

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{тр1}} + N_{\text{тр2}} + N_{\text{тр3}},$$

или, подставив соответствующие значения, получим:

$$N = \frac{\alpha_w^0}{360^\circ} \cdot \rho \cdot g \cdot f \cdot \frac{S_w \cdot \omega_w}{30} (\cos^2 \alpha_w - f \sin \alpha_w \cos \alpha_w) [\pi R_w h_w L_w + 0,785(D_w - d_b) S_w K_v] + \\ + (W_s - W_w) \cdot \rho \cdot g \cdot f \cdot \sqrt{\left(\frac{S_w \omega_w}{60}\right)^2 (1+f) [\cos^2 \alpha_w^2 + (\sin \alpha_w - \cos \alpha_w)^2]}. \quad (18)$$

Анализ формулы (18) показывает, что мощность на привод шнековых рабочих органов зависит от физико-механических свойств кормов и геометрических параметров бункера, установленных в шнеков, а также от их расположения в бункере.

УДК631.363.7

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ НА ФУРПАЖНЫЕ ЦЕЛИ ЗЕРНА ВЛАЖНОСТЬЮ ДО 40% И СРЕДСТВА ЕЁ МЕХАНИЗАЦИИ

Китун А.В. (БГАТУ)

В статье приведено обоснование выбора технологии измельчения на фуражные цели влажного зерна и средства её механизации.

Введение

В республике ежегодно на фуражные цели убирается свыше 4 миллионов тонн зерна. Работы по сбору урожая начинаются при влажности зерна 25–40% [1]. Для приведения его в стойкое для хранения состояние в хозяйствах используются две технологии.

Одна из них предусматривает сушку влажного зерна и закладку его на хранение в специализированные помещения, где необходимо поддерживать режим влажности воздуха. Скармливают такие корма в измельченном виде используя для этой цели дробилки. Сушка влажного зерна и последующая подготовка его к скармливанию характеризуется высокими капитальными вложениями, значительными энерго- и трудозатратами.

В последние годы получает распространение технология консервирования плющеного зерна на ранних стадиях спелости. Данная технология позволяет проводить уборку зерновых культур в начале восковой спелости зерна при влажности до 40%. Зерно в этом случае не высушивается, а закладывается на хранение сразу после плющения. Использование данного метода позволяет начать уборку зерновых культур на 2–3 недели раньше обычных сроков и исключить затраты энергии на высушивание зерна.

Для плющения зерна используются плющилки, где в качестве рабочих органов используются вращающиеся навстречу друг другу вальцы. В процессе работы зерна поступают в зазор между смежными вальцами. Действием рабочих поверхностей вальцов происходит раздавливание зерна. Перед закладкой зерна на хранение с целью лучшей консервации в массу вводится консервант. Для сохранности зерна в период хранения консервант необходимо распределять как можно равномернее, с соблюдением дозировки и тщательного перемешивания. Необходимость высокой равномерности распределения консерванта обусловлена тем, что необработанное зерно не только плесневеет само, но и становится причиной порчи обработанного соседнего. Смешивание зерна и консерванта производится дополнительно устанавливаемым за плющилкой смесителем.

При закладке плющеного зерна на хранение его прессуют. Данная технологическая операция выполняется с целью удаления воздуха с корма. Наличие воздуха в монолите корма вызывает окислительные процессы, значительно снижающие качество продукта кормления животных. Энергоемкость процесса прессования зависит от размеров плющеного зерна. С увеличением размеров зерна затраты энергии на его уплотнение возрастают.

При явных преимуществах рассмотренной технологии заготовки зерна на корм животным на ранних стадиях его спелости технология плющения имеет недостатки.

Как было указано, рабочие органы плющилки предназначены только для выполнения одной технологической операции - раздавливания зерна. Узкая специализация машины ограничивает продолжительность её эксплуатации в хозяйстве. Практически, значительный промежуток времени плющилка простаивает ввиду отсутствия области применения. В данном случае окупаемость машины возрастает, что увеличивает себестоимость животноводческой продукции.

Присутствие смесителя зерна с консервантом дополнительно увеличивает энергоёмкость и металлоёмкость процесса.

Процесс плющения предусматривает разрушение влажного зерна методом раздавливания (для злаковых культур толщина плющеного зерна должна быть не более 1,1–1,8 мм). Так как воздействию вальцов подвергается влажное зерно, то при наличии влаги происходит его частичное восстановление. В данном случае, при закладке массы на хранение возникает необходимость в длительном воздействии на монолит уплотняющей машины, что увеличивает затраты энергии на выполняемый технологический процесс.

