

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ЧАСТИЦЫ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ВО ВСТРЕЧНЫЙ ПОТОК СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ

Введение

Снизить себестоимость скармливания кормов в виде сбалансированной по питательности кормосмеси можно путем внедрения на животноводческих фермах новой малозатратной механизированной технологии, которая позволяет исключить ряд энергоемких специальных операций и машин для их выполнения [1, 2, 3, 4].

Для реализации этой технологии разработан двухбункерный мобильный смеситель-раздатчик кормов. Данная машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоемких смешивающих рабочих устройств. Кормосмесь формируется за счет использования различных физико-механических свойств пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер мобильного кормораздатчика.

Основная часть

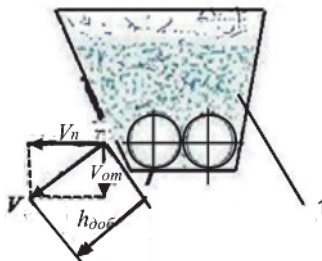
Важным параметром, характеризующим качество кормосмеси, является дальность полета частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки $h_{\text{ооб}}$ (рисунок 1). Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно, разложив ее на две независимых – равномерное прямолинейное движение V_n и свободное падение с относительной скоростью $V_{\text{ом}}$. Тогда абсолютную скорость движения частиц стебельчатых кормов можно определить по формуле:

$$V_c^2 = V_n^2 + V_{\text{ом}}^2. \quad (1)$$

В формуле (1) $V_n = h_{\text{зор}} \varphi'$,

где $\varphi' = d\varphi/dt$ – угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени, c^{-1} . При поступлении через выгрузное окно смесителя-дозатора V_n равна угловой скорости шнека;

$h_{\text{зор}}$ – расстояние перемещения частицы многокомпонентной добавки, м.



1 – смеситель-дозатор многокомпонентной высокоэнергетической добавки
Рисунок 1. – Схема к расчету дальности полета частицы корма в поток выгружаемых кормов

Относительную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки определим по формуле:

$$V_{om} = dh_{вер} / dt, \quad (2)$$

где $h_{вер}$ – высота падения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м;
 t – время перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки во взвешенном состоянии, с.

Тогда абсолютную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки можно определить по формуле:

$$V_{\psi}^2 = h_{\text{зоп}}^2 \varphi'^2 + h_{\text{вер}}'^2. \quad (3)$$

Из формулы (3) определим расстояние перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в горизонтальной плоскости. Для решения уравнения (2) воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{\text{доб}}}{\partial h'_{\text{вер}}} \right) - \frac{\partial E_{\text{доб}}}{\partial h_{\text{зоп}}} = Q_h; \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{\text{доб}}}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial E_{\text{доб}}}{\partial \varphi} = Q_{\varphi}, \quad (5)$$

где Q_h, Q_{φ} – обобщенные силы, действующие на частицу многокомпонентной высокоэнергетической добавки, Н;

$E_{\text{доб}}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг·м²/с².

Преобразовав уравнения (4) и (5), получим:

$$Q_h = m_{\psi} (h''_{\text{вер}} - h_{\text{зоп}} \varphi'^2); \quad (6)$$

$$Q_{\varphi} = m_{\psi} (2 h_{\text{зоп}} h'_{\text{вер}} \dot{\varphi}), \quad (7)$$

где m_{ψ} – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг.

Работу, затрачиваемую при перемещении частицы корма на элементарном пути возможных перемещений, определим по формулам:

$$\delta T_h = Q_h \delta h_{\text{зоп}} = (m_{\psi} g - f N) \delta h_{\text{зоп}};$$

$$\delta T_{\varphi} = Q_{\varphi} \delta \varphi = (N - m_{\psi} g) h_{\text{зоп}} \delta \varphi,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

f – коэффициент трения многокомпонентной высокоэнергетической добавки по металлу.

Откуда

$$Q_h = m_{\psi} g - f N; \quad (8)$$

$$Q_{\varphi} = (N - m_{\psi} g) h_{\text{зоп}}. \quad (9)$$

Так как в уравнениях (6), (7) и (8), (9) левые части равны, то справедливо равенство:

$$\begin{aligned} m_q (h''_{\text{вер}} - h'_{\text{зор}} \varphi'^2) &= m_q g - fN; \\ 2m_q h'_{\text{зор}} h'_{\text{вер}} \varphi' &= (N - m_q g) h'_{\text{зор}}. \end{aligned}$$

Или после преобразования получим:

$$h''_{\text{вер}} - h'_{\text{зор}} \varphi'^2 = g - fN m_q^{-1}; \quad (10)$$

$$2f h'_{\text{вер}} \varphi' = fN m_q^{-1} - gf. \quad (11)$$

Из уравнения (11) выразим $fN m_q^{-1}$, полученное значение подставим в уравнение (10). После преобразования получим:

$$h''_{\text{вер}} + 2f h'_{\text{вер}} \varphi' - h'_{\text{зор}} \varphi'^2 = g(1 - f). \quad (12)$$

Так как $\varphi = \omega_{\text{ш}} t$, а $\varphi' = \omega_{\text{ш}} = \text{const}$, уравнение (12) примет вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f h'_{\text{вер}} \omega_{\text{ш}} - h'_{\text{зор}} \omega_{\text{ш}}^2 = g(1 - f), \quad (13)$$

где $\omega_{\text{ш}}$ – угловая скорость шнекового транспортера, c^{-1} .

