



УДК 631.363

А.В. Бурмага, С.М. Доценко, С.В. Корбанёв

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-СМЕСИТЕЛЯ

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности применения измельчителей-смесителей для использования в линиях приготовления кормовых смесей на основе стебельных (силоса) и углеводистых (корнеклубнеплодов и тыквы) кормов. Предложен ряд рациональных схем по их практическому совершенствованию.

Ключевые слова: измельчитель-смеситель, приготовление кормовых смесей, стебельные, углеводистые корма, эксперимент, оптимальные параметры.

A.V. Burmaga, S.M. Dotsenko, S.V. Korbanyov

PERFECTION OF THE PROCESS OF FEED MIX PREPARATION AND MINCING-MIXING MACHINE PARAMETER SUBSTANTIATION

The issues of efficiency increase of the mincing-mixing machine application in order to use in the lines for feed mix preparation on the basis of caulescent (silage) and carbohydrate (tuberous root and pumpkin) forage are considered in the article. A number of rational schemes on their practical perfection is offered.

Key words: mincing-mixing machine, feed mix preparation, caulescent, carbohydrate forages, experiment, optimum parameters.

Известно, что кормление животных кормовыми смесями, в отличие от отдельного скармливания различных видов кормов, позволяет повысить продуктивность животных на 10–15 % и снизить потери кормов при их скармливании [1].

При этом доказано, что высокой эффективностью обладают кормовые смеси на основе стебельных и углеводисто-витаминных кормовых компонентов.

В этой связи проблемы включения такого кормового компонента, как тыква, в состав кормовых смесей для КРС является актуальной задачей.

Цель исследований. Обоснование возможности и целесообразности приготовления кормовых смесей на основе измельченных плодов тыквы и кукурузного силоса с помощью специального измельчителя-смесителя.

Задачи исследований: обосновать условия получения двухкомпонентной смеси с помощью принятой конструктивно-технологической схемы измельчителя-смесителя, а также оптимальные параметры получения такой смеси с помощью специального измельчителя-смесителя кормовых компонентов.

На основании анализа существующих конструктивно-технологических схем устройств для приготовления смесей на основе углеводистых и стебельных кормов, с учётом их преимуществ и недостатков авторами разработан измельчитель-смеситель для получения двухкомпонентной смеси на основании технических решений [2–4].

На рисунке 1 приведена технологическая схема получения такой смеси кормов с помощью разработанного устройства.

