

Черкасов Роман Иванович

аспирант

Адигамов Касьян Абдурахманович

д-р техн. наук, профессор

Байбара Светлана Николаевна

канд. техн. наук, доцент

Институт сферы обслуживания
и предпринимательства (филиал)

ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»

г. Шахты, Ростовская область

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация: в данной работе описан шнековый смеситель сыпучих кормов с функцией измельчения сырья. Показано, что для повышения эффективности работы смесителя рекомендуется установить на внутренней поверхности кожуха винтовые ребра, что позволит повысить скорость циркуляции смешиваемых кормов внутри смесителя. Ребра могут способствовать также измельчению сырья.

Ключевые слова: шнековый конвейер, смеситель, сыпучие материалы, угол наклона, загрузочные окна.

В процессе производства продукции животноводства на долю кормов приходится до половины всех затрат. Эти затраты можно существенно уменьшить, если не закупать корма, приготовленные на специализированных заводах, а производить их непосредственно в условиях фермерского хозяйства. Помимо экономии средств, в этом случае обеспечивается возможность контроля за ходом технологического процесса и внесения необходимых коррективов в работу технологического оборудования. Кроме того, сокращается расход на транспортировку

кормов. Однако для эффективного осуществления процесса приготовления кормов в условиях фермерского хозяйства необходимо оборудование, удовлетворяющее в полной мере требованиям ресурсосбережения при гарантированном обеспечении качества продукции и сравнительно недорогое по стоимости.

Основными операциями при приготовлении кормов являются измельчение сырья и смешивание компонентов. Выполняются эти операции, как правило, на отдельных установках с собственным приводом. Более рациональным может быть применение комбинированных установок, обеспечивающих и измельчение сырья, и смешивание компонентов, что позволит сократить расходы на приобретение оборудования. Кроме того, уменьшается продолжительность приготовления корма за счет исключения затрат времени на промежуточную погрузку-выгрузку и перемещение материалов от одной установки к другой.

Для решения этой задачи необходима разработка смесителя с функцией измельчения сырья. На рис. 1 показана принципиальная схема одного из вариантов такой установки [4, с. 2].

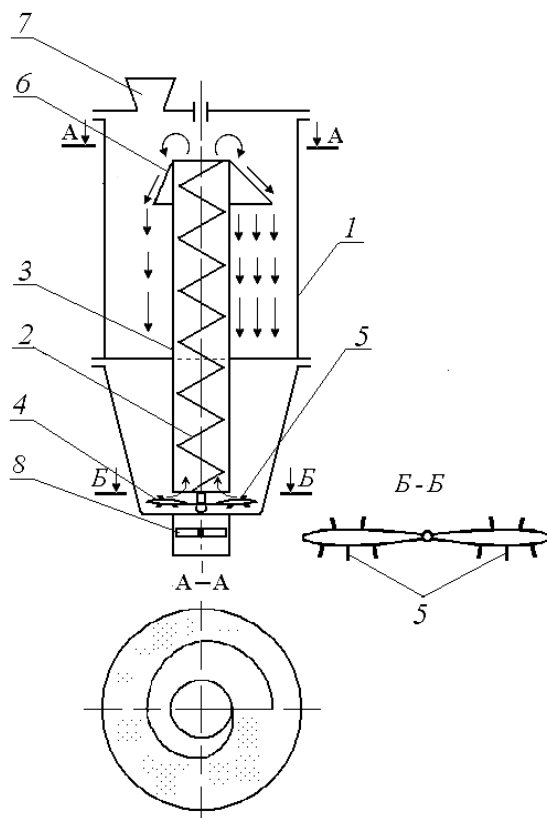


Рис. 1. Схема смесителя с функцией измельчения сырья

Смеситель состоит из бункера цилиндро-конической формы 1, шнека 2 и охватывающего его кожуха 3. В нижней части шнека 2 установлена лопастная мешалка 4, которая вращается вместе со шнеком. На лопастях мешалки 4 установлены режущие элементы 5, а на днище бункера 1 с внутренней стороны выполнены режущие насечки. Загрузка бункера может производиться через приемник 7, выгрузка смеси – через клапан 8. К верхнему торцу кожуха 3 прикреплен конический рассеиватель 6 переменного радиуса.

