



004603524

На правах рукописи

Сахаров

Сахаров Сергей Евгеньевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ
ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ
С РАЗРАБОТКОЙ СМЕСИТЕЛЯ
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ
ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА**

Специальность: 05.20.01 – технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

1 0 ИЮН 2010

Рязань 2010

Работа выполнена на кафедре «Техническая механика» в ФГОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева»

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент Колобов М.Ю.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Курочкин А.А.

кандидат технических наук, доцент Лузгин Н.Е.

Ведущая организация: ГНУ Ивановский НИИ сельского хозяйства

Защита состоится «23» ИЮНЯ 2010 г. в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.02 при ФГОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени профессора П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени профессора П.А. Костычева».

Объявление о защите и автореферат размещены на сайте ФГОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» www.rgafu.ru в разделе «Новости».

Автореферат разослан «19» ИЮНЯ 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



А.В. Шемякин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время большое внимание уделяется повышению эффективности производства и улучшению качества продукции на основе всесторонней интенсификации технологических процессов и создания нового высокопроизводительного оборудования.

В организации научно-обоснованного кормления сельскохозяйственных животных большое значение придается комбикормам. Практика показала, что при использовании полнорационных комбикормов можно значительно увеличить производство молока, мяса, яиц и других продуктов животноводства при одновременном снижении затрат кормов на их производство.

Смешивание компонентов – один из основных процессов производства комбикормов. Однородность состава обеспечивает одинаковую питательную ценность комбикорма во всех частях его объема. Для приготовления комбикормов используются машины – смесители.

Автоматизированные комбикормовые агрегаты предназначены для производства в сельскохозяйственных производственных кооперативах полнорационных рассыпных комбикормов из собственного фуражного зерна и покупных белково-витаминных добавок.

Смесители непрерывного действия в конкретных условиях имеют целый ряд преимуществ по сравнению со смесителями периодического действия: они легче поддаются автоматизации и управлению, характеризуются большей эффективностью, смесь получается более однородной по составу и высокого качества.

В отличие от процессов периодического смешивания, где основной целью является достижение однородности смеси в объеме, главная задача процессов непрерывного смешивания – достижение однородной по времени смеси на выходе из смесителя. Они призваны подавить случайные или регулярные вариации массопотоков смешиваемых компонентов на входе в смеситель.

Моделирование процесса смешивания позволяет оптимизировать конструктивные и технологические параметры работы смесительного оборудования.

Совершенствование и исследование технологических способов смесеприготовления на базе теоретических и экспериментальных исследований является актуальной задачей, представляющей научный и практический интерес для перерабатывающей промышленности агропромышленного комплекса.

Работа выполнялась в рамках межведомственной координационной программы на 2006-2010 годы «Научные основы формирования и функционирования эффективного агропромышленного производства» (распоряжение РАСХН № 22-16 от 17.06.02 г.), программы «Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного

комплекса Российской Федерации на период до 2025 года» (приказ Минсельхоза России № 342 от 25.06.07 г.).

Цель работы - повышение эффективности технологии приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов путем разработки смесителя непрерывного действия гравитационного типа, позволяющего получать качественные кормосмеси с минимальными энергозатратами в условиях сельскохозяйственного производства.

Объект исследований - технологический процесс смешивания целого и измельченного фуражного зерна с использованием смесителя непрерывного действия гравитационного типа.

Предмет исследований - установление закономерностей процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов.

Методика исследований. Общая методика исследований предусматривала разработку теоретических предпосылок, их экспериментальную проверку в лабораторных и производственных условиях, и экономическую оценку результатов исследований.

Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений, законов и методов классической механики, математики и статистики.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях на основе общепринятых методик и частных методик, разработанных автором, а также с использованием теории планирования многофакторного эксперимента. Основные расчеты и обработка результатов экспериментов выполнялись с использованием ЭВМ.

Научная новизна - предложена технология приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов, включающая накопление компонентов, их дозирование, измельчение и смешивание; разработаны теоретические положения по обоснованию конструктивных параметров смесителя непрерывного действия гравитационного типа; разработана математическая модель процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов, позволяющая определить оптимальные режимы работы смесителя.

Новизна предложенного технологического и технического решения подтверждена патентом РФ на полезную модель № 71861 «Установка для приготовления комбикормов» и патентом РФ на изобретение № 2336122 «Смеситель».

Практическая ценность работы и реализация результатов исследований. Разработанные технология и смеситель позволяют осуществлять приготовление кормосмесей из фуражного зерна при минимальных энергозатратах на процесс смешивания. Смеситель непрерывного действия гравитационного типа испытан и внедрен в ЗАО ПО «Русь» Ивановского района и ГУП ОПХ «Васильевское» Шуйского района Ивановской области.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ивановской ГСХА в 2000-2010 гг.; 57-й Международной

научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» Костромской ГСХА, 2006 г.; Международной научной конференции «Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием» Ивановского ГХТУ, 2007 г.; 10-й Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в животноводстве – машинно-технологическая модернизация отрасли» Москва-Подольск, 2007 г.

