

меньшей частоты вращения спирального винта при вертикальном перемещении материала уравнение (13) примет вид:

$$n_{\min} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi)}{r_1 \mu_2}}. \quad (21)$$

Минимальная частота вращения, определенная по формуле (21), при одних и тех же размерах спирально-винтового устройства будет значительно больше частоты вращения, определенной по выражению (13). Так, например, для спирально-винтового погрузчика при $S = D = 0,1$ м и $D_0 = 0,06$ м минимальная частота вращения $n_{\min} = 343$ мин⁻¹.

Результаты исследований процесса вертикального перемещения материала в кожухе с использованием формулы (18) приведены на рисунке 4.

При увеличении частоты вращения спирального винта и изменении его диаметра от 0,05 м до 1 м линейная скорость частицы материала увеличивается.

Полученная критическая частота вращения спирального винта при вертикальном перемещении материала означает, что вертикальные устройства для перемещения материала со спирально-винтовым рабочим органом являются скоростными. Частота вращения такого рабочего органа зависит как от наружного диаметра спирали, так и от внутреннего диаметра границы перемещаемого материала.

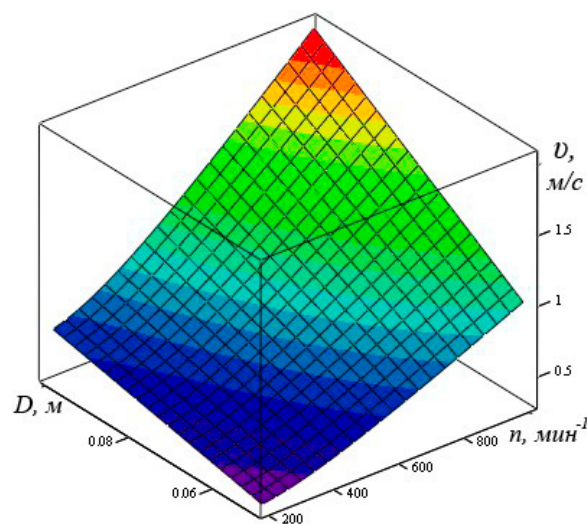


Рис. 4 – Зависимость линейной скорости транспортируемого материала от частоты вращения спирального винта и его диаметра

Библиографический список

1. Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Яиков В.И. Теории шнековых устройств. – Л. Изд-во. Ленингр. ун-та, 1978. – 144 с.
2. Исаев Ю.М. Критические условия перемещения частиц в спирально-винтовом транспортере / Ю.М. Исаев, Н.М. Семашкин, В.А. Злобин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №3, с. 142-143.
3. Гутьяр Е. Я. Элементарная теория вертикального винтового транспортера / Тр МИМЭСХ им. В. М. Молотова. – М.: Машгиз, 1956. – Т. 2. с. 8-12.

УДК 631.363.7

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАСТНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУХИХ СМЕСЕЙ

Коновалов Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор

Чупшев Алексей Владимирович, кандидат технических наук

Терюшков Вячеслав Петрович, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 440014 г.

Пенза, ул. Ботаническая 30, тел. т. 8(412) 628-272

89272868593,

e-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Шабурова Галина Васильевна, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия», 440605, г. Пен-

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

Приведены результаты теоретических исследований рабочего процесса перемешивания компонентов быстроходным смесителем периодического действия. Получены теоретические выражения, позволяющие установить влияние частоты вращения мешалки смесителя и диаметра лопастей на мощность, затрачиваемую на процесс перемешивания. Представлены выражения по определению крутящих моментов и сил, действующих, на мешалку, а также минимальной высоты смесительной емкости.

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 кормов, способных приготавливать 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 из них способны приготовить качественную смесь из сухих компонентов.

В ФГБОУ ВПО «Пензенской ГСХА» изготовлен смеситель (рисунок 1), состоящий из емкости 1, установленной на раме 7, загрузочного бункера 6 и привода. Внутри емкости размещен вертикальный вал 2, на котором закреплена мешалка 3. Лопасти мешалки 3 выполнены из прутков круглого сечения и имеют Г-образную форму. Привод смесителя осуществляется от электродвигателя 8 мощностью 2,2 кВт посредством клиноременной передачи 9 [5, 6].

При передаче 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 открывают заслонку 4, и готовая смесь выгружается по лотку 5.

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

Критериальное уравнение для мешалок имеет следующий вид:

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

или

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

где $Re_{\text{ц}}$ – циркуляционный критерий Рейнольдса; Fr_m – критерий Фруда; Γ_1, Γ_2 – симплексы геометрического подобия; A, n', m', p', q' – коэффициенты, численные значения которых для подобных мешалок устанавливают экспериментально.

