

2. Nukeshev S., Eskhozhin D., Lichman G., Karaivanov D., Zolotukhin E., Syzdykov D., 2016a. Theoretical Substantiation of The Design of a Seeding Device for Differentiated Intra Soil Application of Mineral Fertilizers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Volume 64(1), pp. 115–122.

10.11118/actaun201664010115

3. Nukeshev, S., Eskhozhin, K., Eskhozhin, D., Syzdykov, D., 2017a. Justification of Design and Parameters of Seeding Unit for Fertilizers. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Volume 39(4), pp. 1139–1149.

<https://doi.org/10.1007/s40430-016-0588-5>

4. Nukeshev S., Slavov B., Karaivanov D., Balabekova A., Zhaksylykova Z., 2019. Forced Vibrations of the Hopper of Fertilizer Applying Machine. *Mechanics*, Volume 24(6), pp. 798–804. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.24.6.22464>

5. Nukeshev S., Tanbayev K., Ramaniuk M., Kakabayev N., Sugirbay A., Moldazhanov A., 2024. Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers. *AgriEngineering*, Volume 6(2), 1365-1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>.

УДК 631.363.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗЕРНА ПО ДНУ И БОКОВОЙ ГРАНИ ПАЗА РОТОРА

Д. Алижанов, Ш. Абдурахмонов

*Национальный исследовательский университет «Ташкентский
институт инженеров ирригации и механизации сельского
хозяйства», г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Аннотация. В настоящей работе рассматривается рабочая камера измельчителя с горизонтальным расположением ротора на котором имеются пазы прямоугольного сечения, служащие для перемещения и измельчения зернового материала, для этой же цели имеются пазы на верхнем диске. Для исследования движения частицы зерна по боковой грани и по пазу составлены дифференциальные уравнения. После соответствующих постановок на эти уравнения получены соответствующие системы уравнений. Для численной и графической реализации системы уравнений составлены соответствующие машинные программы в система «matlab». Подготовленные программы позволяют провести исследований движения частицы по боковой поверхности и дну паза ротора в численном и графическом видах.

Введение

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на создание новых видов ресурсосберегающих технологий и технических средств для приготовления кормов, путем измельчения зерновых материалов в животноводческих хозяйствах и обоснование их технологических рабочих процессов [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В связи с этим считается необходимым разработка и обоснование параметров роторного измельчителя зерна обеспечивающего ми-

нимальные удельные энергозатраты получение измельченных зерновых продуктов, соответствующих зоотехническим требованиям по виду и возрасту скота и на основе этого обеспечение пылеобразной фракции, не превышающей 5 %.

В измельчающих зерновой материал машинах с горизонтальным расположением ротора исследование процессов в рабочей камере необходимо для получения зависимостей конструктивных и режимных параметров с энергетическими и качественными характеристиками. В настоящей работе рассмотрен ряд возможных движений зернового материала в рабочей камере.

Основная часть

Если пазы ротора располагаются под значительным углом α к вертикальной оси ротора, то возможно движение частицы зерна будет зависеть от скоростных режимов ротора и конструктивных параметров паза. Рассмотрим этот случай, представляющий как теоретический, так и практический интерес.

Из рисунка 1 видно, что движущая частица, находящаяся на поверхности боковой грани и не опирающаяся на дно паза ротора, может совершать два движения: по оси x и в радиальном направлении по вращающейся оси r . При этом на частицу будут действовать силы веса – mg , центробежная сила $F_c = mrw^2$, поворотная сила $F_k = 2m \cdot \frac{ds}{dt} \cdot w \cdot \sin\beta$, сила трения о боковую грань $F_{fr} = 2mf \cdot \frac{ds}{dt} \cdot w \cdot \sin\beta$.