Автор защищает:

- 1) технологию приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов с разработкой смесителя непрерывного действия гравитационного типа;
- 2) теоретические положения по обоснованию конструктивных параметров смесителя;
- 3) математическую модель процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов в смесителе непрерывного действия, позволяющую определить оптимальные режимы его работы;
- 4) результаты экспериментальных исследований параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия гравитационного типа в лабораторных условиях;
- 5) результаты производственной проверки разработанного смесителя и экономическую эффективность от его внедрения.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов и предложений, списка литературы (122 наименований) и приложений. Работа изложена на 133 страницах, содержит 39 рисунков, 6 таблиц и 11 графиков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель исследования, указана научная новизна и практическая ценность работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе изучено состояние вопроса, дан анализ технологий приготовления комбикормов, конструкций используемых смесителей. Рассмотрены вопросы моделирования процесса смешивания, методов оценки качества смесей.

Теоретические основы смешивания, а также разработки средств механизации приготовления кормовых смесей изложены в работах: А.М. Григорьева, Г.М. Кукты, Ю.И. Макарова, А.А. Александровского, С.В. Мельникова, С.А. Соловьёва, В.И. Сыроватки, И.Я. Федоренко, П.И. Огородникова, А.П. Ивановой, В.Н. Иванца, А.И. Завражного, В.Ф. Хлыстунова и других исследователей.

На основании анализа научных работ сформулирована цель диссертационной работы и поставлены задачи исследования:

1) разработать технологию приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов с использованием смесителя непрерывного действия гравитационного типа;

2) разработать теоретические положения по обоснованию конструктивных параметров смесителя;

3) разработать математическую модель процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов в смесителе непрерывного действия, позволяющую определить оптимальные режимы его работы;

4) провести экспериментальные исследования параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия гравитационного типа в лабораторных условиях;

5) оценить результаты производственной проверки разработанного смесителя и экономическую эффективность от его внедрения.

Во втором разделе представлены конструкторско-технологическая схема установки для приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов, конструкторско-технологическая схема предлагаемого смесителя и описан принцип действия машины; приведены теоретические исследования, в результате которых получены аналитические зависимости для расчета основных конструктивных и технологических параметров смесителя непрерывного действия гравитационного типа.

Конструкторско-технологическая схема установки для приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов представлена на рисунке 1.

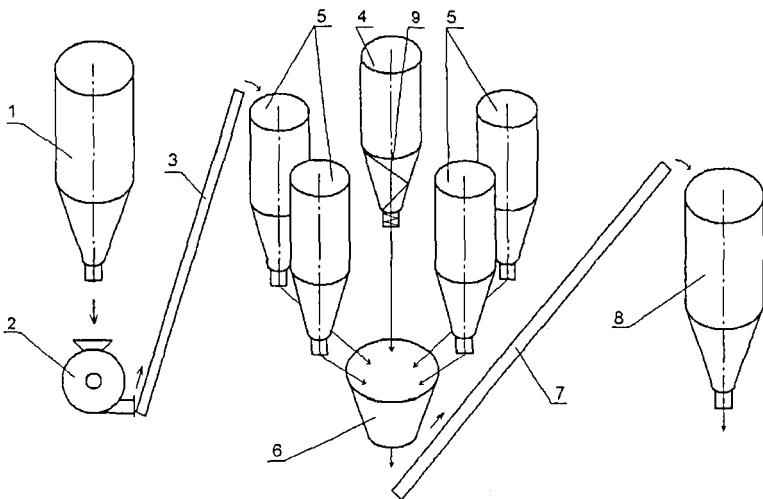


Рисунок 1. Установка для приготовления комбикормов

Установка включает загрузочный бункер 1, измельчитель 2, транспортер 3, центральный бункер-дозатор 4 с вертикальным шнеком 9, бункеры-дозаторы 5, конусный смеситель 6, транспортер 7, бункер-накопитель 8. Бункеры-дозаторы 5 изготовлены цилиндрической формы и расположены по окружности с целью сокращения протяженности транспортных путей до смесителя 6, снижения металлоемкости установки и энергоемкости процесса приготовления комбикормов. Центральный бункер-дозатор 4 оснащен вертикальным шнеком 9 с постоянным шагом витка в нижней цилиндрической части и одним-двумя витками в конической части, что исключает возникновение застойных зон и способствует более равномерной подаче материала в смеситель.

Поданный через загрузочный бункер 1 определенный компонент комбикорма в измельчитель 2 измельчается и подается транспортером 3 в один из бункеров-дозаторов, после этого аналогичным образом или без измельчения заполняются другие бункеры-дозаторы компонентами комбикорма. После этого включаются дозирующие устройства бункеров-дозаторов 4 и 5 с учетом состава комбикорма. Компоненты комбикорма поступают в конусный смеситель 6, смешиваются и транспортером 7 подаются в бункер-накопитель 8.

Установка для приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов содержит разработанный смеситель непрерывного действия гравитационного типа (рис. 2).

Смеситель работает следующим образом. Материалы, которые необходимо смешать, дозируются в загрузочный конус 1. Далее поток материалов поступает на направляющий конус 3. Сформировавшийся круговой поток материалов попадает под поток воздуха создаваемого диском с лопатками 9. За счет лопаток диска между защитным кожухом 11 и корпусом смесителя 8 создается закрученный поток материала и начинается его смешивание по площади поперечного сечения. Сухие микродобавки (при необходимости) поступают через центральный загрузочный патрубок 2 на вращающийся диск с лопатками. Окончательное перемешивание происходит за счет лопаток 12, закрепленных на свободно подвешенной оси 13.

