

3. Фёдорова, А.А. Проектная деятельность: аспект формирования успешной проектной команды / А.А. Фёдорова // Вестник Донецкого педагогического института. 2017. №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnaya-deyatelnost-aspekt-formirovaniya-uspeshnoy-proektnoy-komandy> (дата обращения: 28.04.2024).

4. Щелина, С.О. Использование игровых технологий в подготовке студентов психолого-педагогического направления / С.О. Щелина, А.О. Чудакова // Межпоколенческие отношения: современный дискурс и стратегические выборы в психолого-педагогической науке и практике. 2020. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-igrovyyh-tehnologiy-v-podgotovke-studentov-psihologo-pedagogicheskogo-napravleniya> (дата обращения: 28.04.2024).

УДК 631.362

**ОБОБЩЕННАЯ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ДВИЖЕНИЯ СЛОЯ ЗЕРНА ПО СЕПАРИРУЮЩИМ ПОВЕРХНОСТЯМ
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Сергей Иванович Малюта,

*Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия,
maliytas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7824-4609>*

Аннотация. Особое место в исследовании технологического процесса очистки зерна и семян занимает математическое моделирование движения слоя по сепарирующим поверхностям, совершающим колебательное движение. При этом, как правило, рассматривается его установившееся движение, а все разнообразие математических моделей в виде системы нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка описывает движение материальной точки как по плоским решетам, так и вдоль образующих центрифуг, виброцентрифуг с гладкими и ступенчатыми поверхностями, пневмовиброцентрифуг. В работе приведена механико – математическая модель которая рассматривает движение слоя семян по сепарирующей поверхности пневмовиброцентрифуги и учитывает максимальное количество действующих на материальную точку факторов, таких, как: вес, силы инерции колебательного и вращательного движений ротора, влияние ступенчатой формы рабочего органа в виде ряда конических, расположенных друг над другом, поверхностей, а также воздушного потока. Основываясь на этой модели, предложен путь ее преобразования в более простые, например, моделирующие движение слоя по поверхности виброцентрифуги со ступенчатой формой ротора, а также с гладкой. Конечным результатом данного исследования является получение математической модели

движения слоя зерна или семян по поверхности плоского решета. Обобщение приведенных известных моделей имеет важное методическое значение и может быть использовано как при теоретическом изучении процесса движения слоя, так и при конструировании рабочих органов зерноочистительных и семяочистительных машин.

Ключевые слова: математическая модель; дифференциальное уравнение; сепарирующая поверхность; колебательное движение, решето, зерно.

**TITLE OF THE ARTICLE
GENERALIZED MECHANICAL AND MATHEMATICAL MODEL
OF GRAIN LAYER MOVING ON WORKING SURFACES OF
GRAIN CLEANING MACHINES**

*Sergey Ivanovich Malyuta,
Melitopol State University, Melitopol, Russia,
maliytas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7824-4609>*

Abstract. A special place in the restarch of the technological process of cleaning grain and seeds is occupied by mathematical modeling of the movement of the layer along the separating surfaces, which perform an oscillatory movement. In this case, as a rule, its steady motion is considered, and the whole variety of mathematical models in the form of a system of non-linear non-homogeneous differential equations of the second order describes the motion of a material point both along flat sieves and along the generators of centrifuges, vibrocentrifuges with smooth and stepped surfaces, pneumovibrocentrifuges. The paper presents a mechanical and mathematical model that considers the movement of a layer of seeds along the separating surface of a pneumovibrocentrifuge and takes into account the maximum number of factors acting on a material point, such as: weight, inertia forces of the oscillatory and rotational movements of the rotor, the influence of the stepped shape of the working body in the form of a series of conical, located one above the other surfaces, as well as air flow. Being based at this model, the method is proposed to transform it into simpler ones, for example, simulating the movement of a layer over a surface.

Keywords: mathematical model; differential equation; separating surface; oscillatory motion, sieve, grain.

