

Смеситель-раздатчик прошел приемочные испытания. Опытный образец машины демонстрировался на «Белагро-2007». Завод изготовитель – «Бобруй-скагромаш».

Выводы

1. При скармливании плющеного зерна в составе кормосмеси целесообразно использовать смеситель-раздатчик кормов СРК-10.

2. Новый смеситель-раздатчик кормов позволяет с достаточно высокой точностью дозировать выдавать плющенное зерно при низком расходе жидкого топлива.

3. Смеситель-раздатчик кормов СРК-10 позволяет в процессе раздачи менять количество выдаваемого плющеного зерна в зависимости от продуктивности по группам животных.

Библиография

1. Способ приготовления и раздачи кормов КРС: пат. № 183600 / В.И. Передня, В.Б. Иоффе // Бюл. № 13, 1992.
2. Китун, А.В. Методика расчета области эффективного применения мобильных смесителей кормов / А.В. Китун, В.И. Передня // Аграрная экономика. – 2006. – № 6.
3. Погрузчик-раздатчик-смеситель кормов: пат. № 3249 от 03.02.2006 / В.И. Передня, А.В. Китун, А.А. Передня.

УДК 631.223.636.83

**А.Д. Селезнев, А.И. Пунько,
В.И. Хруцкий**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛЮЩИЛОК С ДВУМЯ ВАЛЬЦОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Введение

Плющилка зерна представляет собой сложную динамическую систему, работающую в условиях изменяющихся внешних воздействий, обусловленных разнообразными факторами. В связи с этим анализ рабочего процесса плющилки должен производиться с учетом статистической природы факторов, определяющих особенности функционирования его рабочих органов при выполнении технологических операций.

В процессе плющения можно выделить несколько основных стадий: предварительно сжатие, плющение (разрушение) [1], вывод материала. Технологический процесс плющения зернофуража сводится к деформации и разрушению структуры частиц массы вальцами. Эффективность раздавливания и разрушения структуры частиц зависит в основном от приложенного к вальцам внешнего давления, сжимающего материал. Наличие трения между массой и поверхностями вальцов обеспечивает ее захватывание между вальцами. Вслед-

ствии приложенного давления и принудительного вращения валцов возникают силы трения.

Рассмотрим работу валцов при плюшении зерновых материалов. В [2] рассмотрены теоретические вопросы работы вальцевой зерноплющилки. Валец нажимает на слой зерна при помощи пружины или груза G . Эту силу раскладываем в соответствии с рисунком 101.

Под действием реактивной силы R на окружности вальца при его вращении развивается сила трения $f \cdot R$, которая должна быть равна или больше $R \cdot \operatorname{tg} \mu$. Следовательно,

$$f \geq \operatorname{tg} \mu \quad (1)$$

Тот же вывод получится, если учесть, что два вальца с одной стороны затаскивают материал по горизонтальному направлению силой $2f \cdot R \cdot \cos \mu$ в соответствии с рисунком 102.

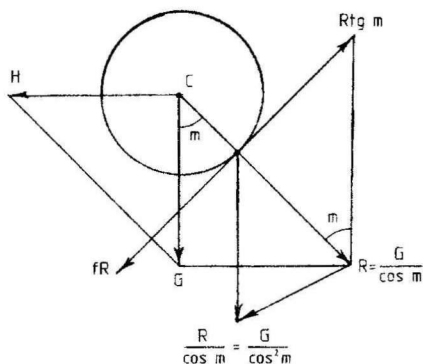


Рисунок 101 – Схема действия сил на слой зерна вальцом

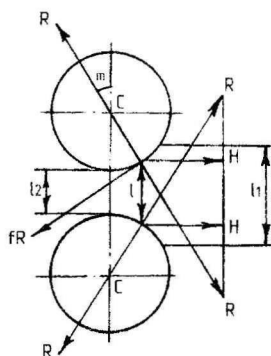


Рисунок 102 – Схема действия сил на слой зерна двумя вальцами

Если учесть, что l_1 – начальная толщина слоя, l_2 – конечная, l – промежуточная, то

$$l - l_2 = \Delta l = d(1 - \cos \mu) = d \left(1 - 1 / \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu} \right), \quad (2)$$

где d – диаметр вальцов.

Для определения движущего момента

$$M = 2f \cdot R \cdot r, \quad (3)$$

где r – радиус вальца.

По закону Гука в соответствии с рисунком 102

$$P = E \frac{\frac{l_1 - l_0}{l_1/2}}{\frac{l_1 - l_0}{l_1/2} - y}, \quad (4)$$

где E – модуль упругости, $\frac{l_0}{2} = \frac{l_2}{2} + y$.