Соппротивление движению, H , горизонтальной лопасти от перемещаемого материала,

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

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

где ρ – плотность перемешиваемой смеси, кг/м³; H_i – высота слоя перемещаемого материала, м; $k_H = (H_i - \Delta h)/H_i$ – отношение высоты слоя поднимаемого материала ($H_i - \Delta h$) ко всей высоте элементарного сектора; ΔR – длина элементарного сектора вдоль радиуса мешалки смесителя, м; d_l – диаметр лопасти мешалки, м; α – угол клина, образованный перед лопастью мешалки, град.; φ – угол наклона поверхности материала, град.; g – ускорение сво-

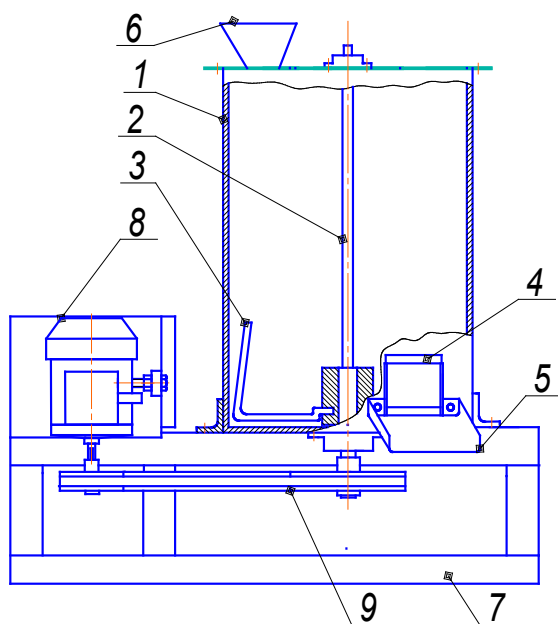


Рис. 1 – Смеситель кормов: а) схема; б) общий вид:

1 – емкость смесителя; 2 – вертикальный вал; 3 – мешалка; 4 – заслонка; 5 – выгрузной лоток; 6 – загрузочный бункер; 7 – рама; 8 – электродвигатель; 9 – клиноремённая передача

бодного падения, м/с^2 ; ω – угловая скорость мешалки, рад./с ; R_i – радиус мешалки смесителя, м ; $k_{\text{цт}}$ – отношение высоты центра тяжести поднимаемого сектора ко всей высоте материала в центре тяжести элементарного сектора.

Сопротивление перемещению горизонтальной лопасти $F_{\text{вкл}}$ пропорционально

физико-механическим свойствам (плотности ρ и т.д.) перемещаемого материала, высоте его слоя H_p , диаметру лопасти d_p , а также квадрату угловой скорости ω и радиусу мешалки R_i . В соответствии с этим, в критериальную модель (формула 1), кроме критериев Рейнольдса и Фруда, вводят и аналогичные симплексы подобия.

Предлагается дополнительно ввести следующие симплексы геометрического подобия: длины лопастей $\Gamma_{Li} = D/L_i$, где D – диаметр емкости, м , L_i – длина лопасти, м ; диаметра лопастей $\Gamma_d = D/d_m$, где d_m – диаметр мешалки, м ; кинетического режима $\Gamma_n = 25/n$, где n – частота вращения мешалки, с^{-1} ; высоты заложенного материала $\Gamma_\psi = D/H$, где H – высота заполнения смесителя материалом, м .

Для расчета смесителя используют метод расчета, основанный на равенстве моментов, создаваемых вращающимися лопастями мешалки и возникающих сопротивлений стенок корпуса аппарата (рисунок 2).

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

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

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

Крутящий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$, на валу мешалок

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

где z_m – количество лопастей, шт.; K_1 – коэффициент мощности перемешивания; ζ – коэффициент гидравлического сопротивления, определяемый эмпирически.

Момент сил сопротивления перемещению материала, $\text{Н}\cdot\text{м}$, возникающих на стенках корпуса аппарата,

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

где λ – коэффициент сопротивления корпуса смесителя,

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

$\gamma = \rho + lH/D$ – параметр, учитывающий высоту заполнения смесителя; ($\rho = 1$ для аппарата со свободной поверхностью материала, $l = 8$ – для смесителя без перегородок), v_{cp} – относительная усредненная окружная скорость материала в смесителе, м/с;

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

$K_1 = (\psi_1 + \psi_2)^2$; где ψ_1 и ψ_2 – параметры (коэффициенты) окружной скорости материала, значения ψ_1 и ψ_2 связаны соотношением: $\psi_2 = -s_1 - s_2\psi_1$, где s_1 и s_2 – коэффициенты 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, Вт, требуемая на перемешивание,

$$N = K_N \rho n^3 d_m^5. \quad (8)$$

Критерий мощности перемешивания:

$$K_N = 3,87 z_m \zeta K_1. \quad (9)$$

После экспериментального уточнения показателей, уравнение мощности, Вт, требуемой для перемешивания сухого корма, приобретает вид:

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

в котором коэффициент

$$A = 0,309372ab[K_N \rho_c n^3 d_m^5], \quad (11)$$

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

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

(12)

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

Минимальное количество лопастей мешалки, 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 частиц материала после воздействия лопасти, с; τ_{Ki} – время прохождения лопастью длины клина, обра-

