

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ ДЛЯ МРС

**Брагинец Н.В.**, д.т.н., профессор

**Бахарев Д.Н.**, к.т.н., доцент

**Аль-Атум Мохаммад**, аспирант

Луганский национальный аграрный университет

*Изучены теоретические предпосылки к созданию эффективных смесителей кормов непрерывного действия. Определены опорные модели, совершенствование которых позволит повысить эффективность смешивания грубых концентрированных и сочных кормов.*

**Ключевые слова:** корм, измельчитель, эффективность, смеситель, малый рогатый скот.

**Постановка проблемы.** Важным направлением животноводства является выращивание мелкого рогатого скота, в частности овец. Овец кормят многокомпонентными кормовыми смесями, в состав которых входят грубые, сочные и концентрированные корма. Смешивать такие компоненты очень трудно, поскольку к влажной стружке измельченных корнеплодов прилипают частички зерновой дерти и сечки грубых кормов. Наиболее эффективно смешивать такие кормовые компоненты в смесителях непрерывного действия, поскольку перемешивание происходит в тонком слое смеси. Теоретические основы разработки смесителей непрерывного действия еще пока не находятся на завершенной стадии и требуют доработки.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Основные результаты теоретико-экспериментальных исследований эффективности работы смесителей кормов непрерывного действия приведены в работах известных следующих ученых: С.В. Мельникова, С.И. Назарова, В.И. Передня, Л.П. Карташова, Цуркана О.В., Демина О.В., Палкина М.Г. и др. [1-7]. Работы данных ученых направлены на совершенствование лопастных мешалок, однако совершенствовать необходимо вращающийся бункер – это основной путь интенсификации процесса смешивания в машинах непрерывного действия.

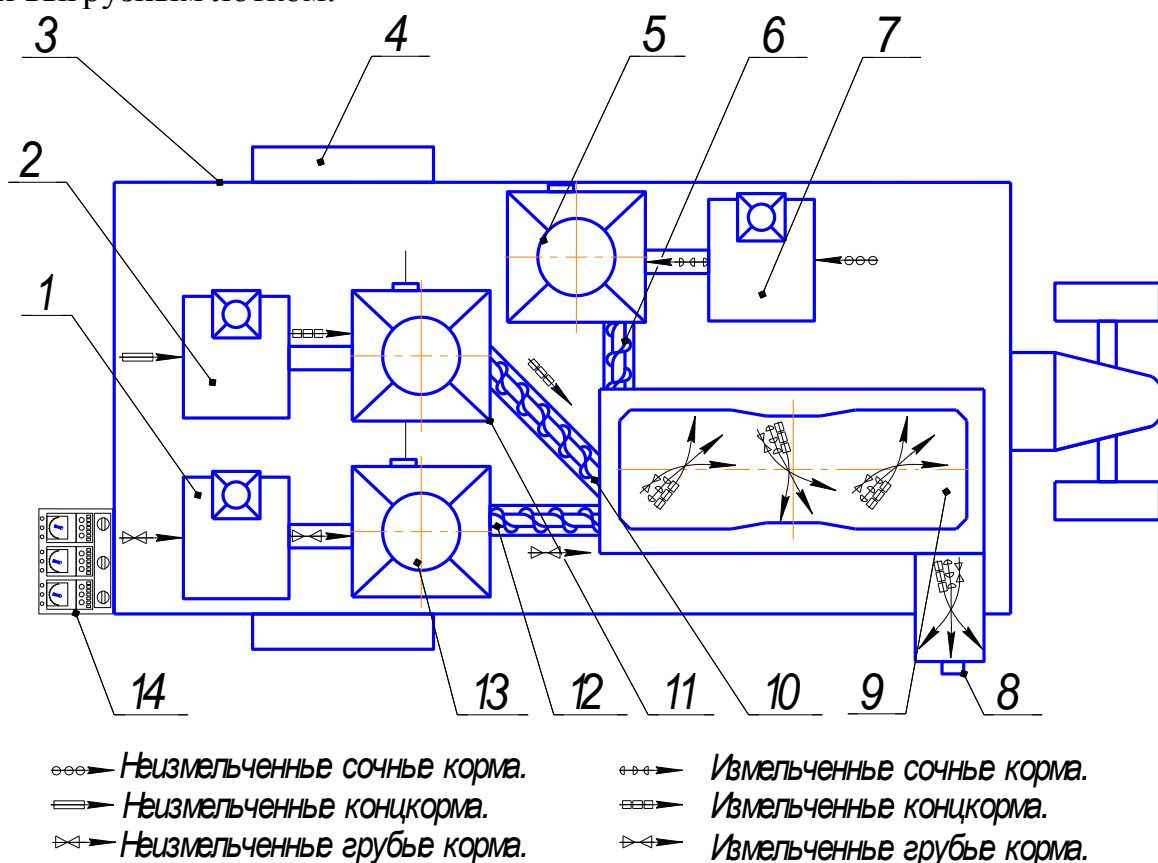
**Целью исследований** является определение опорных математических моделей, описывающих процесс смешивания и установление путей их совершенствования.