Работа такой установки состоит в следующем. После загрузки сырья в бункер 1 включается привод шнека 2 (на схеме не показан).

Мешалка 4 производит смешивание компонентов и одновременно их измельчение режущими элементами 5 при взаимодействии с насечками на днище бункера. Шнек 2 захватывает смесь и перемещает ее по кожуху 3 к верхнему торцу, где она попадает на конический рассеиватель 6 и оттуда осыпается вниз в зону работы мешалки 4. Так как одного цикла работы установки для получения смеси нужного качества, как правило, недостаточно, мешалка 4 производит неоднократное измельчение и смешивание материалов.

Работа установки продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто нужное качество смеси и по размеру фракций, и по степени равномерности смешивания. Для компьютерной оценки качества смеси в работах [2; 3] предложено соответствующее программное обеспечение.

В работе [1, с. 65] показано, что если вместо гладкого кожуха шнека установить оребренный кожух, можно увеличить скорость перемещения материала по спирали и тем самым сократить время цикла его подъема-опускания внутри смесителя, причем ребра должны иметь винтовую навивку, противоположную спирали шнека. Наличие ребер на внутренней поверхности кожуха может также способствовать измельчению смешиваемых материалов. На рис. 2 показана схема сил, действующих на частицу материала при взаимодействии спирали шнека с ребром кожуха.

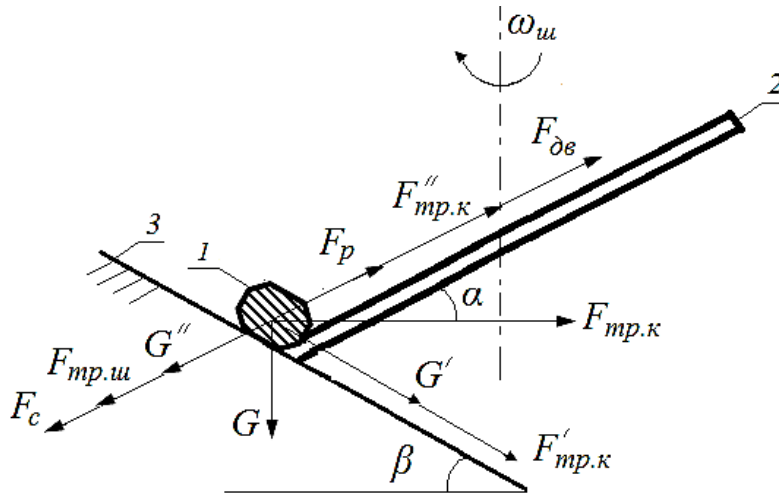


Рис. 2. Схема сил при работе шнека с оребренным кожухом

Как следует из схемы на рис. 2, силу, движущую частицу материала 1 вверх вдоль спирали 2, можно определить из выражения

$$F_{дв} = F''_{тр.к} + F_p, \quad (1)$$

где $F''_{тр.к}$ – составляющая силы трения частицы материала о кожух;

F_p – сила реакции ребра на частицу материала.

$$F''_{тр.к} = F_{тр.к} \cdot \cos \alpha = m \cdot \omega_{ш}^2 \cdot R \cdot f_k \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где m – масса частицы материала; $\omega_{ш}, R$ – угловая скорость и радиус шнека; f_k – коэффициент трения частицы материала о кожух; α – угол подъема спирали.

$$F_p = F_c = G'' + F_{тр.ш} = G \cdot \sin \alpha + F_{тр.ш}, \quad (3)$$

где G – вес частицы материала; $F_{тр.ш}$ – сила трения частицы материала о шнек.

$$F_{тр.ш} = (G' + F'_{тр.к}) f_{ш} = (G \cdot \cos \alpha + m \cdot \omega_{ш}^2 \cdot R \cdot f_k \cdot \sin \alpha) f_{ш}, \quad (4)$$

где $f_{ш}$ – коэффициент трения частицы материала о шнек.

