

Котов Б. І.

Спирін А. В.

*Вінницький
національний аграрний
університет*

Степаненко С. П.

*Національний науковий
центр "Інститут
механізації та
електрифікації
сільського
господарства"*

Kotov B. I.

Spirin A. V.

*Vinnitsia National
Agrarian University*

Stepanenko S. P.

NSC "IEAA"

УДК 631.362.3

ДО ТЕОРІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОСІЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ВІБРОРЕШІТНИХ СЕПАРАТОРАХ

Наведено аналітичні дослідження щодо, уточнення математичної моделі вібропневматичного розділення сипких сумішей з двонаправленою вібрацією робочих органів.

Досліджено диференційні рівняння коливального руху робочої поверхні вібропневматичного сепаратора за умови додаткового впливу на зерновий матеріал коливального руху деки для штучного гальмування шару.

Ключові слова: зерно, сепаратор, дека, коливальний рух, вібрація, пневматика, процес, розділення.

Постановка проблеми. Розділення зернових і насінневих сумішей за густиною є найбільш ефективним способом підвищення якості насіння і продуктів переробки продовольчого зерна, оскільки його густина знаходиться у тісному кореляційному зв'язку з якісними показниками зерна [1]. Останні дослідження обмежувались розглядом дії сил тертя та нормальної реакції опори на матеріальну точку [1, 2, 3, 9].

Під час протікання процесу сепарації на решітному стані відбувається складний технологічний процес, який ускладнюється поперечним рухом шарів сепаруючої суміші, ймовірними процесами руху зерна в отвори решітного стану, передачею імпульсної енергії від робочої поверхні до зернини та зернового шару в цілому. В кінцевому результаті ці фактори впливають на роботу машини та на пропускну здатність решітного стану сепаратора. Необхідно приділити увагу також процесам інтенсифікації на решітних поверхнях, які теж впливають, як на продуктивність сепаратора, так і на якість його роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналітичним дослідженням руху

решета у складі машинних агрегатів, в тому числі зернозбиральних, та машин для післязбиральної обробки зерна та насіння було приділено достатньо уваги як закордонними, так і вітчизняними науковцями [5, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Однак, дослідження одночасного впливу коливального руху решета та рухомих дек на шар зернової суміші майже не велися.

Мета дослідження. Проведення аналітичних досліджень по впливу параметрів коливального руху решітного стану та рухомої деки на зерновий матеріал для штучного гальмування шару у вібропневматичному сепараторі на якісні показники його роботи.

Результати дослідження. Математичне моделювання коливального руху зернівки на поверхні решітного стану з додатковим впливом на зерновий матеріал коливального руху деки вібропневматичного сепаратора, розробленого в ННЦ «ІМЕСГ» [3, 4, 6], розглянемо на побудованій схемі (рис. 1).

При аналізі роботи решітного стану сепаратора було визначено, що найбільш важливими будуть коливання робочої поверхні та імпульсно-періодична передача енергії по висоті віброзрідженого шару від віброзбудувача, а також часткова передача



коливань від коливань деки з розпушувачами-інтенсифікаторами [4], з нижніх ущільнених шарів до верхніх більш розпушених шарів зернового середовища, що в достатній мірі підвищує пористість динамічного середовища, як показали попередні дослідження [4, 5, 15].

В статті наведений розв'язок задачі, у випадку дії на зернову суміш коливального руху решета (сила інерції (1)) та коливального руху рухомої деки (сила інерції (2)), напрямки коливань яких різні ($\beta \neq \beta_1$):

$$I = (m_0 - m) \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (1)$$

$$I = (m_0 - m) \cdot A \cdot \omega_1^2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t), \quad (2)$$

де m – маса частки зерна, кг; m_0 – маса сипкого середовища в об'ємі, що дорівнює об'єму частки, кг.

A – амплітуда коливань решітного стану, м; ω – частота коливань решета, c^{-1} ; ω_1 – частота коливань рухомої деки, c^{-1} ; t – час сепарації, с; β – кут вібрації від сили інерції від 1-го віброзбуджувача, рад. (рис.1); β_1 – кут вібрації від сили інерції від 2-го віброзбуджувача, рад. (рис.1).

