

**Федоренко С.С.**

Алтайский государственный аграрный университет.  
Научный руководитель – И.Я. Федоренко, д.т.н., проф.

## СЕПАРАТОР ДЛЯ ОЧИСТКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА ОТ КРУПНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Комбикорма представляют собой сложную однородную смесь различных кормовых средств, предварительно очищенных, измельченных и подобранных по научно обоснованным рецептам с целью наиболее эффективного использования животными питательных веществ [1].

По своему качеству комбикорма должны отвечать требованиям ГОСТов. Согласно нормам технологического проектирования хозяйственных комбикормовых предприятий (НТП-АПК 1.10.16.002-03) – зерно необходимо обязательно очищать от минеральных и металлических примесей [2].

На сегодняшний день существует множество различных очистительных машин. Рассмотрим подробнее разработанный нами сепаратор для очистки фуражного зерна (рис. 1) [3].

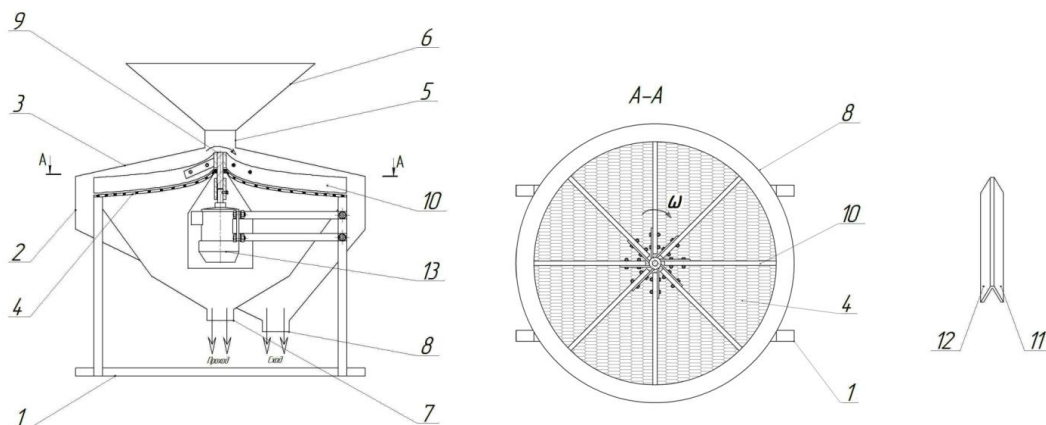


Рисунок 1 - Предлагаемое устройство для очистки фуражного зерна

Сепаратор состоит из рамы 1, на которой установлен корпус 2 с крышкой 3 с размещенным в нем рабочим органом с сепарирующей поверхностью 4, выполненной криволинейной с выпуклой центральной частью, центральная питательная труба 5 с воронкой 6 и патрубки для вывода фракций 7 и 8. Над сепарирующей поверхностью 4 на приводном валу 9 закреплены гонки 10, выполненные в виде сходящихся под углом, направленным в противоположную сторону от сепарирующей поверхности 4, пластин 11 и 12, при этом конфигурация пластин выполнена копирующей кривизну сепарирующей поверхности рабочего органа. Зазор между планками и решетом составляет не более 0,5 мм. Приводной вал 9 приводится в действие от привода 13.

Принцип работы сепаратора состоит в следующем. Исходный материал засыпается в воронку 6 с центральной питающей трубой 5, откуда в

дальнейшем просыпается на сепарирующую поверхность 4 с рабочими органами (гонками) 10. Исходный материал попадает на неподвижную сепарирующую поверхность 4, которая жестко связана с рамой 1 сепаратора. Зерновой материал приводится в движение воздействием радиально расположенных гонков 10, которые в свою очередь жестко закреплены на валу 9 и приводятся в круговое движение при помощи электродвигателя 13. Благодаря конструктивной особенности сепарирующей поверхности 4 и гонков 10 исходный материал имеет постоянную скорость на всем пути своего движения. Зерновой материал, двигаясь по неподвижной сепарирующей поверхности 4, подхватывается гонками 10, набегая на их переднюю грань, совершает круговые движения, перемешивается и просеивается через сепарирующую поверхность 4. Очищенное зерно попадает в патрубок 7 вывода фракций. Примеси, двигаясь в радиальном направлении гонками 10, доходят до стенок корпуса и попадают в патрубок 8 вывода фракций. Задняя часть гонка 10 дополнительно просеивает зерновой материал и очищает сепарирующую поверхность 4. Создаваемое гонками 10 движение воздуха дополнительно очищает сепарирующую поверхность 4.