Для исследования движения частицы по боковой грани составим дифференциальное уравнение с учетом двух степеней свободы рассматриваемой системы:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = mg - 2mf \cdot \frac{ds}{dt} \cdot w \cdot \cos\beta \\ m\ddot{r} = mrw^2 - 2mf \cdot \frac{ds}{dt} \cdot w \cdot \sin\beta \end{cases} \quad (1)$$

Так как

$$ds = \sqrt{(dx)^2 + (dr)^2}, \quad \sin\beta = \frac{dr}{ds}, \quad \cos\beta = \frac{dx}{ds},$$

то после соответствующих подстановок в (1) получим систему уравнений в виде:

$$\begin{cases} \ddot{x} = g - 2fw\dot{x} \\ \ddot{r} = rw^2 - 2fwr\dot{r} \end{cases} \quad (2)$$

Если угол $\beta \geq \alpha$, то контакт частицы с дном паза ротора невозможен, и движение может осуществляться только по боковой гра-

ни. Так как угол β есть величина переменная, то вышеприведенное условие можно записать в виде:

$$\sin \alpha \leq \frac{\dot{r}}{\sqrt{(\dot{r})^2 + (\dot{\beta})^2}}$$

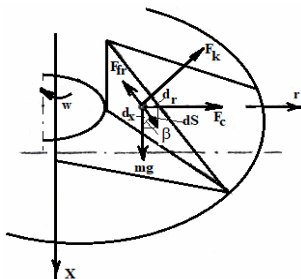


Рисунок 1 – Схема сил при движении частицы по боковой грани паза

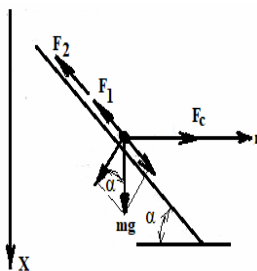


Рисунок 2 – Схема сил при движении частицы по дну паза

Для случая $\alpha > \beta$ имеем движение частицы по дну паза ротора. Здесь (рис.2) уравнение движения имеет вид:

$$\begin{cases} m\dot{r} = F_c - F_1 - F_2 \\ m\ddot{x} = mg \cdot \sin^2 \alpha - (F_1 + F_2) \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (3)$$

где $F_c = mr\omega^2$, сила трения по дну паза $F_1 = fmg \cdot \cos \alpha$, сила трения боковую грань – $F_2 = 2fmw \cdot \dot{r} \cos \alpha \cdot \sin \alpha$.

Сделав соответствующие подстановки в систему (3), получим

$$\begin{cases} \dot{r} = r\omega^2 - fg \cos \alpha - 2f \cdot w \dot{r} \cos \alpha \cdot \sin \alpha \\ \ddot{x} = g \cdot \sin^2 \alpha - \sin \alpha (fg \cos \alpha + 2fw \dot{r} \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \end{cases} \quad (4)$$

Представим систему (2) и (4) в матричной форме.

Понизим порядок системы уравнений (2). Примем $r = r(1), \dot{r} = r(2), x = r(3), \dot{x} = r(4)$.

Тогда получим:

$$\begin{cases} \dot{r}(1) = r(2) \\ \dot{r}(2) = r(1) \cdot \omega^2 - 2fw \cdot r(2) \\ \dot{r}(3) = r(4) \\ \dot{r}(4) = g - 2fw \cdot r(4) \end{cases} \quad (5)$$

Аналогично для системы (4):

$$\begin{cases} \dot{r}(1) = r(2) \\ \dot{r}(2) = r(1) \cdot \omega^2 - fg \cdot \cos \alpha - 2fw \cdot r(2) \cos \alpha \cdot \sin \alpha \\ \dot{r}(3) = r(4) \\ \dot{r}(4) = g \cdot \sin^2 \alpha - \sin \alpha (fg \cos \alpha - 2fw \cdot r(2) \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \end{cases} \quad (6)$$

Система (5) в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} \dot{r}(1) \\ \dot{r}(2) \\ \dot{r}(3) \\ \dot{r}(4) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w^2 & -2fw & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2fw \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} r(1) \\ r(2) \\ r(3) \\ r(4) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} * g \quad (7)$$

Система (6) в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} \dot{r}(1) \\ \dot{r}(2) \\ \dot{r}(3) \\ \dot{r}(4) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ w^2 & -A_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -A_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} r(1) \\ r(2) \\ r(3) \\ r(4) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_4 & 0 & 0 & A_5 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Здесь $A_1 = 2fw \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$, $A_2 = 2fw \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha$,

$A_3 = -fg \cdot \cos \alpha$, $A_4 = g \cdot \sin^2 \alpha$, $A_5 = -fg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$.