Для определения количества лопаток на диске смесителя рассмотрим движение частицы материала по поверхности диска.

Материал попадает на равномерно вращающийся диск без начальной относительной скорости. Для определения траектории движения частицы материала по поверхности диска используем динамическую теорему Кориолиса.

$$m\bar{a}_r = \bar{P} + \bar{N} + \bar{F}_{тр} + \bar{\Phi}_c + \bar{\Phi}_k, \quad (1)$$

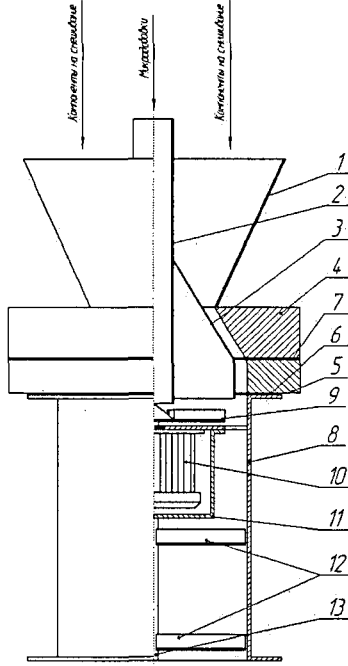
где m – масса частицы материала, кг;

a_r – ускорение частицы материала в относительном движении, m/c^2 ;

P – сила тяжести, Н;

N – нормальная составляющая опорной реакции, Н;

$F_{тр}$ – сила трения частицы материала о поверхность диска, Н;



- 1 – конус загрузочный; 2 – патрубок загрузочный; 3 – конус направляющий;
 4 – крышка; 5 – корпус; 6,7 – прокладка; 8 – корпус смесителя;
 9 – диск с лопатками; 10 – электродвигатель; 11 – кожух защитный;
 12 – лопатки направляющие; 13 – ось
 Рисунок 2. Смеситель непрерывного действия

Φ_e – переносная центробежная сила инерции, Н;

Φ_k – кориолисова сила инерции, Н.

Спроецируем векторное уравнение (1) на оси координат:

$$\begin{cases} mx'' = \Phi_k - F_{тр} \\ my'' = \Phi_e - F_{тр} \\ mz'' = P - N \end{cases} \quad (2)$$

$$z'' = 0 \rightarrow N = P = mg,$$

Тогда

$$\begin{cases} mx'' = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot y' - f \cdot m \cdot g \\ my'' = m \cdot \omega^2 \cdot y - f \cdot m \cdot g \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x'' = 2 \cdot \omega \cdot y' - f \cdot g \\ y'' = \omega^2 \cdot y - f \cdot g \end{cases} \quad (4)$$

Сделав ряд преобразований, получим законы движения частицы материала вдоль координатных осей:

$$\begin{cases} x = \left(y_0 - \frac{f \cdot g}{\omega^2} \right) \cdot (e^{\omega t} - e^{-\omega t}) + \frac{f \cdot g}{2 \cdot \omega} \cdot (4 \cdot t - \omega \cdot t^2) - 2 \cdot \omega \cdot y_0 \cdot t \\ y = \left(\frac{y_0}{2} - \frac{f \cdot g}{2 \cdot \omega^2} \right) \cdot (e^{\omega t} + e^{-\omega t}) + \frac{f \cdot g}{\omega^2} \end{cases} \quad (5)$$

Полученные численные значения величин x и y позволили построить траекторию движения частицы (рис. 3), попадающей на поверхность диска.

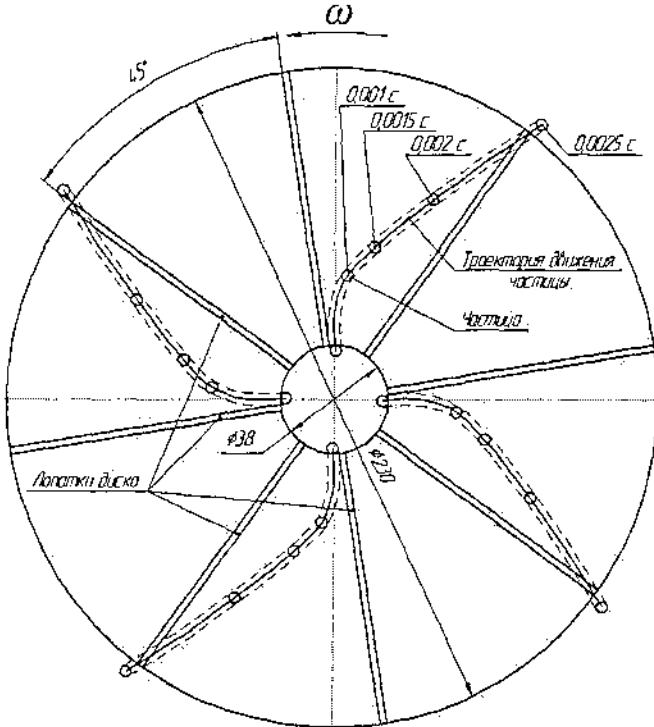


Рисунок 3. Траектория движения частицы материала по поверхности диска

Траектория движения частицы материала по поверхности диска показана таким образом, что край движущейся частицы касается уходящей лопатки и продолжает движение до момента встречи с набгающей лопаткой. Диаметр диска – 230 мм. Количество лопаток на диске смесителя определяется из условия отсутствия проскока частиц (8 лопаток). Высота лопатки должна быть больше максимального размера частицы материала поступающего на диск, принята равной 10 мм.