С учетом выражений (2), (3) и (4) формула для определения движущей силы примет вид:

$$F_{дв} = m \left\{ \left[\omega_{ш}^2 \cdot R \cdot f_k (\cos \alpha + f_{ш} \cdot \sin \alpha) \right] + g (\sin \alpha + f_{ш} \cdot \cos \alpha) \right\} \quad (5)$$

Если кожух не имеет оребрения, формулу (5) можно записать следующим образом:

$$F_{\text{дв}} = m \left\{ \left[\omega_{\text{ш}}^2 \cdot R \cdot f_{\kappa} (\cos \alpha - f_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha) \right] - g (\sin \alpha + f_{\text{ш}} \cdot \cos \alpha) \right\} \quad (6)$$

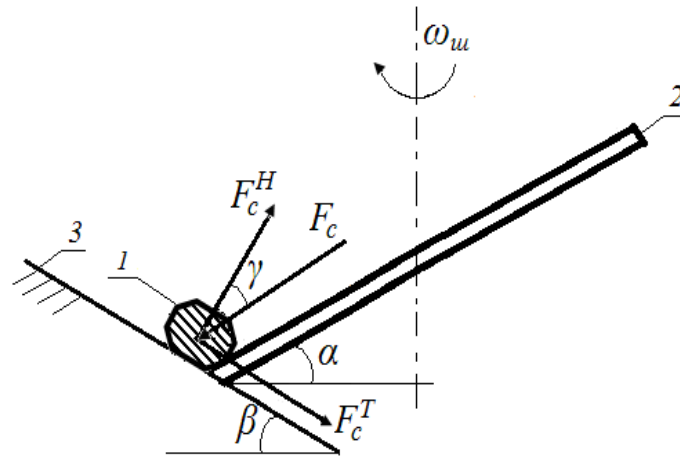


Рис. 3. Схема к определению оптимального угла установки ребра кожуха

Расчеты, выполненные по формулам (5) и (6), показали, что при оребрении кожуха движущая сила увеличивается по сравнению с гладким кожухом при $\alpha = 10^\circ$ – в 1,04–1,22 раза, при $\alpha = 15^\circ$ – в 1,07–1,27 раза, при $\alpha = 20^\circ$ – в 1,09–1,35 раза, при $\alpha = 25^\circ$ – в 1,11–1,41 раза. Нижние значения диапазонов движущей силы получены при $\omega_{\text{ш}} = 15,7 \text{ рад/с}$, верхние – при $\omega_{\text{ш}} = 31,4 \text{ рад/с}$.

Анализ схемы на рис. 2 показывает, что максимальное воздействие на частицу материала ребро 3 оказывает в том случае, когда оно установлено перпендикулярно спирали шнека (рис. 3).

Из схемы на рисунке 3 следует, что сила F_c сопротивления перемещению частицы материала 1 по спирали вверх в точке контакта частицы материала с ребром 3 вызывает реакцию ребра в виде нормальной F_c^H и тангенциальной F_c^T составляющих. Для того, чтобы сила F_c^H действовала вдоль спирали 2 вверх, как реакция ребра F_p , нужно, чтобы угол γ был равен нулю:

$$\gamma = 90^\circ - (\alpha + \beta) = 0 \quad (7)$$

Из формулы (7) можно определить угол β , при котором ребро 3 устанавливается перпендикулярно спирали 2:

