

ротора 1) содержит большое количество мелкой фракции, что приводит к худшей усвояемости корма животными. Проба 3 (конструктивное исполнение ротора 3), средний размер частиц которой составляет 600 мкм, является наиболее благоприятной для усвоения организмом животных ввиду однородности состава

Выводы

1. Оптимальным профилем ротора, позволяющим получать однородную по своему составу массу, является ротор № 3. Наличие лопаток на периферии диска обеспечивает равномерную загрузку рабочих элементов, равномерное измельчение зерна, отсутствие застаивания смеси в выпускном патрубке, наименьшее потребление электроэнергии.

2. Гранулометрический состав оказывает большое влияние на качество корма. В ходе проведения исследований выявлена конструкция измельчающих органов (конфигурация ротора № 3), позволяющая получать требуемое качество помола – 600 мкм, являющееся наиболее благоприятным для усвоения организмом животных.

Библиографический список

1. Зиггерс Д. Эффективность – главное в кормлении // Комбикорма. – 2009. – № 6. – С. 33.
2. Венедиктов А.М. и др. Кормление сельскохозяйственных животных. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 340 с.
3. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие. – Т.: ТГТУ, 2004.



УДК 631.363.7

**А.В. Чупшев,
В.В. Коновалов,
В.П. Терюшков,
Г.В. Шабурова**

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАСТНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУХИХ СМЕСЕЙ

Ключевые слова: смеситель, мешалка, лопасть, емкость, смесь, мощность, коэффициент вариации, равномерность смеси, крутящий момент, конструктивные параметры.

Введение

В перспективе около 54% производимого в стране фуражного зерна будет перерабатываться комбикормовой промышленностью, а оставшаяся часть – использоваться для производства комбикормов непосредственно в хозяйствах или на межхозяйственных предприятиях [1, 2]. В связи с этим потребность в смесителях, способных готовить качественные смеси, неизбежно растет [3, 4]. Известные в настоящее время смесители разнообразны по конструкции, принципу действия и способу реализации технологического процесса [1-6]. Однако далеко не все они способны приготовить качественную смесь из сухих компонентов.

Объекты и методы исследования

В ФГОУ ВПО «Пензенской ГСХА» изготовлен смеситель (рис. 1), состоящий из емкости 1, установленной на раме 7, за-

грузного бункера 6 и привода. Внутри емкости размещен вертикальный вал 2, на котором закреплена мешалка 3. Ее лопасти выполнены из прутков круглого сечения и имеют Г-образную форму. Привод смесителя осуществляется от электродвигателя 8 мощностью 1,5 кВт посредством клиноременной передачи 9 [5, 6].

При подаче крутящего момента на вал смесителя начинает вращаться мешалка с лопастями, перемешивая загруженные в емкость смесителя компоненты. Наличие центробежных сил при воздействии лопасти Г-образной формы на компоненты способствует перемещению компонентов смеси по днищу от центра к периферии емкости, а затем вверх по ее стенкам. При определенной высоте насыпи происходит пересыпание корма вновь к центру емкости. При этом компоненты смеси участвуют также и в круговом движении, обеспечивая турбулентный характер движения потоков. После окончания смешивания при открытии заслонки 4 готовая смесь выгружается по лотку 5.

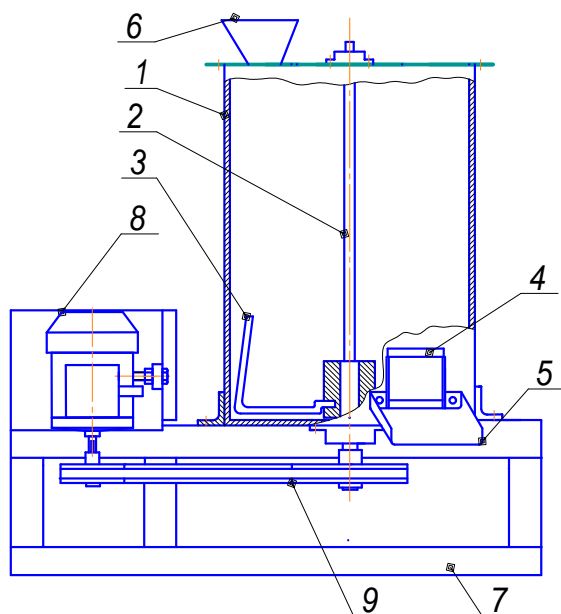


Рис. 1. Схема и общий вид смесителя:
 1 – емкость смесителя; 2 – вертикальный вал;
 3 – мешалка; 4 – заслонка;
 5 – выгрузной лоток;
 6 – загрузочный бункер; 7 – рама;
 8 – электродвигатель мощностью 2,2 кВт;
 9 – клиноремённая передача

Результаты и их обсуждение

Для решения задачи внешнего обтекания тел в условиях перемешивания возможно применение уравнений Навье-Стокса и неразрывности потока. Для решения этой задачи используют теорию подобия.