Введение. Существенную роль в получении кондиционного продовольственного зерна и отвечающих стандартам семян играет их очистка от разнообразных примесей и сортирование. Способы осуществления данных

технологических процессов основываются на различии физико – механических свойств частиц, таких как: аэродинамические свойства, размеры, форма, состояние поверхности, плотность, цвет, шероховатость поверхности, электрические свойства и другие. Наиболее широкое применение имеет разделение зерна и семян по размерам и плотности на колеблющихся поверхностях, причем, наивысшая производительность достигается использованием в качестве интенсифицирующего фактора центробежных сил инерции.

Анализ последних исследований и публикаций. Существенное значение при изучении процессов разделения зерна и семян на колеблющихся поверхностях для их проектирования имеет моделирование процесса перемещения слоя. При этом, процесс перемещения моделируется движением отдельно взятой частицы, а модель представляет собой систему нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка. Ряд моделей, описывающий данный процесс по пневмовиброцентробежным, виброцентробежным ступенчатым, виброцентробежным гладким представлен в [1, 2, 5, 6]. Кроме того, подобный процесс движения слоя по плоским колеблющимся поверхностям отображен в моделях [7, 8, 9, 10].

Однако, различия в обозначениях кинематических и динамических параметров процесса перемещения слоя, их интерпретация не позволяют оценивать преемственность моделей, усложняют их понимание для анализа и применения.

Цель и методы. Целью работы является разработка обобщенной механико-математической модели движения слоя зерна по сепарирующим поверхностям зерноочистительных машин. В работе использованы принципы и положения физики (теоретической механики), дифференциального моделирования, математического анализа.

Результаты исследования. Анализ существующих, упомянутых выше моделей, позволяет сделать вывод о том, что по максимальному числу

рассмотренных факторов, воздействующих на материальную частицу, моделирующую движение слоя по сепарирующей поверхности пневмовиброцентрифуги является модель [1, 2]. Данная модель (1) учитывает действие на частицу таких факторов как: вес, силы инерции колебательного и вращательного движений ротора, влияние ступенчатой формы рабочего органа в виде ряда конических, расположенных друг над другом, поверхностей, а также воздушного потока.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi_B}{\delta_B dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t - g \left[k_u t g(\varphi - \beta) + 1 - \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \beta)} k_B \right] \\ \frac{d^2 \xi_H}{\delta_H dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t + g \left[k_u t g(\varphi + \beta) - 1 - \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi + \beta)} k_B \right] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\frac{d^2 \xi_B}{\delta_B dt^2}$ и $\frac{d^2 \xi_H}{\delta_H dt^2}$ – ускорения относительного движения частицы

соответственно вверх и вниз;

ω_1 – угловая скорость колебательного движения ротора;

r – амплитуда колебаний сепарирующей поверхности;

t – текущее время;

g – ускорение свободного падения;

$k_u = \frac{\omega_2^2 R}{g}$ – коэффициент центробежности [3] – степень превышения центробежной силы инерции вращательного движения рабочего органа над ускорением свободного падения;

ω_2 – угловая скорость вращательного движения ротора;

R – средняя величина радиуса окружности по которой вращается слой семян совместно с сепарирующей поверхностью;

$\varphi = \tan^{-1} f$ – угол трения частицы по сепарирующей поверхности. f – коэффициент трения;

β – угол между образующей ступеньки и вертикальной осью вращения;

$k_B = \frac{V_B^2}{V_{KP}^2} + \frac{\Delta P_C}{4a\rho\chi g}$ – коэффициент воздействия воздушного потока [4] – степень

уменьшения нормальной реакции поверхности из – за действия на слой воздушного потока;

где V_B – скорость потока воздуха, пронизывающего сепарирующую поверхность;

V_{KP} – критическая скорость частицы;

ΔP_C – разность статических давлений под и над слоем семян;

a – средний приведенный размер частицы;

$\rho\chi$ – плотность частицы;

$\delta_B = \frac{\cos(\varphi-\beta)}{\cos \varphi}$ и $\delta_H = \frac{\cos(\varphi+\beta)}{\cos \varphi}$ – коэффициенты, учитывающие наклон

образующей ступеньки сепарирующей поверхности к вертикальной оси вращения.

Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности пневмовиброцентрифуги «вверх» представлена на рисунке 1.

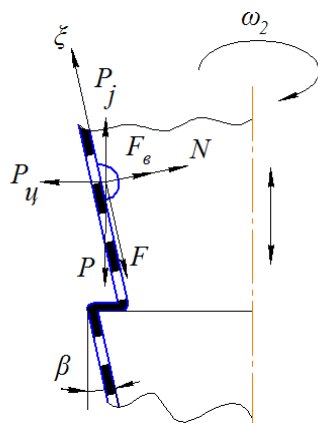


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности пневмовиброцентрифуги «вверх»

Приведенная выше система уравнений может быть легко преобразована в модель движения слоя семян по ступенчатой виброцентробежной поверхности, когда воздействие на слой воздушного потока отсутствует [5]. При этом и скорость потока воздуха, пронизывающего сепарирующую поверхность V_B , и

разность статических давлений под и над слоем семян ΔP_C будут равны нулю. Следовательно, и коэффициент воздействия воздушного потока k_B также будет равен нулю, а модель (1) приобретет вид (2).

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi_B}{dt^2} &= (\cos \beta + f \sin \beta) \{ \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t - g [k_{\text{ц}} t g(\varphi - \beta) + 1] \} \\ \frac{d^2 \xi_H}{dt^2} &= (\cos \beta + f \sin \beta) \{ \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t + g [k_{\text{ц}} t g(\varphi + \beta) - 1] \} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности виброцентрифуги со ступенчатым ротором «вниз» представлена на рисунке 2.

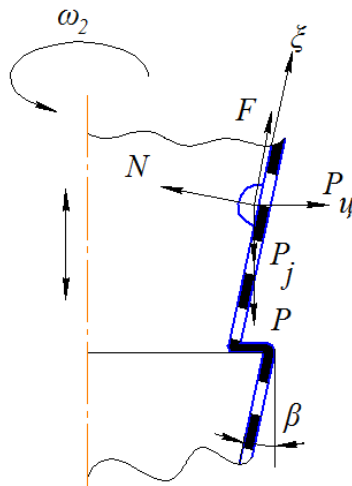


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности виброцентрифуги со ступенчатым ротором «вниз»

Последующим шагом преобразования модели (2) в модель движения слоя по гладкой поверхности виброцентрифуги является приравнивание к нулю угла β между образующей ступеньки и вертикальной осью вращения сепарирующей поверхности. Вследствие этого, модель (2) приобретет вид модели движения слоя семян по гладкой виброцентробежной поверхности (3) [6].

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi_B}{dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t - g - \omega_2^2 R f \\ \frac{d^2 \xi_H}{dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t - g + \omega_2^2 R f \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности виброцентрифуги «вверх» представлена на рисунке 3.

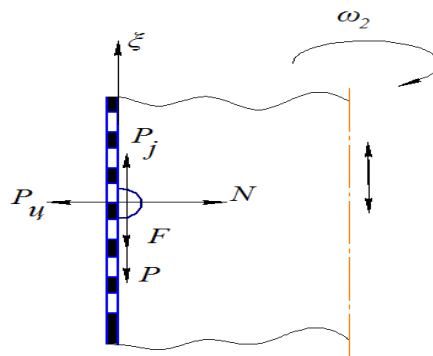


Рисунок 3 - Схема сил, действующих на частицу, при ее движении по поверхности виброцентрифуги «вверх»

С целью получения модели движения слоя семян по поверхности плоского решета, наклоненного к горизонту под углом α , необходимо в модели (3) приравнять к нулю угловую скорость вращательного движения ротора ω_2 , вследствие чего упомянутая модель приобретет вид (4) [7 - 10].