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (8)$$

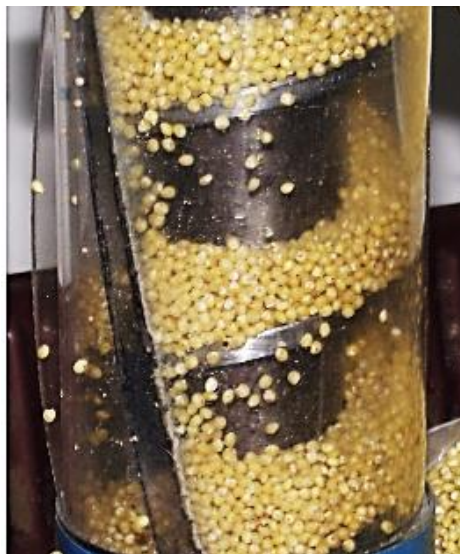


Рис. 4. Транспортирование материала шнековым конвейером с оребренным кожухом

Визуальное наблюдение за процессом транспортирования сыпучего материала шнековым конвейером с применением прозрачного оребренного кожуха показало, что высота слоя материала на спирали непосредственно у ребра кожуха значительно больше, чем на остальной части спирали (рис. 4).

Это происходит потому, что ребро является препятствием для вращения некоторой части материала вместе со шнеком, в особенности той, которая находится непосредственно у кожуха шнека.

Вследствие этого, как показали эксперименты, скорость перемещения материала по шнеку и производительность шнека оказались выше в 1,37–1,65 раза по сравнению с вариантом работы шнека с гладким кожухом при значениях угловой скорости шнека в диапазоне 15,7–31,4 рад/с.

Изготовление оребренного кожуха не представляет технологических трудностей. Ребра можно закрепить внутри кожуха либо винтами, либо контактной сваркой.

Список литературы

1. Адигамов К.А. Вертикальный шнековый конвейер с оребренным кожухом / К.А. Адигамов, Г.В. Черненко, А.В. Зеленщиков – Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. техн. науки. – 2010. – №3. – С. 64–67.

2. Воронин В.В. Критерии и способы оценки качества смешивания сыпучих материалов / В.В. Воронин, К.А. Адигамов, С.С. Петренко, Р.А. Сизякин // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2012. – №4.

3. Воронин В.В. Оценка качества смешивания сыпучих материалов с различным размером фракций / В.В. Воронин, К.А. Адигамов, Р.И. Черкасов, Р.А. Сизякин, Н.В. Гапон // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2015. – №2.

4. Пат. на полезную модель №156670 Российская Федерация, Шнековый смеситель сыпучих материалов / К.А. Адигамов, Р.И. Черкасов, С.Н. Байбара, заявитель и патентообладатель ИСО и П (филиал) ДГТУ. №2015110209/05 (016094); заявл. 23.03.2015; опубл. 10.11.15. Бюл. №31.

5. Adigamov K.A. The vertical shnekovy conveyor with an orebrenny casing: // K.A. Adigamov, G.V. Chernenko, A.V. Zelenshchikov – Izv. higher education institutions. Sowing. – Kavk. region. Tekhn. sciences. – 2010. – № 3. – P. 64–67.

6. Voronin V.V. Criteria and ways of an assessment of quality of mixing of loose materials / V.V. Voronin, K.A. Adigamov, S.S. Petrenko, R. A. Sizyakin // The Electronic scientific magazine «Engineering Bulletin of Don». – 2012. – № 4 – P. 2.

7. Voronin V.V. An assessment of quality of mixing of bulks with various size of fractions / V.V. Voronin, K.A. Adigamov, R.I. Cherkasov, R.A. Sizyakin, N.V. Gapon // The Electronic scientific magazine «Modern Problems of Science and Education». – 2015. – №2.

8. Stalemate. On useful model No. 156670 the Russian Federation, the Shnekovy mixer Bulks / K.A. Adigamov, R.I. Cherkasov, S.N. Baibara, applicant and patent holder ISO and P (branch) of DGTU. №2015110209/05 (016094); заявл. 3/23/2015; опубл. 10.11.15. Bulletin №31.