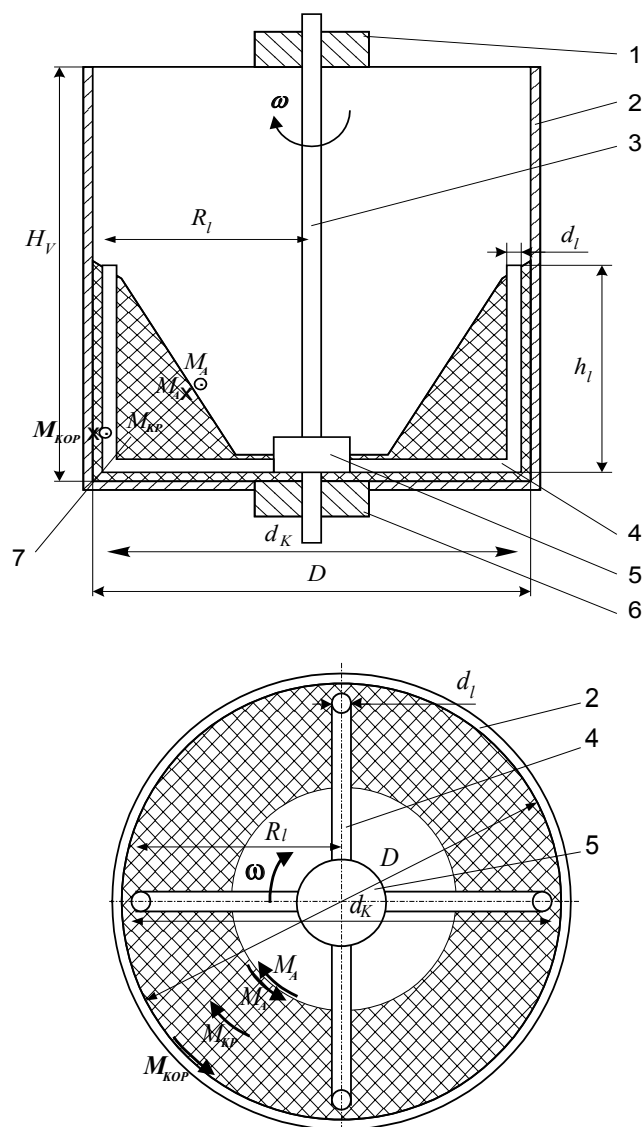


Рис. 2 – Схема расположения элементов конструкции и конструктивных размеров смесителя:

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

зованного материалом перед лопастью, с; ω – угловая скорость мешалки, рад/с.

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

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

где R_i – положение центра тяжести рассматриваемого i -го сектора материала относительно оси вращения вала смесителя, м; $k_{\text{цт}} = H_{\text{цт}}/H_i$ – отношение высоты центра тяжести поднимаемого сектора $H_{\text{цт}}$ ко всей высоте материала в центре тяжести элементарного сектора, H_i , м.

Минимальная высота емкости смесителя, м,

$$H_c \geq 1,1(H_r + 0,5D \operatorname{tg} \beta), \quad (16)$$

где H_r – расчетная высота материала при загрузке в емкость смесителя (определяют, исходя из объема загруженной смеси и площади днища), м; β – угол свода образования воронки, для сухих концентрированных кормов $\beta = 33...35^\circ$.

На основе полученных аналитических выражений разработана компьютерная программа расчета параметров смесителя на базе математического пакета MathCAD 2001. Погрешность расчетов не превышает 10% по сравнению с экспериментальными данными.

Таким образом, полученные выражения позволяют осуществить расчет, как основных конструктивных параметров лопастного смесителя, так и потребляемой мощности на привод его основного рабочего органа.

Библиографический список

1. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В.

Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев - Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.

2. Коновалов, В.В. Устройство и технологический расчет оборудования для кормления свиней. - Пенза: ПГСХА, 1998. – 176 с.

3. Вагин, Б.И. Лабораторный практикум по механизации и технологии животноводства / Б.И. Вагин, А.И. Чугунов, Ю.А. Мирзоянц, В.В. Калюга, В.В. Коновалов - Вел. Луки, 2003. – 560 с.

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

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

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

7. Коновалов, В.В. Определение потребного количества воздействий лопастей на смесь / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, В.П. Терюшков. / Научно-технический прогресс в животноводстве: стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г. - Сб. тр. 12-ой Международной научно-технической конференции, ГНУ ВНИИМЖ, т. 20, ч. 3 - Подольск, 2009. - С. 107-115.

УДК 631.363.258/638.178

ПЕРГА: ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЕЁ ПРОИЗВОДСТВА

Некрашевич Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор;

Мамонов Роман Александрович, кандидат технических наук

Чепик Анатолий Георгиевич, доктор экономических наук, профессор

Торженева Татьяна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент

Коваленко Михаил Валерьевич, аспирант ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВПО РГАТУ).

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1. Тел.: 8 (4912) 35 08 87 tamonov.agrotexnol@yandex.ru

Ключевые слова: перга, скарификатор, сушилка, агрегат для извлечения перги, за-