Критериальное уравнение для мешалок имеет вид:

$$K_N = f(Re_{ц}, Fr_m, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots),$$

или

$$K_N = A \cdot Re_{ц}^m \cdot Fr_m^n \cdot \Gamma_1^p \cdot \Gamma_2^q, \quad (1)$$

где $Re_{ц}$ – циркуляционный критерий Рейнольдса;

Fr_m – критерий Фруда; Γ_1 ,

Γ_2 – симплексы геометрического подобия; численные значения коэффициентов A, m, n, p, q для подобных мешалок устанавливаются экспериментально.

Сила сопротивления движению горизонтальной лопасти от перемещаемого материала определяется:

$$F_{V_{кли}} = (\rho \cdot H_i \cdot k_H \cdot \Delta R \cdot d_l \cdot \sin(\alpha)) \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2)$$

$$\left[g + \frac{2 \cdot (\omega \cdot R_i)^2}{d_l \cdot (\sin(\alpha))^2} + (g \cdot H_i \cdot k_{цТ} + \omega^2 \cdot R_i^2) \right] \cdot \text{tg}(\alpha) \cdot \frac{k_H}{d_l \cdot \sin(\alpha)}, \text{ Н.}$$

Сила сопротивления перемещению горизонтальной лопасти $F_{V_{кли}}$ пропорциональна физико-механическим свойствам (плотности ρ и т.д.) перемещаемого материала, высоте его слоя H_i , диаметру лопасти d_l , а также квадрату угловой скорости ω и радиусу мешалки R_i . В соответствии с этим в критериальную модель (1) кроме критериев Рейнольдса и Фруда вводятся и аналогичные симплексы подобия.

Предлагается дополнительно ввести следующие симплексы геометрического подобия: длины лопастей $L_l, \text{ м} - \Gamma_{L_l} = \frac{D}{L_l}$; диаметра лопастей $- \Gamma_d = \frac{D}{d}$; кинетического режима $- \Gamma_n = \frac{25}{n}$; высоты заложенного материала $H_o, \text{ м} - \Gamma_{\Psi} = \frac{D}{H_o}$.

Для расчета смесителя используется метод расчета (РД 26-01-90-85), основанный на равенстве моментов, создаваемых вращающимися лопастями мешалки и возникающих сопротивлений стенок корпуса аппарата (рис. 2).

Крутящий момент, т.е. момент сил, возникающих при вращении лопастей мешалки, будет уравниваться:

$$M_{кр} = M_{кор} + M_{вн}, \quad (3)$$

где $M_{кор}$, $M_{вн}$ – моменты сил сопротивления, возникающие на стенках корпуса аппарата и внутренних устройствах соответственно, Н·м.

Крутящий момент на валу мешалок:

$$M_{кр} = z_m \cdot \zeta \cdot K_1, \text{ Н·м}, \quad (4)$$

где z_m – количество лопастей, шт.;

K_1 – коэффициент мощности перемешивания;

ζ – коэффициент гидравлического сопротивления, определяемый эмпирически.

Момент сопротивления стенки корпуса:

$$M_{кор} = \frac{\pi \cdot \lambda \cdot \gamma}{2,2 \cdot Re_{ц}^{0,25}} \cdot \Gamma_D^{2,75} \cdot V_{ср}^{1,75}, \text{ Н·м}, \quad (5)$$

где λ – коэффициент сопротивления корпуса аппарата;

$$\lambda = \begin{cases} 0,095 \text{ при } \Gamma_D > 2; \\ \frac{\Gamma_D}{(20,35 \cdot \Gamma_D - 19,1)} \text{ при } \Gamma_D \leq 2; \end{cases}$$

