

УДК 631.354

І. О. Леженкін, канд. техн. наук

*Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна,
E-mail: energo@tsatu.edu.ua*

Теоретичний аналіз умов проходження зернівки крізь шар обчісаного вороху зернових

У статті розглянуто побудову математичної моделі ймовірності проходження зернівки крізь шар обчісаного вороху зернових, а також проведено аналіз отриманої моделі.

математична модель, ймовірність просіювання, обчісаний ворох, зернівка, сепарація, сегрегація

И. А. Леженкин, канд. техн. наук

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина

Теоретические анализ условий прохождения зерновки через слой очесанного вороха зерновых

В статье рассмотрено построение математической модели вероятности прохождения зерновки через слой очесанного вороха зерновых, а также проведен анализ полученной модели.

математическая модель, вероятность просеивания, очесанный ворох, зерновка, сепарация, сегрегация

Постановка проблеми. Як відомо, найбільш ефективним методом збирання зернових культур є обчісування їх на корені та доробка обчісаного вороху на стаціонарі [1, 2, 3].

Це дозволяє зменшити втрати зерна при збиранні [4] та знизити енерговитрати на збиральний процес [5]. Однак впровадження цієї технології стримується відсутністю технічних засобів сепарації обчісаного вороху.

Такий стан речей створює народногосподарську проблему, сутність якої полягає в низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічного процесу сепарації обчісаного вороху зернових колосових існуючими технічними засобами.

Для обґрунтування параметрів та режимів роботи сепаруючого робочого органу необхідно провести теоретичні дослідження процесу сепарації обчісаного вороху зернових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод обчісування рослин на корені розглянуто у фундаментальній роботі проф. Шабанова П. А. [6]. Обчісувачі робочі органи обґрунтовані у роботах [7, 8, 9]. Але питання сепарації розглянуті не в достатній мірі.

Постановка завдання. Побудувати математичну модель просіювання зернівки крізь шар обчісаного вороху зернових та провести її аналіз.

Виклад основної частини. Для теоретичної бази побудови математичної моделі було використано задачу Бюфона [10, 11].

Розглянемо перший випадок, коли відстань між соломинками більше суми довжини зернівки і діаметра соломини.

$$2\rho \geq 2l + 2r_c \rightarrow a \geq l, \quad (1)$$

де 2ρ – відстань між осями соломінок;

$2l$ – довжина соломини;

$2r_c$ – діаметр соломини.

Введемо позначення $a = \rho - r_c$, тоді виходячи з нерівності (1) випливає, що $a \geq l$.

Зобразимо графічно схему просіювання зерна при паралельному розташуванні соломіни (рис. 1).

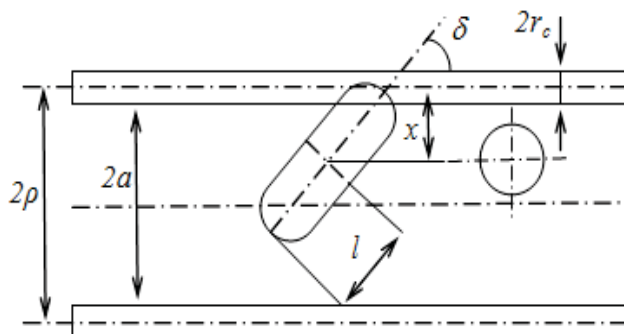


Рисунок 1 – Схема просіювання зернівки крізь дві паралельні соломіни, для першого випадку

Припустимо, що

$$0 \leq x \leq r_c, \quad (2)$$

де x – відстань від центра ваги зернівки до осі соломіни.

Таким чином, при таких значення x зерно після удару або залишається на поверхні соломіни, або відскочить і просіється. При зміні δ від 0 до π або x від 0, положення зерна щодо соломіни змінюється таким чином, що ймовірність просіювання стає 100%. Доброю нагодою для непросіювання зерна є, виходячи з нерівності (2), значення відповідних величин, що дорівнює π і r_c .

Тоді, використовуючи визначення геометричної ймовірності, ймовірність непросіювання зерна при його горизонтальному розташуванні:

$$p_1^I = \frac{\pi \cdot r_c}{\pi \cdot \rho} = \frac{r_c}{\rho}, \quad (3)$$

де ρ_1^I – ймовірність непросіювання зерна при горизонтальному його положенні для першого випадку.

