

## Дослідження та вплив кута рівноваги насіння озимого ріпаку на траєкторію його руху по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора

В роботі проведено дослідження кута рівноваги насіння озимого ріпаку на похилій рухомій в електричному полі фрикційній площині, здійснено розрахунок координат та побудовано траєкторії руху насіння з дослідженими кутами рівноваги, обґрунтовано можливість розділення насінневої суміші на електрофрикційному сепараторі та створено передумови для обґрунтування параметрів та режимів роботи сепаратора.

**фрикційний сепаратор, насіння, кут рівноваги, координати, траєкторія руху**

**Постановка проблеми.** Наявність в достатній кількості високоякісного насінневого матеріалу є основою отримання високих врожаїв, в тому числі й озимого ріпаку. В значній мірі його отримують під час післязбиральної обробки шляхом сепарування. Проте розділення насінневих сумішей на існуючих сепараторах, в яких розділення посівного матеріалу проходить за фізико-механічними властивостями, часто не дає бажаного результату. Тому в роботах [3,5,7] було запропоновано інтенсифікувати цей процес шляхом накладання на робочу поверхню сепаратора електричного поля. Найефективнішими з них є стрічкові фрикційні сепаратори з рухомим в електричному полі робочим органом, розміщеним під кутом до горизонту. За таких умов сепарування проходить за сукупністю фізико-механічних та електричних властивостей компонентів насінневої суміші. Інтегральним показником процесу сепарування, який пов'язує значення траєкторії руху насіння з впливом всіх сил, що діють на неї, є її кут рівноваги. З іншого боку, він є універсальним критерієм визначення оптимальних режимів сепарування для установок, в яких як робочий орган використовується похила рухома площина і є нічим іншим, як ознакою подільності насінневої суміші на таких машинах. Стосовно озимого ріпаку, то цей показник досліджувався мало, що в свою чергу не дає можливості знайти оптимальні режими сепарування, які б уможливили виокремлення з насінневої суміші найбільш цінних за посівними властивостями насінин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В основі вивчення процесу сепарування насіння на фрикційних стрічкових сепараторах з рухомим робочим органом лежить опис траєкторії руху частинок насінневої суміші [1,2,7].

Для визначення їх поведінки в робочій зоні сепарування широко використовують кут рівноваги. [3,5,7]. Його фізична суть полягає в тому, що теоретично існує такий кут нахилу даної площини, за якого частинка на ній буде знаходитись в стані спокою або рухатиметься без прискорення. Математичний вираз даного кута рівноваги  $\alpha_p$  на похилій рухомій в електричному полі площині має вигляд [3,4]:

$$\alpha_p = \varphi + \arcsin(k_0 \cdot \sin \varphi), \quad (1)$$

$\varphi$  - кут рівноваги частинки насінневої суміші на похилій рухомій площині без електричного поля, град;

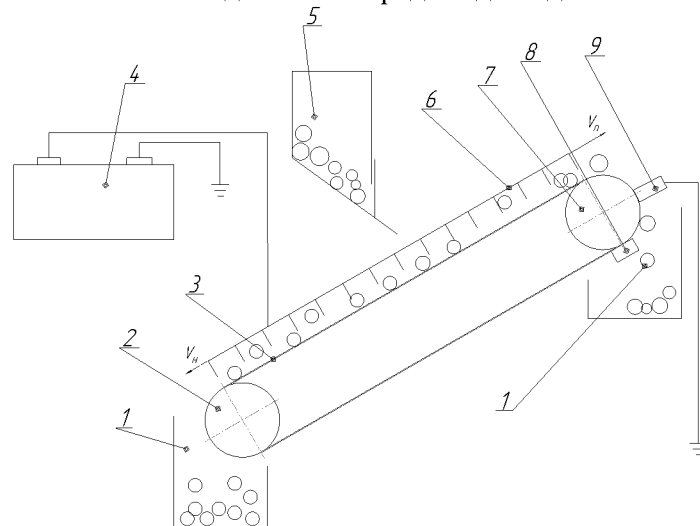
$k_0$  – кратність електричної сили.

Експериментальні дослідження цього кута для насіння озимого ріпаку дадуть можливість отримати вихідні дані для математичного опису траєкторій руху окремих насінин суміші, які в свою чергу стануть основою під час обґрунтування параметрів та режимів роботи електрофрикційного сепаратора.

