

Конструкция бесприводного ресурсосберегающего загрузочно-распределительного устройства для компонентов комбикорма

А.В. Варламов, к.т.н.,

Н.Н. Мазько, ст. преподаватель, Самарский ГУПС;

А.А. Аверкиев, д.с.-х.н., профессор, Оренбургский ГАУ

На современных комбикормовых предприятиях и в кормоцехах все основные технологические линии приготовления комбикормов должны быть полностью механизированы. Однако технологический процесс таких предприятий не является ещё единым замкнутым комплексом с законченной системой машин и оборудования, в нём имеется ряд разрывов, разобщающих отдельные линии слабомеханизированными звеньями, для соединения которых затрачивается достаточно много ручного физического труда [1].

Загрузка сыпучих материалов в ёмкость оказывает прямое воздействие на процессы хранения и выгрузки, а нарушение бесперебойной работы отпусковых устройств хранилища увеличивает время простоя транспортных средств под грузовыми операциями, снижает качество конечного продукта

и в конечном счёте снижает экономическую эффективность технологического процесса [2].

В настоящее время загрузка ёмкостей компонентами комбикорма осуществляется в основном без применения загрузочных устройств, что приводит к уплотнению сыпучей массы в нижних слоях загружаемой ёмкости и появлению сегрегации материала.

Предлагается улучшить показатели загрузки зерновых материалов и продуктов помола в ёмкости путём применения бесприводного (ресурсосберегающего) вспомогательного загрузочно-распределительного устройства. Конструкция данного устройства должна сочетать в себе высокую надёжность, оптимальные габариты, низкое энергопотребление или его отсутствие, сохранность частиц сыпучего материала, высокую степень равномерности их укладки и отсутствие сегрегации.

Данные критерии реализуются в конструктивной схеме загрузочно-распределительного устройства, приведённой на рисунке 1.

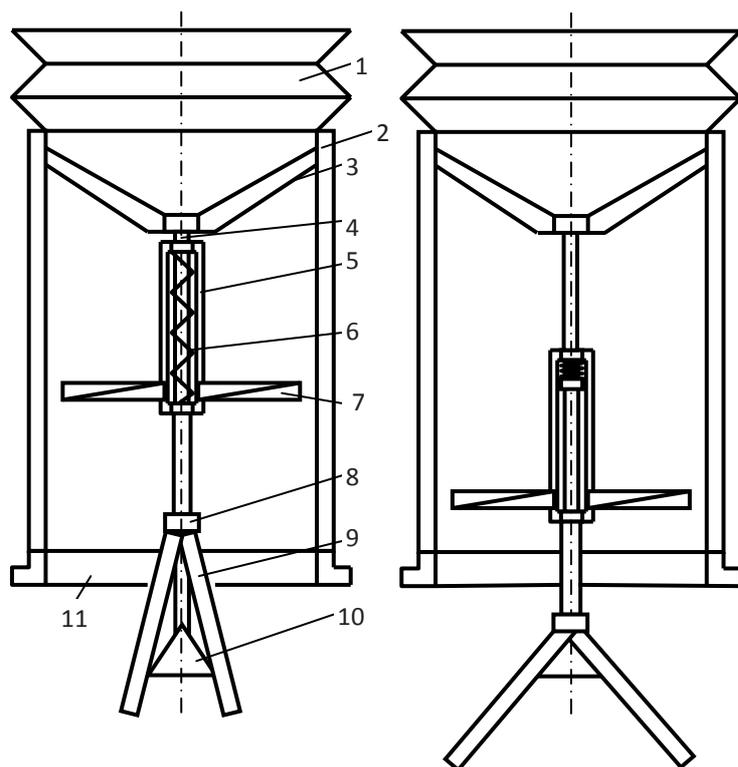


Рис. 1 – Конструктивная схема загрузочно-распределительного устройства:
 1 – гофрированный рукав отпусчного устройства; 2 – цилиндр; 3, 8 – крепёжное устройство; 4 – стержень; 5 – цилиндр; 6 – пружина; 7 – лопасти; 9 – подвижные лопасти; 10 – конус; 11 – люк загружаемой ёмкости

Устройство работает следующим образом. Сыпучая масса поступает из отпусчного бункера по гофрированному трубопроводу 1. Попадая в цилиндр 2, она устремляется к лопастям 7, имеющим винтовой профиль, и своей массой давит на них. Лопастями 7 приводятся в движение поступающим сверху потоком сыпучего материала. В свою очередь, сыпучий поток своей массой опускает цилиндр 5 вниз до упора крепёжного устройства 8 в конус 10. При этом наблюдается размещение лопастей 9 по плоскости конуса. Вращение лопастей 7 приводит в движение лопасти 9. Таким образом, когда сыпучая масса прошла сквозь лопасти 7 и привела их во вращение, приходят в движение лопасти 9, разбрасывая сыпучую массу по периметру ёмкости [3].

