

УДК 621.928.3/9; 633.85

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ РУХУ НАСІННЯ РІПАКУ ПО СЕПАРУВАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ ЕЛЕКТРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА

О. Швець, к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

Ключові слова: насіння ріпаку, електрофрикційний сепаратор, координати, траєкторія руху.

Наведено результати аналізу математичної моделі, яка описує переміщення насіння ріпаку по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора за різних значень регульованих параметрів процесу сепарування.

Постановка проблеми. В умовах сучасного інтенсивного сільськогосподарського виробництва однією з важливих передумов отримання високих врожаїв є використання високопродуктивного насіннєвого матеріалу.

До машин, які дають змогу якісно обробляти насіння, на нашу думку, належить електрофрикційний сепаратор, робочим органом якого є рухома в електричному полі коронного розряду похила фрикційна площина. Проте для підтвердження можливості його практичного використання необхідно проаналізувати на адекватність математичну модель, яка описує рух компонентів насіннєвої суміші ріпаку по поверхні робочого органу сепаратора. Вирішити цю проблему можна за допомогою дослідження траєкторій руху окремих насіння, які отримуються за допомогою запропонованої моделі їх руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рух частинки по похилій площині за умови чистого кочення частково розглядався в [1]. Якщо вважати, що похила площина є абсолютно шорсткою, та не враховувати опору повітря, то диференціальне рівняння руху частинки кулястої форми по цій площині має вигляд:

$$\begin{cases} mr\varphi'' = mg \sin \alpha - T \\ 0 = mg \cos \alpha - N \\ I\varphi'' = m\rho_c^2\varphi'' = T \cdot r \end{cases}, \quad (1)$$

де r – радіус тіла; φ – кут повороту; α – кут нахилу площини; T – сила тертя кочення; N – нормальний тиск; I – момент інерції частинки; ρ_c – радіус моменту інерції.

Диференціальне рівняння абсолютного руху насінини масою m , що знаходиться на похилій рухомій в електричному полі сепарувальній площині, запропоноване в [3], має вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 s}{dt^2} = m \frac{dv}{dt} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha \\ 0 = N - F_e - G \cos \alpha \end{cases}, \quad (2)$$

де $F_e = k_0 mg$ – електрична сила дії поля.

k_0 – кратність електричної сили.

Однак обидва ці рівняння не задовольняють умов опису процесу роботи електрофрикційного сепаратора, оскільки в (1) не враховується додаткова дія електричного поля коронного розряду, а у (2) не враховуються геометричні розміри окремих насінин.

У роботі [2] запропоновано систему рівнянь, яка дає змогу визначати координати руху частинок кулястої форми по похилій рухомій в електричному полі фрикційній площині у будь який момент часу. Якщо задатися умовою, що в початковий момент часу рухома система координат збігається з нерухомою, то координати центра мас насінини кулястої форми у нерухомій системі мають вигляд:

$$\begin{cases} x = x_0 + \frac{V_0^2}{g_1} \int_{\theta}^{\theta_0} \left(\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} \right)^{\frac{2}{1.4}} \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2}} \right)^{\frac{2a}{1.4}} \cdot \frac{\cos \theta d\theta}{\sin \theta} \\ y = y_0 + \frac{V_0^2}{g_1} \int_{\theta}^{\theta_0} \left(\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} \right)^{\frac{2}{1.4}} \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2}} \right)^{\frac{2a}{1.4}} \cdot d\theta \\ z = R \end{cases}, \quad (3)$$

де x_0, y_0 – координати центра мас кульки у початковий момент часу;

V_0 – початкова швидкість центра мас насінини;

θ – кут між вектором швидкості руху площини \vec{V} і віссю Ox ;

$g_1 = g \sin \alpha$, де α – кут нахилу площини до горизонту.

Система рівнянь (3) являє собою математичну модель траєкторії руху частинок насінневої суміші ріпаку по рухомій в електричному полі похилій площині. Вона дає змогу обчислювати координати траєкторій руху насіння по робочій поверхні сепаратора за різних значень регульованих параметрів процесу сепарування.

