

УДК 631.3:636

UDC 631.3:636

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.01 Technology and mechanization of agriculture

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ КОРМОВ**OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF MIXING FEED**

Сторожук Татьяна Александровна

Storozhuk Tatyana Alexandrovna

к.т.н., доцент

Cand.Tech.Sci., docent

Scopus Author ID: 443761

Scopus Author ID: 443761

РИНЦ SPIN-код: 1864-1806

RSCI SPIN-code: 1864-1806

storojuk.t.a@gmail.comstorojuk.t.a@gmail.com*Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13**Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

На основании анализа конструкций смесителей кормов для сельскохозяйственных животных исследуется вариант использования двухступенчатого смесителя. Предлагаемая конструкция смесителя позволяет повысить качество кормовой смеси и снизить затраты энергии на процесс. Для оптимизации рабочего процесса смешивания определяются конструктивные параметры машины и их влияние на технологический процесс при различных условиях работы. Установлено, что конструкция смесителя и исходные физико-механические свойства компонентов кормосмеси непосредственно влияют на самую главную технологическую характеристику установки, её производительность. Поэтому исследование направлено на оптимизацию процесса смешивания кормов

Based on the analysis of the designs of feed mixers for farm animals, the option of using a two-stage mixer is being investigated. The proposed design of the mixer allows you to improve the quality of the feed mixture and reduce energy costs per process. To optimize the mixing workflow, the design parameters of the machine and their influence on the technological process under various working conditions are determined. It has been established that the design of the mixer and the initial physical and mechanical properties of the components of the feed mixture directly affect the most important technological characteristic of the installation, its performance. Therefore, the study aims to optimize the process of mixing feed

Ключевые слова: СМЕШИВАНИЕ, КОМБИКОРМ, ДВУХСТУПЕНЧАТЫЙ ШНЕКОВЫЙ СМЕСИТЕЛЬ

Keywords: MIXING, MIXED FEED, TWO-STAGE SCREW MIXER

Doi: 10.21515/1990-4665-148-003

В виду высокой питательной ценности зерновые компоненты являются неотъемлемой частью кормового рациона сельскохозяйственных животных и птицы. Высокая стоимость комбинированного корма заводского производства является одним из факторов ограничивающих его закупку в соответствии с потребностью животноводческих предприятий. Но при этом возникает необходимость по использованию фуражного зерна собственного производства, и развитию кормозаготовки и кормоприготовления, что положительно влияет на рентабельность животноводческих предприятий.

Наладка производства комбинированных кормов и обработка концентрированных кормов в отдельных линиях – это многофакторный процесс, в котором завершающей операцией является смешивание. Анализ конструкций смесителей для концентрированных кормов показал, что наиболее оптимальным является применение смесителей шнекового типа. Но в кормопроизводстве животноводческих ферм для подготовки полноценных кормовых смесей используют смесители лопастного типа. Концентраты также смешивают во вращающихся бункерах-смесителях. Смешивание отдельных кормовых компонентов осуществляется, кроме того, за счет прохождения через переменные сечения, за счет использования вибрации и другими способами. Но используемые в промышленном производстве технические средства для смешивания кормов не обеспечивают главного критерия качества кормовой смеси: это степень однородности не менее 90%.

Цель исследования – повышение степени однородности кормовой смеси при снижении удельной энергоемкости процесса приготовления комбинированных кормов путем оптимизации конструктивных и технологических параметров смесителя.

Методика исследований. Основными компонентами комбинированных кормов являются такие зерновые культуры как кукуруза, ячмень, овес, пшеница, просо, рожь, сорго и зернобобовые (горох, вика, чечевица, кормовые бобы, соя). В составе комбинированных кормов смесь концентратов составляет от 80 до 85%, прочие компоненты – 15...20 %, в том числе премиксы до 2 %.

Концентрированные корма – составляют основу рациона для питания сельскохозяйственных животных и являются базовыми компонентами для всех видов комбикормов. Приготовление комбикорма в промышленных условиях связано с формированием поточных технологических линий, укомплектованных специальным оборудованием.

Номенклатура и количество оборудования, входящего в комплект комбикормового предприятия, учитывает число и перечень технологических операций по обработке каждого компонента для приготовления комбинированного корма с учетом вида и возраста животных на предприятии.