где $\gamma = l \cdot \frac{H}{D} + p$ – параметр высоты заполнения аппарата; ($l=8$ – без перегородок, $p=1$ – для аппарата со свободной поверхностью материала), H – высота заполнения аппарата, м; $\Gamma_D = D/d_m$ – симплекс гидродинамического подобия;

d_m – диаметр мешалки, м;

D – диаметр емкости, м;

V_{cp} – относительная усредненная окружная скорость материала в аппарате, м/с;

$$V_{cp} = \frac{1+0,4\psi_1+0,5\psi_2+1,75\cdot(1+\psi_1+\psi_2)\cdot(\Gamma_D-1)}{2\cdot\Gamma_D}; \quad (6)$$

$$K_1 = (\psi_1 + \psi_2)^2;$$

где ψ_1 и ψ_2 – параметры профиля окружной скорости материала; Значения ψ_1 и ψ_2 связаны соотношением: $\psi_2 = -s_1 - s_2 \cdot \psi_1$, s_1 и s_2 – коэффициенты профиля окружной скорости:

$$S_1 = \frac{7\cdot\Gamma_D-6}{21\cdot\Gamma_D-20} \text{ и } S_2 = \frac{28\cdot\Gamma_D-27}{21\cdot\Gamma_D-20}. \quad (7)$$

Мощность на перемешивание:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5, \text{ Вт}, \quad (8)$$

где ρ – плотность смеси, кг/м³;

n – частота вращения мешалки, с⁻¹.

Критерий мощности перемешивания:

$$K_N = 3,87 \cdot z_M \cdot \zeta \cdot K_1, \quad (9)$$

После экспериментального уточнения показателей уравнение мощности, затрачиваемой на перемешивание сухого корма, имеет вид, Вт:

$$N = A \cdot (R_{ев})^{1,73} \cdot (F_r)^{6,3} \cdot [(\Gamma_\psi - 1,36667)^{0,14} \cdot (\Gamma_d + 94,372)^{0,78} \cdot (\Gamma_L)^{44,81} \cdot (\Gamma_n)^{93,83}], \quad (10)$$

где коэффициент:

$$A = 0,309372 \cdot a \cdot b \cdot [K_n \rho_c \cdot n^3 \cdot d_m^5]; \quad (11)$$

$$a = \frac{1,855049}{3,87} \cdot \left(\frac{1}{\Gamma_u \cdot \Gamma_d} \right)^{1,161}, \quad (12)$$

$$b = (-0,389 + 0,834 \cdot \Gamma_n - 0,009 \Gamma_L + 0,512 \cdot \Gamma_n \cdot \Gamma_L)^{-79,93}.$$

Длительность перемешивания смеси определяется на основе объема смеси, режима смешивания и необходимого количества воздействий лопастей для достижения потребной равномерности смеси [7].

Минимальное количество лопастей мешалки составляет, шт.:

$$z_M = \frac{1}{n \cdot (\tau_{Pi} + \tau_{Ki})} = \frac{2 \cdot \pi}{\omega \cdot (\tau_{Pi} + \tau_{Ki})}. \quad (13)$$

где τ_{Pi} – время полета, с;

τ_{Ki} – время прохождения лопастью длины клина из материала перед лопастью, с; ω – угловая скорость мешалки, рад/с.

$$\tau_{Ki} = \frac{d_l \cdot \sin(\alpha)}{\omega \cdot R_i}, \text{ с}, \quad (14)$$

