

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ

Савиных П.А., Турубанов Н.В., Зырянов Д.А., Юнусов Г.С., Зиганшин Б.Г.

Реферат. Завершающей операцией приготовления кормовых смесей является смешивание компонентов в специальных устройствах — смесителях порционного или непрерывного действия. С зоотехнической точки зрения важно не только ввести в состав кормосмеси предусмотренные рационом компоненты в требуемом соотношении, но и необходимо, чтобы все они были равномерно распределены во всем объеме смеси. Особенно важно распределять в массе кормосмеси компоненты, вводимые в небольших количествах и имеющие высокую кормовую ценность или биологическую активность: комбикорма, белково-витаминные добавки (БВД), премиксы, витамины, микроэлементы, лекарственные препараты и др. В лаборатории механизации животноводства ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» проведены теоретические и экспериментальные исследования ленточного шнека горизонтального смесителя. Результаты экспериментальных исследований показывают, что максимальное значение коэффициента однородности готового продукта составляет $n_n = 83,57\%$, при этом пропускная способность смесителя равна $Q = 5,75$ т/ч, удельные энергозатраты $q = 1,67$ кВт·ч/т.

Ключевые слова: смеситель, смешивание, исследование процесса смешивания.

Введение. Для эффективного кормления животных необходимо использовать комбикорма, приготовленные непосредственно в хозяйстве. Равномерность смешивания различных компонентов комбикормов напрямую зависит от конструктивных особенностей рабочих органов смесителей и режимов их работы. Однородность смеси обеспечивает одинаковую питательную ценность корма во всех частях его объема. Особенно важно распределять в массе кормосмеси компоненты, вводимые в небольших количествах и имеющие высокую кормовую ценность или биологическую активность: комбикорма, белково-витаминные добавки (БВД), премиксы, витамины, микроэлементы, лекарственные препараты и др.

Целью исследований является усовершенствование конструктивно-технологических параметров ленточного шнека горизонтального смесителя для приготовления кормовых смесей, соответствующих зоотехническим требованиям в горизонтальном ленточном смесителе, а также повышение качества готового продукта и снижение энергоемкости процесса.

Методы. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории механизации животноводства с использованием ПК, контрольно-измерительных устройств и приборов согласно ГОСТ 15.101-98 [1]. Отбор проб производился согласно ГОСТ Р ИСО 6497-2011 [2].

При проведении экспериментов в качестве основы использовали смесь, состоящую из ячменя (80 %) и ржи (20 %) с удельной плотностью $0,742$ т/м³, в качестве контрольного компонента — горох с удельной плотностью $0,812$ т/м³ [3].

Результаты исследования. Горизонтальный ленточный смеситель для цеха-модуля по производству сбалансированных комбикормов, представленный на рисунке 1, состоит из: 1 - чашеобразного бункера; 2 - рамы; 3 - загрузочного патрубка; 4 - выгрузного патрубка; 5 - комбинированного шнека.

Результаты исследования движения материала в объеме представленного смесителя (рис. 1) [3, 4] позволяют сделать вывод о том, что недостатком смесителя является низкая величина коэффициента однородности готового продукта в результате образования застойных зон 6 в верхней части бункера. В этой зоне происходит подъем и сгруживание мате-

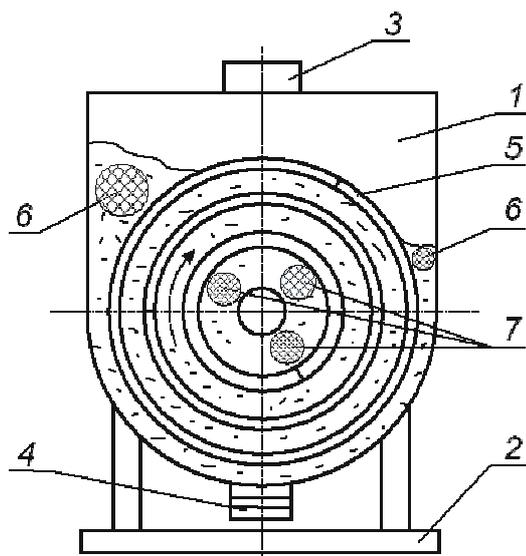


Рисунок 1 – Общий вид смесителя: 1 - чашеобразный бункер; 2 - рама; 3 - загрузочный патрубок; 4 - выгрузной патрубок; 5 - комбинированный шнек; 6 - застойные зоны в верхней части бункера; 7 - застойные зоны в области вала шнека смесителя

риала за счет действия сил трения и инерции при вращении шнека, обуславливающие ухудшение перемешивания продукта. Также в объеме смеси образуются зоны 7, состоящие из наличия одного компонента смеси, которые совершают вращательные движения вокруг оси комбинированного шнека без их разрушения.