При вертикальному розташуванні зерна, ймовірність непросіювання, виходячи з рис. 1, буде ідентичною:

$$p_2^I = \frac{r_c}{\rho}, \quad (4)$$

де ρ_2^I – ймовірність непросіювання зерна, при вертикальному його положенні для першого випадку.

Загальна ймовірність непросіювання зерна для першого випадку $a \geq l$ при горизонтальному і вертикальному розташуванні зернівки складе:

$$p^I = \frac{p_1^I + p_2^I}{2} = \frac{r_c}{\rho}. \quad (5)$$

Побудуємо графік залежності ймовірності просіювання від відстані між соломінами для першого випадку, коли $a \geq l$.

При побудові графіка використовувалася ймовірність просіювання зернівки для отримання її значень від одиниці, враховуючи результат (5).

На рис. 2 показаний випадок, коли соломини розташовані паралельно одна одній, проте в реальній дійсності можливі різні випадки взаємного розташування соломин. Розглянемо кілька найбільш часто зустрічаємих випадків, а саме, коли одна соломинка перебуває під нахилом до іншої (рис. 3), або коли соломини знаходяться під нахилом по відношенню одна до одної (рис. 4) і, нарешті, коли соломини перетинаються (рис. 5).

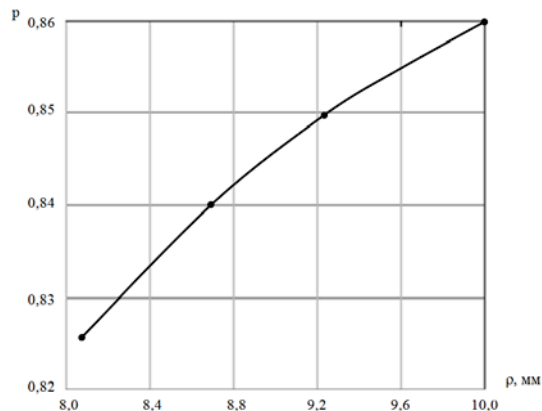


Рисунок 2 – Залежність ймовірності просіювання зернівки від відстані між соломинками для першого випадку – при паралельному розташуванні соломин

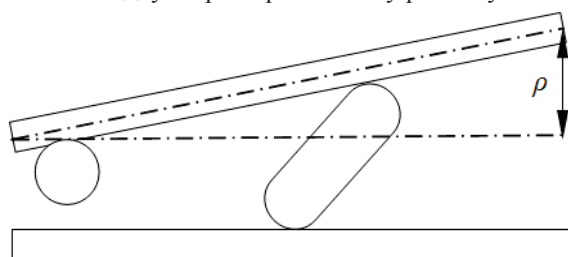


Рисунок 3 – Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли одна з соломин знаходиться під нахилом до іншої

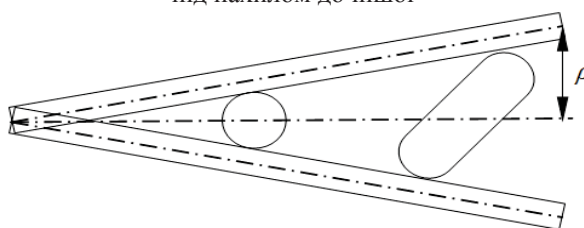


Рисунок 4 – Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли обидві соломини знаходяться під нахилом по відношенню одна до одної

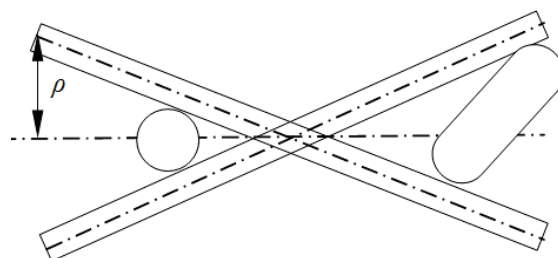


Рисунок 5 – Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли соломини перетинаються

У всіх представлених випадках відбувається зміна міжцентрової відстані між соломинами.

