



УДК 631.363;636.085

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ КОРМА МАЯТНИКОВЫМ КОРМУШКОЙ-ДОЗАТОРОМ

Шацкий В.В., д.т.н.,

Попазов С.В.

Таврический государственный агротехнологический университет

тел. (0619) 42-05-70

Аннотация – представлены математические зависимости, моделирующие формирование порции сыпучего материала маятниковым кормушкой дозатором.

Ключевые слова – корм, бункер, маятник, отклонение, сыпучий материал, истечение, объем, кормушка.

Постановка проблемы. Основным резервом сдерживания роста себестоимости продукции животноводства является упрощение конструкции технологического оборудования при передаче функций управления процессами животными. В свиноводстве таким резервом является использование автоматических кормушек-дозаторов, совершенствование технологической схемы которых, является актуальным.

Анализ последних исследований. В настоящее время в научной печати много внимания уделено исследованиям истечения сыпучего материала из конусных бункеров [1], но отсутствуют исследования формирования порции корма при истечении сыпучего материала из бункера совершающего колебания относительно вертикальной оси, что не дает возможности обосновать параметры выгрузного окна маятникового кормушки-дозатора, обеспечивающего стабильность процесса кормления свиноголовья.

Цель работы. Моделирование процесса формирования порции корма сыпучего материала при отклонении конусного цилиндрического бункера, которое проводится с целью определения параметров процесса выдачи и геометрических параметров выгрузного окна бункера, обеспечивающего стабильность процесса работы автоматической кормушки-дозатора при подаче сыпучего корма с различными физико-механическими свойствами в определенных пределах влажности.

Метод исследований. Стабильное формирование порции корма при отклонении бункера от вертикальной оси зависит от фракционно-

го состава, формы частиц, их взаимодействия и трения, зазора между кромкой выгрузного окна и поверхности днища бункера. Поэтому исследования проводятся с использованием механики сыпучих сред. Что позволяет определить параметры дозирующего узла для обеспечения стабильного истечения сыпучего материала.

Основная часть. При вертикальном положении конусоцилиндрической емкости, с зазором h_{cp} между цилиндрическим выгрузным окном и плоскостью кормушки, происходит истечение сыпучего материала из бункера и заполнение пространства между ними. Материал выходит за рамки выгрузного цилиндрического окна за счет расположения его под углом естественного откоса α (рис.1.)

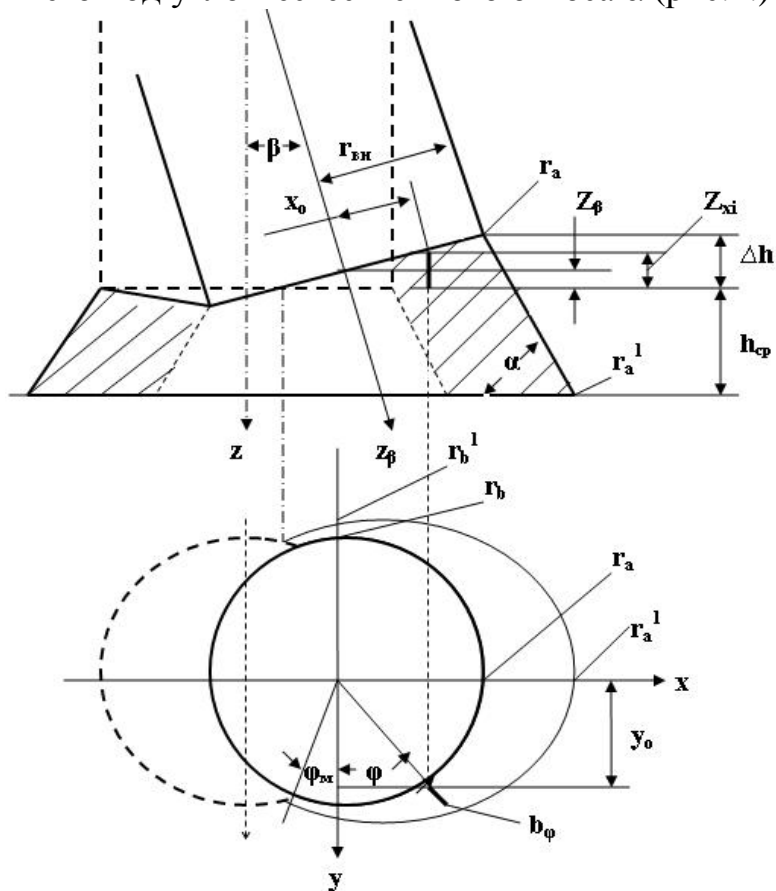


Рис.1. Форма порции корма при отклонении бункера.