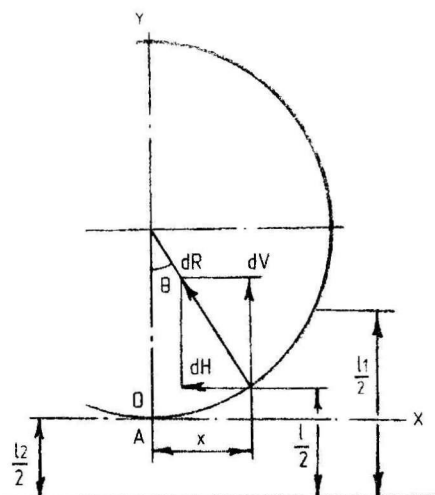


Рисунок 103 – Схема распределения усилий на зерно по закону Гука

Передаточная функция плющилки с двухвальцовыми рабочими поверхностями

Несмотря на имеющийся обширный теоретический и экспериментальный материал по математическому описанию плющильных рабочих органов, еще отсутствует математическая модель плющилок, отражающая взаимосвязь между совокупностью входных и выходных воздействий. Построение такой модели позволит оптимизировать работу плющилки по максимуму заполнения камеры плющения и наибольшей величине выходной производительности при минимуме затрат энергии на переработку материала.

Основным уравнением, характеризующим работу вальцовой плющилки, является уравнение материального баланса

$$dM_{\Sigma}/dt = Q_n(t) - Q_o(t), \quad (5)$$

где $Q_n(t)$ и $Q_o(t)$ – производительность питателя, подающего материал в камеру плющения и плющилки, кг/с,

M_{Σ} – запас зерна в камере плющения, кг.

Данное уравнение позволяет связать между собой любую пару входных и выходных координат плющилки при раскрытии функциональной зависимости между M_{Σ} , Q_n , Q_o и косвенными параметрами, зависящими от их изменения.

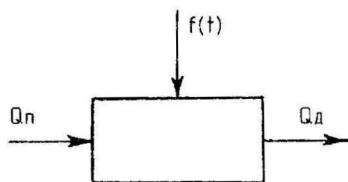


Рисунок 104 – Плющилка в виде передаточного звена

Определим структуру объекта и дадим его математическое описание с учетом включения его в систему регулирования постоянства расхода. Структурная схема плющилки как объекта регулирования представлена на рисунке 104, где под возмущающим воздействием понимается изменение прочности материала. При рассмотрении динамических процессов, проис-

ходящих в плющилке, видоизменим модель объекта, предположив, что на производительность плющилки в неустановившемся режиме влияет не полный запас материала M_{Σ} , а некоторое его эффективное значение $M_{\text{эф}} < M_{\Sigma}$, находящееся в непосредственном контакте в зоне выпадения плющенных хлопьев.

Разделив весь объем плющилки на зоны предварительного и эффективно-го плющения, получим двухъёмкостный объект с промежуточной координатой Q_{np} – производительностью в зоне предварительного плющения.

Применим к обеим зонам плющения уравнение материального баланса. Учитывая $M_{\Sigma} = M_{\text{эф}} + M_{np}$, получим

$$\begin{cases} M_{np}(p) = (T_{np}/p)[Q_n(p) - Q_{np}(p)], \\ M_{\text{эф}}(p) = (T_{\text{эф}}/p)[Q_{np}(p) - Q_o(p)]. \end{cases} \quad (6)$$

где T_{np} и $T_{\text{эф}}$ – постоянные, численно равные времени, необходимому для переработки материала в залах предварительного и эффективно-го плющения при $Q_n(t)=0$ и $Q_o(t)=const$;

M_{np} , $M_{\text{эф}}$ – запасы материала в тех же зонах.

Мощность, потребляемая на плющение N , связана с полным запасом материала в плющилке следующим соотношением:

$$(T_{\Sigma}p + 1)N(p) = K_N M_{\Sigma}(p), \quad (7)$$

где K_N – статический коэффициент усилия по мощности;

T_{Σ} – электрическая постоянная времени электропривода плющилки.

На основании вышеизложенных уравнений можно составить структурную схему плющилки, представленную на рисунке 105.