При выполнении теоретических исследований обосновываются следующие конструктивные параметры загрузочно-распределительного устройства:

- форма лопасти;
- угол атаки лопасти;
- угол основания лопасти;
- длина лопасти и угол наклона лопасти.

Целью оптимизации параметров рабочего органа загрузочно-распределительного устройства является равномерная загрузка материалом максимального объёма заправляемой ёмкости. Поверхность зоны засыпки материалом ёмкости имеет форму круга с центром в точке, образованной от оси вращения загрузочно-распределительного устройства. Радиус разброса r равен сумме длины лопасти и расстояния свободного полёта частиц груза, упавшего с крайней части лопасти. Форма лопасти должна быть такой, чтобы с каждой части лопасти пада-

ло такое количество материала, масса которого равномерно заполняла бы площадь поверхности круга охвата. С увеличением расстояния от центра вращения лопасти или с увеличением длины лопасти количество сходящего с неё груза должно увеличиваться по зависимости $S = \pi r^2$. Подача материала на лопасть происходит от потока из рукава равномерно на каждый выделенный элементарный сектор с углом φ . И с каждого такого сектора груз, двигаясь по плоскости лопасти, попадает в определённое место схода на расстоянии r от оси вращения. Отсюда, приравняв величину сектора и площадь засыпки, охватываемой этой лопастью, получим уравнение формы лопасти, обеспечивающее необходимые условия равномерности засыпки: $\varphi = \pi r^2$. Данное уравнение, записанное в полярных координатах, удобнее записать как зависимость r от φ в следующем виде:

$$r(\varphi) = \sqrt{\varphi / \pi}. \quad (1)$$

Таким образом, лопасть имеет вид геометрической фигуры, образованной степенной спиралью, ограниченной линией радиуса r , а её форма будет зависеть от угла φ . Поэтому, регулируя эти величины, мы можем изменять форму лопасти в зависимости от конкретных условий, сохраняя при этом условие равномерного распределения.

Распределение материала происходит наиболее качественно при работе данного устройства, если лопасти будут постоянно и равномерно вращаться вокруг собственной оси с угловой скоростью ω . Это возможно в случае возникновения крутящего момента, действующего на лопасти. Такой момент можно создать потоком движущегося по лопасти

материала, если плоскость лопасти отклонить от горизонтального положения на угол α . Для того чтобы материал равномерно распределялся по плоскости лопасти и была исключена его остановка или препятствие движению, необходимо плоскость, в которой находится лопасть, отклонить на угол β относительно оси Oy . Схема размещения рабочего органа в координатных осях представлена на рисунке 2.

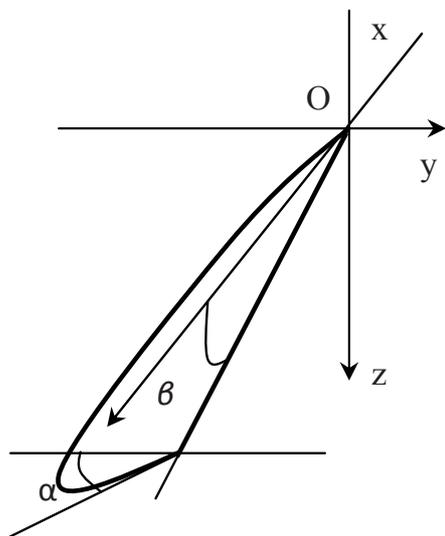


Рис. 2 – Схема расположения рабочего органа

При этом должно выполняться следующее условие:

$$M \geq M_{\text{сопр}}, \text{ Нм}, \quad (2)$$

где $M_{\text{сопр}}$ – момент, возникающий от сопротивления движению лопасти, Нм.

$$M = \frac{tg\alpha(1-f)\rho g v_n R_n}{2 \cos\beta(1+f)} \cdot \left[\left[\frac{(b_1 + b_2 \cdot \sqrt{\frac{\phi}{\pi}})^{1,5}}{b_2^5} \right] \left[3,063 \cdot \left(b_1^2 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{\phi}{\pi}} \right) - 0,477 \cdot \left(b_1 \cdot b_2^2 \cdot \frac{\phi}{\pi} \right) - \right. \right. \quad (3)$$

$$\left. \left. \begin{aligned} & -0,56 \cdot b_2^3 \cdot \left(\frac{\phi}{\pi} \right)^{1,5} - 2,041 \cdot b_1^3 \\ & \left. -1,067 \cdot \frac{b_1^{2,5} \cdot \phi}{b_2^3} + 2,552 \cdot \frac{b_1^{4,5}}{b_2^5} \right] \right], \text{ Нм},$$

где $b_1 = v_n^2 \sin^2 \beta$;
 $b_2 = 2g \cos\beta (tg\beta - f)$;
 f – коэффициент внешнего трения;
 ρ – плотность материала, кг/м³;
 v_n – скорость движения материала перед попаданием на лопасть, м/с;
 R_n – радиус сектора (равен половине диаметра потока), м;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Заменив в уравнении (3) M на $M_{\text{сопр}}$, можно найти угол α (угол атаки лопасти), необходимый для вращения лопастей устройства.

