

УДК 631.363.7

А. В. КИТУН

МАЛОЗАТРАТНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КОРМОСМЕСИ ЖИВОТНЫМ

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: anton.kitun@mail.ru*

(Поступила в редакцию 06.05.2014)

Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимы без рационального использования кормов. Использовать корма с максимальной отдачей возможно лишь тогда, когда в кормушку животного будет выдана сбалансированная по питательности кормосмесь с учетом продуктивности и физиологического состояния каждого животного.

В состав кормосмеси можно вводить белковые, минеральные и витаминные добавки [1, 2]. В ряде исследований отмечается повышение на 6,4–26,2 % продуктивности животных, получавших кормосмеси, по сравнению с раздельным кормлением теми же кормами [3, 4]. Установлено, что кормосмесь значительно упрощает организацию процесса кормления [5, 6].

Однако известные мобильные смесители-раздатчики не обеспечивают одновременно раздельную выдачу различных по физико-механическим свойствам двух групп кормов – силосованных стебельчатых и высокоэнергетических. Приготавливая кормосмесь данными машинами, кроме высоких затрат энергии на выполняемый технологический процесс, не соблюдается индивидуальное кормление животных. В данном случае высокоэнергетические корма скармливаются животным без учета их продуктивности. Такая неравномерность раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу, а следовательно, и рентабельность отрасли [7–10].

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 [11–14].

В соответствии с предлагаемой малозатратной механизированной технологией кормосмесь формируется из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер мобильного кормораздатчика.

Цель работы – определение дальности полета частицы высокоэнергетических кормов в слой силосованных стебельчатых кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека при формировании кормосмеси в воздухе для создания энергосберегающего мобильного смесителя-раздатчика кормов.

Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно разложив ее на два независимых – равномерное прямолинейное движение v_n и свободное падение с относительной скоростью $v_{от}$ (рис. 1). Тогда абсолютную скорость движения частиц стебельчатых кормов можно определить по формуле

$$v_{ч}^2 = v_n^2 + v_{от}^2 \quad (1)$$

В формуле (1) $v_n = h_{гор} \phi'$, где $\phi' = d\phi/dt$ – угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени; c^{-1} ; $h_{гор}$ – расстояние перемещения частицы многокомпонентной добавки, м.

При поступлении через выгрузное окно смесителя-дозатора v_n равна угловой скорости шнека. Относительную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки определим по выражению

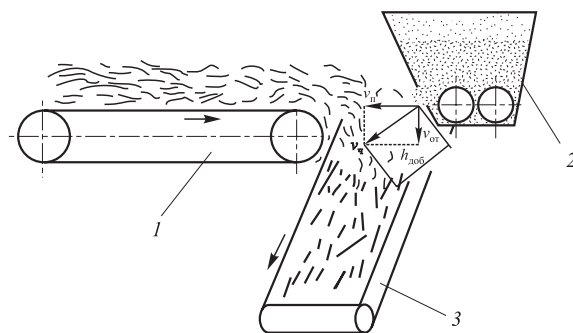


Рис. 1. Схема к расчету дальности полета взаимопересекающихся во взвешенном состоянии потоков кормов: 1 – транспортер стебельчатых кормов; 2 – смеситель-дозатор многокомпонентной высокоэнергетической добавки; 3 – выгрузной транспортер кормосмеси

$$v_{от} = dh_{вер} / dt, \quad (2)$$

($h_{вер}$ – высота падения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м).

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

$$v_{ч}^2 = h_{гор}^2 \varphi'^2 + h_{вер}'^2. \quad (3)$$

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

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

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

где Q_h , Q_{φ} – обобщенные силы, действующие на частицу многокомпонентной высокоэнергетической добавки, Н; $E_{доб}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг·м²/с².

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

$$Q_h = m_{ч} (h''_{вер} - h_{гор} \varphi'^2), \quad (6)$$

$$Q_{\varphi} = m_{ч} (2 h_{гор} h'_{вер} \varphi'). \quad (7)$$

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

$$\delta T_h = Q_h \delta h_{гор} = (m_{ч} g - f N) \delta h_{гор}, \quad (8)$$

$$\delta T_{\varphi} = Q_{\varphi} \delta \varphi = (N - m_{ч} g) h_{гор} \delta \varphi, \quad (9)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; f – коэффициент трения многокомпонентной высокоэнергетической добавки по металлу; $m_{ч}$ – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг.