Представимо вібропневматичний сепаратор у вигляді плоскої моделі на двох однакових рухомих опорах, сам сепаратор віднесено до нерухомої відносно поверхні поля системи координат (рис. 1).

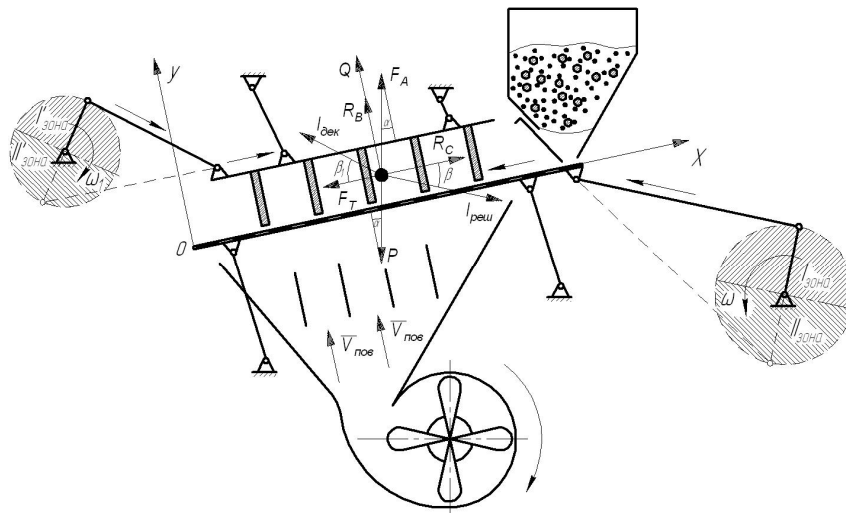


Рис. 1. Схема силової взаємодії на зернівку в динамічній моделі вібропневматичного сепаратора

Для спрощення побудови математичної моделі руху зернівки на коливальній поверхні решітного стану та аналітичного виведення диференціальних рівнянь, а також системного аналізу коливальних рухів решітної поверхні вібропневмосепаратора та деки для віброзбудження зернового матеріалу, зробимо ряд припущень [5]:

- зернівка, до якої прикладені сили, які діють в системі «зернова суміш-решето», відмінна за питомою вагою від усіх часток зернової суміші;

- коливальний рух, який передається від віброзбуджувача решітному стану сепаратора, здійснює поздовжні коливання за законом:

$$X_{np} = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (3)$$

де φ – фазовий кут відхилення ексцентрикового валу, рад;

- повітряний потік, який нагнітається під робочою поверхнею решітного стану,

направлений перпендикулярно поверхні решета та сталий по площі поверхні, яка просівається і діє на частку з силою [15]:

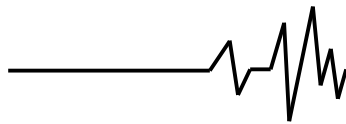
$$R_b = f(Re) \cdot \frac{F_m \cdot \rho_n \cdot (V_b)^2}{2}, \quad (4)$$

де F_m – міделевий переріз частки зерна, m^2 ; $f(Re)$ – коефіцієнт опору, що залежить від числа Рейнольдса; ρ_n – густина повітряного потоку, $кг/м^3$; V_b – швидкість повітряного потоку в шарі зерна, м/с;

- розглядаючи зернову суміш, як вібров'язке середовище, припустимо, що на частку зерна діє сила опору вібров'язкого середовища, яка за своїм характером відповідає закону Стокса:

$$R_C = 3 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \rho_n \cdot (1 - \varepsilon) \cdot d \cdot V_{X,Y}, \quad (5)$$

де ν – коефіцієнт опору вібров'язкого середовища; $V_{X,Y}$ – відносна швидкість зернівки, м/с.



Для збільшення пористості зернової суміші, а відповідно і вертикального переміщення повноцінних зерен в шарі, було прийнято рішення [6] штучно інтенсифікувати

зерновий шар за рахунок введення в нього рухомої деки з пасивними розпушувачами, які діють на частку з силою Q [15]:

$$Q = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_v^2 \cdot \rho_n \cdot g \cdot (H_w - y - r_v) \left[1 + 2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \right], \quad (6)$$

де r_v – еквівалентний радіус частки, м; g – гравітаційна стала, м/с²; H_w – висота зернового шару, м; y – початкова висота зернівки, яка є функцією часу, м; φ – внутрішній кут тертя.