Для подальших досліджень введемо параметр $\tau \in [0; 1]$, який характеризує зміну ρ . При використанні параметра τ , ймовірність буде представляти із себе середнє арифметичне ймовірностей, в тих формулах, в яких будуть використовуватися різні значення параметра τ . Точність такого розрахунку буде прямо пропорційною до кроку параметра τ на всій області його визначення. Тобто, якщо $\tau \in [0; 1]$, то крок 0,1 і 10 значень параметра τ , при розрахунку, дадуть менш точний результат, ніж крок 0,01 і 100 значень параметра. Тому, при обчисленні ймовірності з використанням формул, в яких застосовується параметр τ , слід використовувати обчислювальні потужності ПК через значний обсяг оброблюваних даних.

Для випадку, коли одна з соломин знаходиться під нахилом по відношенню до іншої (рис. 3) – відстань між соломинами змінюється від ρ до 2ρ , а τ відповідно – від 0,5 до 1. Отже, ймовірність непросіювання для цього випадку буде виглядати:

$$p_{\tau_1}^I = \frac{r_c}{\tau\rho}, \quad (6)$$

де $\tau \in [0,5; 1]$, а $\rho \in [\rho; 2\rho]$.

Побудуємо графік залежності ймовірності просіювання зернівки крізь дві соломини від відстані між ними в разі, коли одна соломину знаходиться під нахилом до іншої (рис. 6).

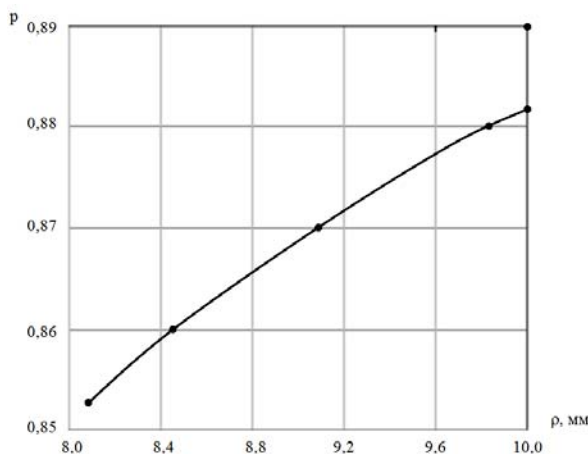


Рисунок 6 – Залежність ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку, коли одна соломину знаходиться під нахилом до іншої

Як видно з рис. 6, зі збільшенням міжцентральної відстані ρ ймовірність просіювання зернівки збільшується.

Розглянемо випадок, коли соломини знаходяться під нахилом одна до одної (рис. 4).

Відстань між соломинами змінюється від 0 до 2ρ , а τ від 0 до 1.

У точці перетину соломин ймовірність непросіювання 100%. Отже, загальна ймовірність непросіювання для цього випадку буде виглядати:

$$p_{\tau_2}^I = \frac{r_c}{\tau\rho}, \quad (7)$$

де $\tau \in [0; 1]$, а $\rho \in [0; 2\rho]$.

І для останнього випадку, коли соломини перетинаються (рис. 5), параметр τ буде зменшуватися від 1 до 0 на половині розглянутої ділянки і збільшуватися від 0 до 1 на іншій половині, тобто $T = 0,5\tau [1; 0) + 0,5\tau (0; 1]$.

Складові рівні між собою, отже:

$$p_{\tau_3}^I = \frac{r_c}{\tau\rho}, \quad (8)$$

де $\tau \in (0; 1]$, а $\rho \in [0; 2\rho]$.

Для випадку, коли соломини перетинаються, побудуємо графік залежності ймовірності просіювання від відстані між соломинами (рис. 7).

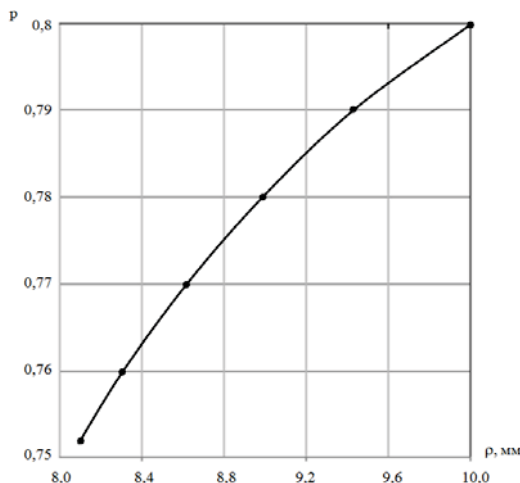


Рисунок 7 – Залежність ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку, коли соломини перетинаються між собою

Графік показує, що так само, як в попередньому випадку, зі збільшенням відстані між соломинами збільшується ймовірність проходження зернівки між ними.

