

5. Лепешкин Н.Д. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой / Н.Д. Лепешкин, А.А. Ауко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, П.В. Заяц, А.В. Зень // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве//Материалы международной научно-технической конференции посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - г. Минск, 2017. - с. 100-113.

6. Аутко А.А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // материалы XXI МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно. - ГГАУ, 2018. – с. 182-185.

**УДК 631.362.3**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА**

**Алиев Э.Б., к.т.н., зав. отделом**

*Институт масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины, Запорожье, Украина*

### **Введение**

Задача о движении сыпучего материала под действием воздушного потока является очень распространённой в промышленном и аграрном комплексах. Зачастую она сводится к разделению сыпучего материала по фракциям, которые имеют различную плотность. Как показал анализ литературных источников и профессиональных научных публикаций [1, 2, 3], исследованию процесса перемещения сыпучего материала под действием воздушного потока посвящено много теорий и методик расчета координатных положений частиц. В основу этих исследований положены физико-математический аппарат перемещения материальной точки под действием различных сил, что не учитывает взаимодействие частиц между собой, которые имеют случайное исходное положение.

## Основная часть

Целью исследований является решение задачи движения сыпучего материала под действием потока воздуха. Для исследования процесса перемещения сыпучего материала под действием потока воздуха необходимо определить математический аппарат, который позволит получить траектории, диаграммы сил и величины скольжения при движении частиц в воздушном потоке с градиентом скорости.

В уравнении движения частиц (1) будут учтены только следующие силы: сила тяжести; сила Архимеда; сила, обусловленная изменением давления; сила, эквивалентна влиянию присоединенной массы; сила вязкого сопротивления и суммарная сила контактного взаимодействия частиц между собой и стенкой (только при условии столкновения частиц)

$$\Omega_p \rho_p \frac{d_p \bar{V}_p}{dt} = \bar{F}_g + \bar{F}_A + \bar{F}_{ac} + \bar{F}_m + \bar{F}_D + \bar{F}_{\text{contact}}, \quad \frac{d_p \bar{S}_p}{dt} = \bar{V}_p, \quad \frac{d_p}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{V}_p \cdot \bar{\nabla}. \quad (1)$$

где  $\Omega_p$  – объём частицы, м<sup>3</sup>;  $\rho_p$  – плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $\bar{V}_p$  – вектор скорости движения, м/с;  $\bar{S}_p$  – вектор перемещения частицы, м;  $\bar{F}$  – вектор результирующей силы, которая действует на частицу, Н.

Силы, возникающие от воздействия внешних силовых полей (сила тяжести):

$$\bar{F}_g = \Omega_p \rho_p \bar{g}, \quad (2)$$

где  $\bar{F}_g$  – вектор силы притяжения, Н.

Сила Архимеда:

$$\bar{F}_A = \Omega_p \rho_a \bar{g}, \quad (3)$$

где  $\bar{F}_A$  – вектор силы Архимеда, Н;  $\rho_a$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Сила, обусловленная изменением давления в направлении движения несущего потока за счет его ускорения:

$$\bar{F}_{ac} = \Omega_p \rho_a \frac{d_a \bar{V}_a}{dt}, \quad \frac{d_a}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{V}_a \cdot \bar{\nabla}, \quad (4)$$

где  $\overline{F}_{ac}$  – сила, обусловленная изменением давления в направлении движения несущего потока, Н;  $\overline{V}_a$  – вектор скорости движения воздуха, м/с.

Сила вязкого сопротивления, возникающего при движении частицы с некоторой относительной скоростью в воздушном потоке:

$$\overline{F}_D = \frac{1}{2} \pi D_p^2 \rho_a f_M(Re) (\overline{V}_a - \overline{V}_p) |\overline{V}_a - \overline{V}_p|, \quad (5)$$

где  $\overline{F}_D$  – сила вязкого сопротивления, Н;  $f_M(Re)$  – коэффициент вязкого сопротивления.

Сила, эквивалентная влиянию присоединенной массы представляется как

$$\overline{F}_m = \frac{1}{2} \Omega_p \rho_a \frac{d}{dt} (\overline{V}_a - \overline{V}_p), \quad (6)$$

Суммарная сила контактного взаимодействия частиц между собой и стенкой, которая базируется на упруго-демпферной контактной модели Герца-Миндлина:

$$\overline{F}_{contact} = \overline{F}_n + \overline{F}_t, \quad (7)$$

где  $\overline{F}_{contact}$  – сила взаимодействия между частицей и границей, Н;

$\overline{F}_n = -K_n \overline{d}_n - N_n \overline{V}_n$  – нормальная составляющая силы, Н;

$K_n = \frac{4}{3} E_{eq} \sqrt{d_n R_{eq}}$  – тангенциальная составляющая силы, Н;  $K_n$  – нормальный коэффициент жесткости упругой составляющей, Н/м;  $N_n$  – нормальный коэффициент затухания демпферной составляющей, Н/м;

Решением системы дифференциальных уравнений (1)-(7) является траектория полета, вектор скорости и ускорения частицы, позволяющие определить место падения частицы в зависимости от ее физико-механических и реологических свойств.

### Заключение

В результате теоретических исследований составлено систему дифференциальных уравнения движения частицы сыпучего материала в воздушном потоке, что позволяет определить их траекторию движения в зависимости от их физико-механических свойств.

### **Список использованной литературы**

1. Gary W. Delaney, Paul W. Cleary, Marko Hilden, Rob D. Morrison. Validation of dem predictions of granular flow and separation efficiency for a horizontal laboratory scale wire mesh screen. Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries CSIRO. Melbourne, Australia. 9-11 December 2009. P 1–6.
2. Hans J. Herrmann. Molecular dynamics simulations of granular materials. International Journal of Modern Physics C. Vol. 4. No. 2. 1993. P. 309–316.
3. Ferrara G., Preti U., Schena G. D. Computer-aided Use of a Screening Process Model. APCOM 87. Proceeding of the Twentieth International Symposium on the Application of Computers and Mathematics in the Mineral Industries. Volume 2: Metallurgy. Johannesburg, SAIMM, 1987. P. 153–166.

**УДК 631. 358**

## **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МОЩНОСТИ ДЛЯ ТЕРЕБЛЕНИЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА**

**Н.П. Гурнович, к.т.н., доцент, Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент,  
Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент, М.Н. Гурнович, инженер**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

### **Введение**

Теребление льна одна из важнейших операций осуществляемых льноуборочными агрегатами

При осуществлении теребления необходимо:

- отрегулировать теребильный аппарат на определенную высоту захвата стеблей;
- отрегулировать силу зажима стеблей в теребильном ручье для обеспечения устойчивого захвата теребильными ремнями и обеспечить неповреждаемость стеблей льна.

### **Основная часть**

В настоящее время для теребления льна применяются теребильные аппараты зажимного типа. По типу рабочих органов они классифицируются на ленточно-роликовые и ленточно-дисковые