Для повышения величины коэффициента однородности готового продукта за счет ликвидации застойных зон в верхней части чашеобразного бункера и разрушения внутри смеси объемов материала, состоящих из одного компонента смеси, произведены изменения конструкции бункера и ленточного шнека смесителя следующим образом.

Усовершенствованный горизонтальный ленточный смеситель для цеха-модуля по производству сбалансированных комбикормов представлен на рисунке 2 а и состоит из: 1 - чашеобразного бункера; 2 - рамы; 3 - загрузочного патрубка; 4 - выгрузного патрубков; 5 - заслонки; 6 - комбинированного шнека; 7 - двигателя; 8 - редуктора.

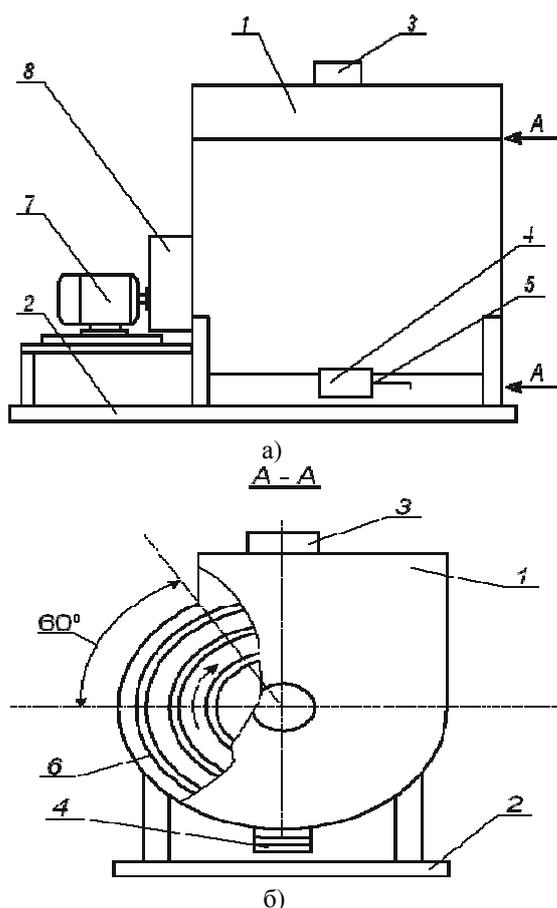


Рисунок 2 – Усовершенствованный горизонтальный ленточный смеситель: а - общий вид; б - вид справа: 1 - чашеобразный бункер; 2 - рама; 3 - загрузочный патрубок; 4 - выгрузной патрубок; 5 - заслонка; 6 - комбинированный шнек; 7 - двигатель; 8 - редуктор

7 – двигателя; 8 – редуктора.

Стенки чашеобразного бункера 1 в верхней его части с обеих сторон закруглены на угол 60° от горизонтали (рис. 2, б). Величина угла закругления обусловлена углом естественного откоса материала. Для муки из овса он имеет наибольшее значение и составляет 50-60 градусов (для муки из других культур, применяемых при кормлении животных, угол естественного откоса имеет меньшее значение) [5]. Общий вид камеры смешивания с закругленными боковыми стенками представлен на рисунке 3.

Для интенсификации процесса смешивания материала в области оси вала смесителя проведен перерасчет шага внутреннего шнека 3 (рис. 4). Исходя из условия равномерного перемещения материала вдоль оси вала шнека, зададим внешний диаметр внутреннего шнека смесителя равным $D = 400$ мм [3]. Проведем расчет максимального шага витка шнека, исходя из величины коэффициента трения покоя по стали для муки $f = 1,08 - 1,13$ [5]. Для расчета воспользуемся рисунком 5.