Таким чином, ми отримали значення ймовірностей для всіх розглянутих випадків взаємного розташування соломин, а саме: коли соломини паралельні одна одній (рис. 1), коли одна з соломин знаходиться під кутом до іншої (рис. 3), коли обидві соломини знаходяться під кутом одна до одної (рис. 4) і, нарешті, при перетині соломин (рис. 5). Загальна ймовірність, виходячи з виразів (5), (6), (7) і (8), буде виглядати наступним чином:

$$p^I = \left(\frac{r_c}{\rho} + \frac{r_c}{\tau_{[0,5;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} \right) / 4 = \frac{r_c (\tau_{[0,5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0,5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0,5;1]} \tau_{(0;1]}\rho}. \quad (9)$$

Проведемо розрахунок згідно виразів (9) і визначимо ймовірність непросіювання, потім за виразом визначаємо ймовірність просіювання, і будуємо графік залежності повної ймовірності просіювання від відстані між соломинами (рис. 8).

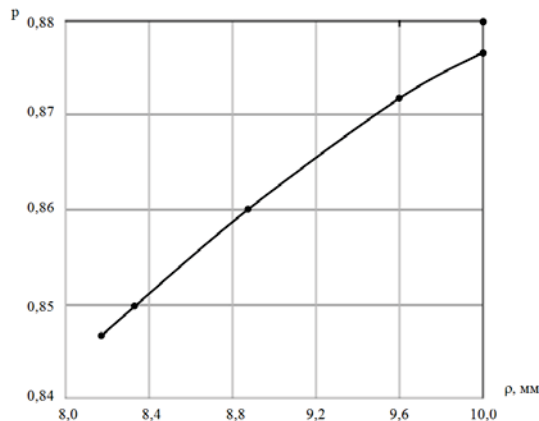


Рисунок 8 – Залежність повної ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку

З рис. 8 видно, що повна ймовірність прокидання збільшується зі збільшенням відстані між соломинами.

ІІ випадок. Відстані між соломинами менше суми діаметра соломи і довжини зернівки та більше суми діаметра соломи і ширини зернівки (рис. 9).

$$2r_c + 2r_3 \leq 2\rho \leq 2l + 2r_c \rightarrow r_3 \leq a \leq l. \quad (10)$$

де r_c – радіус соломини;

$2r_3$ – ширина зернівки;

$2l$ – довжина зернівки;

2ρ – відстань між осями соломи.

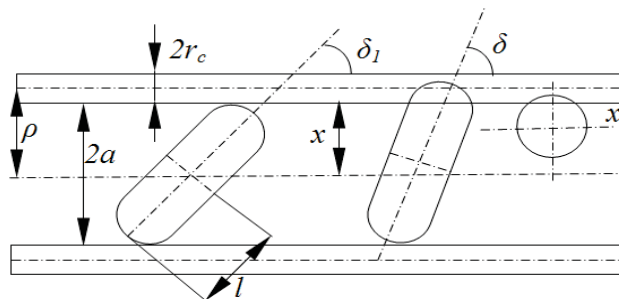


Рисунок 9 – Схема просіювання зернівки крізь дві паралельні соломини для другого випадку

Розглянемо випадки, сприятливі непросіюванню зернівки. На рис. 10 показана заштрихована площа, що ілюструє сприятливі випадки непросіювання зерна. Залежно від співвідношень r_c , r_3 , l або ρ , можна розглянути два підвипадки.

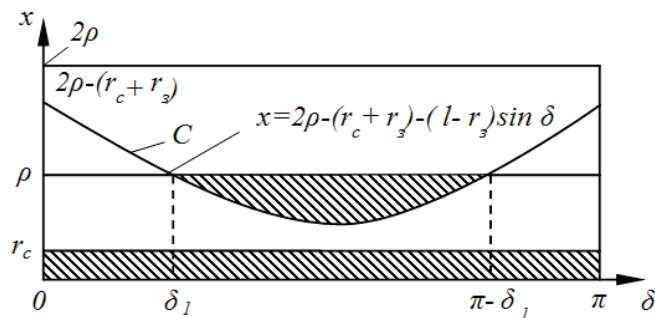


Рисунок 10 – Схема до розрахунку ймовірності непросіювання зернівки, якщо крива С не перетинає пряму $x = r_c$