де a – абсолютне прискорення частки, м/с². \bar{F}_T – сила опору руху частки; \bar{F}_A – виштовхуюча сила Архімеда;

Відповідно до схеми силової взаємодії зернівки, середовища і опорної поверхні (рис.1) рівняння руху частки буде мати вигляд:

З метою подальшого одержання замкнутих розв'язків, силу взаємодії частки із вібропневмозрідженим середовищем приймаємо пропорційною швидкості її переміщення в шарі. У межах цих припущень координати траєкторії частки задовольняють системі незв'язаних лінійних диференціальних рівнянь, яку запишемо у вигляді:

$$m \cdot \ddot{a} = \bar{P} + \bar{F}_A + \bar{F}_T + \bar{R}_b + \bar{R}_c + \bar{I}_{PEII} + \bar{I}_{DEK} + \bar{Q}, \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} m \cdot \ddot{x} &= m \cdot (\Delta - 1) \cdot g \cdot \sin \alpha + m \cdot (\Delta - 1) \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos \beta - \\ &- m \cdot (\Delta - 1) \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos \beta_1 + 3 \cdot \pi \cdot v \cdot \rho_n \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \dot{x} - f \cdot m \cdot g; \\ m \cdot \ddot{y} &= m \cdot (\Delta - 1) \cdot g \cdot \cos \alpha - m \cdot (\Delta - 1) \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin \beta + \\ &+ m \cdot (\Delta - 1) \cdot A \cdot \omega_1^2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin \beta_1 + 3 \cdot \pi \cdot v \cdot \rho_n \cdot (1 - \varepsilon) \cdot d \cdot \dot{y} + \\ &+ f \cdot (Re) \cdot \frac{F_m \cdot \rho_n \cdot (V_b)^2}{2} - Q_1 \cdot y + Q_2; \end{aligned} \right. \quad (8)$$

Всі члени правої частини рівняння (8) є функцією пористості вібропневмозрідженого шару, величина якої залежить від кінематичних, технологічних і конструкційних параметрів робочих органів.

$$\ddot{y} - c \cdot \dot{y} + d \cdot y - a = b_2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) - b_1 \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (9)$$

Зробивши наступні заміни в диференційному рівнянні спроектованому на вісь y :

Знайдемо загальний розв'язок рівняння без правої частини, при цьому характеристичне рівняння прийме вигляд:

$$a = (\Delta - 1) \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{Q_2}{m} + f \cdot (Re) \cdot \frac{F_m \cdot \rho_n \cdot (V_b)^2}{2};$$

$\lambda^2 - c \cdot \lambda + d = 0$, (10)
загальний розв'язок такого рівняння, при умові $c \neq 0$, запишемо у вигляді:

$$b_1 = A \cdot \omega^2 \cdot (\Delta - 1) \cdot \sin \beta;$$

$$b_2 = A \cdot \omega_1^2 \cdot (\Delta - 1) \cdot \sin \beta_1;$$

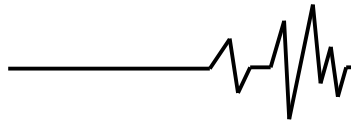
$$c = \frac{3 \cdot \pi}{m} \cdot v \cdot \rho_n \cdot (1 - \varepsilon) \cdot d; \quad d = \frac{Q_1}{m}.$$

$$y_1 = C_1 \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot t \cdot (c + \sqrt{c^2 - 4 \cdot d})} + C_2 \cdot e^{\frac{1}{2} \cdot t \cdot (c - \sqrt{c^2 - 4 \cdot d})} \quad (11)$$

де C_1, C_2 - сталі коефіцієнти.