Рисунок 3 – Общий вид закрытой камеры смешивания

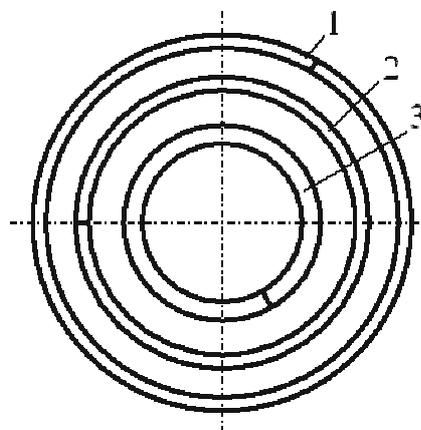


Рисунок 4 - Комбинированный шнек: 1 - внешний; 2 - средний; 3 - внутренний

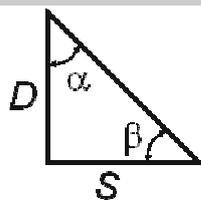


Рисунок 5 – Схема к расчету

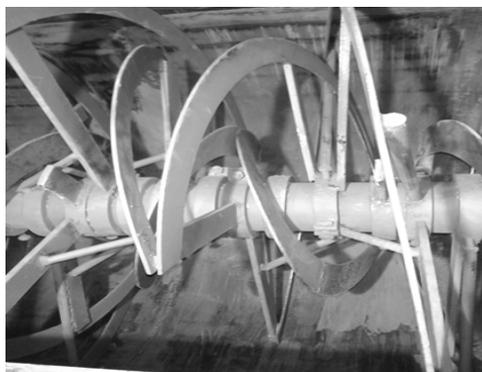


Рисунок 6 – Общий вид комбинированного шнека

Выполним расчет количества материала, перемещаемого каждым шнеком в отдельности, для проверки условия:

$$Q_1 + Q_3 > Q_2.$$

Определим скорость v осевого перемещения материала каждым шнеком в отдельности по формуле, м/с:

$$v = S \cdot n / 60, \quad (1)$$

где n – частота вращения шнека, об./мин.

Тогда количество перемещаемого материала за один рабочий цикл должно составлять:

$$Q = 900\pi v (D^2 - d^2) \psi \varphi_0 c_0, \quad (2)$$

где D – диаметр наружной кромки шнека; d – диаметр внутренней кромки шнека, м; ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства; φ_0 – удельный вес материала, т/м³; c_0 – коэффициент, учитывающий просачивание материала между корпусом, материалом и винтовой поверхностью.

Для расчета принимаем: удельный вес зерновой дерты $\varphi_0 = 0,75$ т/ч; число $\pi = 3,14$; диаметр внешнего шнека $D_1 = 1$ м; диаметр среднего шнека $D_2 = 0,75$ м; диаметр внутреннего шнека $D_3 = 0,4$ м; диаметры внутренних кромок шнеков: внешнего $d_1 = 0,90$ м; среднего $d_2 = 0,65$ м; внутреннего $d_3 = 0,26$ м; [5]; частота вращения вала шнека $n = 21,5$ мин⁻¹; коэффициент, учитывающий просачивание материала между корпусом, материалом и винтовой поверхностью $C_{ol} = 0,9$, $C_{ol} = C_{ol} = 0,8$; коэффициент заполнения межвиткового пространства: для внешнего шнека $\psi = 0,75$, для среднего и внутреннего $\psi = 1$ [5].

После проведенного расчета получим:

$$Q_1 = 29,22 \text{ т/ч}, \quad Q_2 = 34,02 \text{ т/ч}, \quad Q_3 = 13,47 \text{ т/ч}.$$

Тогда: $Q_1 + Q_3 = 42,69 \text{ т/ч} > Q_2 = 34,02 \text{ т/ч}$.

Таким образом, получилось, что количество перемещаемого материала внешним Q_1 и внутренним Q_3 шнеками больше, чем средним Q_2 . Выполнение этого условия позволяет гарантировать полную и своевременную выгрузку материала из бункера смесителя.

Проведены экспериментальные исследования горизонтального ленточного смесителя при количестве основы 620 кг и контрольного компонента в смеси 146 кг и времени смешивания 4 минуты.

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы. Максимальное значение коэффициента однородности готового продукта составляет $v_n = 83,57$ %, при этом пропускная способность смесителя равна $Q = 5,75$ т/ч, удельные энергозатраты $q = 1,67$ кВт·ч/т. За счет закругления стенок чашеобразного бункера на угол 60° от горизонтали произошло уменьшение камеры смешивания, что при тех же весовых показателях компонентов привело к увеличению нагрузки на вал смесителя и повышению удельных энергозатрат. Также загрузка горизонтального смесителя составила более 75 % от объема, что сказалось на снижении коэффициента однородности готового продукта. Изменение конструкции внутреннего шнека смесителя позволяет перемещать материал вдоль оси вала без образования застойных зон 7 (рисунок 1) внутри смешиваемого материала. Такая форма выполнения чашеобразного бункера с закругленными с обеих сторон на угол 60° от горизонтали стенками также позволяет ликвидировать застойные зоны 6 (рисунок 1) в верхней его части.

Вывод. По результатам экспериментальных исследований, максимальное значение коэффициента однородности готового продукта составляет $v_n = 83,57$ %, при этом пропускная способность смесителя равна $Q = 5,75$ т/ч, удельные энергозатраты $q = 1,67$ кВт·ч/т. Изменение конструкции внутреннего шнека смесителя позволяет перемещать материал вдоль оси вала без образования застойных зон внутри смешиваемого материала. Форма выполнения чашеобразного бункера с закругленными с обеих сторон на угол 60° от горизонтали стенками также позволяет ликвидировать застойные зоны в верхней его части.