Объем корма при этом определяется с учетом того, что величина y изменяется в диапазоне $0 < y < h_{cp}$, а диаметр D_k окружности сыпучего материала находится в зависимости от величины y (высоты слоя) по выражению

$$D_k = 2(h_{cp} - y_i) \operatorname{ctg} \alpha + d_{вн},$$

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi}{4} \int_0^{h_{cp}} 2 [(h_{cp} - y_i) \operatorname{ctg} \alpha + d_{вн}]^2 dy. \quad (1)$$

При отклонении конусно-цилиндрической емкости от вертикальной оси происходит истечение сыпучего материала на поверхность кормушки под углом естественного откоса α . Верхняя кромка цилиндрического выгрузного окна при этом повышается над средней высотой h_{cp} на Δh

$$\Delta h = R_o (1 - \cos \beta) + \frac{d}{2} \sin \beta. \quad (2)$$

Отклонение бункера с выгрузным патрубком на угол β увеличивает зазор между выгрузным окном и плоскостью кормушки и расход сыпучего материала, вытекающего из бункера. При этом выгрузное окно бункера проецируется на горизонтальную плоскость как эллипс с радиусами $r_b = 0,5d_{вн}$ и $r_a = 0,5d_{вн} \cos \beta$ (см. рис.).

Объем материала, поступившего из бункера на плоскость кормушки, определяется суммой объемов высотой h_{cp} и Δh .

Объем материала высотой h_{cp} в горизонтальном сечении представляет эллипс, четверть площади которого определяется интегрированием по углу отклонения t , изменяющегося в пределах $\pi/2 < t < 0$

$$\frac{1}{4} S_{h_i} = \int_{\frac{\pi}{2}}^0 r_{ib}^i \sin t (-r_{ia}^i \cos t) dt. \quad (3)$$

Радиусы r_{ib} и r_{ia} (см. Рис.) зависят от высоты расположения слоя и определяются выражениями

$$r_{bi}^i = r_b + (h_{bi} - h_i) \operatorname{ctg} \alpha, \quad (4)$$

$$r_{ai}^i = r_a + (h_{ai} - h_i) \operatorname{ctg} \alpha. \quad (5)$$

Высота расположения этих точек (радиусов h_{bi} и h_{ai}) определяется из рисунка

$$h_{bi} = h_{cp} + R_o (1 - \cos \beta), \quad (6)$$

$$h_{ai} = h_{cp} + R_o (1 - \cos \beta) + 0,5 d_{вн} (1 - \sin \beta). \quad (7)$$

Тогда четверть площади эллипса $0,25S_{hi}$ будет определяться подстановкой в (3) его составляющих

$$V_{h_{cp}} = \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \left\{ r_b \left[h_{cp} + R_o (1 - \cos \beta) - h_i \right] \operatorname{ctg} \alpha \right\} \sin t \left\{ -r_a \left[h_{cp} + R_o (1 - \cos \beta) + 0,5 d_{вн} (1 - \sin \beta) - h_i \right] \operatorname{ctg} \alpha \right\} \cos t dt. \quad (8)$$

Объем материала высотой h_{cp} , поступившего из бункера на плоскость кормушки, определяется интегрированием площади $0,25S_{hi}$ по высоте h , изменяющейся в диапазоне $0 \dots h_{cp}$

$$V_{h_{cp}} = 2 \int_0^{h_{cp}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ r_b [h_{cp} + R_o(1 - \cos \beta) - h_i] \operatorname{ctg} \alpha \right\} \sin t \left\{ -r_a [h_{cp} + R_o(1 - \cos \beta) + 0,5d_{вн}(1 - \sin \beta) - h_i] \operatorname{ctg} \alpha \right\} \cos t dt dh . \quad (9)$$

Объем материала высотой Δh , который в горизонтальном сечении располагается в четырех квадрантах конуса. определяется как сумма объемов, находящихся в 1 и 2 квадрантах (V_{21}) и 3 и 4 квадрантах (V_{22}).

Объем материала определяется интегрированием площади вертикального сечения по углу поворота, первом случае, в диапазоне $0 < \varphi < \pi/2$.