Отримаємо диференційне рівняння другого порядку в спрощеному вигляді:

Використовуючи метод варіації постійних [17] та підставляючи початкові умови $t = 0; y = 0; \dot{y} = 0$, знаходимо рішення диференційного рівняння (9):



$$y(t) = \frac{B_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) - B_2 \cdot \sin(\omega \cdot t) + B_3 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + B_4 \cdot \cos(\omega \cdot t) + D}{A} + C_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + C_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t}, \quad (12)$$

Швидкість частки у вібропневмозрідженому шарі зерна можна описати наступним рівнянням:

$$V_y(t) = \frac{B_1 \cdot \omega_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) - B_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) - B_3 \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) - B_4 \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)}{A} + C_1 \cdot \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + C_2 \cdot \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t}, \quad (13)$$

де

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \cdot (c + \sqrt{c^2 - 4 \cdot d}); \quad \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot (c - \sqrt{c^2 - 4 \cdot d});$$

$$A = d \cdot (c^2 \cdot d^2 \cdot \omega^2 + c^2 \cdot d^2 \cdot \omega_1^2 - 2 \cdot d^2 \cdot \omega^2 \cdot \omega_1^2 + 4 \cdot d^2 \cdot \omega^2 \cdot \omega_1^2 + \omega^4 \cdot \omega_1^4 - 2 \cdot \omega^4 \cdot \omega_1^2 - 2 \cdot d^3 \cdot \omega_1^2 + 2 \cdot d^2 \cdot \omega^2 + d^2 \cdot \omega^4 + d^2 \cdot \omega_1^4 + d^4 + c^2 \cdot d \cdot \omega_1^4 \cdot \omega^2 - 4 \cdot d \cdot c^2 \cdot \omega_1^2 + c^4 \cdot \omega_1^2 \cdot \omega^2 + c^2 \cdot \omega^4 \cdot \omega_1^2);$$

$$B1 = b_2 \cdot (d^4 + d^2 \cdot \omega_1^4 - 2 \cdot d^3 \cdot \omega^2 - d^3 \cdot \omega_1^2 - \omega^4 \cdot \omega_1^2 \cdot d - \omega^2 \cdot \omega_1^2 \cdot c^2 \cdot d + d^2 \cdot \omega^2 \cdot c^2 + 2 \cdot d^2 \cdot \omega^2 \cdot \omega_1^2);$$

$$B2 = b_1 \cdot (d^4 - d^2 \cdot \omega_1^4 + 2 \cdot d^3 \cdot \omega_1^2 + d^3 \cdot \omega^2 + \omega^2 \cdot \omega_1^4 \cdot d - \omega_1^2 \cdot c^2 \cdot d^2 - 2 \cdot d^2 \cdot \omega_1^2 \cdot \omega^2 + d \cdot \omega^2 \cdot \omega_1^2 \cdot c^2);$$

$$B3 = b_2 \cdot (d \cdot \omega_1 \cdot \omega^2 \cdot c^3 + \omega^4 \cdot \omega_1 \cdot c \cdot d + d^3 \cdot c \cdot \omega_1 - 2 \cdot d^2 \cdot \omega_1 \cdot \omega^2 \cdot c);$$

$$B4 = b_1 \cdot (2 \cdot d^2 \cdot c \cdot \omega_1^2 \cdot \omega - \omega \cdot \omega_1^2 \cdot c^3 \cdot d - d^3 \cdot c \cdot \omega - d \cdot \omega_1^4 \cdot \omega \cdot c);$$

$$C1 = \frac{(B_3 + B_4) \cdot \lambda_1 - B_1 \cdot \omega_1 + B_2 \cdot \omega}{A \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{B_3 + B_4}{A}; \quad C2 = \frac{(B_3 + B_4) \cdot \lambda_2 - B_1 \cdot \omega_1 + B_2 \cdot \omega}{A \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)};$$

$$D = a_1 \cdot (4 \cdot d^2 \cdot \omega_1^2 \cdot \omega^2 - 4 \cdot d \cdot \omega^2 \cdot \omega_1^2 \cdot c^2 - 2 \cdot d \cdot \omega_1^4 \cdot \omega^2 - 2 \cdot d \cdot \omega_1^2 \cdot \omega^4 + d^2 \cdot \omega^2 \cdot c^2 + d^2 \cdot \omega_1^2 \cdot c^2 + \omega_1^4 \cdot \omega^4 + \omega_1^4 \cdot \omega^2 \cdot c^2 + \omega_1^2 \cdot \omega^2 \cdot c^4 + \omega_1^4 \cdot d^2 + \omega^4 \cdot d^2 - 2 \cdot \omega_1^2 \cdot d^3 - 2 \cdot \omega^2 \cdot d^3).$$

Отримане рівняння (12) дає можливість побудувати траєкторію руху частки у вібропневмозрідженому шарі зерна відносно вісі y , тобто по висоті зернового шару.