Для разработки конструктивных параметров смесителя необходимо знать его производительность. Движение материала в зоне загрузки по наклонным плоскостям (поз. 1 и 3 рис. 1) в смесителе непрерывного действия схематично показано на рисунке 4.

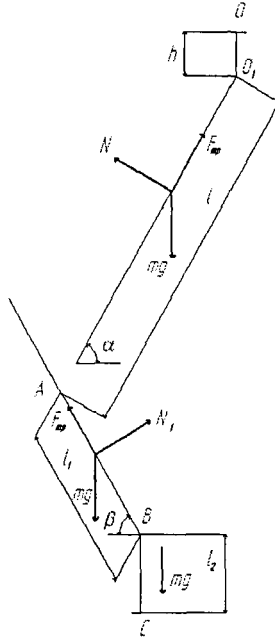


Рисунок 4. Схема движения материала в смесителе

Для определения скорости частиц в точках А, В и С применим теорему об изменении кинетической энергии точки:

$$\frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2} = \sum A_k, \quad (6)$$

где $\frac{m \cdot V^2}{2}$ - конечная кинетическая энергия частицы, Дж;

$\frac{m \cdot V_0^2}{2}$ - начальная кинетическая энергия частицы, Дж;

$\sum A_k$ - сумма работ всех сил, действующих на частицу, Дж.

Участок ОА:

$$\frac{m \cdot V_A^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2} = \sum A_k, \quad (7)$$

$V_0 = 0$

$$A(mg) = mg \cdot (h + l \cdot \sin \alpha) \quad (8)$$

$$A(N) = 0$$

$$A(F_{\text{тр}}) = F_{\text{тр}} \cdot l \cdot \cos 180^\circ = -f \cdot N \cdot l = -f \cdot mg \cdot \cos \alpha \cdot l \quad (9)$$

$$\sum A_k = mg \cdot (h + l \cdot \sin \alpha - f \cdot l \cdot \cos \alpha) \quad (10)$$

Подставим полученные результаты в уравнение (7):

$$\frac{m \cdot V_A^2}{2} = mg(h + l \cdot \sin \alpha - f \cdot l \cdot \cos \alpha) \quad (11)$$

$$V_A = \sqrt{2g[h + l(\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)]} \quad (12)$$

Участок АВ:

$$\frac{m \cdot V_B^2}{2} - \frac{m \cdot U_A^2}{2} = \sum A_k \quad (13)$$

Для определения скорости U_A рассмотрим удар частицы о неподвижную поверхность (рис. 5).

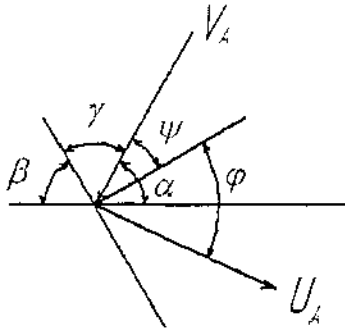


Рисунок 5. Схема для определения угла отражения φ

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta$$

$$\psi = 90^\circ - \gamma$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{k_s} \operatorname{tg} \psi$$

где k_s – коэффициент восстановления при ударе, экспериментально определен и равен 0,4.

$$V_A \cdot \sin \psi = U_A \cdot \sin \varphi, \rightarrow U_A = \frac{V_A \cdot \sin \psi}{\sin \varphi} \quad (14)$$

$$A(mg) = mg \cdot l_1 \cdot \sin \beta \quad (15)$$

$$A(N) = 0$$

$$A(F_{\text{тр}}) = F_{\text{тр}} \cdot l_1 \cdot \cos 180^\circ = -f \cdot N_1 \cdot l_1 = -f \cdot mg \cdot \cos \beta \cdot l_1 \quad (16)$$

$$\sum A_k = mg \cdot l_1 (\sin \beta - f \cdot \cos \beta) \quad (17)$$

Подставим полученные результаты в уравнение (13):

$$\frac{m \cdot V_B^2}{2} - \frac{m \cdot U_A^2}{2} = mg \cdot l_1 (\sin \beta - f \cdot \cos \beta) \quad (18)$$

$$V_B = \sqrt{2g \cdot l_1 (\sin \beta - f \cdot \cos \beta) + U_A^2} \quad (19)$$

Участок BC:

$$\frac{m \cdot V_C^2}{2} - \frac{m \cdot V_B^2 \cdot \sin^2 \beta}{2} = \sum A_x \cdot \quad (20)$$

$$A(mg) = mg \cdot l_2 \quad (21)$$

$$\frac{m \cdot V_C^2}{2} - \frac{m \cdot V_B^2 \cdot \sin^2 \beta}{2} = mg \cdot l_2 \quad (22)$$

$$V_C = \sqrt{2g \cdot l_2 + V_B^2 \cdot \sin^2 \beta} \quad (23)$$

Производительность смесителя непрерывного действия определим по формуле

$$Q = V_C \cdot S \cdot \rho = \sqrt{2g \cdot l_2 + \left\{ 2g \cdot l_1 \cdot (\sin \beta - f \cdot \cos \beta) + 2g[h + l \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)] \cdot \left(\frac{\sin \varphi}{\sin \varphi} \right) \right\} \sin^2 \beta} \cdot S \cdot \rho \quad (24)$$

где V_C – скорость материала на выходе из смесителя, м/с;

S – площадь поверхности монослоя материала в цилиндрической части смесителя, м²;

ρ – плотность материала, кг/м³.