Полученное уравнение (13) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами. Представим его как сумму частного и общего решения:

$$h_{\text{общ}} = h_{\text{част}} + h_{\text{общ}}. \quad (14)$$

Общее решение однородного уравнения примет вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f \omega_{\text{ш}} h'_{\text{вер}} - h'_{\text{зор}} \omega_{\text{ш}}^2 = 0. \quad (15)$$

Характеристическим уравнением дифференциального уравнения (15) будет

$$h_{\text{вер}}^2 + 2f \omega_{\text{ш}} h_{\text{вер}} - \omega_{\text{ш}}^2 = 0.$$

Корни уравнения

$$h_1 = \omega_{\text{ш}} \left(f + \sqrt{f^2 + 1} \right);$$

$$h_2 = \omega_{\text{ш}} \left(f - \sqrt{f^2 + 1} \right).$$

Тогда общее решение уравнения (15) выразится формулой:

$$h_{\text{общ}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t},$$

где C_1, C_2 – постоянные производные;

e – основание натурального логарифма.

Частное решение уравнения (13) имеет вид:

$$0 + 0 - \omega_{\text{ш}}^2 = g(1 - f),$$

откуда

$$C = -\frac{g(1 - f)}{\omega_{\text{ш}}^2}.$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (14) будет иметь вид:

$$h_{\text{доб}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t} - \frac{g(1-f)}{\omega_u^2}. \quad (16)$$

Из начальных условий $t = 0$, $dh/dh = 0$ и $h' = 0$ находим постоянные:

$$h_0 = C_1 + C_2 - \frac{g(1-f)}{\omega_u^2};$$

$$h^1(0) = C_1 \omega_u \left(f + \sqrt{1+f^2} \right)_1 + C_2 \omega_u \left(f - \sqrt{1+f^2} \right).$$

Решая систему относительно C_1 и C_2 , получим:

$$C_1 = \frac{g(1-f)}{\omega_u^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right);$$

$$C_2 = \frac{g(1-f)(f + \sqrt{1+f^2})}{2\omega_u^2 \sqrt{1+f^2}}.$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (16) будет иметь вид:

$$h_{\text{доб}} = \frac{g(1-f)}{\omega_u^2} \left(\left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_u t (f + \sqrt{f^2+1})} + \frac{(f + \sqrt{1+f^2})}{2\sqrt{1+f^2}} e^{\omega_u t (f - \sqrt{f^2+1})} - 1 \right). \quad (17)$$

Из формулы (17) следует, что в воздухе дальность полета частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки зависит от физико-механических свойств кормов, угловой скорости шнека и времени полета частицы корма. На основании данного уравнения получена зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека (рисунок 2).

Анализ зависимости позволил установить, что при расчетном времени полета частиц высокоэнергетических кормов (2–3 с) угловая скорость выгрузного шнека равна $\omega = 4,4 \text{ с}^{-1}$. При указанных параметрах дальность полета в слой стебельчатых кормов частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки равна 8 мм.

На основании теоретических исследований изготовлен мобильный смеситель-раздатчик кормов, применение которого снижает энер-



Рисунок 2. – Зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени полета и угловой скорости шнека

гоемкость транспортных работ до 10,1 %. Смеситель-раздатчик внедрен в производство в ОАО «Бобруйскагромаш». Новизна конструкции смесителя-раздатчика кормов и его технических элементов защищена патентами Республики Беларусь.

Выводы

Дальность полета частиц высокоэнергетических кормов зависит от угловой скорости выгрузного шнека. С увеличением данного параметра длина пути перемещения частиц высокоэнергетических кормов в слой стельчатых кормов возрастает.

15.09.2015

Литература

1. Китун, А.В. Малозатратная технология машины для приготовления и раздачи кормов: монография / А.В. Китун. – Витебск: Витебская государственная акад. вет. медицины, 2005. – 188 с.
2. Китун, А.В. Механизация процесса приготовления и раздачи кормов на скотоводческих фермах на основе многофункциональных модульных агрегатов: монография / А.В. Китун. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2009. – 207 с.
3. Китун, А.В. Энергосберегающая технология использования кормов на фермах крупного рогатого скота / А.В. Китун // Агропанорама. – 2004. – № 4. – С. 27–29.
4. Способ приготовления кормосмеси: пат. 14472 Респ. Беларусь, МПК7 С 1 А23К 1/16 / В.Г. Самосюк, В.И. Передня, А.В. Китун, А.Л. Тимошук, А.М. Тарасевич, А.А. Романович; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № а 200881547; заявл. 04.12.08; опубл. 10.03.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1. – С. 74.