Постановка завдання. Наше завдання дослідити вплив регульованих параметрів процесу електросепарування насіння ріпаку на траєкторії його руху, які описуються запропонованою математичною моделлю.

Виклад основного матеріалу. Розв'язок математичної моделі, представленої системою рівнянь (3), виконували чисельним методом в середовищі MATLAB. Він давав змогу обчислювати значення миттєвої швидкості та координати траєкторії руху частинки насінневої суміші, а також визначити вплив змінних вхідних величин – електричної сили, швидкості руху площини, кута нахилу до горизонту – на координати траєкторії насінини в будь-який момент часу t .

Одними з основних факторів, які визначають траєкторію руху насінини по сепарувальній площині, що здійснює поступальний рух, є кут її нахилу α . Розрахункові траєкторії руху насінини по сепарувальній площині при різних значеннях кута α за сталих значень швидкості її руху ($V_n = \text{const}$) і напруженості електричного поля ($E = \text{const}$) наведені на рис. 1.

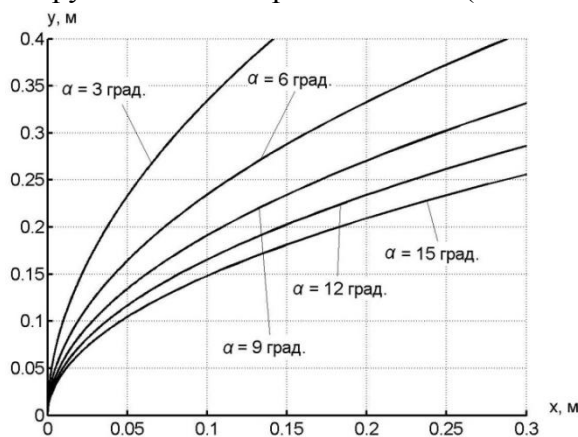


Рис. 1. Залежність траєкторії руху насінин ріпаку по похилій рухомій в електричному полі площині від кута її нахилу α ($V_n = \text{const}$, $E = \text{const}$).

Аналізуючи рис. 1, бачимо, що мінімальним значенням кута нахилу площини відповідає максимальне значення координати y траєкторії руху насінини.

На траєкторію руху насінини також впливає швидкість руху сепарувальної площини. Розрахункові траєкторії руху насінин по сепарувальній площині за значень її варіювання в межах 0,03 ... 0,12 м/с наведені на рис. 2.

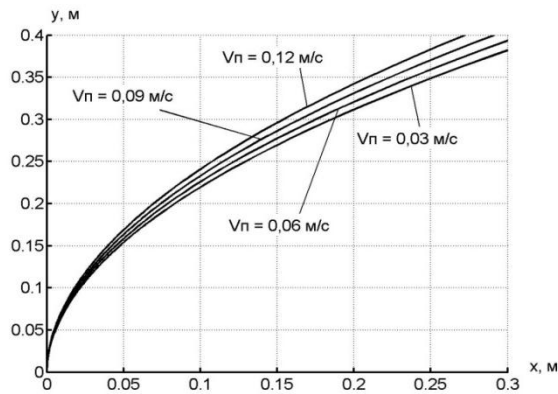


Рис. 2. Залежність траєкторії руху насінин ріпаку по похилій рухомій в електричному полі площині від швидкості руху V_n ($\alpha = \text{const}$, $\beta = \text{const}$, $E = \text{const}$).

Аналізуючи рис. 2, бачимо, що зміна швидкості руху сепарувальної площини впливає на картину руху компонентів насінневої суміші. За умови збільшення швидкості V_n координата y траєкторії руху зростає. На значення координати x швидкість руху площини впливу не має, оскільки вона впливає тільки на значення миттєвої відносної швидкості руху насінини.

Регулюючи значення напруженості електричного поля в робочій зоні сепаратора, також можна впливати на поведінку частинки насінневої суміші на ній. Підтвердженням цього є отримані розрахункові траєкторії руху насінин в електричному полі по похилій рухомій площині за різних значень напруженості поля E (рис. 3). Її значення змінювались від 0,71 до 2,14 кВ/см.