Чтобы исключить указанные недостатки при заготовке на хранение фуражного зерна влажностью до 40% предлагается принципиально новая технология, в соответствии с которой влажное зерно необходимо измельчать. В данном случае нарушается не только целостность зерна, но и уменьшаются его геометрические размеры. При измельчении зерна исключены потери питательных веществ. Разделение зерна на части исключает восстановление прежней формы, а, следовательно, при закладке на хранение снижается энергоёмкость процесса уплотнения корма.

Значительно снизить энергоёмкость процесса заготовки влажного зерна на фуражные цели можно, объединив в одной машине две технологические операции – измельчение корма и смешивание его с консервантом. Для механизации предлагаемой технологии измельчения влажного зерна наиболее эффективно использовать измельчитель-смеситель кормов.

Основная часть

С точки зрения снижения затрат энергии и металлоёмкости оборудования для измельчения зерна влажностью до 40% представляет интерес применение измельчителя кормов способного выполнять и функции измельчителя-смесителя. Такая машина позволит упростить технологическую схему подготовки кормов к скармливанию. В этом случае в одной машине будут выполняться несколько технологических операций:

- по измельчению зерна влажностью до 40%, корнеклубнеплодов и грубых кормов (при необходимости);
- и смешиванию кормовых компонентов и консервантов.

При изучении вопроса о сокращении числа машин в технологических линиях путем использования измельчителя-смесителя кормов была выдвинута гипотеза о создании данного измельчителя зерна влажностью до 40% на базе ИСК-3.

В измельчителе-смесителе ИСК-3 на роторе поярусно установлены плоские рабочие органы. По конструктивному исполнению они способны измельчать и зерновые корма. Для измельчения же зерна в рабочей камере достаточно установить решето и деку. При выполнении этой технической операции необходимо удалить за пределы рабочей камеры противорезающие элементы. Так как они закреплены шарнирно, то данная работа выполняется за короткий промежуток времени практически несложно. Закрепить деку и решето внутри рабочей камеры можно болтовыми соединениями. При переходе от зерновых кормов к грубым или сочным достаточно извлечь решето и деку, вернуть в рабочую камеру противорезающие элементы.

Важным показателем, характеризующим измельчитель кормов, является его производительность. Для определения этого параметра решето анализируем рабочий процесс,

протекающий в камере измельчения.

Зерновой корм, поступаая в рабочую камеру измельчителя, подвергается воздействию вращающихся рабочих органов. При этом часть энергии затрачивается на разрушение зерна, а часть – на преодоление сил трения частиц по поверхности решета и рабочей камеры. В результате частицы начинают перемещаться по плоскости решета. Если на пути встречается отверстие, в раствор которого частица вписывается, то она перемещается по каналу в сторону выгрузки.

Таким образом, пропускная способность решета зависит от высоты перемещаемого по его плоскости слоя продукта, т.е.:

$$Q_{p1} = s_c c_{\text{ч}} h_{\text{слоя}} \omega_p, \quad (1)$$

где s_c – площадь сепарирующей поверхности, м^2 ;

$\rho_{\text{ч}}$ – плотность измельчаемого продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$h_{\text{слоя}}$ – высота перемещаемого по плоскости решета слоя продукта, м ;

ω_p – частота вращения ротора измельчителя, с^{-1} .

Особое значение в пропускной способности решет имеет интенсивность прохода измельченного продукта через отверстия в сите. В этом случае пропускную способность можно определить по формуле

$$Q_{p2} = s_c c_{\text{ч}} V_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{пр}}$ – скорость прохождения измельченного продукта через отверстия в решетке, $\text{м}/\text{с}$.

Тогда формула для определения пропускной способности решета будет иметь вид:

$$Q_p = S_c c_{\text{ч}} (V_{\text{пр}} + h_{\text{сл}} \omega_p). \quad (3)$$

Из схемы скоростей просеиваемого продукта через отверстия в решетке (рис. 1) видно, что частицы перемещаются в зарешетное пространство в направлении вектора абсолютной скорости, т.е. $V_{\text{пр}} = V_{\text{а}}$.

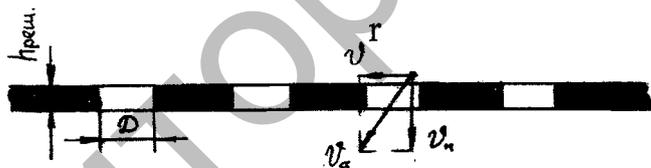


Рисунок 1 - Схема для определения пропускной способности решета.