Однородность кормовой смеси в процессе смешивания обеспечивается под влиянием следующих факторов:

- физико-механических свойств каждого кормового компонента [1];
- технологических, учитывающих какое соотношение между количеством каждого вида корма в общей массе кормосмеси, способ загрузки исходного сырья в смеситель;
- кинематических [5]: с какой скоростью рабочие органы смесителя приводятся в действие, под каким углом осуществляется монтаж рабочих лопастей и др.;
- конструктивных, учитывающих форму рабочего корпуса смесителя, тип рабочих органов и др.

При определении степени однородности кормовой смеси двухступенчатым смесителем учитывались: модуль помола (средневзвешенный размер частиц) [4], влажность, вязкость, липкость, соотношение объемных масс кормовых компонентов.

Помимо высокой производительности и степени однородности кормосмесители должны иметь высокую эксплуатационную надежность; отвечать требованиям техники безопасности и санитарным требованиям; не допускать загрязнения корма в процессе смешивания и попадания посторонних примесей; не допускать истирания частиц корма при смешивании; предусматривать загрузку и выгрузку материалов высокопроизводительным оборудованием. Важным показателем в работе кормосмесителей также является долговечность работы.

Определение степени однородности кормовой смеси связано с использованием эталонного образца, что в свою очередь требует точных данных по количеству каждого компонента в смеси [3]. Для исследований качества смешивания двухступенчатого смесителя предварительно рассчитывается масса смеси. На основании полученных данных также уточняется объем рабочей части корпуса смесителя и соответствующие конструктивно-технологические параметры основных частей конструкции и исполнительного механизма.

Технологический расчет позволяет определить основные параметры смесителя по подаче шнека, длительности процесса смешивания кормовых компонентов и производительности кормосмесителя. Также определяются энергетические показатели работы смесителя: мощность на привод шнековой мешалки и удельная энергоемкость приготовления кормосмеси.

Максимальная подача винтового конвейера, кг/с

$$Q_{\max} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2 - d^2 \cdot \omega \cdot r_c \cdot \rho \cdot 1\phi, \quad (1)$$

где D – диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м; ω – угловая скорость вращения винта шнека, с^{-1} ; ρ – плотность кормовой смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$; 1ϕ – коэффициент заполнения вертикального шнека; r_c – средний радиус шнека, м

Минимальная подача винтового конвейера, кг/с [6]

$$Q_{\min} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot D^2 - d^2 \cdot \omega \cdot r_c \cdot \rho \cdot 1\phi \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha - f_{\text{ш}} \sin(\alpha), \quad (2)$$

где α – средний угол развертки винта шнека.

В формуле минимальной подачи конвейера двухступенчатого смесителя не учитываются такие конструктивные параметры как число заходов винта шнека, зазор между винтом и рабочей частью кожуха, количество и длина лопаток в зоне загрузки шнека. Кроме того, не учитывается такой режимный параметр как давление корма у загрузочного

отверстия шнека. Поэтому минимальная подача конвейера двухступенчатого смесителя определяется по уточненной формуле

$$Q_{\min} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot D_2 - d_2 \cdot \omega \cdot r_c \cdot \rho \cdot 1 \cdot \phi \cdot K_3 \cdot \sin c \cdot \cos c - f_{\text{ш}} \sin(c), \quad (3)$$

где K_3 – коэффициент погрешности измерений; K_x – коэффициент, учитывающий количество заходов винта шнека; K_p – коэффициент наличия и длины лопаток в зоне загрузки шнека; K_i – коэффициент, учитывающий соотношение длины лопаток высоте загрузочного отверстия; K_3 – коэффициент, учитывающий давление материала на шнек; $K_{\text{п}}$ – коэффициент перекрытия винтом свободного сечения шнека.

Коэффициент, учитывающий давление материала на шнек определяем из выражения

$$K_3 = (1 - 100 P_{\text{ст}})^2, \quad (4)$$

где $P_{\text{ст}}$ – давление корма на вертикальные стенки в зоне загрузки шнека, $P_{\text{ст}} > 130$ Па.