Для визначення графічних залежностей руху частки по висоті зернової суміші приймаємо наступні значення конструкційно-кінематичних параметрів технологічного

процесу: $d_3 = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $P_b = 1,21$ кг/м³; $P_n = 740$ кг/м³; $P_c = 1400$ кг/м³; $u = 1,51 \cdot 10^{-5}$ (м²/с); $\eta = 1,82 \cdot 10^{-5}$ (Н·с/м²); $A = 5 \cdot 10^{-3}$ м; $\omega = 60$ с⁻¹; $V_b = 0 \dots 1,5$ м/с; $m = 47 \cdot 10^{-6}$ кг; $g = 9,81$ м/с²; $\varepsilon_{ст} = 0,45$; $r_4 = d_e/2$; $H_{ш} = 25 \cdot 10^{-3}$ м; $\varphi = 0,6$.

Графічна інтерпретація рішення рівняння (9) представлена на (рис. 2) та (рис. 3).

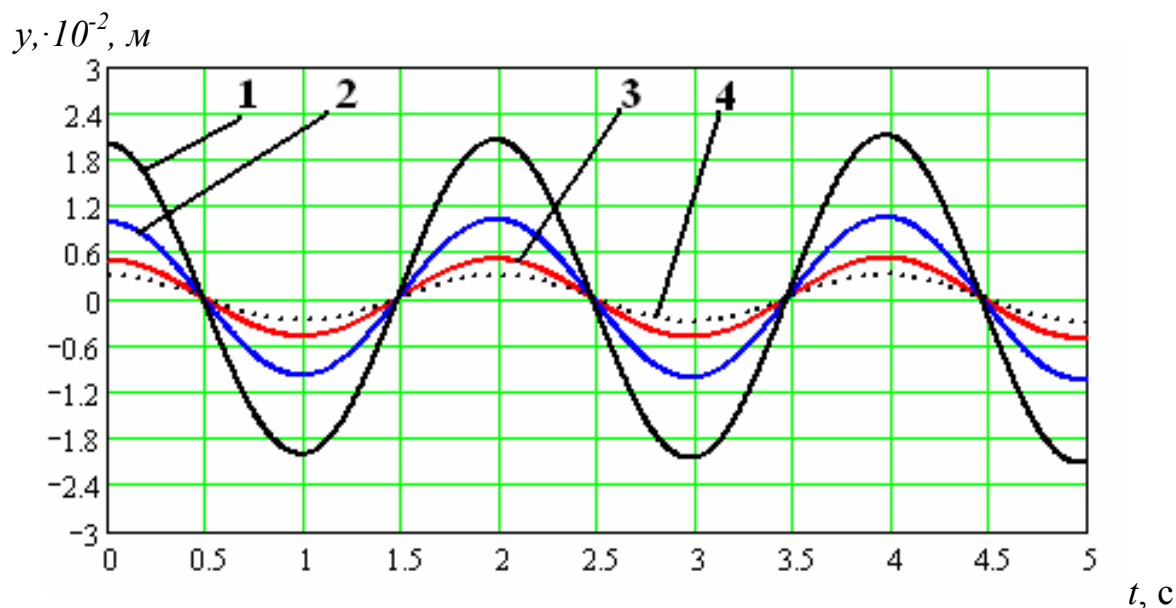
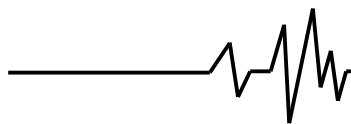


Рис. 2. Графік залежності переміщення частки вздовж осі y від часу сепарації зерна t при різних значеннях кутової швидкості коливань рухомої деки:
1 – $\omega_1 = 60 \text{ c}^{-1}$; 2 – $\omega_1 = 55 \text{ c}^{-1}$; 3 – $\omega_1 = 50 \text{ c}^{-1}$; 4 – $\omega_1 = 0 \text{ c}^{-1}$