**Результаты исследований.** Анализ существующих конструкций смесителей кормов непрерывного действия показал, что такие машины эффективно работают в составе кормоприготовительных агрегатов.

Высокоэффективный кормоприготовительный агрегат должен включать четыре независимых модуля (рис. 1):

- измельчитель сочных кормов 7 (корнеплоды, овощи, фрукты, бахчевые культуры и т.д.) с накопительным бункером 5 и дозатором 6;
- измельчитель грубых кормов 1 (сено, солома и т.д.) с накопительным бункером 13 и дозатором 12;
- измельчитель концентрированных кормов 2 (зерновые материалы) с накопительным бункером 11 и дозатором 10;
- научно-обоснованный смеситель кормов непрерывного действия 9 обеспечивающий высокую степень однородности смеси (80-90%).

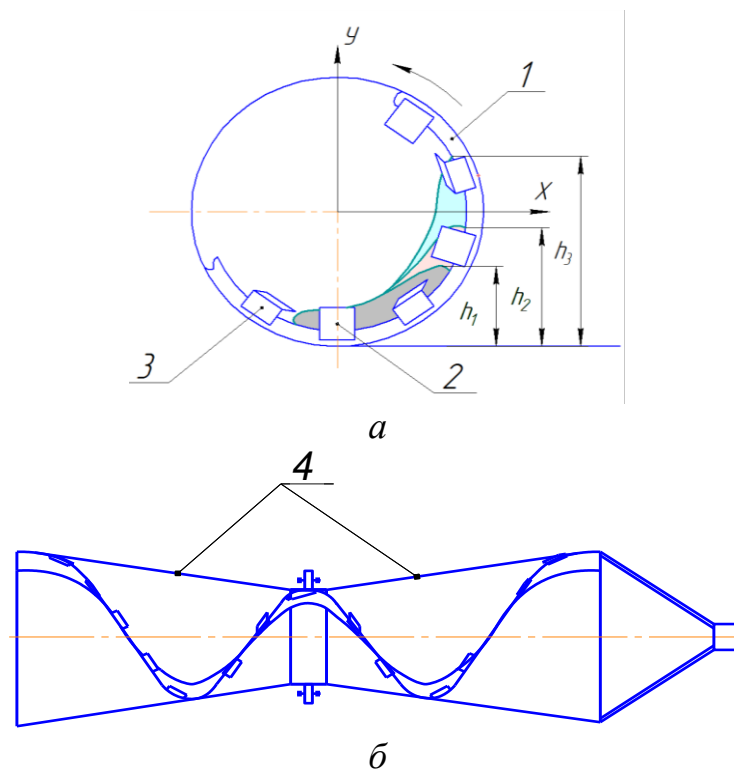
Кроме того, кормоприготовительный агрегат необходимо оснастить средствами автоматизации процесса (датчиком регистрирующим массу кормовой смеси, выходящей из смесителя 8, и общим пультом управления всеми независимыми модулями измельчителя-смесителя 14), ходовой частью 4 и выгрузным лотком.