Получены конструктивные параметры машины: диаметр основания направляющего конуса – 250 мм, длина наклонной поверхности направляющего конуса – 206 мм, диаметр основания загрузочного конуса – 145 мм, длина наклонной поверхности направляющего конуса – 273 мм. Производительность смесителя непрерывного действия с расчетными параметрами составит до 3 т/час.

Проведен расчет мощности, затрачиваемой на процесс смешивания в разработанном смесителе.

Мощность, затрачиваемая на процесс смешивания за счет создания воздушного турбулентного потока диском с лопатками, составит:

$$N_{\Sigma} = N_d + N_{тр} + N_{сж} + N_{\Sigma} \quad (25)$$

где N_d – мощность, затрачиваемая на холостой ход двигателя, $N_d = 100$ Вт, значение получено опытным путём при помощи измерительного комплекта К – 505;

$N_{тр}$ – мощность, затрачиваемая на трение диска о воздух, Вт;

$N_{сж}$ – мощность, затрачиваемая на сжатие воздуха, Вт;

$N_{\text{зв}}$ – мощность, затрачиваемая лопатками диска на создание кинетической энергии потока воздуха, Вт.

Мощность, затрачиваемую на трение диска о воздух определим по формуле:

$$N_{\text{т}} = k_p \cdot \left(\frac{V_c}{100} \right)^3 \cdot D_d^2 \cdot \rho, \quad (26)$$

где k_p – коэффициент, зависящий от критерия Рейнольдса;

V_c – переносная скорость периферии диска, м/с;

D_d – диаметр диска, м;

ρ_a – плотность воздуха, $\rho_a = 1,293 \text{ кг/м}^3$.

Мощность (Вт), затрачиваемую на сжатие воздуха, определим:

$$N_{\text{сж}} = \frac{E}{t} \quad (27)$$

где E – энергия политропного сжатия воздуха, Дж;

t – время движения воздуха по лопатке, с.

Мощность, затрачиваемую лопатками диска на создание кинетической энергии потока воздуха, определим:

$$N_{\text{кв}} = m_{\text{м}} \cdot (V_1^2 + V_2^2) \quad (28)$$

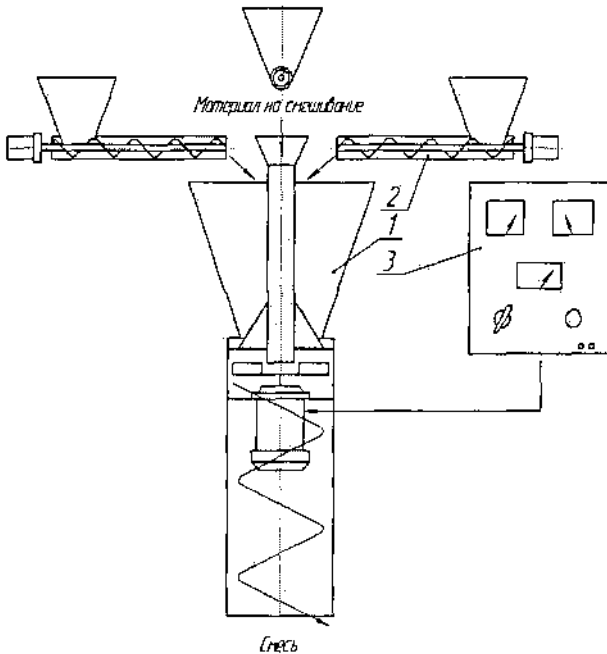
По результатам расчётов мощность, затрачиваемая на процесс смешивания, составила 189,74 Вт.

В третьем разделе представлены программа и методика экспериментальных исследований.

Программа предусматривает решение следующих основных вопросов: получение математической модели процесса смешивания материалов в смесителе непрерывного действия; оценку влияния конструктивных и режимных параметров предлагаемого смесителя на коэффициент неоднородности смеси; определение степени соответствия теоретических предположений данным, полученным экспериментальным путем.

Экспериментальные исследования процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов проводились на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 6.

На сварной раме смонтирован корпус смесителя 1. Материалы на смешивание подаются в смеситель 1 при помощи шнековых дозаторов 2. Шнеки приводятся во вращение посредством клиноременной передачи от электродвигателей. Число оборотов шнеков изменялось путем соответствующего набора шкивов на валу электродвигателей. Чтобы обеспечить более высокую турбулентность движения материалов и интенсивность их продольного перемешивания в конструкции смесителя установлен диск с лопатками, частота вращения которого регулируется посредством блока питания 3. Полученная смесь выгружалась через патрубок смесителя в сборник готового продукта.