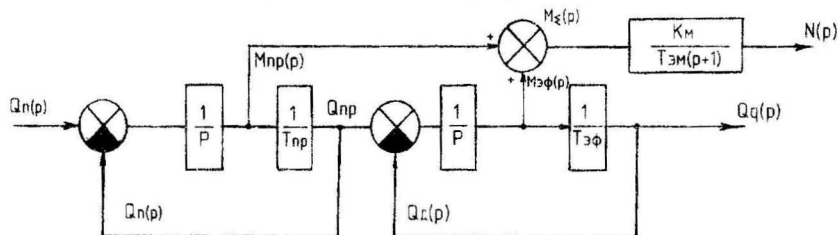


Рисунок 105 – Структурная схема плющилки без учета запаздывания

Передаточную функцию плющилки по каналу $Q_n - N$ найдем, связав координаты структурной схемы следующими передаточными функциями:

$$\begin{cases} M_{np}(p) = [T_{np}/T_{np}(p) + 1]Q_n(p), \\ M_{\text{эф}}(p) = [T_{\text{эф}}/T_{\text{эф}}(p) + 1]Q_n(p). \end{cases} \quad (8)$$

Так как

$$\begin{aligned} Q_{np}(p) &= [1/(T_{np}p + 1)]Q_n(p), \quad M_{\Sigma}(p) = M_{np}(p) + M_{\text{эф}}(p), \quad N_p = \\ &= [K_N(T_{\Sigma}p + 1)]M_{\Sigma}(p), \end{aligned}$$

то

$$W_N(p) = N(p) / Q_n(p) = [K_N(T_{\text{эф}} + T_{np}) \times \{ [T_{\text{эф}} T_{np} / (T_{\text{эф}} + T_{np})] p + I \} / (T_{\text{эф}} p + I) (T_{np} p + I) (T_{\text{эм}} p + I)] \quad (9)$$

Поскольку $h(p) = K_n M_{\Sigma}(p)$, то передаточная функция плющилки по каналу $h - Q_n$

$$W_h(p) = [K_h / (T_{\text{эф}} + T_{np})] \{ [T_{\text{эф}} T_{np} / (T_{\text{эф}} + T_{np}) \times p + I \} / [T_{np} p + I] (T_{\text{эф}} p + I)]. \quad (10)$$

Передаточную функцию плющилки по каналу $Q_o - Q_n$ определим из соотношений

$$\begin{cases} Q_{np}(p) = [1/T_{np}(p) + 1] Q_n(p) \\ Q_o(p) = [1/T_{\text{эф}}(p) + 1] Q_{np}(p) \end{cases} \quad (11)$$

Отсюда

$$W_Q(p) = Q_o(p) / Q_n(p) = 1 / [(T_{\text{эф}} p + I) (T_{np} p + I)]. \quad (12)$$

Передаточную функцию плющилки по каналу $Q_o - N$ получим, разделив $W(p)$ на

$$W_Q - N(p) = N(p) / Q_o(p) = K_N (T_{\text{эф}} + T_{np}) \times \{ [T_{\text{эф}} T_{np} / (T_{\text{эф}} + T_{np})] p + I \} / (T_{\text{эм}} p + I). \quad (13)$$

Передаточные функции плющилки были найдены без учета звеньев чистого запаздывания на входе и выходе объекта. Физическая природа этих запаздываний связана с временем τ – свободного падения зерна с питателя в камеру плющения и временем τ_2 – свободного падения плющеного зерна на выгрузной механизм.

Структурная схема плющилки с учетом звеньев чистого запаздывания приведена на рисунке 106. По аналогии с предыдущими выкладками получим передаточные функции вальцовой плющилки по каналам $N - Q_o$ и $Q_o - Q_n$.

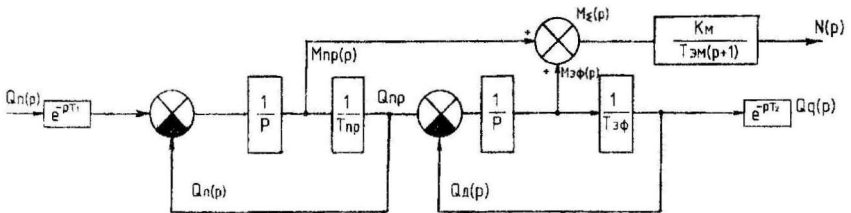


Рисунок 106 – Структурная схема плющилки с учетом запаздывания

$$\left. \begin{aligned} W_Q - N(p) &= N(p) / Q_o(p) = K_N / (T_{\text{эф}} + T_{np}) \times \\ &\quad \times \{ [T_{\text{эф}} T_{np} / (T_{\text{эф}} + T_{np})] p + I \} / (T_{\text{эф}} p + I) \} e^{p\tau_2}, \\ W_Q(p) &= Q_o(p) / Q_n(p) = e^{-p(\tau_1 + \tau_2)} / [(T_{\text{эф}} p + I) (T_{np} p + I)]. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Плющение зерна рифлеными поверхностями

Механические свойства зерна зависят от его влажности [3]. При влажности более 18 % оно приобретает упруго-пластические свойства. Рассматривая

площение зерна рифлеными поверхностями как внедрение клиньев в упруго-пластичное тело, суммарную силу сжатия на единицу длины клина можно определить по формуле

$$P = \frac{l}{t} E \frac{h_{сж}^2}{h} (tg\beta + f \sin^2 \beta + f\mu \cos^2 \beta), \quad (15)$$

где l – длина зерна;

t – шаг рифли;

E – модуль упругости;

$h_{сж}$ – величина сжатия зерна;

h – толщина зерна;

β – половина угла заострения рифли;

f – коэффициент трения,

μ – коэффициент Пуассона.