1 – измельчитель грубых кормов; 2 – измельчитель концентрированных кормов; 3 – рама; 4 – ходовая часть; 5 – бункер для стружки сочных кормов; 6 – дозатор стружки; 7 - измельчитель сочных кормов; 8 – датчик массы; 9 – смеситель; 10 – дозатор концентрированных кормов; 11 – бункер концентрированных кормов; 12 – дозатор сечки грубых кормов; 13 - бункер для сечки грубых кормов; 14 – пульт управления

**Рис. 1. Принципиальная схема измельчителя-смесителя кормов**

Анализ существующих конструкций смесителей кормов непрерывного действия показал, что повышение эффективности смешивания достигается путем применения вращающихся барабанов с расположенными на них винтовыми и лопаточными рабочими органами. Исходя из этого, нами предлагается конструктивно-технологическая схема нового смесителя (рис.2).



*a* – поперечный разрез; *б* – продольный разрез; 1 – шнековая навивка; 2 – удлинитель участка навивки; 3 - Г-образная лопатка; 4 – конусы бункера;  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  – высота подъема смеси шнековой навивкой, удлинителем и Г-образной лопаткой, соответственно

**Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема нового смесителя кормов непрерывного действия**

Смеситель работает следующим образом. Компоненты кормовой смеси (измельченное зерно, сочные и грубые корма) подаются дозирующими устройствами (см. рис. 1. поз. 6, 10, 12) в смеситель. Передний конус 4 (см. рис. 2 б) навивкой 1, размещенной на своей внутренней поверхности, захватывает компоненты и задаёт им перемещение по спиральной траектории. Навивка укомплектована Г-образными лопатками, лопатки установлены на расстоянии одна от другой. Это позволяет часть слоя кормосмеси поднимать на высоту больше угла естественного откоса ее компонентов. Данный эффект препятствует образованию центра циркуляции компонентов смеси и перемешивание обеспечивается поочередной сменой положения слоев. Кроме того, форма смесителя, представляющая собой два усеченных конуса 4, соединённых между собой меньшим основанием, обеспечивает изменяющееся значение угловых скоростей компонентов, что

также положительно влияет на эффективность процесса смешивания. Навивка обеспечивает два полных оборота материала. Конусы соединены цилиндрической вставкой. После прохода первого конуса корма дополнительно перемешиваются в симметрично расположенном втором конусе. Угол установки смесителя изменяется винтовым механизмом. Конструкция смесителя позволяет менять количество и форму лопаток навивки, а также схему их установки. Готовая кормовая смесь выгружается по выгрузному лотку. С целью повышения качества смешивания навивка конусов смесителя обеспечена не только Г-образными лопатками, но и прямоугольными удлинительями, что позволяет слои кормовой смеси поднимать на разные высоты от  $h_1$  до  $h_3$  (см. рис.2 а).

Применение смесителя кормов непрерывного действия с вращающимся бункером предложенной конструкции позволит эффективно смешивать кормовые компоненты, значительно отличающиеся по механико-технологическим свойствам (влажность, коэффициент динамического трения и т.д.).

Транспортирующей способностью, в данном смесителе, обладает навивка с лопатками и удлинительями, а также конусы, расположенные под углом к горизонту, поэтому производительность можно выразить выражением:

$$Q_{OB} = Q_H + Q_K, \text{ т/ч}, \quad (1)$$

где  $Q_{OB}$  - общая производительность смесителя, т/ч;  $Q_H$  - производительность навивки смесителя, т/ч;  $Q_K$  - производительность конусов смесителя, т/ч.

Согласно [9, с 204], производительность навивки определяется так:

$$Q_H = 150 \frac{n \cdot D_{СП}^2}{D_P} \cdot \left( D_P^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos(\alpha_p + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \cdot \gamma_C, \quad \text{т/ч}, \quad (2)$$

где  $n$  – частота вращения спирали, мин<sup>-1</sup>;  $D_{СП}$  – диаметр спирали, м;  $D_P$  – диаметр кожуха спирали, м;  $\delta$  – высота спирали, м;  $\alpha$  – угол наклона винтовой линии оси спирали, град;  $\alpha_p$  – расчетный (рабочий) наклона винтовой линии, град;  $\varphi_1$  – угол трения скольжения между транспортируемым материалом и спиралью, град.

$$\alpha = \arctg \frac{s}{\pi \cdot D_P}, \text{ град}, \quad (3)$$

где  $s$  – шаг спирали, м.