1 – смеситель; 2 – дозатор шнековый; 3 – блок питания
Рисунок 6. Схема лабораторной установки по смешиванию зерновых компонентов комбикормов

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных исследований по смешиванию зерновых компонентов комбикормов (пшеница, ячмень, овес) в разработанном смесителе непрерывного действия (рис. 2).

По результатам однофакторных исследований были определены интервалы и уровни варьирования факторов и реализована матрица плана эксперимента 3^3 . В качестве независимых переменных использовались: X_1 – производительность смесителя, кг/ч; X_2 – частота вращения диска, мин^{-1} ; X_3 – высота выгрузки, мм. В качестве критерия оптимизации выбран: Y_1 – коэффициент неоднородности.

Были получены математические модели процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов в смесителе непрерывного действия:
– зерно целое:

$$Y_1 = 5,78189 + 1,14083X_1 + 0,44237X_1^2 - 1,63X_2 + 0,53592X_2^2 + 1,00833X_3 + 1,35072X_3^2 \quad (29)$$

– зерно дробленое (фракция 1-2 мм):

$$Y_1 = 5,19177 + 0,44575X_1 + 0,10671X_1^2 - 1,3634X_2 + 0,52617X_2^2 + 0,98116X_3 + 1,12973X_3^2 \quad (30)$$

После преобразования математических моделей (29-30) были получены функции отклика в натуральных значениях факторов:

– зерно целое:

$$Y_1' = 19,27320695 - 0,00605366Q + 0,00000708Q^2 - 0,00242276n + 0,00000013n^2 - 0,03300499h + 0,00007992h^2 \quad (31)$$

– зерно дробленое (фракция 1-2 мм):

$$Y_1' = 16,0628435 - 0,00077804Q + 0,00000171Q^2 - 0,00226021n + 0,00000013n^2 - 0,02654506h + 0,00006685h^2 \quad (32)$$

В уравнениях (31 – 32) принято:

Q – производительность смесителя, кг/ч;

n – частота вращения диска, мин⁻¹;

h – высота выгрузки, мм.

Графическое изображение некоторых поверхностей откликов показано на рисунках 7-8.

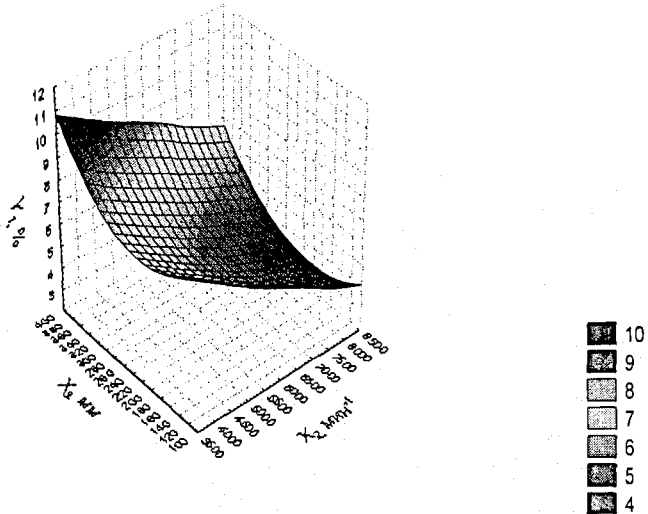


Рисунок 7. Зависимость коэффициента неоднородности (Y_1) от частоты вращения диска (X_2) и высоты выгрузки (X_3) (при производительности смесителя $X_1 = 500$ кг/ч, зерно целое)

На рисунках 7-8 показаны примеры зависимостей коэффициента неоднородности (Y_1) от производительности смесителя (X_1), частоты вращения диска (X_2), высоты выгрузки (X_3). Наибольшее влияние на коэффициент неоднородности оказывает производительность смесителя и частота вращения диска, меньшее – высота выгрузки.

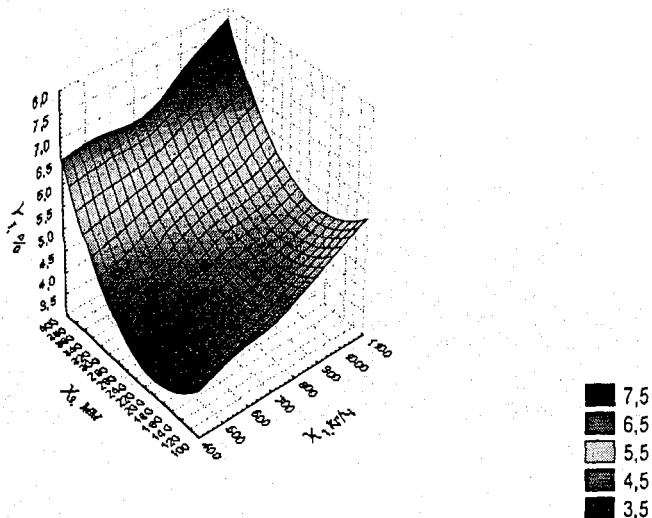


Рисунок 8. Зависимость коэффициента неоднородности (Y_1) от производительности смесителя (X_1) и высоты выгрузки (X_3) (при частоте вращения диска $X_2 = 8000 \text{ мин}^{-1}$, зерно дробленое)