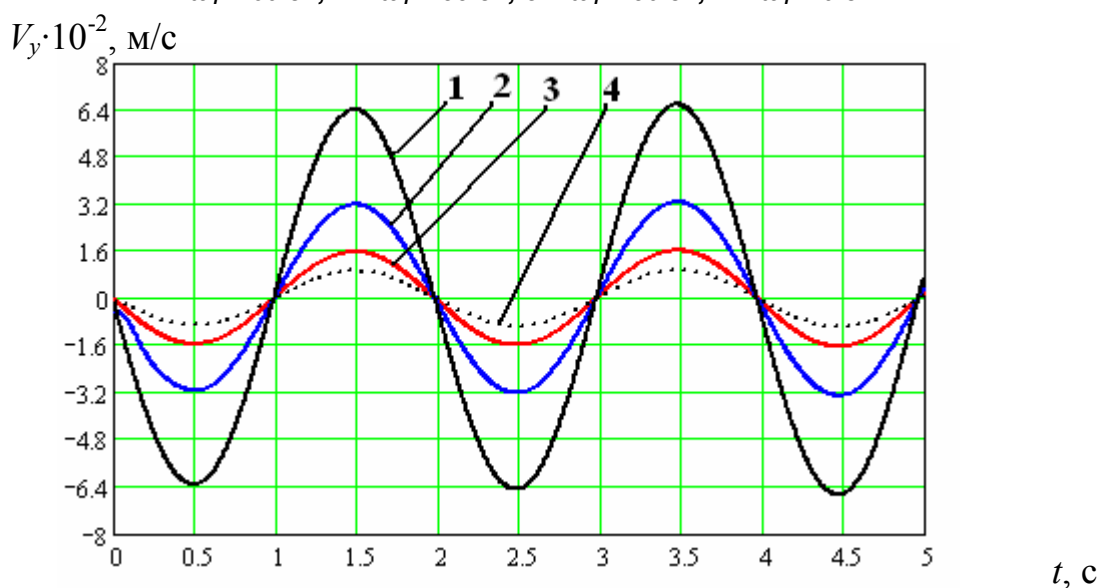
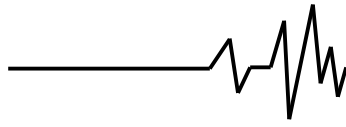


Рис. 3. Графік залежності швидкості переміщення частки вздовж осі y від часу сепарації зерна t при різних значеннях кутової швидкості коливань рухомої деки:
1 – $\omega_1 = 60 \text{ c}^{-1}$; 2 – $\omega_1 = 55 \text{ c}^{-1}$; 3 – $\omega_1 = 50 \text{ c}^{-1}$; 4 – $\omega_1 = 0 \text{ c}^{-1}$

Як показують графічні залежності, представлені на рис.2 та рис.3 рух частки за висотою зернової суміші має явно виражений коливальний характер. Збільшення частоти коливань рухомої деки призводить до збільшення амплітуди коливального руху частки відносно вісі y . При нерухомій деці ($\omega_1 = 0 \text{ c}^{-1}$) амплітуда коливань менша, ніж з рухомою декою і становить 5 мм. Збільшення амплітуди коливального руху частки викликане більш

інтенсивною гальмівною дією рухомої деки на шар зернової суміші.

Висновки. Таким чином, запропонована математична модель визначає поведінку руху частки у зернової суміші вібропневматичного сепаратора і дає можливість визначити та обґрунтувати режими роботи, конструкційні параметри нових робочих органів для підвищення пропускної здатності і ефективності роботи решітних поверхонь.

**Список використаних джерел**

1. Бутко В.П. Исследование плотности зерна пшеницы как перспективного показателя технологических свойств: автореф. дис. канд. техн. наук / В.П. Бутко. – М. 1973 – 24с.

2. Василенко П. М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – Киев, 1960. – 283 с.

3. Гортинский В. В. Процессы сепарации на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 303с.

4. Патент на корисну модель № 18056 Україна (UA), МПК (2006) B07B1/28. Спосіб сепарації зернових матеріалів. С.П. Степаненко, Б.І. Котов, М.Г. Пастушенко (Україна); ННЦ "ІМЕСГ" УААН (Україна). – № U2006 05352, Заявл. 16.05.2006, Опубл. 16.10.2006, Бюл. №10, – 4 с: іл.