**Мета досліджень:** підвищити якість розділення насінневої суміші озимого ріпаку завдяки дослідженню траєкторії руху її частинок по сепарувальній площині з використанням експериментальних значень їх кутів рівноваги.

**Виклад основного матеріалу.** З теорії руху частинки по похилій площині, яка здійснює поступальний рух відомо, що теоретично можливий такий кут її нахилу, при якому швидкість руху насінин буде рівна швидкості руху площини ( $V_n=V_n$ ), а отже насінина буде знаходитись в одній точці координат ( в стані рівноваги). Також відомо, що існує такий найменший кут  $\alpha_{min}$ , за якого всі насінини, що знаходяться на площині, винесуться нею вгору та кут  $\alpha_{max}$ , за якого всі насінини скотяться вниз. В проміжку цих кутів і знаходиться кут рівноваги  $\alpha_p$ .

Для проведення досліду із вибраної проби насіння відбиралось по 100 насінин. На дослідній лабораторній установці (рис. 1) встановлювався режим сепарування з наступними регульованими параметрами: швидкість руху площини  $V_n=0,2$  м/с.; напруженість поля коронного розряду  $E=2,5$  кВ/см. Чисельні значення регульованих параметрів були встановлені на підставі попередніх досліджень.



1 - приймачі насіння; 2 - ведений валик; 3 - сепарувальне полотно; 4 - джерело високої напруги; 5 - бункер-живильник; 6 - коронуючий електрод; 7 - ведучий валик; 8 - очисна щітка; 9 - графітна щітка

Рисунок 1 - Схема лабораторного електрофрикційного сепаратора

Визначення експериментальним шляхом кута рівноваги проходило наступним чином. Встановлювався мінімальний кут нахилу сепарувальної площини  $\alpha_{min}$ , при якому хоча б одна з насінин скочувалась по ній вниз. Далі кут нахилу збільшувався на інтервал  $i$  складав  $(\alpha_{min}+i)$ . Насіння, яке винеслось стрічкою вгору, знову висипалось на стрічку і процес розділення повторювався. Після цього підраховувалась кількість насінин, які скотилися вниз. Дослід тривав до тих пір, доки всі насінини не скотились вниз. Цей кут був кутом  $\alpha_{max} = \alpha_{min} + ni$ .

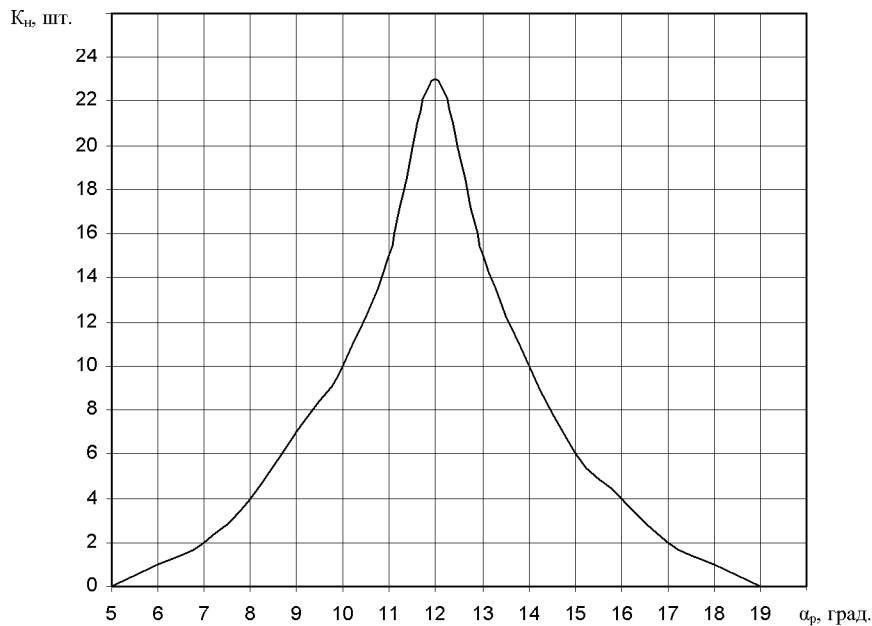
Результатом такої серії дослідів став варіаційний ряд розподілу насінин даної вибірки за кутом рівноваги при прийнятих значеннях регульованих параметрів сепарування (табл.1), який графічно відображено на рис. 2.