Площадь вертикального сечения определяется как площадь треугольника со сторонами (b_φ – горизонтальная сторона и z_{xi} – вертикальная сторона), зависящими от угла φ расположения вертикального сечения

Вертикальная сторона определяется как сумма величины z_β (высота кромки выгрузного окна в точке b , $z_\beta = R_o(1 - \cos \beta)$) и прироста высоты при повороте вертикального сечения на угол φ

$$z_{x_i} = z_\beta + x_i \operatorname{tg} \beta = z_\beta + r_{вн} \sin \varphi \operatorname{tg} \beta . \quad (10)$$

Горизонтальная сторона зависит от угла естественного откоса материала

$$b_\beta = z_\beta + r_{вн} \sin \varphi \operatorname{tg} \beta \operatorname{ctg} \alpha , \quad (11)$$

тогда объем V_{21} материала определяется по выражению

$$V_{21} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [R_o(1 - \cos \beta) + r_{вн} \sin \varphi \operatorname{tg} \beta]^2 \operatorname{ctg} \alpha d\varphi . \quad (12)$$

Объем V_{22} материала определяется аналогично в диапазоне отклонения угла φ_m , зависящем от угла β отклонения бункера от вертикальной оси, в диапазоне $0 \dots \arcsin(x_m/r_{вн})$, где x_m – проекция радиуса расположения крайней точки расположения корма в 4 квадранте $x_m = z_\beta/\operatorname{tg} \beta$. Тогда максимальное значение угла φ_m равно

$$\varphi_M = z \arcsin \frac{R_o(1 - \cos \beta)}{r_{вн} \operatorname{tg} \beta} , \quad (13)$$

тогда объем V_{22} материала определяется интегрированием по выражению

$$V_{22} = \int_0^{\arcsin \frac{R_o (1 - \cos \beta)}{r_{\text{вн}} \operatorname{tg} \beta}} \left[R_o (1 - \cos \beta) - r_{\text{вн}} \sin \varphi \operatorname{tg} \beta \right]^2 \operatorname{ctg} \alpha d\varphi . \quad (14)$$

Таким образом, определен объем материала, поступающего из бункера на плоскость кормушки. Однако при возврате бункера в горизонтальное положение происходит срез части материала кромкой выгрузного окна. Форма срезаемой части материала в плоскости оси x представляет сечение в виде сегмента, площадью, определяемой известной формулой

$$S_{\text{сегм}} = R_{ix} \left(\pi \frac{\beta}{360} - \frac{\sin \beta}{2} \right), \quad (15)$$

где R_{ix} – радиус кромки выгрузного окна, изменяющийся по оси x_0 , зависящего от y_0 ($R_{ix} = (R_o^2 + x_{oi}^2)^{0,5}$, где $x_{oi}^2 = (r_{\text{вн}}^2 - y_{oi}^2)$), который изменяется от 0 до $r_{\text{вн}}$.

$$R_{ix} = \left[R_o^2 + \left(r_{\text{вн}}^2 - y_{oi}^2 \right) \right]^{0,5}, \quad (16)$$

тогда объем, снимаемой кромкой выгрузного окна, определяется интегрированием площади сегмента по y_0

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{2} \int_0^{r_{\text{вн}}} \left[R_o^2 + \left(r_{\text{вн}}^2 - y_{oi}^2 \right) \right]_{ix} \left(\pi \frac{\beta}{180} - \sin \beta \right) dy . \quad (17)$$

Следовательно, объем сыпучего материала при качении бункера в одном направлении определяется как сумма объемов

$$V_n = V_{\text{h}_{\text{cp}}} + V_{21} + V_{22} - V_{\text{сегм}} . \quad (18)$$

Для определения параметров процесса истечения сыпучего материала и параметров конусно – цилиндрического бункера, диаметра выгрузного окна и величины его отклонения проводится моделирование процесса истечения при определенных физико-механических свойствах материала и параметрах кормушки-дозатора.

Выводы. Полученные математические зависимости в совокупности представляют модель формирования порции корма маятниковым кормушкой – дозатором.

Литература

1 Шацкий В.В. Моделирование истечения сыпучего материала в конусно- цилиндрическом бункере методом дискретных элементов /

Шацький В.В., Попазов С.В., Коломиец С.М. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, вип.120 «Технічні системи і технології тваринництва»// Харків. 2012. С.123-132.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОДАЧІ КОРМУ МАЯТНИКОВИМ ГОДІВНИЦЕЮ-ДОЗАТОРОМ

Шацький В.В., Попазов С.В.

Анотація

Представлені математичні залежності, що моделюють формування порції сипкого матеріалу маятниковим годівницею-дозатором.

DESIGN OF SERVE OF FORAGE BY PENDULUM FEEDING TROUGH-METERING DEVICE

V.Shacky, S. Popazov

Summary

Mathematical dependences, designing's forming of portion of friable material by a pendulum a feeding trough metering device, are presented.