$$\alpha_p = \arctg \frac{s}{\pi \cdot D_{CP}}, \text{ град}. \quad (4)$$

$$D_{CP} = D_{СП} - \delta, \text{ м}. \quad (5)$$

С целью интенсификации процесса смешивания бункер (кожух спирали) не должен быть цилиндрическим, поэтому диаметр спирали и диаметр кожуха спирали является величиной переменной. Наиболее простой

в конструкционном исполнении является коническая форма бункера. Основными достоинствами конической формы бункера является простая центровка барабана и постоянно изменяющийся диаметр, приводящий к перемене угловых скоростей перемещаемого материала.

В коническом смесителе диаметр спирали и диаметр бункера (кожуха спирали) изменяется по длине  $L_B$ , поэтому выражение (2.7) следует записать в следующем виде:

$$Q = 150 \cdot \frac{n \cdot \frac{\partial D_{сп}^2}{\partial L_B}}{\frac{\partial D_P}{\partial L_B}} \cdot \left( \frac{\partial D_P^2}{\partial L_B} - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos(\alpha_P + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \cdot \gamma_c, \text{ т/ч}, \quad (6)$$

Предложенный смеситель кормов непрерывного действия условно можно представить как тихоходный односпиральный транспортер. Для таких транспортёров характерно условие [9, с147]:

$$\omega_D < \omega_K, \quad (7)$$

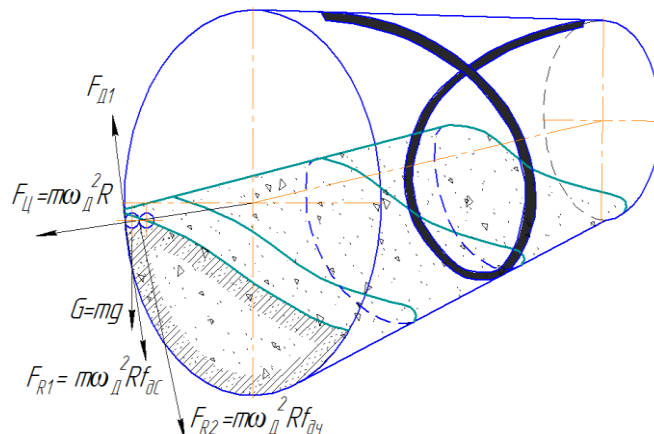
где  $\omega_D$  — действительная угловая скорость частицы  $c^{-1}$ ;  $\omega_K$  — критическая угловая скорость частицы  $c^{-1}$ .

Траектория движения частиц определяется соотношением [9, с147]:

$$m \omega_D^2 R < mg, \quad (8)$$

где  $m$  — масса частицы, кг;  $R$  — радиус вращения, м;  $g$  — ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Вообще говоря, выражение (8) следует понимать так. Частицы корма совершают колебательные движения на переменном радиусе с одновременным осевым перемещением. То есть, вес частиц больше центробежной силы действующей на них и массив перемещается по схеме, приведенной на рис. 3.



**Рис. 3. К обоснованию условий движения кормовых компонентов в смесителе**

На рис 3 приведены:  
- движущая сила вращающегося конуса:

$$F_{д1} = \Phi \cdot \overset{\sim}{\alpha}, \text{ Н}, \quad (9)$$

- вес частицы [8,9]:

$$G = m \cdot g, \text{ Н}, \quad (10)$$

- центробежная сила, действующая на частицу [8,9]:

$$F_{ц} = m \cdot \omega_{д}^2 \cdot R, \text{ Н}, \quad (11)$$

- сила внешнего трения частицы смеси о смеситель [8,9]:

$$F_{R1} = m \omega_{д}^2 R \cdot f_{\partial c}, \text{ Н}, \quad (12)$$

- сила внешнего трения частицы смеси о смежные частицы [8,9]:

$$F_{R2} = m \cdot \omega_{д}^2 \cdot R \cdot f_{\partial ч}, \text{ Н}, \quad (13)$$

где  $f_{\partial c}$  и  $f_{\partial ч}$  – динамический коэффициент трения частицы о смеситель и частицы смеси о смежные частицы, соответственно.