Откуда:

$$Q_h = m_{ч} g - f N, \quad (10)$$

$$Q_{\varphi} = (N - m_{ч} g) h_{гор}. \quad (11)$$

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

$$m_{\text{ч}} (h''_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \phi'^2) = m_{\text{ч}} g - fN, \quad (12)$$

$$2m_{\text{ч}} h'_{\text{гор}} h'_{\text{вер}} \phi' = (N - m_{\text{ч}} g) h'_{\text{гор}}, \quad (13)$$

или после преобразования получим

$$h''_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \phi'^2 = g - fNm_{\text{ч}}^{-1}, \quad (14)$$

$$2fh'_{\text{вер}} \phi' = fNm_{\text{ч}}^{-1} - gf. \quad (15)$$

Из уравнения (15) выразим $fNm_{\text{ч}}^{-1}$ и полученное значение подставим в уравнение (14). После преобразования получим

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

Так как $\phi = \omega t$, а $\phi' = \omega = \text{const}$, то уравнение (16) примет следующий вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f\omega h'_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \omega^2 = g(1 - f). \quad (17)$$

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

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

Общее решение однородного уравнения примет такой вид:

$$h''_{\text{вер}} + 2f\omega h'_{\text{вер}} - h'_{\text{гор}} \omega^2 = 0. \quad (19)$$

Характеристическим уравнением дифференциального уравнения (19) будет

$$h^2_{\text{вер}} + 2f\omega h_{\text{вер}} - \omega^2 = 0. \quad (20)$$

Корни уравнения:

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

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

Тогда общее решение уравнения (19) выразится формулой

$$h_{\text{общ}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t}, \quad (23)$$

где C_1, C_2 – постоянные производные; t – время перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки во взвешенном состоянии; e – основание натурального логарифма.

Частное решение уравнения (17) имеет вид:

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

откуда

$$C = - \frac{g(1 - f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (25)$$

Линейное неоднородное дифференциальное уравнение (18) можно записать так:

$$h_{\text{доб}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t} - \frac{g(1 - f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (26)$$

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

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

$$h'(0) = C_1 \omega_{\text{ш}} (f + \sqrt{1+f^2}) + C_2 \omega_{\text{ш}} (f - \sqrt{1+f^2}); \quad (28)$$

Решая систему относительно C_1 и C_2 , получим:

$$C_1 = \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right); \quad (29)$$

$$C_2 = \frac{g(1-f)(f + \sqrt{1+f^2})}{2\omega_{\text{ш}}^2 \sqrt{1+f^2}}; \quad (30)$$

Тогда линейное неоднородное дифференциальное уравнение (26) примет такой вид:

$$h_{\text{доб}} = \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2} \left(\left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_{\text{ш}} t (f + \sqrt{f^2+1})} + \left(\frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_{\text{ш}} t (f - \sqrt{f^2+1})} - 1 \right); \quad (31)$$

На основании полученного уравнения построена зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени ее полета и угловой скорости выгрузного шнека (рис. 2).

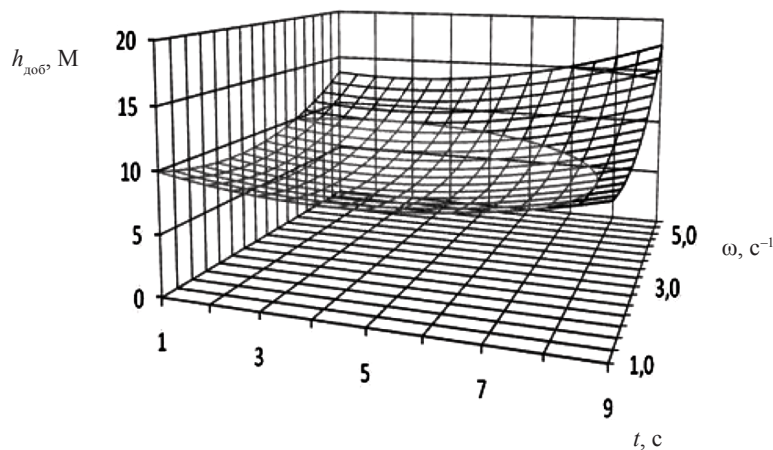


Рис. 2. Зависимость дальности полета частицы высокоэнергетических кормов от времени полета и угловой скорости шнека

Анализ зависимости (31) 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. Для реализации малозатратной механизированной технологии разработан двухбункерный мобильный смеситель-раздатчик кормов (рис. 3).

Машина состоит из колесной базы, на которой закреплен бункер для стебельчатых кормов I , их дозирование осуществляется установленными перед выгрузным окном отбойными битерами.

Транспортировка, смешивание и выдача животным многокомпонентной высокоэнергетической добавки осуществляются в модуле 2, расположенном с противоположной стороны бункера стебельчатых кормов I . При раздаче кормов животным дозированные стебельчатые корма поступают с бункера I на выгрузной транспортер. Высокоэнергетические корма через выгрузное окно поступают на поток сходящих с выгрузного транспортера стебельчатых кормов.