Сходя с ножа, частицы приобретают абсолютную скорость, являющуюся результатом геометрического сложения окружной скорости $v_{\text{окр}}$ и скорости движения вдоль ножа $v_{\text{отн}}$:

$$V_{\text{абс}} = \sqrt{V_{\text{окр}}^2 + V_{\text{отн}}^2}. \quad (4)$$

На частицу кормосмеси, перемещаемую лопастью, действуют следующие силы:

– сила тяжести

$$G = m_{\text{к}} \cdot g, \quad (5)$$

где $m_{\text{к}}$ – масса частицы, кг ;

– сила трения частицы о поверхность решета, возникающая от силы тяжести:

$$F_{\text{т}} = G = f m_{\text{к}} g, \quad (6)$$

где f – коэффициент трения;

– центробежная сила:

$$F_{\text{ц}} = m_{\text{к}} \omega_n^2 l_{\text{ч}}, \quad (7)$$

где ω_n – частота вращения ножа, с^{-1} ;

$l_{\text{ч}}$ – расстояние от оси вала ножа до частицы, м ;

– Кариолисова сила:

$$F_{\text{кор}} = 2m_k \omega_n \frac{dl_q}{dt}, \quad (8)$$

где $\frac{dl_q}{dt}$ – скорость движения частицы зернофуража относительно ножа, м/с;

– сила трения частицы по плоскости решета, возникающая от силы Кориолиса и силы тяжести:

$$F_{\text{тр}}^k = f (2m_k \omega_n \frac{dl_q}{dt} + m_k g). \quad (9)$$

Тогда можно записать дифференциальное уравнение движения частицы относительно ножа в следующем виде:

$$m_k \frac{d^2 l_q}{dt^2} - m_k \omega_n^2 l_q + 2f m_k \omega_n \frac{dl_q}{dt} = -f m_k g. \quad (10)$$

Полученное уравнение является линейно-неоднородным 2-го порядка, общее решение его складывается из общего решения линейного однородного уравнения:

$$\frac{d^2 l_q}{dt^2} - \omega_n^2 l_q + 2f \omega_n \frac{dl_q}{dt} = 0. \quad (11)$$

Решая уравнение (11), получим:

$$l_q = c_1 e^{(f\omega_n + \omega_n \sqrt{f^2 + 1})t} + c_2 e^{(f\omega_n - \omega_n \sqrt{f^2 + 1})t}. \quad (12)$$

Находим частное решение неоднородного уравнения (12). При $l_q = c$ имеем $\frac{d^2 l_q}{dt^2} = 0$ и $\frac{dl_q}{dt} = 0$. Тогда уравнение (12) будет иметь вид $0 + 0 - \omega_n^2 c = -fg$, откуда $c = -\frac{fg}{\omega_n^2}$. Искомое общее решение уравнения будет иметь вид:

$$l_q = l_{q1} + l_{q2} = c_1 e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} + c_2 e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} + \frac{fg}{\omega_n^2}. \quad (13)$$

При начальных условиях $t=0, l_q=0, \frac{dl_q}{dt}=0$ получим:

$$\begin{cases} l_{q0} = c_1 + c_2 + \frac{fg}{\omega_n^2} = 0. \\ l_{q0} = c_1 \omega_n (f + \sqrt{f^2 + 1}) + c_2 \omega_n (f - \sqrt{f^2 + 1}) = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Решим систему уравнений относительно c_1 и c_2 :

$$\begin{cases} c_1 = \frac{fg}{\omega_n^2} \left(\frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}} - 1 \right) \\ c_2 = \frac{(f + \sqrt{f^2 + 1}) \left(-\frac{fg}{\omega_n^2} \right)}{2\omega_n^2 \sqrt{f^2 + 1}} \end{cases} \quad (15)$$

При известных значениях коэффициентов c_1 и c_2 решение уравнения (13) будет иметь вид:

$$l_q = \left(-\frac{fg}{\omega_n^2}\right) \left[\left(1 - \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}}\right) e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} + \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}} e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} - 1 \right]. \quad (16)$$

Тогда относительную скорость движения частиц по плоскости решета можно определить из выражения:

$$v_{отн} = -\frac{fg}{\omega_n} \cos \alpha_b \left[\left(1 - \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}}\right) (f + \sqrt{f^2 + 1}) e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} - \frac{1}{2\sqrt{f^2 + 1}} e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} \right]. \quad (17)$$

Окружная скорость частицы равна:

$$v_{окр} = \left(-\frac{fg}{\omega_n}\right) \left[\left(1 - \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}}\right) e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} + \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}} e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} - 1 \right]. \quad (18)$$

При известных значениях относительной и окружной скоростей перемещения частицы определим абсолютную скорость:

$$v_{абс}^2 = \left[\left(1 - \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}}\right) (f + \sqrt{f^2 + 1}) e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} - \frac{1}{2\sqrt{f^2 + 1}} e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} \right]^2 + \left[\left(1 - \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}}\right) e^{\omega_n t (f + \sqrt{f^2 + 1})} + \frac{f + \sqrt{f^2 + 1}}{2\sqrt{f^2 + 1}} e^{\omega_n t (f - \sqrt{f^2 + 1})} - 1 \right]^2 \cdot \left(\frac{fg}{\omega_n}\right)^2. \quad (19)$$