Из баланса вышеприведенных сил можно определить скорость перемещения частицы  $V_{ч}$  по конусу и траекторию ее перемещения  $L_{ч}$ . Эти данные позволят рассчитать теоретическую производительность конусного бункера.

$$Q_K = \Phi \cdot \overset{\sim}{V_{ч}}, L_{ч} \text{ } \overset{\sim}{\text{, т/ч.}} \quad (14)$$

Тогда,

$$Q_{об} = 150 \cdot \frac{n \cdot \frac{\partial D_{СП}^2}{\partial L_B}}{\frac{\partial D_P}{\partial L_B}} \cdot \left( \frac{\partial D_P^2}{\partial L_B} - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \frac{\sin \alpha_P \cdot \cos \overset{\sim}{\alpha_P + \varphi_1}}{\cos \varphi_1} \cdot \gamma_c + Q_K, \text{ т/ч.} \quad (15)$$

После определения общей производительности целесообразно рассчитать затраты мощности, что позволит оценить эффективность нового смесителя по критерию энергоемкости процесса.

#### **Выводы.**

1. Эффективными являются смесители кормов непрерывного действия.
2. Наиболее простой в конструкционном исполнении является коническая форма бункера смесителя кормов непрерывного действия. Основными достоинствами конической формы бункера является простая центровка барабана и постоянно изменяющийся диаметр, приводящий к перемене угловых скоростей перемещаемого материала.
3. Транспортирующей способностью в предложенном смесителе непрерывного действия обладает навивка с лопатками и удлинителями  $Q_H$ , а также конусы  $Q_K$ , расположенные под углом к горизонту, поэтому производительность можно выразить как сумму двух составляющих по выражению (15).

#### **Список использованных источников:**

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / Мельников С.В. – Л.: Колос, 1978.

2. Назаров С.И., Бобер О.А. Усовершенствованный измельчитель-смеситель кормов / Назаров С.И., Бобер О.А. Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 1989.- № 5.- С. 39-40.

3. Передня В.И. Обоснование параметров измельчителя-смесителя кормов вертикального типа. Межвед. темат. сб.- Вып. 27 / Передня В.И. ЦНИИМЭСХ Нечерн. зоны СССР.- Мн.: Ураджай, 1984.- С.20-24.

4. Карташов Л.П., Башков А.Ф., Мананников П.П. Совершенствование рабочего процесса измельчителей / Карташов Л.П., Башков А.Ф., Мананников П.П. Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1987.- № 9.- С. 44-45.

5. Цуркан О.В. Розробка та дослідження енергоощадного вібраційного змішувача для внесення преміксів в комбікорми : дис.... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Цуркан Олег Васильович. – Вінниця, 2004. – 155 с.

6. Демин О.В. Совершенствование методов расчета и конструкций лопастных смесителей: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы (химической промышленности)» / О.В. Демин. – Тамбов, 2003 – 12 с.

7. Палкин М.Г. Обоснование параметров и режимов работы малогабаритного двухвального, лопастного, горизонтального смесителя непрерывного действия для приготовления комбикормов на овцеводческих комплексах и фермах: автореферат дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01. – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» – М., 1986. – 18 с.

8. Геррман Х. Шнековые машины в технологии / Геррман Х. – Л.: Химия, 1975. – 232 с.

9. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины / Красников В.В. – М.: Колос, 1987. – 272 с.

**Брагінець Н.В., Бахарєв Д.М., Аль-Атум Мохаммад Підвищення ефективності універсального подрібнювача-змішувача кормів для дрх**

Вивчено теоретичні передпосилання до створення ефективних змішувачів кормів безперервної дії. Визначено опорні моделі, вдосконалення яких дозволить підвищити ефективність змішування грубих, концентрованих та соковитих кормів.

**Ключові слова:** корм, подрібнювач, ефективність, змішувач, малий рогату худобу.

**Braginets N.V., Baharev D.N., Mohammad Al-Atum Improving the efficiency of universal feed mixer**

Studied theoretical background to the creation of effective continuous feed mixers. Defined reference model improvement which will increase the efficiency of mixing concentrated coarse and succulent fodder.

**Keywords:** food chopper, efficiency, mixer, small livestock.