Для численной и графической реализации (7) и (8) составим соответственно машинные программы в системе «matlab». Для (7) используя файл «Vas 3.m», получим

```
Function yprime = Vas 3(t,r);
yprime = [ 0100; 22.5·1000 - 111 00; 00 01; 000 111] *
*[r(1)r(2)r(3)r(4)]' - [0001]' * 9.81.
```

Программа для решения этой системы с выводом графиков имеет вид:

```
clc
t0=0
t final = 0.5;
YO = [0.014 0.01 0 0.01];
tol = 1.e - 3;
t race = 1;
[t,r] = ode 23 ("Vas 3", to, t final, YO, tol, t race);
Plot (t,r(:, 1), t,r(:,2), t,r(:,3), t,r(:,4))grid, rauce).
```

Для (8), используя файл «Vas 4.m», получим:

```
Function yprime = Vas 4(t,r);
yprime = [ 0100; 22.5·1000 - A1 00; 0001; 0 - A2 00] *
          [0000; A3 000; 0000; A4 00 A5] *
*[r(1)r(2)r(3)r(4)][1001]'
```

Программа решения этой системы с выводом графиков на экран имеет вид:

```
clc
t0=0
t final = 0.5;
```

YO = [0.014 0.01 0 0.01];

tol = 1.e-3;

t race = 1;

[t,r] = jde 23 («Vas 4», t0, t final, YO, tol, t race);

Plot (t,r(: 1), t,r (:2), t,r (:3), t,r (:4))grid, pause.

В уравнениях принять значение коэффициентов:

$$w^2 = \left(150 \frac{P}{c}\right)^2 = 22.5 \cdot 10^{-2}; 2fw = 2 \cdot 0.37 \cdot 150 = 111; g = 9.81.$$

Заключение

Подготовленные программы позволяют провести исследования движения частицы в численном и графическом видах по боковой поверхности и дну паза ротора, в зависимости от угловой скорости ротора, угла наклона паза ротора α , коэффициентов трения f начального и конечного диаметров r ротора.

Список использованной литературы

1. Алижанов Д., Сахаров В.В., Сирожидинов А.С., Тураев Ш.Т., Саидходжаев С.А. Патент №IAP 03209 Роторная дробилка, 27.10.2006 г.
2. Сергеев Н.С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна. / Диссертация док. тех. наук. / Челябинск, 2008. – 167с.
3. Фомин В.В. Снижение энергоёмкости и повышение однородности измельчения зерна в малогабаритном центробежно-роторном измельчителе: /дисс. канд. техн. наук/. -Новосибирск. –2010. – 140 с.
4. D. Alijanov, Sh. Abduroxmonov, N.T.Umirov, E.G'aniboyeva, R.Xudoyqulov, A.Bozorboyev, About the Destruction of Grain in the Working Chamber of the Crusher. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-1S, November 2019. 436–438 st.
5. D.Alijanov, Sh. Abduroxmonov, N.Umirov models of the quality of grinding the grain of an experimental crusher. International Scientific Conference “Konstruktion Mechanics, Hdraulics and Water Recources” (CONMECHYDRO-2020).
6. Дьяконов В.П. Справочник по применению системы PC Matlab М.: Изд-во физ-мат. лит., 1993.

УДК 631.358.633.51

О ПОВЫШЕНИИ ПОЛНОТЫ СБОРА ХЛОПКА ВЕРТИКАЛЬНО-ШПИНДЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

М. Шоумарова, профессор,

Т. Абдиллаев, доцент

Национальный исследовательский университет

*«Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации
сельского хозяйства», г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Известно, что для уборки урожая хлопчатника применяются вертикально-шпиндельные аппараты (ВША), изготавливаемые в