Качество площения улучшается при площении зерна со сдвигом. Это достигается, когда площильные валки вращаются с различной окружной скоростью. В этом случае силы деформации, сжимающие зерно идвигающие его частицы

$$P_{сж} = \frac{l}{tK_e} E \frac{h_{сж}^2}{2h} \left\{ tq\beta + K_{сов} \frac{1}{2} \sin 2\beta + f \left[\sin^2 \beta + (\mu + K_{сов}) \cos^2 \beta \right] \cos^2 \beta \right\} \quad (16)$$

$$P_{сов} = \frac{l}{t} E \frac{h_{сж}^2}{2h} \left\{ \mu + K_{сов} + f \left[tq\beta \sin^2 \beta + (\mu + K_{сов}) \frac{1}{2} \sin 2\beta \right] \right\}, \quad (17)$$

где K_e , $K_{сов}$ – коэффициенты, учитывающие удлинение зерна при сдвиге и величину сдвига зерна по отношению к его сжатию.

Выводы

Анализ теоретических и экспериментальных исследований в области статического и динамического сжатия зерна валками позволяет сделать следующие выводы:

1. Несмотря на многочисленные исследования, не раскрыты вопросы влияния параметров рабочих поверхностей (гладкая, рифленая) на процесс деформации зерна при статическом и динамическом сжатии.

2. Большинство работ, посвященных теоретическому и экспериментальному изучению работы валков, мало затрагивали вопрос о том, как изменяются распорные усилия, действующие в рабочей зоне валков в зависимости от окружной скорости валков и их диаметра, что весьма важно при конструировании зерноплющилок.

3. Проведенный анализ позволил выявить недостаточно исследованные стороны технологического процесса площения и на основании проведенного анализа провести теоретические исследования технологического процесса площения зерна и зерновой массы.

Библиография

1. Горячкин, В.П. Работа вальцов соломорезки: в 3 т / В.П. Горячкин. – Т. 3. – М.: Колос, 1965.
2. Марсов, В.Н. Автоматическое управление технологическими процессами на предприятиях строительной индустрии / В.Н. Марсов. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1975. – 287 с.
3. Ромалибокый, В.С. Плюшение зерна рифлеными поверхностями / В.С. Ромалибокый // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1977. – № 10.

УДК [(631.363:636.085.55):504.064.33]

**А.Д. Селезнев, А.Ф. Шведко,
В.И. Хруцкий**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Одним из наиболее рациональных способов достижения полноценного питания животных является увеличение объемов производства и ассортимента комбикормов, повышение их качества. По данным РУП «Институт животноводства НАН Беларуси» на производство 1 кг говядины необходимо затратить 6,4 кг зерновой дерги без обогащения или 4,3 кг комбикорма, имеющего в своем составе 15 % белково-витаминно-минеральных добавок [1]. Очевидны огромные дополнительные затраты при скармливании концентрированных кормов без обогащения. Только по этой причине хозяйства республики теряли в год 120 тыс. тонн животноводческой продукции в переводе на мясо и 0,8...1 млн тонн кормов в переводе на зерно. Вызвано это слабым обеспечением хозяйств технологиями, цехами, машинами и оборудованием для приготовления комбикормов и различных кормовых добавок.

В соответствии с прогнозом для обеспечения полной потребности животноводства республики в концентрированных кормах и рационального использования зерна, выделяемого на кормовые цели, необходимо к 2010 году производить 7391,4 тыс. тонн комбикормов в год, из них 2,5–2,7 млн тонн комбикормов для крупных животноводческих комплексов и птицефабрик будут вырабатываться на государственных комбикормовых заводах. Остальные комбикорма, а это 4,6–4,8 млн тонн, будут приготавливаться непосредственно в хозяйствах. Опыт многих из них (СПК «Снов» Несвижского района, СКП «Остромечево» Брестского района, фермерское хозяйство «Парфианович» Минского района) показывает, что можно производить комбикорма на местах с высоким качеством, имея для этого соответствующее оборудование и необходимые белково-витаминно-минеральные добавки.

Приближение производства комбикормов и кормовых добавок к источникам сырья и местам потребления позволяет более полно и рационально использовать сырье самих хозяйств (зернобобовые и масличные культуры, травяная и