Аналіз рис. 3 показав, що значення напруженості електричного поля в робочій зоні сепаратора також впливає на траєкторію руху насінин. Її збільшення призводить до зменшення координат x і y траєкторії руху насінин. Причиною цього є те, що додаткова електрична сила F_e діє перпендикулярно до площини, а отже, збільшує значення сили тертя F_m .

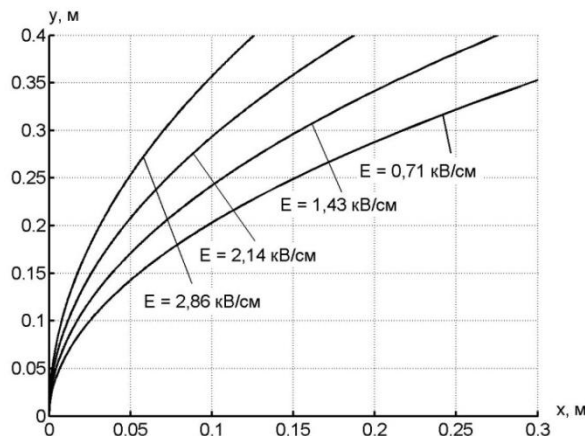


Рис. 3. Залежність траєкторії руху насінин ріпаку по похилій рухомій в електричному полі площині від напруженості електричного поля E ($\alpha = \text{const}$, $\beta = \text{const}$, $V_n = \text{const}$).

Таким чином, з аналізу наведених розрахункових траєкторій руху насінин (див. рис. 1 – 3) видно, що кожен із досліджуваних факторів матиме свій вплив на траєкторію руху частинок насінневої суміші ріпаку по поверхні робочого органу сепаратора. На основі цього можна зробити висновок про принципову можливість сепарування однокомпонентної насінневої суміші на даному сепараторі.

Висновки. 1. Оскільки компоненти насінневої суміші ріпаку мають різні значення кута рівноваги на похилій рухомій сепарувальній площині, то задавши значення кута її нахилу в межах $\alpha_{pmin} < \alpha < \alpha_{pmax}$, можна домогтися того результату, коли різниця координати у їх сході з неї буде максимальною. Це забезпечить максимальну ефективність розділення насінневої суміші за кутом рівноваги.

2. За відповідних максимальних значень координати у насінини почнуть сходити із поперечної сторони сепарувальної площини. Змінюючи значення швидкості руху сепарувальної площини V_n , можна досягти ефекту, коли різниця траєкторій руху компонентів насінневої суміші ріпаку по ній буде максимальною, а ефективність сепарування найвищою.

3. Змінюючи значення напруженості електричного поля E , можна досягти умов, за яких насінини будуть рухатись по максимально віддалених траєкторіях, що у свою чергу є основною умовою ефективності процесу сепарування.

Бібліографічний список

1. Василенко П. М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – Киев: УАСХН, 1960. – 284 с.

2. Ніщенко І. О. Дослідження траєкторії руху частинок насінневої суміші кулястої форми по рухомій в електричному полі похилій фрикційній площині / І. О. Ніщенко, О. П. Швець // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету : сучасні проблеми землеробської механіки. – 2009. – № 2-09. – С. 256-259.

3. Паранюк В. А. Сортирование семян в электростатическом поле на движущейся наклонной плоскости / В.А. Паранюк // Научные труды Применение аппаратов и средств ЭИТ в семеноводстве и птицеводстве. – Челябинск, 1983. – С. 74-78.

Shvets O. Analysis of mathematical description of motion in rape seeds separation plane electric friction separator.

The article presents the results of the mathematical model that describes the movement of rape seeds on work surface electric frictional separator for different values of adjustable parameters of the separation.

Key words: rapeseed, electric frictional separator, position, trajectory.

Швецъ А. Анализ результатов математического описания движения семян рапса по сепарирующей плоскости электрофрикционного сепаратора

В работе приведены результаты анализа математической модели, которая отображает перемещения семян рапса по рабочей поверхности электрофрикционного сепаратора при различных значениях регулируемых параметрах процесса сепарирования.

Ключевые слова: семена рапса, электрофрикционный сепаратор, координаты, траектория движения.