5. Степаненко С.П. Вплив параметрів пасивних розпушувачів на ефективність вібропневматичної сепарації зерна / С.П. Степаненко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип.41. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – С. 153–160.

6. Котов Б.І. Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, Р.А. Калініченко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2007. – Вип. 115. С. 112-117.

7. Патент на корисну модель № 18083 Україна (UA), МПК (2006) B07B4/08. Зерносепаратор. С.П. Степаненко, Б.І. Котов, С.П. Погорілий (Україна); ННЦ "ІМЕСГ" УААН (Україна). - № U2006 05566, Заявл. 22.05.2006. Опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10, – 4 с.: іл.

8. Гусак А.А. Справочник по высшей математике: Справ. / А.А. Гусак, Г.М. Гусак. – Мн.: Наука і техника, 1991. – 480 с.

9. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / Э. Камке. – М., 1965 г. – 704 с.

10. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Дженелидзе. – М. Наука, 1964. – 410 с.

11. Заика П.М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / П.М. Заика. – К. УСХА. 1998. – 625 с.

12. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2006. – 384 с.

13. Гальперин Н.И. Основы техники псевдоожижения / Н.И. Гальперин, В. Г. Айнштейн, В. Б. Кваша. – М.: Химия, 1967. – 664 с.

14. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л.Н. Тищенко. – Харьков: Основа, 2004. –224 с., 22 л. ил. – На рус. яз.

15. Пивень М.В. Обоснование параметров процесса решетного сепарирования зерновых смесей: Афтореф. дис. канд. техн. наук / М.В. Пивень. – Х. 2006 – 24с.

16. Степаненко С.П. Підвищення ефективності вібропневматичних сепараторів зерна: дис. ...канд. техн. наук / С.П. Степаненко. – Глеваха.: ННЦ «ІМЕСГ». – 2008. – 183 с.

17. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1963 г. – 501 с.

Список джерел в транслітерації

1. Butko V.P. Issledovaniye plotnosti zerna pshenitsy kak perspektivnogo pokazatelya tekhnologicheskikh svoystv: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk / V.P. Butko. – M. 1973 – 24s.

2. Vasilenko P. N. Teoriya dvizheniya chastits po sherokhovatymi poverkhnostyami sel'skokhozyaystvennykh mashin / P. N. Vasilenko. – Kiyev, 1960. – 283 s.

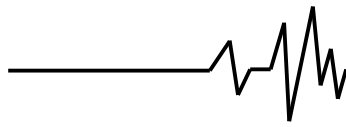
3. Gortinskiy V. V. Protsessy separatsii na zernopererabatyvayushchikh predpriyatiyakh / V. Gortinskiy, A. B. Demskiy, M. A. Boriskin. – M.: Kolos, 1980. – 303s.

4. Patent na poleznuyu model' № 18056 Ukraina (UA), MPK (2006) V07V1 / 28. Sposob separatsii zernovykh materialov. S.P. Stepanenko, B.I. Kotov, M. Pastushenko (Ukraina); NNTS "IMESG" UAAN (Ukraine). – № U2006 05352, Zayavl. 16.05.2006, opubl. 16.10.2006, Byul. №10 – 4 s: il.

5. Stepanenko S.P. Vliyaniye parametrov passivnykh razrykhlyteley na effektivnost' vibropnevmatichnoi separatsii zerna / S.P. Stepanenko // Trudy Tavricheskoй gosudarstvennoy agrotekhnicheskoy akademii. – Vip.41. – Melitopol: TDATU, 2006. – S. 153–160.

6. Kotov B.I. Teoreticheskoye obosnovaniye dvizheniya chastitsy zerna na vibropnevmoresheti pri vozdeystvii razrykhlyayushchikh rabochikh organov / B.I. Kotov, S.P. Stepanenko, R.A. Kalinichenko // Nauchnyy vestnik Natsionalnogo agrarnogo universiteta. – M., 2007. – Vyp. 115. S. 112–117.