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\delta} \frac{d^2 \xi_{BB}}{dt^2} &= \omega^2 r \cdot \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha + \varphi)} \\ \frac{1}{\delta} \frac{d^2 \xi_{BH}}{dt^2} &= \omega^2 R \cdot \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha - \varphi)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где ε – угол наклона к плоскости решета направления действия силы инерции
переносного колебательного движения;

α – угол наклона к горизонту поверхности решета.

Схема сил, действующих на частицу при ее движении по поверхности плоского решета «вниз» представлена на рисунке 4.

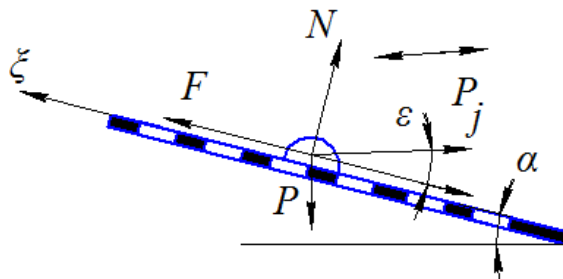


Рисунок 4 – Схема сил, действующих на частицу при ее движении по поверхности плоского решета «вниз»

Выводы. Таким образом, модель (1) является обобщенной для моделей (2, 3 и 4) и, принимая ее за основу, и приравнивая к нулю необходимые действующие, в каждом конкретном случае, динамические, кинематические и конструктивные параметры, можно получить любую промежуточную вплоть до модели движения слоя по плоскому решету, выраженную системой (4). Принимая за основу модель (4) и последовательно усложняя ее упомянутыми выше параметрами, можно также получить модели (3, 2 и 1).

Список источников

1. Малюта, С.И. Обоснование технологического процесса и параметров семеочистительной пневмовиброцентрифуги: специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Малюта Сергей Иванович; Украинский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – Глеваха, 1989. – 181 с.
2. Гончаров, Е.С. Механико-математическая модель движения частиц семенной смеси по поверхности ротора пневмовиброцентробежного сепаратора / Е.С.Гончаров. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – Вып. 64. – С. 24-29.
3. Гончаров, Е.С. О методике расчета параметров движения частиц зерновых материалов по поверхности плоских и вертикальных цилиндрических виброцентробежных решет, совершающих продольные гармонические

колебания / Е.С.Гончаров. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1975. – Вып. 33. – С. 13-18.

4. Малюта, С.І. Моделювання дії повітряного потоку на шар насінневої суміші, що рухається по сепаруючих поверхнях пневмовібросепараторів / С.І.Малюта – Текст: безпосередній // Науковий вісник національного аграрного університету. – 2006. – № 95. – С. 263-265.

5. Гончаров, Е.С. Ступенчатое решето для выброцентробежных зерновых сепараторов / Е.С.Гончаров. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – Вып. 59. – С. 33-36.

6. Гончаров, Е.С. Вопросы теории центробежно-вибрационного метода сепарации зерновых материалов / Е.С.Гончаров. – Текст: непосредственный // Труды молодых ученых. – 1962. Вып. 7. – С. 188-194.

7. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание – Учебники и учебные пособия для вузов механизации сельского хозяйства / М.Н.Летошнев. – Москва: Сельхозгиз, 1949. – С. 488-504. – Текст: непосредственный.

8. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С.Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах. – Москва: Машиностроение, 1978. – 568 с. – Текст: непосредственный.

9. Войтюк, Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / Д.Г.Войтюк. – Суми: ВТД Університетська книга, 2006. – С. 415-418. – Текст: непосредственный.

10. Ключков, А. В. Сельскохозяйственные машины теория и расчет / А.В.Ключков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 434 с. – Текст: непосредственный.

УДК 658.382.3:37

**ДИСЦИПЛИНА «ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ
РОДИНЫ» КАК ВАЖНЕЙШИЙ ИНСТРУМЕНТ
ФОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ПРОЦЕССЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**

Наталья Леонидовна Сосницкая¹, Юлия Николаевна Шманаева²

*¹Мелитопольский государственный университет, Мелитополь,
sosnickaya19@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6329-768X>*

*²Азовский государственный педагогический университет, Бердянск,
yuliashmanaeva@yandex.ru*