Таблиця 1 – Варіаційні ряди розподілу насіння озимого ріпаку за кутом рівноваги

№	Кут рівноваги, $\alpha_p$ , град.
---	-----------------------------------

п/п	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	3	5	8	8	17	22	16	9	7	3	1	
2		3	4	8	10	18	20	15	11	6	3	1	1
3		2	5	6	8	13	14	19	11	9	9	4	
4	2	2	6	6	9	15	19	17	13	10	5		
5			3	7	11	16	21	13	10	7	6	3	3
6	1	4	5	7	8	17	20	16	8	6	4	3	1
7	2	2	3	5	9	15	23	14	9	8	5	5	
8			5	9	12	18	22	18	12	2	1	1	
9		3	6	8	10	15	20	14	9	8	6	1	

З наведених в таблиці даних та аналізу рис. 2 видно, що основна частина насіння має кут рівноваги в межах 10...14 градусів, а інтервал його значень лежить в межах від 7 до 17 градусів.



$K_n$  – кількість насінин;  $\alpha_r$  – кут рівноваги, град.

Рисунок 2 - Варіаційна крива розподілу насіння озимого ріпаку за кутом рівноваги

В процесі сепарування насінини ріпаку круглої форми буде здійснювати свій рух по сепарувальній площині за деякою криволінійною траєкторією (рис. 3). В початковий момент часу напрямком її миттєвої відносної швидкості  $V_r$  утворюватиме деякий кут  $\theta$  з віссю  $ox$ , зв'язаної з нею рухомою системою координат. Задавшись кутом  $\theta$  як функцією переміщення насінини  $S$  можна обчислити значення її швидкості при довільному значенні даного кута:

$$V = V_0 \cdot \left( \frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} \right)^{\frac{\epsilon}{1,4}} \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2}} \right)^{\frac{\epsilon}{1,4}}, \quad (2)$$

де  $V_0$  – початкова швидкість руху насінини, м/с;

$\epsilon$  – показник подільності.

$$\epsilon = \frac{\delta}{g_1 \cdot R} \cdot \left( g \cos \alpha + \frac{F_o}{m} \right), \quad (3)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт тертя кочення;

$R$  – радіус насінини, м;

$m$  – маса насінини, кг;

$F_{\partial}$  – додаткова електрична сила, Н.

$\alpha$  – кут найбільшого нахилу сепарувальної площини, град.

$$g_1 = g \sin \alpha, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – кут найбільшого нахилу сепарувальної площини, град.