С учетом геометрических размеров двухступенчатого смесителя определим высоту слоя материала для предварительной h' , м, и основной h'' , м, порций смеси

$$h' = h_{\text{у}} + H_{\text{к}} - 0,5 \cdot h_1; \quad h'' = h_{\text{у}}'' + H_{\text{к}} - 0,5 \cdot h_1 \quad (5)$$

где $h_{\text{у}}$, $h_{\text{у}}''$ – высота корма в цилиндрической части при предварительном и

основном смешивании, м; $H_{\text{к}}$ – высота конической части бункера, м; h_1 – зазор между дном и нижним кожухом шнека, м.

Гидравлический радиус пространства между рабочей камерой и кожухом шнека, м

$$R_r = 3,14 \cdot 0,25 \cdot [D_1 + D_2 D_1 - D_2] D_1, \quad (6)$$

Критический гидравлический радиус рабочей камеры, м

$$R_k = 09,81 \cdot M_{\text{ид}} \cdot \rho + 0,5 \cdot d_r, \quad (7)$$

где 0 – начальное сопротивление сдвигу корма, Па; ρ – плотность комбикорма, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В цилиндрической части двухступенчатого смесителя высота для заполнения корма как при предварительном смешивании, так и при основном определяется по формуле, м

$$h_{ц} = 4 \cdot M_{п-1} \cdot V_2 + V_{33,14} \cdot D_{12} - D_2 \quad 2; \quad (8)$$

С учетом многофакторности процесса смешивания и отклонений производительности смесителя от минимального Q_{\min} до максимального Q_{\max} значений определим фактическую подачу двухступенчатого шнекового смесителя $Q_{ш}$ по формуле

$$Q_{ш} = Q_{\min} + K_1 Q_{\max} - Q_{\min}, \quad (9)$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий подачу шнека.

Результаты исследований

Исследования, проведенные для определения степени однородности двухступенчатого смесителя концентрированных кормов, проводились с использованием пшеничной, ячменной и гороховой дерти при соотношении 1:1:1. При этом учитывались такие физико-механические свойства исходных компонентов:

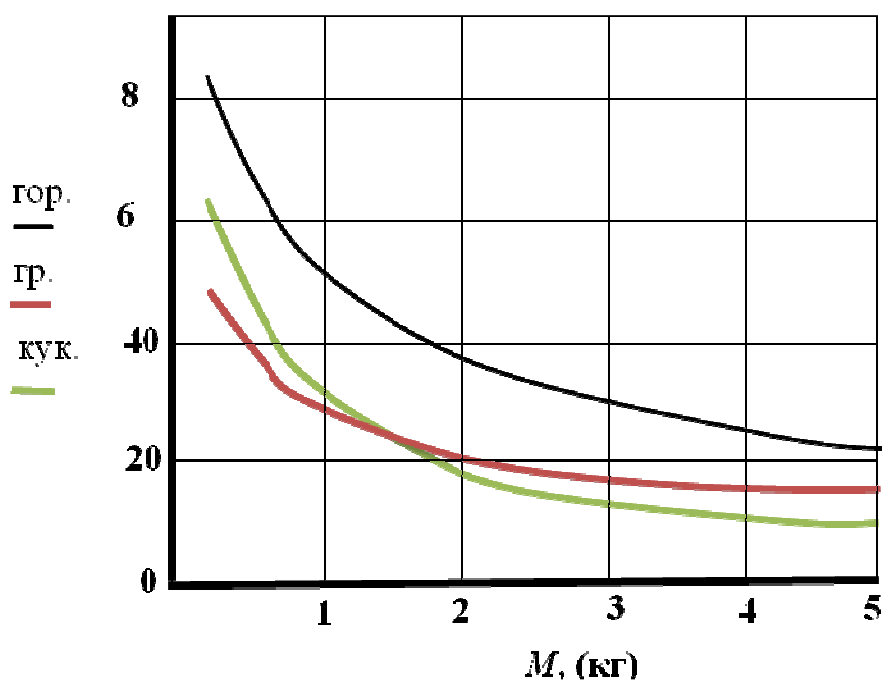
- средневзвешенный размер частиц (модуль помола) $d_{ср} = 0,8$ мм;
- влажность корма составила $W = 12,8\%$; объемная масса $590 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- средняя плотность частиц корма $1030 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Теоретические исследования показали, что количественные показатели концентрации зерен оказывают влияние на расчетное значение распределения (по коэффициенту вариации) контрольного компонента в кормовой смеси. Проверка данной гипотезы подтверждена серией опытов, проводимых с различными по массе кормовыми навесками.

