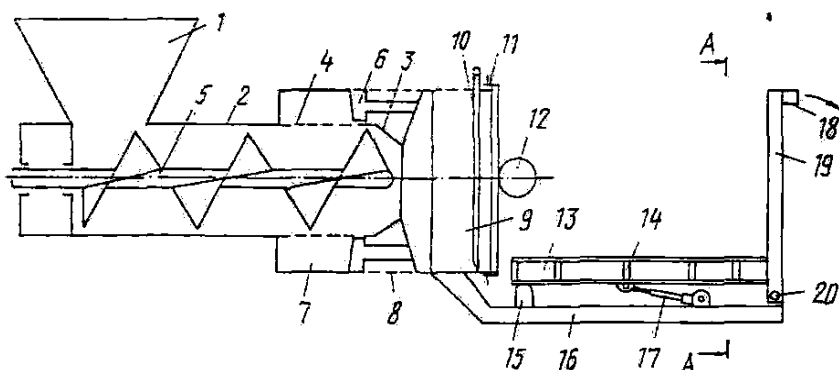


Рис. 2 Устройство для прессования корма в гибкие контейнеры

Устройство для перемещения корма содержит загрузочную горловину 1, переходящую в зерный цилиндр 2, имеющий в месте выхода массы конусное сужение 3, отверстия для выхода сока 4 и шнек 5. К корпусу в месте конусного сужения крепится направляющая 6 подвижного перфорированного цилиндра 7 с отверстиями 8. В подвижном перфорированном цилиндре имеется камера переменного объема 9 (камера уплотнения), заслонка 10, расположенная перпендикулярно оси шнека. К корпусу перфорированного цилиндра 7 фиксатором 11 крепится сменный контейнер 12 для затарки жома и рама 16 механизма поддержки и подъема заполненного контейнера с упругим элементом 15. Желоб 13 усиливается ребрами жесткости 14 и неподвижно соединяется с упорной плитой 19. Упорная плита 19 с выступом 18 через шарнир 20 связывается с рамой 16. Причем перемещение желоба 13 с упорной плитой 19 осуществляется подвижным гидроцилиндром 17.

Устройство работает следующим образом. Поступающая в загрузочную горловину 1 измельченная растительная масса захватывается шнеком 5 и, уплотняясь за счет конусного сужения 3, перемещается в камеру переменного объема.

Под действием возникающего давления из зеленой массы выделяется сок, который отводится через отверстия 4. Заслонка 10 в этом случае закрыта, и подвижный перфорированный цилиндр 7 по мере поступления уплотненной массы отодвигается за счет ее давления в крайнее правое положение. Когда подвижный цилиндр 7 достигает крайнего правого положения, т.е. когда камера переменного объема 9 будет заполнена массой, механизм управления работой пресса откроет заслонку 10 и одновременно обеспечит перемещение подвижного цилиндра 7 в крайнее левое положение. В этом случае прессованная масса заполняет сменный контейнер 12, и он перемещается по желобу 13 до упорной плиты 19. В крайнем левом положении подвижного цилиндра 7 механизм управления опускает заслонку 10, отделяя затаренную массу в контейнер 12 от непрерывно движущегося материала.

Заполненный контейнер снимается с фиксатора 11 и заменяется пустым. В дальнейшем цикл повторяется. Упругий элемент 15 регулирует по высоте расположение желоба 13 и предотвращает ударное воздействие на шток гидроцилиндра 17 от воздействия массы контейнера. Гидроцилиндром 17 контейнер с желобом 13 и упорной плитой 19 поднимается в вертикальное положение относительно шарниров 20 до упора выступа 18 в горизонтальную плоскость. Заполненный контейнер, размещенный на упорной плите 19, герметизируется, погружается и транспортируется известным способом.

Следовательно, при работе устройства для прессования корма достигается увеличение производительности процесса за счет соблюдения четкого ритма операций и снижения затрат труда при работе с поврежденными при затарке контейнерами. Повышение качества жома при хранении достигается из-за быстрой герметизации контейнеров, отсутствия в них порывов и трещин.