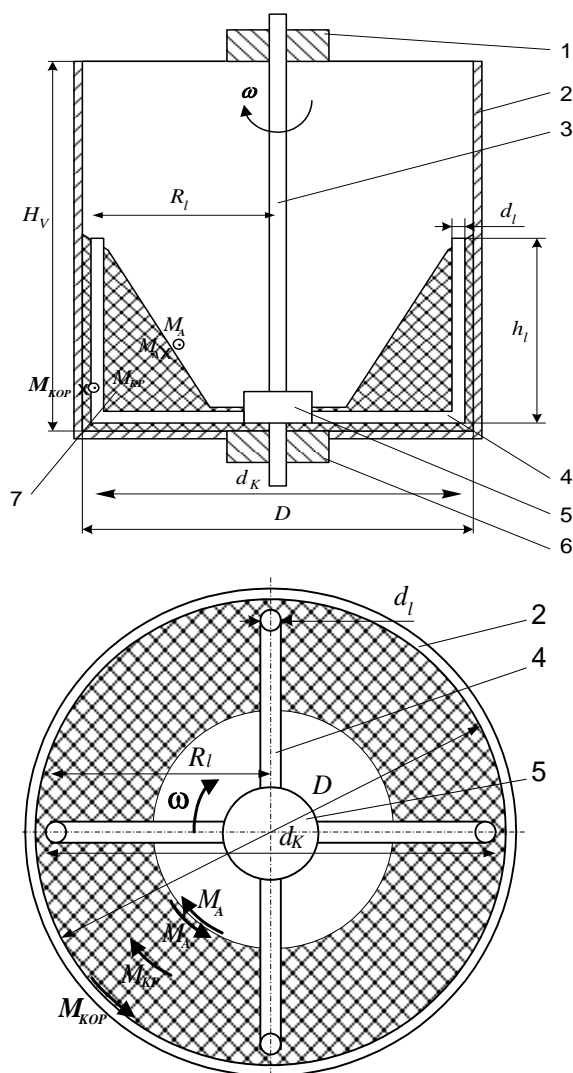


Рис. 2. Схема смесительного аппарата:

- 1 – подшипниковая опора верхняя;
- 2 – емкость смесительная; 3 – вал;
- 4 – лопасть мешалки;
- 5 – втулка крепежная мешалки;
- 6 – подшипниковая опора нижняя;
- 7 – материал смеси

$$\tau_{Pi} = \frac{\omega \cdot R_i}{\left[g + (g \cdot H_i \cdot k_{цт} + \omega^2 \cdot R_i^2) \cdot \text{tg}(\alpha) \cdot \frac{k_H}{\Delta} \right] \cdot \sin(\alpha)} + \sqrt{\frac{2 \cdot (d_l + h_l)}{g - (g \cdot H_i \cdot k_{цт} + \omega^2 \cdot R_i^2) \cdot \text{tg}(\alpha) \cdot \frac{k_H}{\Delta}}}, \text{ с} \quad (15)$$

где R_i – положение центра тяжести рассматриваемого i -го сектора относительно оси вращения вала смесителя, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$k_{ЦТ} = \frac{H_{ЦТi}}{H_i}$ – соотношение высоты центра тяжести поднимаемого сектора $H_{ЦТi}$ относительно всей высоты материала в центре тяжести элементарного сектора, H_i , м;

$k_H = \frac{H_i - \Delta h}{H_i}$ – соотношение высоты слоя поднимаемого материала ($H_i - \Delta h$) относительно всей высоты элементарного сектора.

Минимальная высота смесительной емкости, м:

$$H_c \geq 1,1 \left(H_r + \frac{D \cdot tg(\beta)}{2} \right), \quad (16)$$

где H_r – расчетная высота материала при загрузке в емкость смесителя (из объема загруженной смеси и площади днища), м;

β – угол свода образования воронки, для сухих концентрированных кормов – 33-35°.

На основе полученных аналитических выражений разработана компьютерная программа расчета смесителя на базе математического пакета MathCAD 2001. Погрешность расчетов не превышает 10%.

Библиографический список

1. Коновалов В.В., Щербаков С.И., Дмитриев В.Ф. Механизация технологиче-

ских процессов животноводства: учебное пособие. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.

2. Коновалов В.В., Чугунов А.И., Мирзоянц Ю.А., Калюга В.В., Коновалов В.В. Устройство и технологический расчет оборудования для кормления свиней: учебное пособие. – Пенза: ПГСХА, 1998. – 176 с.

3. Вагин Б.И. Лабораторный практикум по механизации и технологии животноводства: учебное пособие. – Вел. Луки, 2003. – 560 с.

4. Коновалов В.В. Механизация приготовления и раздачи кормов: учебное пособие. – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 190 с.

5. Коновалов В.В. Обоснование технических средств приготовления и выдачи кормов в свиноводстве: монография. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – 314 с.

6. Коновалов В.В., Чупшев А.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок // Нива Поволжья. – 2009. – № 2 (11). – С. 76-81.

7. Коновалов В.В., Чупшев А.В., Терюшков В.П. Определение потребного количества воздействий лопастей на смесь // Научно-технический прогресс в животноводстве: стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г.: сб. тр. 12-й Междунар. науч.-техн. конф., ГНУ ВНИИМЖ. – Подольск, 2009. – Т. 20. – Ч. 3. – С. 107-115.