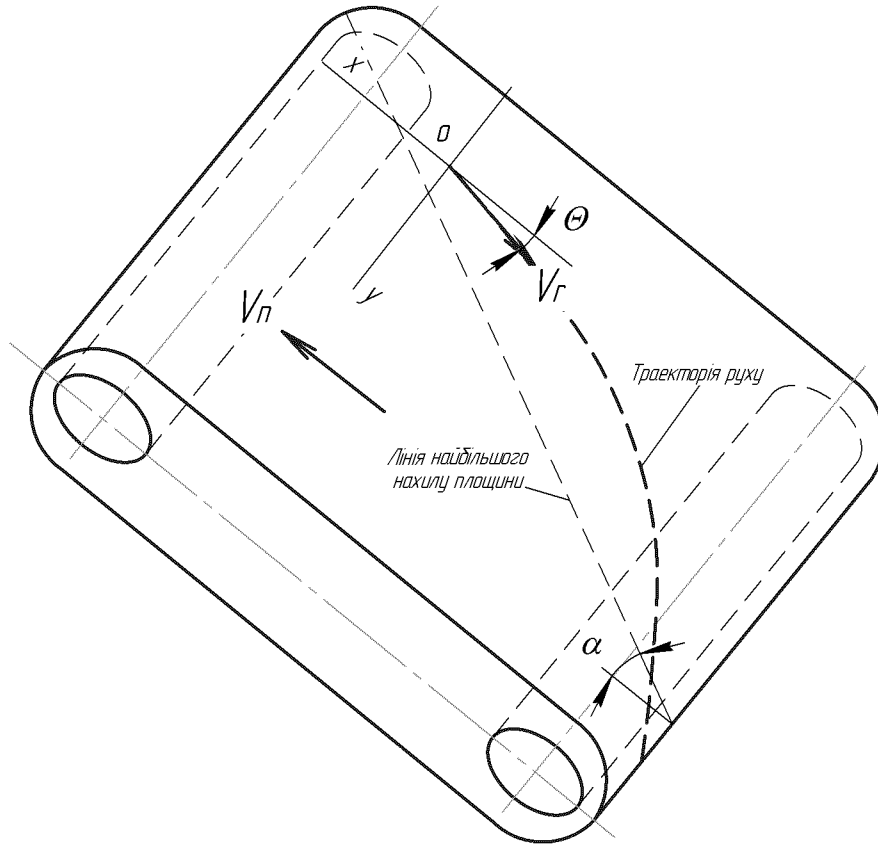


Рисунок 3 - Схема фрикційного сепаратора з довільним нахилом робочого органу

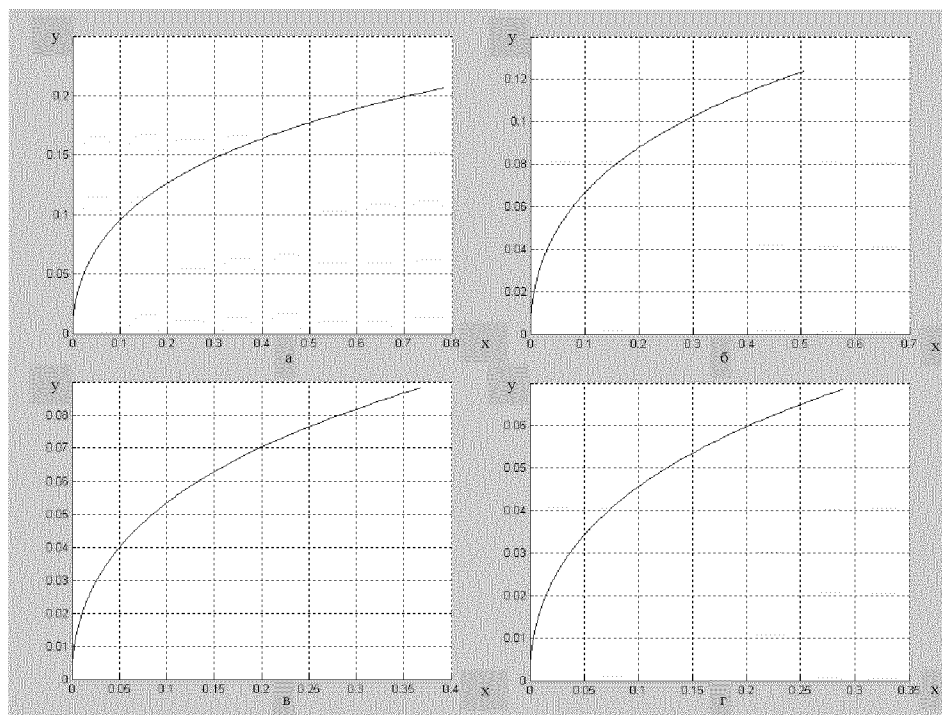
Нами було отримано математичні залежності, за якими можна обчислювати координати і траєкторію руху насінини ріпаку, яка прирівнювалась до кулі правильної форми:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \frac{V_0^2}{g_1} \int_{\theta}^{\theta_0} \left( \frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} \right)^{1,4} \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2}} \right)^{1,4} \cdot \frac{\cos \theta d\theta}{\sin \theta}; \\ y &= y_0 + \frac{V_0^2}{g_1} \int_{\theta}^{\theta_0} \left( \frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} \right)^{1,4} \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2}} \right)^{1,4} \cdot d\theta; \\ z &= R, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $x_0, y_0$  – координати центру маси насінини у початковий момент часу.

Для моделювання процесу руху частинки насінневої суміші озимого ріпаку при різних значеннях параметрів було складено програму в середовищі MATLAB, яка дає можливість обчислювати математичні залежності (5) та будувати графіки траєкторій і зміни їх координат в залежності від часу.

Підставивши отримані експериментальні значення кутів рівноваги насіння озимого ріпаку у (5), були визначені координати руху насінин з різними кутами рівноваги та побудовані траєкторії їх переміщення по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора. Деякі з них представлено на рис. 4.