Также результаты теоретических исследований подтвердились из опытов, проведенных с различными контрольными зерновыми образцами. Характер зависимостей имеют вид гиперболы, см. рисунок 1.

Кроме того, исследования показали, что для двухступенчатого смесителя на неравномерность смеси оказывает влияние не столько масса пробы, сколько количество зерен контрольного компонента в пробе.

При увеличении количества зерновых компонентов в контрольных образцах для одной и той же смеси значение неравномерности снижается.



$V_{гор}$ – гороха; $V_{гр}$ – гречихи; V_k – кукурузы

Рисунок 1 – Влияние массы навески M (кг) на величину коэффициента вариации v (%) в зависимости от вида контрольного компонента

При количестве зерен менее 20 шт. резко увеличивается значение неравномерности, при большем количестве зерен неравномерность практически не меняется.

Выводы:

1. Значительные изменения показателей неравномерности смешивания связаны не только с естественными изменениями качества смеси, но и в том числе, с применением в качестве контрольного образца определенного вида зерен [2]. При определении степени однородности смешивания необходимо использовать несколько видов контрольных образцов для снижения доли погрешности измерений.

2. Для двухступенчатого смесителя необходимое качество работы, обеспечивающей степень однородности выше 95%, достигается при внесении кормовых добавок в количестве более 1%. При меньшем внесении кормовых добавок требуется приготовление дополнительного концентрата в режиме предварительного смешивания.

3. В двухступенчатом смесителе необходимое качество смешивания достигается при верхнем внесении концентрата.

Литература

1. Богус А.Э. Методика исследования прочностных характеристик и деформаций зерен различных сельскохозяйственных культур // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края / Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. 2017. С. 320-321.

2. Богус А.Э. Методика экспериментальных исследований распределителя семян пневматической сеялки // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. / Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. 2016. С. 323-324.

3. Богус А.Э. Анализ причин неравномерного распределения посевного материала в распределительных системах зерновых пневматических сеялок с центральным дозированием // В сборнике: научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. 2017. С. 281-282.

4. Богус А.Э., Грачев Е.А. Исследование ударного импульса ребра вальца планетарного молотильного устройства о хлебную массу // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 135. с. 188-199.

5. Сторожук Т.А., Богус А.Э., Морева А.В. Установление кинематических параметров обмолачиваемой массы в рабочем зазоре вальцового молотильного устройства // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2 (30). С. 44-49.

References

1 Bogus A.E. Metodika issledovaniya prochnostnykh kharakteristik i deformatsiy zeren razlichnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statey po materialam KHI Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 95-letiyu Kubanskogo GAU i 80-letiyu so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo kraya / Otvetstvennyy za vypusk A. G. Koshchayev. 2017. S. 320-321.

2 Bogus A.E. Metodika eksperimental'nykh issledovaniy raspredelatelya semyan pnevmaticheskoy seyalki // V sbornike: Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa Sbornik statey po materialam IX Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh. / Otvetstvennyy za vypusk: A.G. Koshchayev. 2016. S. 323-324

3 Bogus A.E. Analiz prichin neravnomernogo raspredeleniya posevnogo materiala v raspredelitel'nykh sistemakh zernovykh pnevmaticheskikh seyalok s tsentral'nym dozirovaniyem // V sbornike: nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa Sbornik statey po materialam 72-y nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley po itogam NIR za 2016 g. 2017. S. 281-282.

4 Bogus A.E., Grachev Ye.A. Issledovaniye udarnogo impul'sa rebra val'tsa planetarnogo molotil'nogo ustroystva o khlebnuyu massu // Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 135. s. 188-199

5 Storozhuk T.A., Bogus A.E., Moreva A.V. Ustanovleniye kinematicheskikh parametrov obmolachivayemoy massy v rabochem zazore val'tsovogo molotil'nogo ustroystva // Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. № 2 (30). S. 44-49.