При повышении производительности от 500 кг/ч до 1000 кг/ч коэффициент неоднородности изменяется от 3,88% ($X_2 = 8000 \text{ мин}^{-1}$, $X_3 = 255 \text{ мм}$) до 11,97% ($X_2 = 4000 \text{ мин}^{-1}$, $X_3 = 385 \text{ мм}$). С увеличением частоты вращения диска от 4000 мин^{-1} до 8000 мин^{-1} коэффициент неоднородности изменяется от 7,03% до 3,88% ($X_1 = 1000 \text{ кг/ч}$, $X_3 = 255 \text{ мм}$). Наименьший коэффициент неоднородности получается при высоте выгрузки 255 мм – 3,88% ($X_1 = 500 \text{ кг/ч}$), 4,93% ($X_1 = 750 \text{ кг/ч}$), 6,18% ($X_1 = 1000 \text{ кг/ч}$) при частоты вращения диска 8000 мин^{-1} . При смешивании измельченного зерна коэффициент неоднородности снижается до 20% по сравнению с коэффициентом неоднородности при смешивании целого зерна.

Анализ полученных моделей (29-30) и поверхностей откликов позволяет рекомендовать следующие оптимальные параметры смешивания зерновых культур: $X_1 = 500 \text{ кг/ч}$, $X_2 = 8000 \text{ мин}^{-1}$, $X_3 = 255 \text{ мм}$ (коэффициент неоднородности не превышает 4 %).

В пятом разделе проведено исследование процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов в производственных условиях. Показаны результаты внедрения и определена экономическая эффективность предлагаемого смесителя.

Производственные испытания разработанного смесителя проведены в ЗАО ПО «Русь» Ивановского района, ГУП ОПХ «Васильевское» Шуйского района Ивановской области. Установлено, что при производительности

смесителя 1 т/ч энергоёмкость процесса смешивания составила 0,2 кВт·ч/т, коэффициент неоднородности приготовленной смеси – 8,7%.

Таким образом, исследования показали, что предлагаемый смеситель позволяет эффективно реализовать процесс приготовления смесей зерновых компонентов комбикормов.

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что по технико-экономическим показателям предлагаемый смеситель имеет преимущество по сравнению с выпускаемым промышленностью смесителем А9-ДСГ-0,2.

Таблица 1 – Сравнительные технико-экономические показатели существующего и разработанного смесителей

Показатели	Смесители	
	А9-ДСГ-0,2	Предлагаемый
Производительность, т/ч	2,4	до 2
Установленная мощность, кВт	3,0	0,8
Масса машин, кг	520	60
Затраты труда, чел·ч/т	0,83	1,0
Удельная энергоёмкость (по номинальной мощности электродвигателей), кВт·ч/т	1,25	0,4
Удельная металлоёмкость, кг·ч/т	217	30

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Предложена технология для приготовления комбикормов на животноводческих фермах и комплексах, содержащая: загрузочный бункер, измельчитель, транспортеры, бункеры-дозаторы, смеситель непрерывного действия, бункер-накопитель.

Установка позволяет повысить компактность расположения оборудования (за счёт сокращения транспортных путей) и снизить энергоёмкость процесса приготовления комбикормов.

2. Разработаны теоретические положения по обоснованию конструктивно-технологических параметров смесителя непрерывного действия гравитационного типа.

Получены конструктивные параметры машины: диаметр основания направляющего конуса – 250 мм, длина наклонной поверхности направляющего конуса – 206 мм, диаметр основания загрузочного конуса – 145 мм, длина наклонной поверхности направляющего конуса – 273 мм, углы наклона конических поверхностей смесителя – 60°, диаметр диска – 230 мм, количество лопаток на диске смесителя – 8.

3. Получена расчетная мощность на процесс смешивания в разработанном смесителе за счет создания воздушного турбулентного потока диском с лопатками – 189,74 Вт. Экспериментальная мощность составила 197 Вт, погрешность – 3,7%.

4. На основании теоретических предпосылок и экспериментальных исследований разработан смеситель непрерывного действия гравитационного типа для смешивания зерновых компонентов комбикормов, состоящий из загрузочного конуса, направляющего конуса, центрального загрузочного патрубка, корпуса, диска с лопатками.

5. Получены математические модели процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов для целого и дробленого зерна в смесителе непрерывного действия, позволяющие определить оптимальные режимы его работы. Наибольшее влияние на коэффициент неоднородности оказывает производительность смесителя и частота вращения диска, меньшее – высота выгрузки. При повышении производительности от 500 кг/ч до 1000 кг/ч коэффициент неоднородности изменяется от 3,88% ($n = 8000 \text{ мин}^{-1}$, $h = 255 \text{ мм}$) до 11,97% ($n = 4000 \text{ мин}^{-1}$, $h = 385 \text{ мм}$). С увеличением частоты вращения диска от 4000 мин^{-1} до 8000 мин^{-1} коэффициент неоднородности изменяется от 7,03% до 3,88% ($Q = 1000 \text{ кг/ч}$, $h = 255 \text{ мм}$). Наименьший коэффициент неоднородности получается при высоте выгрузки 255 мм – 3,88% ($Q = 500 \text{ кг/ч}$), 4,93% ($Q = 750 \text{ кг/ч}$), 6,18% ($Q = 1000 \text{ кг/ч}$) при частоте вращения диска 8000 мин^{-1} . При смешивании измельченного зерна коэффициент неоднородности снижается до 20% по сравнению с коэффициентом неоднородности при смешивании целого зерна.