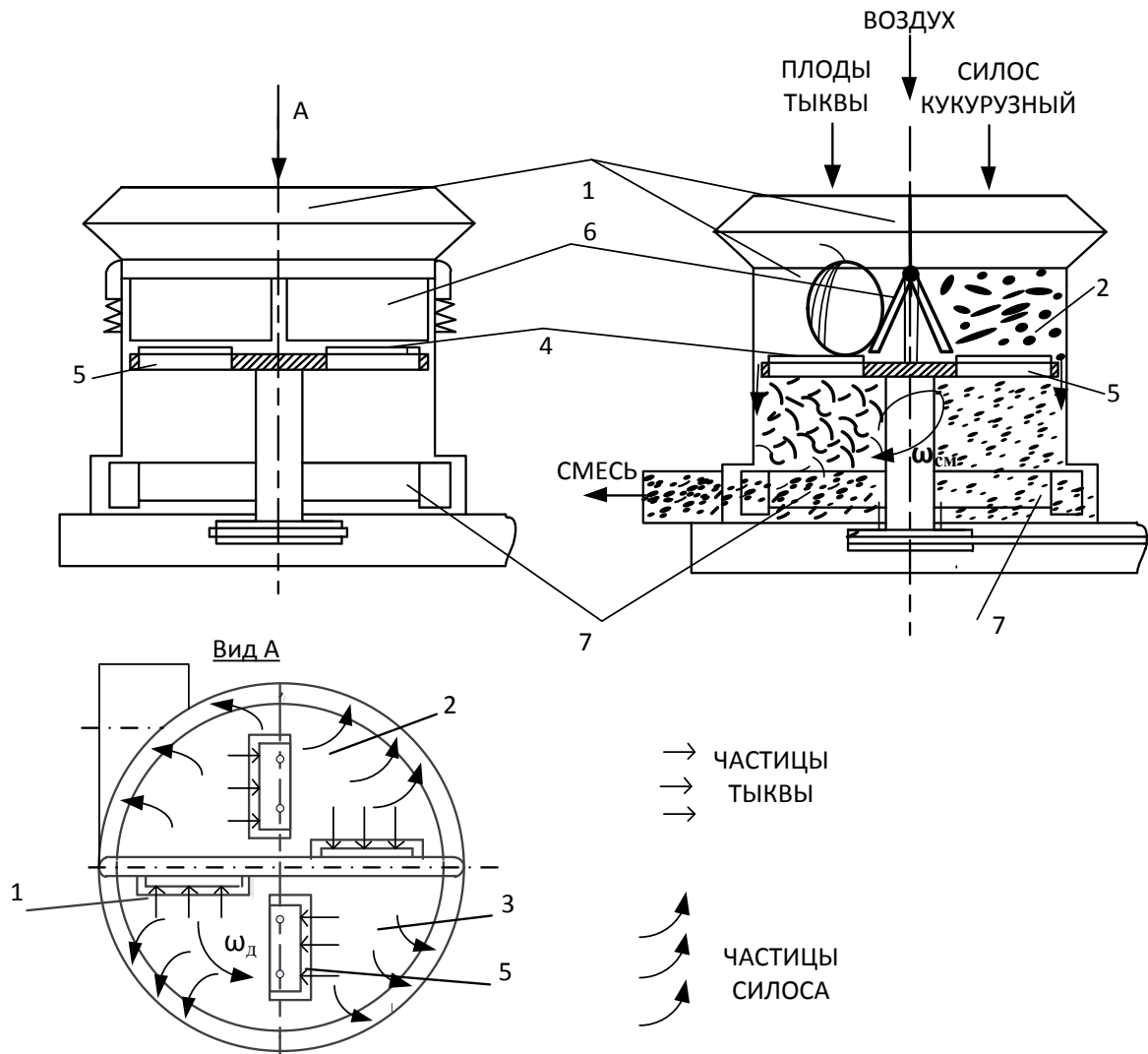


Рис. 1. Технологическая схема получения двухкомпонентной кормовой смеси с помощью измельчителя-смесителя (патент РФ №2124284): 1, 2 – камеры измельчения плодов тыквы и силоса; 3 – диск; 4 – ножи; 5 – окно диска; 6 – упорные пластины; 7 – смешивающе-выгрузные лопасти [2]

Рабочим органом измельчителя-смесителя является диск 3 с четырьмя ножами 4, которые крепятся к диску и располагаются выше уровня окон 6 на высоту h , выполненных в диске 3. В вертикальной плоскости по высоте корпус измельчителя-смесителя разделен на две камеры 1 и 2 посредством установленных упорных пластин 6. В нижней части бункера расположены лопасти 7, жёстко связанные с валом измельчителя-смесителя, обеспечивающие смешивание и выгрузку готовой смеси. С помощью транспортера плоды тыквы поочередно подаются в камеру измельчения плодов тыквы 1, попадают на поверхность диска с ножами и начинают вращаться вокруг своей оси в камере 1. При этом ножи снимают стружку с вращающегося плода тыквы, взаимодействующего супорной пластиной 6. Одновременно в другую камеру измельчения 2 подаётся кукурузный силосованный продукт, где происходит его доизмельчение. Измельчённые плоды тыквы и частицы до измельченного силоса попадают в нижнюю часть бункера измельчителя-смесителя, где смешиваются между собой, и готовая смесь выбрасывается через выгрузную горловину лопастями на приемный транспортер.

С целью обоснования параметров процесса получения композиции тыква-силос с помощью предложенного измельчителя-смесителя рассмотрено движение получаемых частиц в смешивающе-выгрузной камере измельчителя-смесителя.

В соответствии с принятой схемой рабочего процесса предложенного устройства частицы измельченных продуктов попадают в смешивающе-выгрузную камеру с сопредельной скоростью (рис. 2).

