

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЁТА ВЗАИМОПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ ПОТОКОВ КОРМОВ

Резюме

В статье представлены метод и оригинальное устройство обеспечивающее малозатратную, механизированную технологию подготовки нормированной раздачи кормов в виде кормосмеси животным. Кормосмесь формируется из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер мобильного кормораздатчика.

Ключевые слова: подготовка кормосмеси, кормовой поток, формирование кормосмеси, дальность полёта высокоэнергетической частицы, рабочие параметры кормораздатчика

DETERMINATION OF MOVEMENT PARAMETERS OF CROSSING FEED STREAMS WITH SIMULTANEOUS MIXING AND DOSING

Summary

The paper presents the method and construction of a device for energy-efficient preparation of mixed nutritive fodder with simultaneous dosing. The feed mix is produced by the crossing of bulky feed streams with high energy particles. Rational parameters of creating feed compound have been determined.

Key words: bulky feed preparation, feed stream, forming of feed compound, movement of high energy particles in bulky feed, work parameters of mixer wagon

OKREŚLENIE PARAMETRÓW PRZEMIESZCZENIA PRZECINAJĄCYCH SIĘ STRUMIENI PASZ Z JEDNOCZESNYM MIESZANIEM I DOZOWANIEM

Streszczenie

W publikacji przedstawiono metodę i konstrukcję urządzenia do energooszczędnego przygotowania mieszanki pasz treściwych z jednoczesnym jej dozowaniem. Mieszanka paszowa powstaje w procesie przecinania się strumieni paszy objętościowej z cząstkami wysokoenergetycznymi. Określono racjonalne parametry tworzenia mieszanki paszowej.

Słowa kluczowe: przygotowanie pasz treściwych, strumień paszy, formowanie mieszanki paszowej, przemieszczanie cząstek wysokoenergetycznych w paszy objętościowej, parametry robocze wozu paszowego

1. Введение

Снизить расход и себестоимость технологического процесса подготовки кормов к скармливанию, раздачи их животным, можно путём внедрения на животноводческих фермах новой малозатратной механизированной технологии нормированной раздачи кормов в виде кормосмеси животным, которая позволяет исключить ряд энергоёмких специальных операций и машин для их выполнения [1, 2, 3, 4, 5].

Для реализации малозатратной механизированной технологии разработан двух бункерный мобильный смеситель-раздатчик кормов. Данная машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоёмких смешивающих рабочих устройств.

2. Основная часть

В соответствии с предложенной малозатратной

механизированной технологией кормосмесь формируется из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер мобильного кормораздатчика из соответствующих бункеров (рисунок 1). Особенностью этих кормов являются различные физико-механические свойства. Рассредоточение при выгрузке из накопительного бункера силосованных стебельчатых кормов обеспечивает встречное проникновение в этот поток частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки, образуя при этом кормовую смесь.

Важным параметром, характеризующим качество кормосмеси, является определение дальности полета частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки $h_{доб}$. Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно разложив её на два независимых – равномерное прямолинейное движение V_n и свободное падение с относительной скоростью V_{om} (рисунок 1).

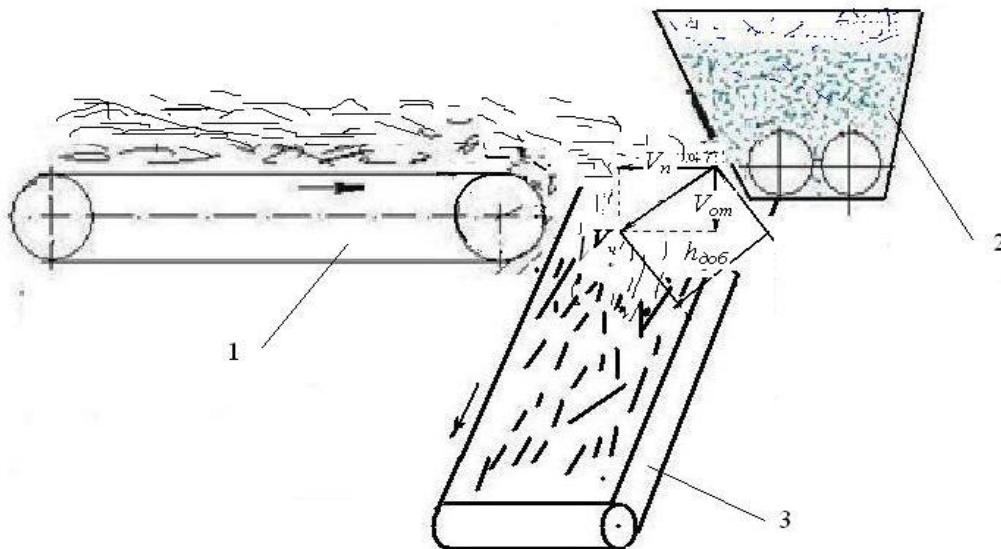


Рисунок 1. Схема к расчету дальности полёта взаимопересекающихся во взвешенном состоянии потоков кормов: 1 – транспортёр стебельчатых кормов, 2 – смеситель-дозатор многокомпонентной высокоэнергетической добавки, 3 – выгрузной транспортёр кормосмеси