а -  $\alpha_p = 6$  град.; б -  $\alpha_p = 10$  град.; в -  $\alpha_p = 14$  град.; г - 18 град.

Рисунок 4 - Траєкторії руху насіння озимого ріпаку по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора

Аналізуючи отримані траєкторії, бачимо, що насінини з різним значенням кута рівноваги за однаковий проміжок часу проходять по сепарувальній площині різними шляхами. Так, наприклад, насінини, для яких  $\alpha_p = 6$  град., по осі  $x$  зміщуються майже на 0,8 м, а по осі  $y$  – на 0,2 м. Натомість насінини, для яких  $\alpha_p = 14$  град., за той самий період часу зміщуються по площині на 0,37 м по осі  $x$  і майже 0,09 м по осі  $y$ , що більш як у два рази менше, в порівнянні з попереднім випадком.

**Висновки:** 1. Дослідивши кут рівноваги насіння озимого ріпаку на похилій рухомій в електричному полі фрикційній площині, з'ясувалось, що цей показник для даного насіння змінюється в межах від 7 до 17 градусів, причому для основної маси насіння він становить 10... 14 градусів.

2. Розрахунки траєкторій руху насінин з дослідженими значеннями кутів рівноваги показали, що за однаковий проміжок часу насіння з  $\alpha_p = 6^\circ$  пройде по сепарувальній площині вдвічі більший шлях, ніж насінини, в яких  $\alpha_p = 14^\circ$ . На підставі цього можна стверджувати, що, підібравши відповідні параметри та режим роботи електрофрикційного сепаратора, можна добитись різних траєкторій руху досліджуваних насінин, а разом з цим їх ефективного розділення.

3. Розрахунок та побудова траєкторій руху насіння озимого ріпаку по робочій поверхні фрикційного сепаратора за допомогою складеної програми в середовищі MATLAB дає можливість отримати вихідні дані для обґрунтування конструктивних параметрів робочого органу електрофрикційного сепаратора.

## Список літератури

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

2. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. Конструкция и расчёт, проектирование и эксплуатация. – М.: Машгиз, 1961. – 367 с.
3. Ковалишин С.Й. Обґрунтування технологічних параметрів обробки насіння багаторічних трав на віброфрикційному сепараторі: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. – Оброшино, 1999. - 236 с.
4. Ковалишин С.Й., Мединський В.В. Дослідження кута рівноваги частинок насінневої суміші під час їх електровібросепарування.// Вісник ЛДАУ “Агроінженерні дослідження №9”, 2005.– С. 222-226.
5. Ніщенко І. О., Ковалишин С. Й., Швець О. П. Дослідження процесу сепарування насіння озимого ріпаку на рухомій в електричному полі похилій площині.// Вісник ЛНАУ “Агроінженерні дослідження №12”.– Т. 2, 2008.– С. 225-230.
6. Ніщенко І. О., Швець О. П. Дослідження траєкторій руху частинок насінневої суміші кулястої форми по рухомій в електричному полі фрикційній площині.// Вісник ДДАУ. Спеціальний випуск №2-09. Дніпропетровськ, 2009. – С. 256-259.
7. Паранюк В.А. Разделение семенных смесей в электрическом поле на движущейся с постоянной скоростью наклонной плоскости: Дис... канд. техн. наук: 05.20.02. – Челябинск, 1983. – 280 с.

*О. Швець*

**Исследование и влияние угла равновесия семян озимого рапса на траекторию его движения по рабочей поверхности электрофрикционного сепаратора**

В работе проведено исследование угла равновесия семян рапса на наклонной подвижной в электрическом поле фрикционной плоскости, осуществлен расчет координат и построены траектории движения семян с определёнными углами равновесия, обосновано возможность разделения семенной смеси на электрофрикционном сепараторе, а также созданы условия для обоснования параметров и режимов работы сепаратора.

*О. Shvetz*

**Research and influence of corner equilibrium seed of winter-annual rape on the trajectory of his motion on the working surface electro-friction separator**

Research of corner of equilibrium of seed to rape on sloping to the mobile in the electric field friction plane, the calculation of coordinates is carried out and the trajectories of motion of seed are built with the investigational corners of equilibrium, grounded possibility of division of seminal mixture on an electro-friction separator and pre-conditions are created for the ground of parameters and modes of operations of separator.

Одержано 25.09.09