1. Крива розподілу ймовірності непросіювання (крива С) не перетинає пряму $x = r_c$, тобто:

$$a < r_c + r_3 + (l - r_3) - \rho \leq \rho - r_c \text{ або } \frac{1}{2} \leq a \leq l, (\text{при } \frac{l}{2} > r_3) \text{ та } \frac{1}{2} \leq a \leq l, (\text{при } \frac{l}{2} \leq r_3).$$

З рис. 10 випливає, що ймовірність непросіювання при горизонтальному розташуванні зернівки буде:

$$p_1'' = \frac{\pi r_c + \int_{\delta_1}^{\pi - \delta_1} [\rho - 2\rho + r_c + r_3 + (l - r_3) \sin \delta] d\delta}{\pi \rho}. \quad (11)$$

Якщо прийняти, що $\delta_1 = \arcsin \frac{a - r_3}{l - r_3}$, а $\frac{a - r_3}{l - r_3} = \frac{\rho - r_c - r_3}{l - r_3} = \lambda^l$, то вираз (11) приймає вид:

$$p_1'' = \frac{r_c}{\rho} + \frac{2(l - r_3)}{\pi \rho} \left[\sqrt{1 - (\lambda^l)^2} - \lambda^l \arccos \lambda^l \right] \quad (12)$$

При $a = l$ або $\lambda^l = 1$ вираз (11) переходить у вираз (3) тобто $p_1'' = \frac{r_c}{\rho} = p_1'$.

2. Крива С перетинає в точках δ_2 або $\pi - \delta_2$ (рис. 11) пряму $x = r_c$:

$$r_c + r_3 + (l - r_3) - \rho \geq \rho - r_c,$$

або

$$r_3 \leq a \leq \frac{l}{2}. \quad (13)$$

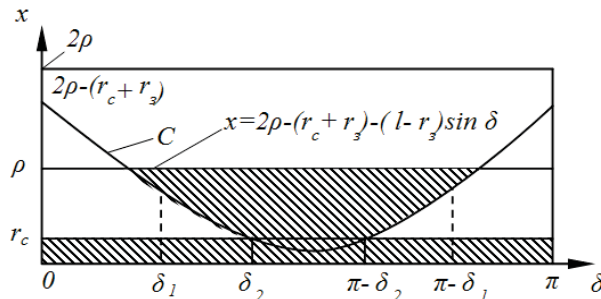


Рисунок 11 – Схема до розрахунку ймовірності непросіювання зернівки, якщо крива С перетинає пряму $x = r_c$

Як видно з рис. 11, з'являється область перетину ймовірностей непросіювання зерна. Тоді формула ймовірності непросіювання матиме такий вигляд:

$$p_1''' = \frac{\pi r_c + \int_{\delta_1}^{\pi - \delta_1} [\rho - 2\rho + r_c + r_3 + (l - r_3) \sin \delta] d\delta}{\pi \rho} - \frac{\int_{\delta_2}^{\pi - \delta_2} [r_c - 2\rho + r_c + r_3 + (l - r_3) \sin \delta] d\delta}{\pi \rho}, \quad (14)$$

де p_1''' – ймовірність непросіювання зернівки для другого випадку, за умови, що крива С перетинає пряму $x = r_c$, якщо зернівка розташована горизонтально.

$$\delta_1 = \arcsin \frac{a-r_3}{l-r_3} \qquad \delta_1 = \arcsin \frac{2a-r_3}{l-r_3}$$

Зробимо в виразі (14) заміни, ідентичні замінам в залежності (12):

$$p_1^{III} = \frac{r_c}{\rho} + \frac{2(l-r_3)}{\pi\rho} \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I - \sqrt{1-(\lambda^{II})^2} - \lambda^{II} \arccos \lambda^{II} \right] \quad (15)$$

$$\text{де } \lambda^{II} = \frac{2a-r_3}{l-r_3}.$$

При $2a=l$ або $\lambda^{II}=1$, отримаємо $p_1^{III} = p_1^{II}$.