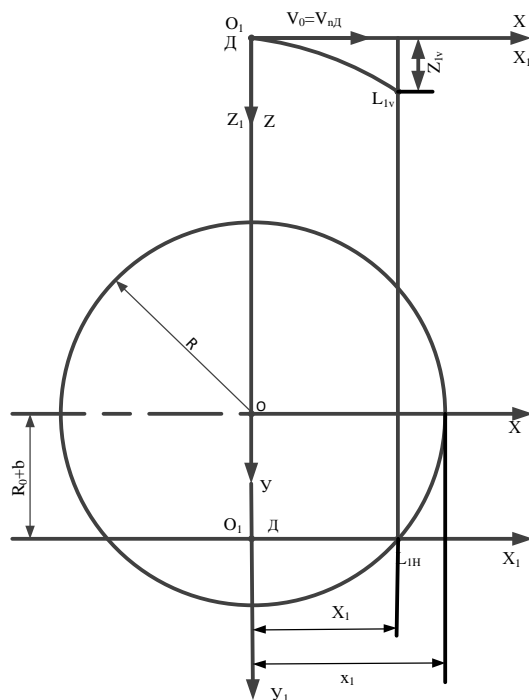


Рис. 2. Схема к определению скорости движения частицы в камере смешивания устройства

При этом движение частиц под действием силы тяжести G и с учётом силы сопротивления воздуха R можно представить как:

$$m\bar{v}_1 = \bar{G}\bar{R} = mgm^{\nu_1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности; \bar{v}_1 – скорость движения частицы. Дифференциальными уравнениями движения данной частицы являются:

$$\ddot{x}_1 + k\dot{x}_1 = 0; \quad (2)$$

$$\dot{z}_1 = kz_1 = g. \quad (3)$$

Для определения дальности полёта данной частицы в поддисковом пространстве (рис. 2) расстояние от точки O_1 (начальной точки движения частицы) до внутренней цилиндрической поверхности радиусом R обозначим X_1 .

При $x_1 = X_1$ происходит удар частиц о цилиндрическую поверхность в некоторой точке L_1 (вертикальная и горизонтальная проекции точки L_1 изображены на рис. 2).

Согласно рис. 2, дальность полёта частицы X_1 равна:

$$X_1 = \sqrt{O_1L_{1H}^2 - OO_1^2} = \sqrt{R^2 - (R_0 + b)}. \quad (4)$$

Удар частиц продукта о цилиндрическую поверхность в точке L_1 происходит по истечении некоторого времени полёта $t_{\pi.}$, которое определено следующим образом. Полагая, что $x_1 = X_1$ и $t = t_{\pi.}$, имеем

$$X_1 = \frac{v_0}{k} (1 - e^{-kt_{\pi.}}). \quad (5)$$

Данное выражение преобразуем к следующему виду:

$$e^{-kt_{\pi.}} = \frac{v_0}{k} - X_1. \quad (6)$$

В свою очередь,

$$-kt_{\Pi} = \ln\left(\frac{v_0}{k} - x_1\right).$$

Отсюда находим зависимость t_{Π} от

$$t_{\Pi} = -\frac{\ln\left(\frac{v_0}{k} - x_1\right)}{k}. \quad (7)$$

Вертикальная координата точки L при $t = t_{\Pi}$ определится как

$$Z_{1L} = \frac{q}{k^2} (e^{-kt_{\Pi}} + kt_{\Pi} - 1). \quad (8)$$

Равенство (8) с учетом выражения (7) представим следующим образом:

$$Z_{1L} = \frac{q}{k^2} \left(e^{\ln\left(\frac{v_0}{k} - x_1\right)} - \ln\left(\frac{v_0}{k} - x_1\right) - 1 \right). \quad (9)$$

Для определения скорости частиц в момент их удара о цилиндрическую поверхность продифференцируем выражения (2)–(4) по времени t и получим, что

$$\dot{x} = v_0 e^{-kt}. \quad (10)$$

Дифференцируя выражение (9) также по времени t , получим:

$$\dot{Z}_1 = \frac{q}{k^2} (-k e^{-kt} + k) = \frac{q}{k} (1 - e^{-kt}). \quad (11)$$

При ударе частиц горизонтальная составляющая их скорости (в момент времени t_{Π}) на основании выражения (10) равна:

$$\dot{x}_{1\Pi} = v_0 e^{-kt_{\Pi}}. \quad (12)$$

При этом вертикальная составляющая скорости частиц в момент удара на основании выражения (11) определится как

$$\dot{Z}_{1\Pi} = \frac{q}{k} (1 - e^{-kt_{\Pi}}). \quad (13)$$

С учетом выражений (12) и (13) величина скорости частиц измельчаемых продуктов при ударе определится как

$$v_{1\Pi} = \sqrt{\dot{x}_{1\Pi}^2 + \dot{Z}_{1\Pi}^2}. \quad (14)$$

С учетом развернутых выражений (12) и (13) выражение (14) принимает вид

$$v_{1\Pi} = \sqrt{v_0^2 e^{-2kt_{\Pi}} + \frac{q^2}{k^4} (1 - e^{-kt_{\Pi}})^2}. \quad (15)$$