Анализ полученных моделей и поверхностей откликов позволяет рекомендовать следующие оптимальные параметры смешивания зерновых культур: производительность смесителя 500 кг/ч, частота вращения диска 8000 мин^{-1} , высота выгрузки 255 мм (коэффициент неоднородности не превышает 4 %).

6. Производственные исследования показали, что разработанный смеситель позволяет получать смеси зерновых компонентов комбикормов, при производительности смесителя 1 т/ч энергоемкость процесса смешивания составила 0,2 кВт·ч/т, коэффициент неоднородности приготовленной смеси – 8,7%.

Годовой экономический эффект от применения смесителя составил в ЗАО ПО «Русь» – 22951 рубль, ГУП ОПХ «Васильевское» – 20164 рубля.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

- в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Баусов А.М. Установка для приготовления комбикормов // Техника в сельском хозяйстве. – Москва, 2008. – № 3. – С. 14-15;

2. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е. Смеситель кормов // Техника в сельском хозяйстве. – Москва, 2008. – № 6. – С. 47-48;

- в других научных изданиях:

3. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е. Измельчитель для переработки зерна // Итоговая научно-практическая конференция "Научные достижения – развитию агропромышленного комплекса", посвященная 70-летию ИГСХА. Сборник статей. – Иваново, 2000. – С. 186-188.;

4. Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Колобов М.Ю., Сизов А.П. Организация участка по приготовлению сухих кормов // "Проблемы и перспективы развития сельскохозяйственной науки и АПК в современных условиях". Материалы научно-практической конференции – ФГОУ ВПО "Ивановская государственная сельскохозяйственная академия". – Иваново, 2004. – С. 193;

5. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Колобова В.В., Сахаров С.Е., Сизов А.П. Ударные мельницы для переработки зерна // Вестник научно-промышленного общества. Вып. 7. – М.: Изд-во "АЛЕВ-В", 2004. – С. 24-27;

6. Сахаров С.Е., Колобов М.Ю. Участок по приготовлению кормов // "Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: материалы 57-й международной научно-практической конференции". – Кострома: КГСХА, 2006. – С. 104-105;

7. Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Колобов М.Ю. Смеситель // Международная научно-методическая конференция "Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса". Сборник статей. – Иваново, 2007. – С. 142-144;

8. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Абалихин А.М., Сизов А.П., Баусов А.М. Разработка оборудования для приготовления комбикормов // 10-я Международная научно-практическая конференция "Научно-технический прогресс в животноводстве – машинно-технологическая модернизация отрасли". Сборник научных трудов, том 17, часть 3. – Подольск, 2007. – С. 99-106;

9. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Абалихин А.М. Оборудование для обработки дисперсных материалов // Международная научная конференция "Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием". Сборник трудов. Том II. – Иваново, 2007. – С. 13-15;

10. Сахаров С.Е., Колобов М.Ю., Колобова В.В. Расчет производительности смесителя непрерывного действия // "Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-методической конференции". Т. II. – Иваново, 2009. – С. 106-107;

11. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е. Смеситель кормов // "Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-методической конференции". Т. II. – Иваново, 2009. – С. 90-91;

12. Колобова В.В., Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Боброва Н.В. Определение необходимого количества лопаток на диске смесителя непрерывного действия // "Актуальные проблемы и перспективы развития

агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-методической конференции". Т. II. – Иваново, 2010. – 238 с., С. 192-194.

13. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е. Смешивание зерновых компонентов комбикормов // "Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-методической конференции". Т. II. – Иваново, 2010. – 238 с., С. 191-192.

14. Сахаров С.Е., Боброва Н.В., Колобова В.В., Колобов М.Ю., Лапшин В.Б. Определение необходимого количества лопаток на диске смесителя непрерывного действия // "Современные проблемы развития АПК в работах молодых учёных и студентов: материалы Международной научно-методической конференции". – Иваново, 2010. – 279 с., С. 118.

15. Сахаров С.Е., Колобов М.Ю. Смеситель непрерывного действия // "Современные проблемы развития АПК в работах молодых учёных и студентов: материалы Международной научно-методической конференции". – Иваново, 2010. – 279 с., С. 119.

- в патентах РФ:

16. Патент на полезную модель RU № 71861 U1. Установка для приготовления комбикормов / Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е. // Бюл. № 9, 2008;

17. Патент на изобретение RU № 2336122 C1. Смеситель / Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Боброва Н.В. // Бюл. № 29, 2008.

Подписано в печать 13.05.2010

Формат издания 60x84 1/16

Печ.л. 1,25 Усл.п.л. 1,16

Тираж 100 экз. Заказ 721

Отпечатано в полиграфический отдел ФГОУ ВПО
«Ивановская ГСХА имени академика Д.К. Белыева»
153012, г. Иваново, ул. Советская, 45