Імовірність непросіювання при вертикальному розташуванні зернівки для обох підвипадків другого випадку буде:

$$p_2^{III} = p_2^{II} = \frac{r_c}{\rho}. \quad (16)$$

Загальна ймовірність непросіювання p^{II} для другого випадку, коли крива С не перетинає пряму $x=r_3$ буде визначатися зі співвідношення:

$$p^{II} = \frac{p_1^{II} + p_2^{II}}{2} = \frac{r_c}{\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\rho} \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I \right] \quad (17)$$

Загальна ймовірність непросіювання p^{III} для другого випадку, за умови, що крива С перетинає пряму $x=r_3$ знаходимо з виразу:

$$p^{III} = \frac{p_1^{III} + p_2^{III}}{2} = \frac{r_c}{\rho} + \frac{2(l-r_3)}{\pi\rho} \times \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I - \sqrt{1-(\lambda^{II})^2} - \lambda^{II} \arccos \lambda^{II} \right] \quad (18)$$

Розглянемо методику обчислення ймовірності непросіювання зернівки в разі паралельного розташування соломин між собою, для чого використовуємо рис. 3-6 і формули 5-7. Зміна величини ρ буде аналогічна першому випадку. Запишемо формулу (16), виходячи зі змінної відстані між соломинами:

$$\begin{aligned} p^{II} &= \left(\frac{r_c}{\rho} + \frac{r_c}{\tau_{[0.5;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} \right) / 4 + \\ &+ \left(\frac{l-r_3}{\pi\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{[0.5;1]}\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{(0;1]}\rho} \right) \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I \right] / 4 = \\ &= \frac{r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\rho} + \\ &+ \frac{(l-r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\pi\rho} \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I \right] \end{aligned} \quad (19)$$

Аналогічним чином формула (19) після відповідних підстановок набирає вигляду:

$$\begin{aligned}
 p^{III} &= \left(\frac{r_c}{\rho} + \frac{r_c}{\tau_{[0.5;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]}\rho} \right) / 4 + \\
 &+ \left(\frac{l-r_3}{\pi\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{[0.5;1]}\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{l-r_3}{\pi\tau_{(0;1]}\rho} \right) \times \\
 &\times \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I - \sqrt{1-(\lambda^{II})^2} - \lambda^{II} \arccos \lambda^{II} \right] / 4 = \\
 &= \frac{r_c (\tau_{[0.5;1]}\tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]}\tau_{(0;1]}\rho} + \frac{(l-r_3)(\tau_{[0.5;1]}\tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]}\tau_{(0;1]}\pi\rho} \times \\
 &\times \left[\sqrt{1-(\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I - \sqrt{1-(\lambda^{II})^2} - \lambda^{II} \arccos \lambda^{II} \right]
 \end{aligned} \tag{20}$$

Побудуємо графіки залежності ймовірності просіювання від відстані між соломками для другого випадку за умови, що крива розподілу ймовірності непросіювання (крива С) не перетинає пряму $x=r_c$ (рис. 12), і коли крива С перетинає пряму $x=r_c$ (рис. 13).

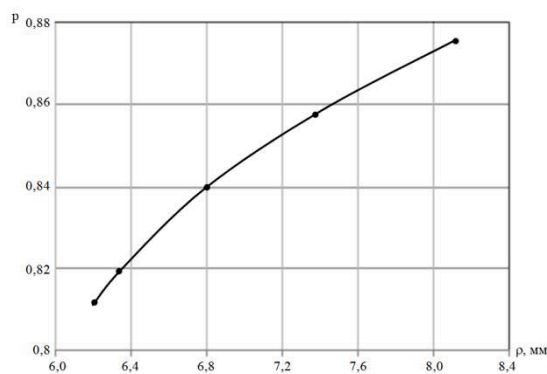


Рисунок 12 – Графік залежності ймовірності просіювання зернівки від відстані між соломками для другого випадку при умові, що крива С не перетинає пряму $x=r_c$

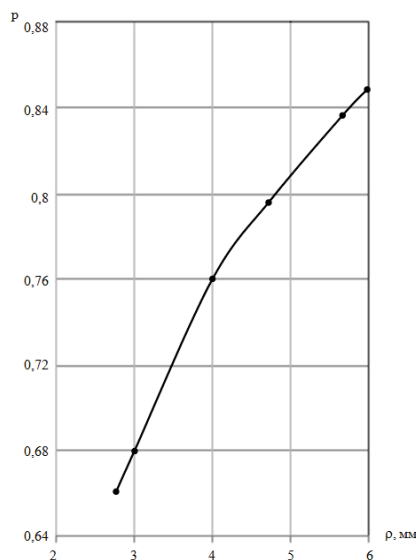


Рисунок 13 – Графік залежності ймовірності просіювання зернівки від відстані між соломками для другого випадку при умові, що крива С перетинає пряму $x=r_c$