7. Patent na poleznuyu model' № 18083 Ukraina (UA), MPK (2006) V07V4 / 08.



Zernoseparator. S.P. Stepanenko, B.I. Kotov, S.P. Pogorelyy (Ukraina); NNTS "IMESG" UAAN (Ukraina). – № U2006 05566, Zayavl. 22.05.2006. Opubl. 16.10.2006, Byul. № 10 – 4 s.: il.

8. Gus A.A. Spravochnik po vysshey matematike: Sprav. / A.A. Gus, M. Gus. – Mn.: Nauka i tekhnika, 1991. – 480 s.

9. Kamke E. Spravochnik po obyknovennym differentsialnym uravneniyam / E. Kamke. – M., 1965 g. – 704 s.

10. Blekhmana I.I. Vibratsionnoye peremeshcheniye / I.I. Blekhmana, G.Yu. Dzhanelidze. – M. Nauka, 1964. – 410 s.

11. Zaika P.M. Vibratsionnoye peremeshcheniye tverdykh i syuchikh tel v selskokhozyaystvennykh mashinakh / P.M. Zaika. – M. USKHA. 1998. – 625 s.

12. Drincha V.M. Issledovaniye separatsii semyan i razrabotka mashinnykh tekhnologiy ikh podgotovki / V.N. Drincha. – Voronezh: Izdatelstvo NPO «MODEK», 2006. – 384 s.

13. Gal'perin N.I. Osnovy tekhniki psevdoozhizheniya / N.I. Galperin, V. G. Aynshteyn, V. B. Kvasha. – M.: Khimiya, 1967. – 664 s.

14. Tishchenko L.N. Intensifikatsiya separirovaniye zerna / L.N. Tishchenko. – Kharkov: Osnova, 2004. – 224 s., 22 l. il. – Na rus. yaz.

15. Piven M.V. Obosnovaniye parametrov protsessa reshetnogo separirovaniye zernovykh smesey: Aftoref. dis. kand. tekhn. nauk / M.V. Piven. – KH. 2006 – 24s.

16. Stepanenko S.P. Povysheniye effektivnosti vibropnevmaticheskikh separatorov zerna: dis. ... kand. tekhn. nauk / S.P. Stepanenko. – Glevakha.: NNTS «IMESG». – 2008. – 183 s.

17. Vygodskiy M.Ya. Spravochnik po vysshey matematike / M.Ya. Vygodskiy. – M.: Nauka, 1963 g. – 501 s.

К ТЕОРИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОСЕИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИБРОРЕШИТНЫХ СЕПАРАТОРАХ

Аннотация. Приведены аналитические исследования по уточнению математической модели вибропневматического разделения сыпучих смесей с двунаправленной вибрацией рабочих органов.

Исследованы дифференциальные уравнения колебательного движения рабочей поверхности вибропневматического сепаратора при дополнительном воздействии на зерновой материал колебательного движения деки для искусственного торможения слоя.

Ключевые слова: зерно, сепаратор, дека, колебательное движение, вибрация, пневматика, процесс, разделение.

TO THE THEORY OF INTENSIFICATION OF SCREENING OF GRAIN MATERIALS IN VIBRO- REMOVAL SEPARATORS

Annotation. Analytical researches are resulted relatively, clarifications of mathematical model of vibropneumatic division of friable mixtures with the bidirectional vibration of workings organs. Differential equalization of fluctuating motion of working surface of vibropneumatic separator is investigational on condition of additional influence on corn material of fluctuating motion of sounding board for the artificial braking layer.

During the course of the process of separation in the sieve state is a complex process, which is complicated by cross traffic layers separating mixtures likely the process of moving grain holes the sieve state transmission pulse energy from the working surface to grain and seed layer as a whole. Ultimately, these factors affect the machine and the bandwidth the sieve state separator. It should also pay attention to the processes of intensification the sieve surfaces that also affect how the performance of the separator and the quality of his work.

In the analysis of the sieve state separator was determined that the most important will be fluctuations in the working surface and pulsed-periodic energy transfer height layer of vibration exciter and partial transfer of vibrations from fluctuations deck of crop-intensifiers, the lower compacted layers to more loosened the upper layers of the grain environment that sufficiently increases the porosity dynamic environment, as shown by previous studies.

Key words: grain separator deck, oscillating motion, vibration, pneumatics, process separation.