Для данного сепаратора нас интересует, какие силы воздействуют на крупную частицу. Для этого рассмотрим движение частицы по сепарирующей поверхности (рис. 2.).

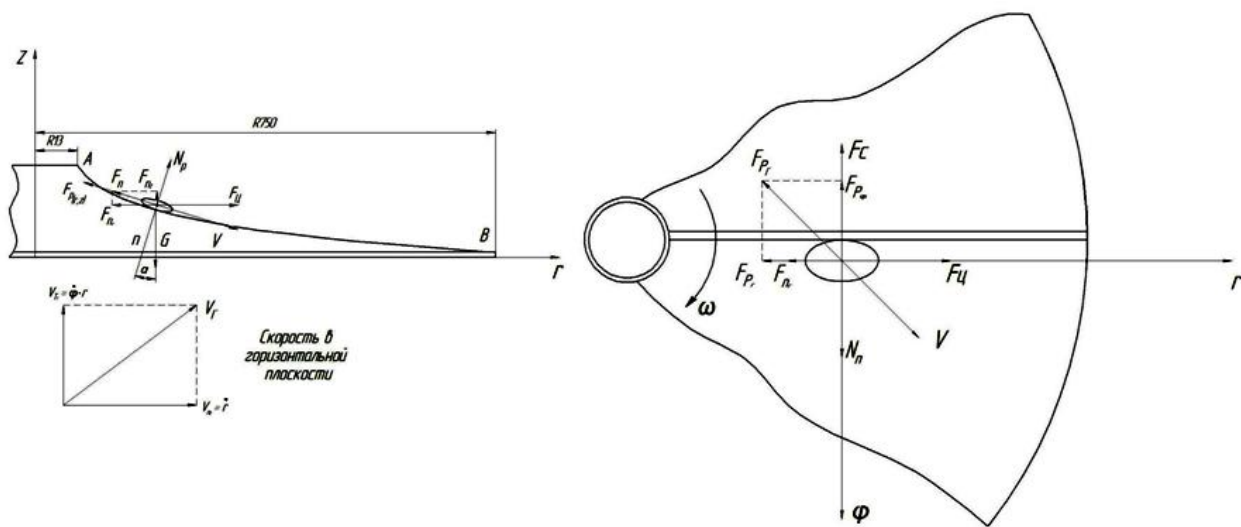


Рисунок 2 - Расчетная схема движения частицы по решетке

Нами были получены следующие уравнения движения по решетке [4], [5]:

Пусть профиль решетки (уравнение образующей) описывается уравнением:

$$z = \psi(r).$$

Будем рассматривать движение частицы относительно планки.

Переносное движение – равномерное вращение точки планки, с которой в данный момент совпадает частица.

Получаем векторное уравнение:

$$m \cdot \vec{a}_r = \vec{F}_n + \vec{F}_p + \vec{G} + \vec{N}_n + \vec{N}_p + \vec{F}_y + \vec{F}_c \quad \text{где } F_y -$$

центробежная сила,  $\vec{F}_y = -m \cdot \vec{\omega}^2 \cdot \vec{r}$ ;

$F_c$  – кориолисова сила,  $\vec{F}_c = -2 \cdot m \cdot [\vec{\omega} \times \vec{V}_r]$ ;

$F_n$  – сила трения частицы о планку;

$F_p$  – сила трения частицы о решетку;

$G$  – сила веса;

$N_n$  – нормальная реакция планки;

$N_p$  – нормальная реакция решетки;

Таким образом, силами, движущими частицу к периферии решетки, является центробежная  $F_y$  и некоторая составляющая силы веса  $G$ , а тормозящими – силы трения  $F_n$  и  $F_p$ .