ІІІ випадок. Відстань між соломинами менше суми діаметра соломини і ширини зернівки:

$$2\rho < 2r_c + 2r_3 \rightarrow a < r_3. \quad (21)$$

У цьому випадку, як при горизонтальному розташуванні зернівки, так і при вертикальному, ймовірність непросіювання дорівнює 1:

$$p_1^{IV} = p_2^{IV} = 1, \text{ а } p^{IV} = \frac{p_1^{IV} + p_2^{IV}}{2} = 1. \quad (22)$$

де p_1^{IV} – ймовірність непросіювання для третього випадку при горизонтальному розташуванні зернівки;

p_2^{IV} – ймовірність непросіювання для третього випадку при вертикальному розташуванні зернівки;

p^{IV} – загальна ймовірність непросіювання для третього випадку.

Виходячи з отриманих результатів можна обчислити загальну ймовірність непросіювання зерна крізь один шар соломи. Вона буде являти собою систему з чотирьох рівнянь.

$$p_e = \begin{cases} p^I = \frac{r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1)})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} \rho}; \\ p^{II} = p^I + \frac{(l - r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1)})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} \pi \rho} \times \\ \times \left[\sqrt{1 - (\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I \right]; \\ p^{III} = p^I + \frac{(l - r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1)})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1)} \pi \rho} \times \\ \times \left[\sqrt{1 - (\lambda^I)^2} - \lambda^I \arccos \lambda^I - \sqrt{1 - (\lambda^{II})^2} - \lambda^{II} \arccos \lambda^{II} \right]; \\ p^{IV} = 1. \end{cases}, \quad (23)$$

$$\text{де } \lambda^I = \frac{a - r_3}{l - r_3}, \lambda^{II} = \frac{2a - r_3}{l - r_3}.$$

Підсумкова ймовірність непросіювання буде залежати від ймовірності появи того чи іншого випадку і підвипадку взаємного розташування соломин. Якщо прийняти, що ймовірність появи цих випадків взаємного розташування соломин однакова, то загальна ймовірність непросіювання буде представляти із себе середнє арифметичне всіх ймовірностей з системи (23).

$$\begin{aligned}
p_e = & \left(\frac{r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\rho} + \frac{r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\rho} + \right. \\
& + \frac{(l-r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\pi\rho} \left[\sqrt{1-(\lambda')^2} - \lambda' \arccos \lambda' \right] + \\
& \frac{r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\rho} + \frac{(l-r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\pi\rho} \times \\
& \times \left[\sqrt{1-(\lambda')^2} - \lambda' \arccos \lambda' - \sqrt{1-(\lambda'')^2} - \lambda'' \arccos \lambda'' \right] + 1) / 4 = \tag{24} \\
= & \left(\frac{3r_c (\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\rho} + \frac{(l-r_3)(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\pi\rho} \right) \times \\
& \times \left[2\sqrt{1-(\lambda')^2} - 2\lambda' \arccos \lambda' - \sqrt{1-(\lambda'')^2} - \lambda'' \arccos \lambda'' \right] + 1) / 4 = \\
& = \frac{(\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0.5;1]} + \tau_{(0;1]})}{16\tau_{[0.5;1]} \tau_{(0;1]}\pi\rho} \times \\
& \times (3\pi r_c + (l-r_3) \left[2(\sqrt{1-(\lambda')^2} - \lambda' \arccos \lambda') - \sqrt{1-(\lambda'')^2} - \lambda'' \arccos \lambda'' \right] + 0,25.
\end{aligned}$$

Висновки:

1. Побудовано математичну модель просіювання зерна крізь шар обчисаного вороху, яка встановлює залежність між імовірністю проходження зерна крізь соломку і відстанню між соломками з урахуванням взаємного розташування соломки і відношенням розмірів зернівки до відстані між соломками.