На шнековый пресс получен патент № 2188535 от 10.09.2002 г.

Использование предлагаемых технологий и технических средств позволит уменьшить зависимость хозяйств от погодных условий, увеличить производительность оборудования, получить корм, соответствующий зоотехническим требованиям.

## Литература

1. А.С. СССР № 1028308, кл. А 23, К 1/20, 1983.
2. Долгов И.А. и др. Протеиновые концентраты из зеленых растений. – М.: Колос, 1978.
3. А.С. СССР №899035, кл. А23 К1/14, 1982.
4. Антонов Н.М., Смирнов В.Л. К обоснованию способа заготовки витаминных кормов с влажным фракционированием адсорбирующими добавками // Пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства Восточной Сибири: Тез. докл. 3-й зон. науч.-произв. конф. мол. уч. и спец. – Красноярск, 1987. – С. 78-79.



УДК 519.2:658.588(571.5)

В.А. Ушанов, Э.Г. Шрайнер

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ПРИНЦИПОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ ТОР МАШИН И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ АПК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Прежде чем приступить к оптимизации, необходимо обосновать номенклатуру параметров, использование которых в качестве управляющих оказывает влияние на ее результаты и обеспечивает анализ вариантов системы ТОР как альтернативных способов восстановления работоспособности машин.

В результате предварительного анализа к таким параметрам отнесены следующие\*:

$R_H^{(1)}$  - параметр технического состояния машины, управляющий соотношением между полнокомплектным ремонтом и ремонтом отдельных агрегатов;

$R_H^{(2)}$  - параметр технического состояния машины, управляющий соотношением между новыми и капитально отремонтированными агрегатами, используемыми при её текущем ремонте;

$\tau_r$  и  $\alpha$  - параметры, управляющие попутным обслуживанием элементов машины с целью обеспечения заданной вероятности ( $\alpha$ ) безотказной работы машины в заданный период полевых работ ( $\tau_r$ );

$q$  - степень восстановления технического ресурса при капитальном ремонте;

$\gamma_i$  - весовой коэффициент  $i^{\text{го}}$  элемента;

$\Delta T_p$  - параметр, характеризующий периодичность профилактического контроля технического состояния машины.

Вовлечение в процесс исследования какого-либо из этих параметров (или одновременное их использование) означает изменение содержания варианта системы ТОР по составу производимых ремонтно-обслуживающих работ.

**Оптимизация параметра, управляющего соотношением между ремонтом машины в целом и ремонтом ее отдельных агрегатов (параметр  $R_H^{(1)}$ ).** Техничко-экономической основой оптимизации параметра  $R_H^{(1)}$  является противоречие, которое возникает в процессе его использования в качестве управляющего названными видами ремонтно-обслуживающих работ. Исследования показали, что, принимая то или иное количественное значение  $R_H^{(1)}$ , можно изменять соотношение между ремонтом машины ( $n_m$ ) и ремонтом отдельных ее агрегатов ( $n_a^{xp}$ ) и таким путем управлять техническим состоянием машин. Увеличение количества высококачественных  $n_m$  способствует более надежной работе машины в межремонтный период. Однако это сопряжено с увеличением затрат, связанных с недоиспользованием технического ресурса отдельных элементов машин. При увеличении же доли индивидуального ремонта элементов достигается наиболее полная реализация их технического ресурса. Но это приводит к увеличению общего количества технических отказов и повышению потерь от простоев, связанных с их ликвидацией.

Возникающие противоречия разрешаются путем оптимизации количественного значения управляющего параметра  $R_H^{(1)}$ .

Установлено, что на результаты оптимизации существенное влияние оказывают условия использования машин. Они характеризуются такими показателями, как параметры распределения наработки до ресурсного отказа элементов машин ( $R_m, V$ ), степень восстановления технического ресурса при капитальном ремонте ( $q$ ) и стои-

---

\* Более подробно об этом см.: Ушанов В.А. Автоматизированные методы оптимизации в задачах по эксплуатации машин. – Красноярск: Журналист, 1996. – 200 с.