В этой формуле угол ϕ имеет значение γ .

Из выражения (3) видно, что крутящий момент, возникающий в результате движения материала по лопасти, зависит от плотности материала, площади потока, подаваемого на лопасть, угла наклона лопасти, угла атаки лопасти, а также от радиуса, формы и размеров лопасти.

Оптимальная длина рабочего органа (l_n) и угол его наклона (β) в значительной степени влияют на эффективность работы загрузочно-распределительного устройства. Оптимальное распределение груза по лопасти и, соответственно, равномерная загрузка необходимой площади будет обеспечиваться при равномерном движении его по поверхности рабочего органа, т.е. начальная скорость движения груза по лопасти v_n должна быть равна конечной скорости движения груза v_k до момента его падения с лопасти. Также угол должен принимать наименьшее значение по условию минимального занятия полезного пространства ёмкости. На рисунке 3 представлена схема к расчёту длины лопасти.

$$tg\beta = f + \frac{v_k^2 - v_n^2}{2ga}, \text{ град.} \quad (4)$$

где $a = l_n \cos\beta$.

Конечную скорость находим по формуле:

$$v_k = \sqrt{2gl_n \cos\beta (tg\beta - f) + v_n^2}, \text{ м/с.} \quad (5)$$

Анализируя выражения (4) и (5), можно сделать вывод, что при $v_k = v_n - \beta = \beta_0 = arctgf$. Для ускоренного движения ($v_k > v_n$) должно выполняться условие $\beta > \beta_0$, т.е. угол наклона лопасти должен быть больше угла трения груза о материал устройства.

Исходя из вышеизложенного длина рабочего органа после некоторых преобразований находится по следующей формуле:

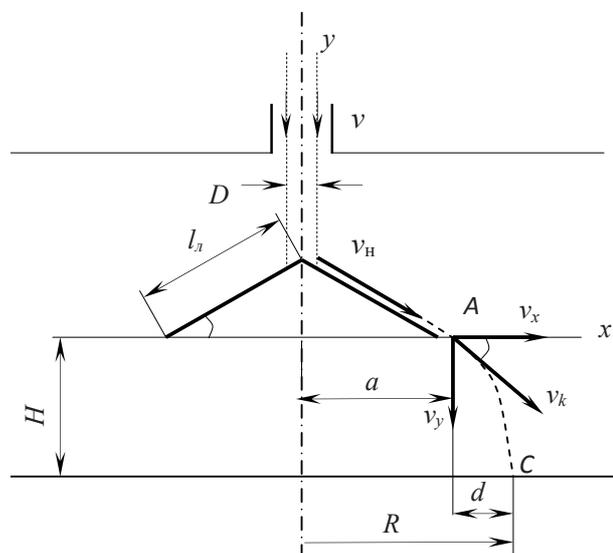


Рис. 3 – Схема к расчёту длины лопасти

$$l_n = \frac{R}{\cos\beta} + \frac{v \sin\beta}{g} (\sqrt{2gH + v^2 \sin^3\beta - v \sin^2\beta}), \text{ м}, \quad (6)$$

где R – радиус необходимой площади засыпки, м;

v – скорость движения материала в потоке, м/с;

H – высота падения груза с лопасти, м.

Таким образом, необходимый угол наклона рабочего органа загрузочного устройства определяется как $\beta = \arctg f$, и при $f = 0,35$ для зерновых грузов равен $19,3^\circ$. При загрузке мобильной ёмкости с размерами $R = 1,5$ м, $H = 3$ м, при угле $\beta = 19,3^\circ$, скорости потока $v = 0,5$ м/с длина лопасти (l_n) примет значение, равное 1,71 м.

Применение оригинальной конструкции бесприводного энергосберегающего загрузочно-распределительного устройства для компонентов комбикорма приводит к увеличению полезного объёма ёмкости, равномерности укладки материала и уменьшению сегрегации.

Литература

1. Варгунин В.И., Горюшинский В.С., Варламов А.В. и др. Теория и практика применения шелевых бункеров на железнодорожном транспорте и в агропромышленном комплексе: монография. Самара: СНЦ РАН, СамГУПС, 2007. 107 с.
2. Горюшинский И.В., Кононов И.И., Денисов В.В. и др. Ёмкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах: учеб. пос. для вузов. Самара: СамГУПС, 2003. 232 с.
3. Свидетельство РФ на полезную модель № 113515 RU, МПК В 65 G 65/32, В 65 D 88/54. Устройство для загрузки сыпучих материалов в бункер / А.В. Варламов, Н.Н. Мазько, И.В. Горюшинский. Заявлено 09.11.2009. Оpubл. 10.06.2011. Бюл. № 30. 8 с.: ил.