Рис. 3. Общий вид мобильного смесителя-раздатчика кормов: 1 – бункер для стебельчатых кормов; 2 – модуль для многокомпонентной высокоэнергетической добавки

Таким образом, машина обеспечивает дозированную выдачу стебельчатых и высокоэнергетических кормов, формирует из них кормосмесь без специальных энергоемких смешивающих рабочих устройств. Объемы бункеров определяются в зависимости от соотношения кормов в рационе животных. Применение мобильного модульного смесителя-раздатчика кормов снижает энергоемкость транспортных работ до 10,1 %.

Смеситель-раздатчик СРК-10 внедрен в производство на ОАО «Бобруйскагромаш». Новизна конструкции смесителя-раздатчика кормов и его технических элементов защищена патентами Республики Беларусь [15].

Выводы

1. Способ приготовления кормосмеси, основанный на пересекающихся в воздухе потоках кормов с разными физико-механическими свойствами, позволяет снизить энергоресурсопотребление подготовки кормов к скармливанию и раздачи их животным.

2. Дальность полета частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в воздухе в слой стебельчатых кормов зависит от физико-механических свойств кормов, угловой скорости шнека и времени полета частицы корма.

3. Данный параметр позволяет создать мобильный модульный смеситель-раздатчик кормов с бункером для стебельчатых кормов и расположенным с противоположной его стороны модулем для многокомпонентной высокоэнергетической добавки, они обеспечивают образование кормосмеси на ленте выгрузного транспортера пересекающимися во взвешенном состоянии встречными кормовыми потоками.

Литература

1. *Алехин, А. В.* К оценке технологий приготовления кормов / А. В. Алехин // *Механизация технологических процессов в животноводстве.* – Барнаул, 1987. – С. 51–57.
2. *Денисов, Н. И.* Нормированное кормление коров / Н. И. Денисов, Т. С. Мельников. – М. : Колос, 1973. – 207 с.
3. *Белявский, Ю.* Эффективность кормления коров полнорационными кормосмесями / Ю. Белявский, В. Скоркин // *Молочное и мясное скотоводство.* – 1972. – № 3. – С. 5–6.
4. *Краско, В. В.* Полнорационные кормосмеси в кормлении коров / В. В. Краско, Г. И. Шведова // *Науч. тр. ВАСХНИЛ.* – М., 1975. – С. 14–18.
5. *Зафрен, С. Я.* Технология приготовления кормов: справ. пособие / С. Я. Зафрен. – М. : Колос, 1977. – 240 с.
6. *Игловиков, В. Г.* Повышение качества и эффективности использования кормов / В. Г. Игловиков [и др.]; под ред. М. А. Смуригина. – М. : Колос, 1983. – 317 с.
7. *Омельченко, А. А.* Кормораздающие устройства / А. А. Омельченко, Л. М. Куцин. – М. : Машиностроение, 1971. – 240 с.
8. *Рыжов, С. В.* Зарубежная техника для животноводства и кормопроизводства / С. В. Рыжов, В. С. Рыжов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 1990. – № 12. – С. 51–54.

9. Рыжов, С. В. Новая техника для животноводства: сегодня и завтра / С. В. Рыжов // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 5. – С. 7–12.
10. Рыжов, С. В. Развитие средств механизации для животноводства / С. В. Рыжов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 2. – С. 16–19.
11. Китун, А. В. Малозатратная технология машины для приготовления и раздачи кормов / А. В. Китун. – Витебск: Витеб. гос. акад. вет. мед., 2005. – 188 с.
12. Китун, А. В. Механизация процесса приготовления и раздачи кормов на скотоводческих фермах на основе многофункциональных модульных агрегатов / А. В. Китун. – Минск: Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, 2009. – 207 с.
13. Китун, А. В. Энергосберегающая технология использования кормов на фермах крупного рогатого скота / А. В. Китун // Агропанорама. – 2004. – № 4. – С. 27–29.
14. 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 Науч.-практ. центр 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.
15. Смеситель-раздатчик кормов: пат. 1688 Респ. Беларусь МПК7 А 01 К 5/02 / В. И. Передня, А. В. Китун, А. А. Передня, А. А. Китун, В. М. Глецевич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20040176; заявл. 12.04.04; опубл. 30.12.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2004. – № 7. – С. 125.

A. V. KITUN

COST-EFFECTIVE WAY OF FEED MIXTURE FORMATION

Summary

The methodology for calculation of the distance of flight of particles of a polycomponent high energy additive in a layer of grass fodder is presented. Obtained is the equation taking into account physical and mechanical characteristics of fodder, technical parameters of a screw for fodder transportation. On the basis of this equation the dependence of the distance of flight of particles of high energy fodder on the time of flight and angular rate of a screw is obtained.

The results of the proposed research are implemented while creating the mobile fodder-mixer СРК-10. This machine distributes grass and high energy fodder; forms fodder mixtures without special energy consuming mixers.