Литература

- ГОСТ 15.101-98 Межгосударственный стандарт. Порядок выполнения научно-исследовательских работ – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1999. - 10 с.
- ГОСТ Р ИСО 6497-2011 Корма для животных. Отбор проб. - М.: Стандартинформ, 2012. - 18 с.

3. Савиных П.А., Турубанов Н.В., Зырянов Д.А. Результаты экспериментальных исследований процесса смешивания в горизонтальном ленточном смесителе // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. - № 7. – С. 32-36. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26293022>

4. Турубанов Н.В., Медведев О.Ю., Исупов А.Ю. // ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ (НПК-2016) Сборник статей 2-е издание, исправленное и дополненное. Вятский государственный университет. 2016. С. 864-870.

5. НТП-АПК 1.10.16.002-03 Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов.

Сведения об авторах:

Савиных Петр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией «Механизация животноводства», e-mail: peter.savinyh@mail.ru

ГНУ НИИСХ Северо-Востока Россельхозакадемии, г. Киров, Россия

Турбанов Николай Валентинович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: peter.savinyh@mail.ru

Зырянов Дмитрий Алексеевич – старший научный сотрудник, peter.savinyh@mail.ru

ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» г. Киров, Россия

Юнусов Губейдулла Сибятуллович – доктор технических наук, профессор, e-mail: 270144@mail.ru

ФГБОУ ВО Марийский государственный аграрный университет

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор, профессор РАН, e-mail: zigan66@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, Россия.

INVESTIGATION OF THE CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF THE MODERNIZED HORIZONTAL MIXTURE

Savinykh P.A., Turubanov N.V., Zyryanov D.A., Yunusov G.S., Ziganshin B.G.

Abstract. The final operation of feed mixtures preparation is the mixing of components in special devices - mixers of batch or continuous type. From the zootechnical point of view, it is important not only to introduce the components in the feed mix into the required ratio, but it is also necessary that they are evenly distributed throughout the mixture. It is especially important to distribute in the mass of the feed mixture components that are introduced in small amounts and have high feed value or biological activity: mixed fodders, protein-vitamin supplements (PVS), premixes, vitamins, trace elements, medicines, etc. In the Livestock mechanization Laboratory of North-East scientific research Institute of agriculture the theoretical and experimental studies of a horizontal auger belt auger are carried out. The results of experimental studies show that the maximum value of the homogeneity coefficient of the finished product is $n_n=83.57\%$, with the flow capacity of the mixer being equal to $Q=5.75$ tons per hectare, specific energy consumption $q=1.67$ kilowatt per ton.

Key words: mixer, mixing, study of mixing process.

References

1. *GOST 15.101-98 Mezhhgosudarstvennyy standart. Poryadok vypolneniya nauchno-issledovatel'skikh rabot.* (GOST 15.101-98 Interstate standard. The order of scientific research). – Minsk: IPK Izdatel'stvo standartov, 1999. – P. 10.

2. *GOST R ISO 6497-2011 Korma dlya zhivotnykh. Otbor prob.* (GOST R ISO 6497-2011 Feed for animals. Sample selection). - M.: Standartinform, 2012. – P. 18.

3. Savinykh P.A., Turubanov N.V., Zyryanov D.A. *Results of experimental studies of the mixing process in a horizontal belt mixer.* [Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy protsesssa smeshivaniya v gorizontalnomo lentochnom smesitele]. // *Traktory i selkhoz mashiny. - Tractors and agricultural machines.* 2016. - № 7. – P. 32-36. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26293022>

4. Turubanov N.V., Medvedev O.Yu., Isupov A.Yu. *V sbornike: OBSHESTVO, NAUKA, INNOVATSII (NPK-2016). Sbornik statey 2-e izdanie, ispravlennoe i dopolnennoe.* [In the collection: SOCIETY, SCIENCE, INNOVATION (NPK-2016). Collection of articles, 2nd edition, revised and enlarged]. Vyatskiy gosudarstvennyy universitet. 2016. P. 864-870.

5. *NTP-APK 1.10.16.002-03 Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya selskokhozyaystvennykh predpriyatiy po proizvodstvu kombikormov.* (NTP-APK 1.10.16.002-03 Norms of technological design of agricultural enterprises for the production of mixed fodders).

Authors:

Savinyh Petr Alekseevich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: peter.savinyh@mail.ru

Turbanov Nikolay Valentinovich – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor, e-mail: peter.savinyh@mail.ru

Zyryanov Dmitriy Alekseevich – senior research associate, peter.savinyh@mail.ru

Scientific Research Institute of Agriculture of the North-East, Kirov, Russia

Yunusov Gubeydulla Sibyatulloovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: 270144@mail.ru

Mari State University

Ziganshin Bulat Gusmanovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: zigan66@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.