2. В результаті проведеного моделювання виявлено:

– в разі, коли відстань між соломками більше довжини зернівки і діаметра соломки, ймовірність просіювання зернівки становить 0,875 за умови, що відстань між соломками дорівнює 10 мм;

– якщо відстань між соломками менше суми діаметра соломки і довжини зернівки і одночасно більше суми діаметра соломки і ширини зернівки, то ймовірність проходження зернівки крізь соломку знаходиться в межах 0,85 ... 0,877 при відстані між соломками 6,0 ... 8,05 мм;

– за умови, що відстань між соломками менше суми діаметра соломки і ширини зернівки, ймовірність просіювання як при горизонтальному розташуванні зернівки, так і при вертикальному дорівнює нулю.

3. Для забезпечення необхідних умов, що дозволяють зернівці проходити крізь шари соломи необхідний робочий орган, який має можливість механічного впливу на ворох.

Список літератури

1. Леженкин, А. Н. Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины [Текст] / А. Н. Леженкин // Праці Таврійської державної агротехнічної академії : наук. фах. видання / ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 40. – С. 195-205
2. Леженкин, А.Н. Уборка зерновых методом очесывания [Текст] / А.Н. Леженкин // Сельский механизатор. – 2004. – №11. – С. 27.
3. Леженкин, А.Н. Перспективная технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств Юга Украины [Текст] //Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: Международ. науч. конф. Сб. научн. тр. – Ярославль, 2003. – Ч. III. – С. 28-29.
4. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза,

- снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. П.А.Шабанов. – Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1988. – 44 с.
5. Леженкин А.Н. Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая [Текст] / А.Н. Леженкин //Механизация и электриф. сел. х-ва. – 2007. – №2. – С.5-7.
 6. Шабанов, П.А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню [Текст] : дис... докт. техн. наук / П.А. Шабанов. – Мелитополь – 1988. – 336 с.
 7. Данченко, Н.Н. Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню [Текст] : автореф.дис...канд.техн.наук. – Челябинск, 1983. – 15 с.
 8. Гончаров, Б.И. Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна [Текст] : дис... канд.техн.наук / Б.И. Гончаров. – М., 1982. – 217 с.
 9. Голубев, И.К. Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню [Текст] : дис...канд.техн.наук /ВСХИЗО. – М., 1989. – 201 с.
 11. Кендол, М. Геометрические вероятности: Пер. с англ. [Текст] / М. Кендол, П. Моран. – М.: Мир, 1972. – 273 с.
 12. Buffon, G. Essai d'arithmétique morale. Supplement «l'histoire Naturelle», Vol. 4, 1977.

Ivan Lezhenkin, PhD tech. sci.

Taurian State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Theoretical Analysis of Grain Passing Conditions Through a Layer of Combed Heap of Cereals

The article deals with the construction of a mathematical model for the probability of grain passing through a layer of combed heap of cereals, and an analysis of the model obtained.

As a result of the modelling it has been revealed that:

- in the case when the distance between the straws is bigger than the length of the grain and the diameter of the straw, the probability of sifting the grain is 0.875, under the condition that the distance between the straws is 10 mm;

- if the distance between the straw is less than the sum of the diameter of the straw and the grain length, and at the same time more than the sum of the diameter of the straw and the width of the grains, then the probability of passing the grains through the straw is within the range of 0.85 ... 0.877 at the distance between straws of 6.0 ... 8, 05 mm;

- if the distance between the straws is less than the sum of the straw diameter and the width of the grains, the probability of sifting both in the horizontal arrangement of the grains and in the vertical one is equal to zero.

In order to provide the necessary conditions for the grains to pass through layers of straw there should be used the operating element that has the potential of mechanical impact on the bundle.

mathematical model, probability of sifting, combed heap, grain, separation, segregation

Одержано 05.12.17

УДК 677.11.021

А.Ю. Лисих, канд. техн. наук

Первомайський політехнічний інститут НУК ім. адмірала Макарова, м. Первомайськ, Україна, E-mail: snezanad256@gmail.com

Механічний процес підготовки сировини для одержання короткого лляного волокна

Стаття присвячена процесу підготовки сировини з застосуванням кілкового живильника, запропонована конструкція якого забезпечує більш ефективне розпрямлення й паралелізацію волокон, полегшує їх подальшу механічну обробку, а отже сприяє підвищенню якості короткого волокна.

короткі лляні волокна, витяжний пристрій, коефіцієнт потоншення

© А.Ю. Лисих, 2017