Fig. 1. Scheme to determine the displacement of high energy particles in the bulky feed layer: 1 – bulky feeder, 2 – mixer/batcher, 3 – compound feeder

Rys. 1. Schemat do określenia przemieszczenia wysokoenergetycznych cząstek w warstwie paszy objętościowej: 1 – podajnik paszy objętościowej, 2 – mieszalnik-dozownik, 3 – podajnik mieszanki paszowej

Тогда абсолютную скорость движения частиц стебельчатых кормов можно определить по формуле:

$$V_{\dot{\div}}^2 = V_n^2 + V_{i\dot{\delta}}^2 \quad (1)$$

В формуле (1) $V_n = h_{\text{доп}} \dot{\phi}'$,

где $\dot{\phi}' = d\phi/dt$ – угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени; с^{-1} . При поступлении через выгрузное окно смесителя-дозатора V_n равна угловой скорости шнека; $h_{\text{доп}}$ – расстояние перемещения частицы многокомпонентной добавки, м.

Относительную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки определим по формуле

$$V_{om} = dh_{\text{вер}} / dt, \quad (2)$$

где $h_{\text{вер}}$ – высота падения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м.

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

$$V_{\dot{\div}}^2 = h_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}^2 \dot{\phi}'^2 + h_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}'^2 \quad (3)$$

Из формулы (3) определим расстояние перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в горизонтальной плоскости. Для решения уравнения (2) воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода [6]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \dot{A}_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}}{\partial h'_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}} \right) - \frac{\partial \dot{A}_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}}{\partial h_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}} = Q_h, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \dot{A}_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial \dot{A}_{\dot{\alpha}\dot{\delta}}}{\partial \dot{\phi}} = Q_{\phi}, \quad (5)$$

где Q_h, Q_{ϕ} – обобщенные силы, действующие на частицу многокомпонентной

высокоэнергетической добавки, Н;

$E_{\text{доп}}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг $\text{м}^2/\text{с}^2$.

Преобразив уравнения (4) и (5) получим:

$$Q_h = m_{\dot{\div}} (h''_{\text{вер}} - h_{\text{доп}} \dot{\phi}'^2), \quad (6)$$

$$Q_{\phi} = m_{\dot{\div}} (2 h_{\text{доп}} h'_{\text{вер}} \dot{\phi}'). \quad (7)$$

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

$$\delta T_h = Q_h \delta h_{\text{доп}} = (m_{\dot{\div}} g - f N) \delta h_{\text{доп}}, \quad (8)$$

$$\delta T_{\phi} = Q_{\phi} \delta \phi = (N - m_{\dot{\div}} g) h_{\text{доп}} \delta \phi, \quad (9)$$

где g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

f – коэффициент трения многокомпонентной высокоэнергетической добавки по металлу;

$m_{\dot{\div}}$ – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг.

Откуда:

$$Q_h = m_{\dot{\div}} g - f N, \quad (10)$$

$$Q_{\phi} = (N - m_{\dot{\div}} g) h_{\text{доп}}. \quad (11)$$

Так как в уравнениях (6), (7) и (10), (11) левые части равны, то справедливо равенство:

$$m_{\dot{\div}} (h''_{\text{вер}} - h_{\text{доп}} \dot{\phi}'^2) = m_{\dot{\div}} g - f N, \quad (12)$$

$$2 m_{\dot{\div}} h_{\text{доп}} h'_{\text{вер}} \dot{\phi}' = (N - m_{\dot{\div}} g) h_{\text{доп}}, \quad (13)$$

или после преобразования получим:

$$h_{\text{вер}}'' - h_{\text{доп}} \dot{\phi}'^2 = g - f N m_{\dot{\div}}^{-1}, \quad (14)$$

$$2 f h_{\text{вер}}' \dot{\phi}' = f N m_{\dot{\div}}^{-1} - g f. \quad (15)$$

Из уравнения (15) выразим $f N m_{\dot{\div}}^{-1}$ и полученное значение подставим в уравнение (14). После преобразования получим:

$$h_{\text{вер}}'' + 2 f h_{\text{вер}}' \dot{\phi}' - h'_{\text{доп}} \dot{\phi}'^2 = g(1 - f). \quad (16)$$

Так как $\varphi = \omega t$, а $\varphi' = \omega = const$, то уравнение (16) примет вид:

$$h_{вер}'' + 2f h_{вер}' \omega_{ш} - h_{зоп} \omega_{ш}^2 = g(1-f). \quad (17)$$