Проецируя это уравнение на цилиндрические оси координат  $r$ ,  $\varphi$  и  $z$ , получим систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot (\ddot{r} - r \cdot \dot{\varphi}^2) = F_y + N_p \cdot \sin \alpha - F_n \cdot \cos \alpha - F_p \cdot \frac{V_{\Pi r}}{V_r} \cdot \cos \alpha \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m}{r} \cdot \frac{d}{dt} \cdot (r^2 \cdot \dot{\varphi}) = N_n - F_c - F_p \cdot \frac{V_{T r}}{V_r} \cdot \cos \alpha \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot \ddot{z} = N_p \cdot \cos \alpha + F_n \cdot \sin \alpha + F_p \cdot \frac{V_{\Pi r}}{V_r} \cdot \sin \alpha \end{array} \right. \quad (3)$$

В результате решения данной системы дифференциальных уравнений, получили дифференциальное уравнение 2-го порядка, поскольку  $\operatorname{tg} \alpha = z'$ , тогда:

$$z'' - 2 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot z' - g = 0$$

Общее решение полученного дифференциального уравнения 2-го порядка имеет вид [6]:

$$z = -C_1 \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2 \cdot \omega} \cdot \operatorname{erf}(\omega \cdot r) \quad (4)$$

где переменную  $C_1$  можно найти:

$$C_1 = g \cdot \int_{r_1}^{r_2} e^{-a \cdot r^2} dr = 9,81 \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2 \cdot \omega} \cdot \operatorname{erf}(\omega \cdot r_2) - 9,81 \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2 \cdot \omega} \cdot \operatorname{erf}(\omega \cdot r_1)$$

где  $r_1$  – min радиус решетки, м;

$r_2$  – max радиус решетки, м;

$\omega$  – угловая скорость планки,  $\text{с}^{-1}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Выражение (4) есть уравнение для построения образующей решетки.

График этого решения на отрезке  $[0,013; 0,75]$  показан на рисунке 3 (он получен с помощью программы MS Excel), при  $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$ .

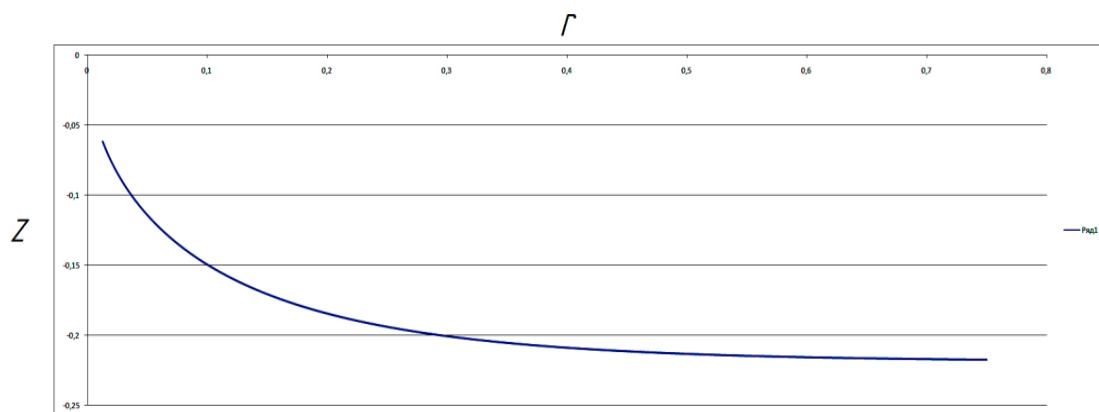


Рисунок 3 - График формы решета ( $\omega=5\text{с}^{-1}$ )

Таким образом, в дальнейшем предусматривается численное решение полной системы уравнений движения частицы по решетку под действием гонок (планок) и получение явных зависимостей параметров движения от кинематических и геометрических параметров сепаратора и технологических свойств обрабатываемого сырья.

#### Библиографический список

1. Макарцев Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных: Учебник / Н.Г. Макарцев. - М.: Агропромиздат, 1990. - 248 с.
2. Режим доступа:  
[http://www.infosait.ru/norma\\_doc/46/46178/index.htm#i85174](http://www.infosait.ru/norma_doc/46/46178/index.htm#i85174)
3. Патент на изобретение № 2446022, приоритет 27.03.2012 г. Авторы: Федоренко И.Я., Федоренко А.С., Федоренко С.С.
4. Федоренко И.Я. Проектирование технических устройств и систем: принципы, методы, процедуры. Учебное пособие / И.Я. Федоренко. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2003. -282 с.
5. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т. II. Динамика. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1983. – 640 с.
6. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. В 3 томах. Том 1. Элементарные функции. -М.: Наука, 1981. - 800 с.