Подставив в формулу (1) значения соответствующих составляющих, получим формулу для определения пропускной способности решета. Пропускная способность решета в установленном режиме работы измельчителя зависит от ряда факторов. Так, с положительным увеличением отношения геометрических размеров рабочей камеры и ротора измельчителя производительность будет возрастать. Данный вывод подтверждается и рядом исследований [2–4]. Следовательно, в измельчителе с вертикально установленной рабочей камерой ее периметр должен быть максимально перекрыт решетом.

При максимально возможной площади решета площадь его живого сечения зависит от диаметра отверстий и их числа, приходящегося на единицу поверхности. С целью увеличения пропускной способности следует выбирать наибольший диаметр отверстия. Увеличение диаметра отверстий снижает и затраты энергии на выполняемый процесс. Однако увеличение этого параметра решета влечет за собой рост крупности измельчаемого материала, что при определенных условиях лишает смысла эксплуатацию измельчителя. Диаметр отверстий в решете следует выбирать в зависимости от требований к конечному продукту. Максимальное их число в единице площади определяется конструктивно с учетом прочности решета.

Заключение

Проведенный анализ позволил проанализировать известные виды ситовой поверхности и выбрать оптимальный вариант для создаваемого модуля к измельчителю-смесителю ИСК-3. Установлено, что для вывода измельченного продукта из рабочей зоны ножей применяют решета с круглыми отверстиями. На основании приведенных данных было принято решение в поисковых экспериментах использовать решета с круглыми отверстиями.

Литература

1. Рекомендации по заготовке и использованию плющеного зерна повышенной влажности. – Национальная академия наук Беларуси, – РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по животноводству». – РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Жодино, 2007. – 15с.
2. Тарасенко А.М., Спорихин В.В. Влияние площади сита на работу молотковой дробилки при центральном и радиальном способах загрузки // Улучшение эксплуатации машинно-тракторного парка, совершенствование конструкции и ремонт сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. Воронежского СХИ. Т. 62. – 1974. – С. 127-130.
3. Гришин М.Е., Рошин П.М. Влияние параметров решет дробилки на показатели процесса измельчения// Механизация сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. Т. 149. – 1970. – С. 131–134.
4. Зеленев А.А. О работе решета молотковой дробилки // Сельхозмашины. – 1953. – №4. – С. 15–19.

УДК 621.577

ТЕХНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СТАБИЛЬНОСТИ РЕЖИМОВ ДОЕНИЯ КОРОВ

Колончук М.В. (БГАТУ)

В статье рассматриваются вопросы технико-экономической целесообразности совершенствования комплектующих узлов доильных установок – вакуумных насосов, молочно-вакуумных систем и доильных аппаратов. Рассмотрены перспективы их модернизации в условиях эксплуатации.

Введение

Обеспечение стабильности вакуумных режимов доения коров является актуальной проблемой в молочном животноводстве. Практика эксплуатации доильных установок выявила тесную связь типов доильных установок и стабильности режимов доения коров, надоев и качества молока. Например, автоматизированные установки с доением на площадках производительнее доильных установок с переносными аппаратами, а последние, в свою очередь, эффективнее доения в ведра. Однако внедрение прогрессивных технологий доения коров сопряжено с дополнительными капитальными вложениями. Поэтому, в первую очередь, следует применять способы и средства, при помощи которых достигаются наибольший технологический и экономический эффекты. Эта проблема в молочном животноводстве рационально решается при определении обоснованных критериев первоочередности и технико-экономической целесообразности модернизации комплектующих узлов доильных установок вакуумных насосов, молочно-вакуумных систем и доильных аппаратов. Цель работы – исследование эффективности модернизации комплектующих систем доильных установок.

Основная часть

Основными номинальными параметрами вакуумного режима доильной установки, обеспечивающими его стабильную работу, являются величина и перепад вакуумметрического давления в молочной и вакуумной линиях, продолжительность и амплитуда колебаний вакуума, частота пульсаций пульсаторов и соотношение их тактов. Основным параметром работы пульсатора является частота пульсаций. Временная диаграмма пульсаций определяется показателями (рис. 1), характеризующими четыре фазы. Стабильность вакуумного режима определяется амплитудой и продолжительностью колебания давления в системе. Произведение этих величин, измеренное в молочной трубке, должно быть менее 20 $\text{кПа} \cdot \text{с}$ для переносного аппарата. Эта же характеристика для доильного ведра должна быть менее 40 $\text{кПа} \cdot \text{с}$.