Полученное уравнение (17) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами. Представим его как сумму частного и общего решения:

$$h_{дооб} = h_{част} + h_{общ}. \quad (18)$$

Общее решение однородного уравнения примет вид:

$$h_{вер}'' + 2f \omega_{ш} h_{вер}' - h_{зоп} \omega_{ш}^2 = 0. \quad (19)$$

Характеристическим уравнением дифференциального уравнения (19) будет:

$$h_{вер}^2 + 2f \omega_{ш} h_{вер} - \omega_{ш}^2 = 0. \quad (20)$$

Корни уравнения:

$$h_1 = \omega_{\phi} \left(f + \sqrt{f^2 + 1} \right), \quad (21)$$

$$h_2 = \omega_{\phi} \left(f - \sqrt{f^2 + 1} \right). \quad (22)$$

Тогда общее решение уравнения (19) выразится формулой

$$h_{\ddot{a}a} = \tilde{N}_1 \dot{a}^{h_1 t} + \tilde{N}_2 \dot{a}^{h_2 t}, \quad (23)$$

где C_1, C_2 – постоянные производные;

t – время перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки во взвешенном состоянии, с;

e – основание натурального логарифма.

Частное решение уравнения (17) имеет вид:

$$0 + 0 - \omega_{ш}^2 = g(1-f), \quad (24)$$

откуда:

$$\tilde{N} = - \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2}. \quad (25)$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (18) будет иметь вид:

$$h_{\ddot{a}a} = \tilde{N}_1 \dot{a}^{h_1 t} + \tilde{N}_2 \dot{a}^{h_2 t} - \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2}. \quad (26)$$

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

$$h_0 = C_1 + C_2 - \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2}; \quad (27)$$

$$h'(0) = \tilde{N}_1 \omega_{\phi} \left(f + \sqrt{1+f^2} \right) + C_2 \omega_{\phi} \left(f - \sqrt{1+f^2} \right); \quad (28)$$

Решая систему относительно C_1 и C_2 получим:

$$\tilde{N}_1 = \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right); \quad (29)$$

$$\tilde{N}_2 = \frac{g(1-f)(f + \sqrt{1+f^2})}{2\omega_{\phi}^2 \sqrt{1+f^2}}; \quad (30)$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (26) будет иметь вид:

$$h_{\ddot{a}a} = \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) \dot{a}^{e \omega_{\phi} t \left(f + \sqrt{1+f^2} \right)} + \frac{(f + \sqrt{1+f^2})}{2\sqrt{1+f^2}} \dot{a}^{e \omega_{\phi} t \left(f - \sqrt{1+f^2} \right)} - \frac{g(1-f)}{\omega_{\phi}^2}. \quad (31)$$

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



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

Fig. 2. The dependence of the displacement of the high energy particle in the bulk feed layer from the time of displacement and the angular velocity of the screw feeder

Rys. 2. Zależność przemieszczenia wysokoenergetycznej cząstki w warstwie paszy objętościowej od czasu przemieszczenia i prędkości kątowej podajnika ślimakowego

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

3. Выводы

Анализ зависимости (31) позволил установить, что при расчётном времени полёта частиц высокоэнергетических кормов (2–3 сек) угловая скорость выгрузного шнека равна $\omega = 4,4 \text{ с}^{-1}$. При указанных параметрах дальность полёта в слой стебельчатых кормов частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки равна 8 мм. Для реализации малозатратной механизированной технологии разработан двух бункерный мобильный смеситель-раздатчик кормов. Данная машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоёмких смешивающих рабочих устройств. Объёмы бункеров определяются в зависимости от соотношения кормов в рационе животных.

4. Литература

- [1] Kitun A.V.: Malozatratnaya tekhnologiya mashiny dlya prigotovleniya i razdachi kormov: monografiya / A.V. Kitun.– Vitebsk: Vitebs-ya gos-ya akad. Veyet. meditsiny, 2005.
- [2] Kitun A.V.: Mekhanizatsiya protsessa prigotovleniya i razdachi kormov na skotovodcheskikh fermakh na osnove mnogofunktsional'nykh modul'nykh agregatov: monografiya / A.V. Kitun.– Minsk: Belorus-y gosud. agrar-y univer-t, 2009.
- [3] Kitun A.V.: Energoberegayushchaya tekhnologiya ispol'zovaniya kormov na fermakh krupnogo rogatogo skota / A. V. Kitun // Agropanorama. – 2004, 4, 27-29.
- [4] Kitun A. V., Perednya V.I., Tanas W.: Obosnovaniye vybora shemy dlia sozdaniya mnogofunktsionalnogo izmelczitieliasmesiteliia kormov. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2005, Vol. 50(4), 57-70.
- [5] Sposob prigotovleniya kormosmesi: pat. 14472 Resp. Belarus', MPK7 S 1 A23K 1/16 / V.G. Samosyuk, V.I. Perednya, A.V. Kitun, A.L. Timoshuk, A.M. Tarasevich, A.A. Romanovich; zayavitel' RUP «NPTS NAN Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva. – № a 200881547; zayavl. 04.12. 08; opubl. 10. 03.11. // Afitsyyny byul. / Nats. tsentr intelektual. Ulasnastsi, 2011, 1, 74.
- [6] Lawrence C. Evans: Partial Differential Equations. American Mathematical Society, Providence, R.I., (2010).