Так как скорость $v_{1\Pi}$ направлена по касательной к траектории движения частиц, то при $x_1 = X_1$

$$v_{1\Pi} = \frac{v_0}{k} (1 - e^{-kt_{\Pi}}). \quad (16)$$

Теоретическим анализом установлена взаимосвязь факторов, влияющих на производительность устройства, а также на количество лопастей, обеспечивающих дополнительное смешивание и выгрузку готовой смеси.

Пропускная способность предложенного измельчителя-смесителя на выгрузке готовой смеси связана опосредованно с $v_{1л}$ и равна

$$Q_B = K_{л} \cdot b \cdot l_{л}^2 \cdot \rho_c \cdot \omega_{л} \cdot K_3, \quad (17)$$

где $K_{л}$ – количество лопастей; b – ширина лопастей; $l_{л}$ – длина лопастей; ρ_c – плотность получаемой смеси; $\omega_{л}$ – угловая скорость вращения лопастей; K_3 – коэффициент захвата продукта лопастями.

Количество лопастей, обеспечивающих смешивание и выбрасывание готовой смеси из камеры смешивания:

$$K = \frac{(0,5-0,75)\pi S^2 v_n}{b l_{л}^2 \omega_{л} K_3}. \quad (18)$$

С целью обоснования оптимальных значений параметров измельчителя-смесителя проведены экспериментальные исследования с использованием матрицы ортогонального планирования экспериментов [5].

Для оценки рабочего процесса измельчителя-смесителя приняты два критерия оптимизации: однородность смеси θ и энергоемкость $N_{уд}$.

В качестве независимых переменных, влияющих на критерии оптимизации, определены следующие факторы:

n – (X_1) – частота вращения смешивающе-выгрузных лопастей, мин⁻¹;

S – (X_2) – зазор между диском и стенкой бункера, мм;

h – (X_3) – вылет ножа над диском, мм;

K – (X_4) – число выгрузных лопастей, шт.

В результате проведенного эксперимента и обработки полученных данных построены следующие математические модели оценки процесса одновременного измельчения и смешивания кормовых продуктов:

-для однородности двухкомпонентной смеси:

$$\theta = -259872,6 + 284,7n + 1363,85S - 1892,89h + 10195K - 7,11Sh - 152,54hK - 0,06n^2 - 10,46s^2 + 40,2h^2 - 702,5K^2 \rightarrow \max; \quad (19)$$

-для энергоемкости процесса получения двухкомпонентной смеси:

$$N_{уд} = -19288,35 + 22,41n - 16,24S - 81,7h + 1600,5K - 0,27nK - 0,0045n^2 + 0,14S^2 + 1,73h^2 - 108,25K^2 \rightarrow \min. \quad (20)$$

Решение компромиссной задачи позволило определить оптимальные значения параметров предложенного измельчителя-смесителя: $X_1 = -0,197$ ($n = 2041$ мин⁻¹); $X_2 = 0,065$ ($S = 57,9$ мм.); $X_3 = -1$ ($h = 20$ мм.), $X_4 = -1$ ($K = 2$). При данном сочетании факторов энергоемкость процесса составляет $N_{уд} = 7,88$ кВтс/кг, а однородность смеси $\theta = 93,1$ %.

На основании проведенных исследований определены условия и получены данные, позволяющие проектировать измельчители-смесители для технологических линий получения двухкомпонентных смесей крупному рогатому скоту.

Литература

1. Девяткин А.И. Рациональное использование кормов. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 254 с.
2. Измельчитель-смеситель: пат. №2124284 / С.М. Доценко [и др.]. – Б.И. – 1999. – № 1.
3. Измельчитель-смеситель кормов: пат. №2125362 / С.М. Доценко [и др.]. – Б.И. – 1999. – № 3.
4. Устройство для измельчения тыквы и корнеклубнеплодов: пат. №2120728 / С.М. Доценко [и др.]. – Б.И. – 1998. – № 3.
5. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников [и др.]. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

