

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ НАСІННЕВОГО БУНКЕРА ТА БЛОКА РОЗСІЮВАННЯ ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТА

Т. Гайдай, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,
e-mail: tanusha-h@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Анотація. У статті визначено граничні значення параметрів, які відповідають за рух ґрунтообробно-посівного агрегата (ГПА) по полю та роботу висівного модуля котушкового типу, а також оптимізовано параметри функціонала якості другого типу, які відповідають за управління процесом висіву насіння. Було визначено ширину розкидання насіння гірчиці $x_{\text{пад}}$ під кутом θ від точки удару по тарілчастій пластині, швидкість на виході з насіннепроводу V_c , коефіцієнт відновлення для гірчиці, кути падіння та відбивання для гірчиці, швидкість відбитих від пластини насінин V_0 . На основі отриманих даних розраховали площу S_r розсію-

вання та відповідно кількість K насіння. Щільність розподілу насіння по площі визначили через обчислення математичного очікування m та середньоквадратичного відхилення σ .

Визначилися із параметрами оптимізації процесу якості рівномірного розподілу насіння по полю, мінімізувавши функціонал якості $F_2=0,076$.

Ключові слова: ґрунтообробно-посівний агрегат (ГПА), розсіювачі, рівномірність розсіювання, оптимізація параметрів, швидкість повітряного потоку, щільність розподілу, функціонал якості.

Постановка проблеми. У дослідженні технологічного процесу сівби дрібнонасіневих культур, який реалізується ґрунтообробним посівним агрегатом (ГПА) (трактор МТЗ-82, агрегатований з бороною БДЛП-4,2 та висівним модулем TurboJet), важливим є визначення та вивчення математичної моделі динаміки процесу для подальшої оптимізації як самого процесу, так і параметрів ГПА.

Моделювання включає розроблення моделі динаміки руху ГПА по полю, а також – розрахунки параметрів під час виходу посівного матеріалу з насінневого бункера, оцінювання динаміки його руху по насіннепроводу до точки розкидання і формули розсіювання насіння на ґрунті після виходу з насіннепроводу.

Ці моделі дозволять, аналізуючи управління процесом висіву насіння, визначити технічні параметри різних робочих пристосувань, які входять в ГПА, з точки зору їх оптимального функціонування для якісного виконання посівного завдання [1,2,3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки оптимізація параметрів, які відповідають за рух ГПА по полю (V_{ag}) та роботу висівного модуля котушкового типу (N_3 , H_{ri} ($S_{жс}$,

Z , D_k , C_l , L_r , q_{0i} , θ_r , Q_2 , B), ω_r), раніше вивчалася вченими [4,5,6,7] та знайшла практичне впровадження у визначенні оптимальних параметрів і рівнів граничних значень, пропонуємо застосувати їх у своїх розрахунках.

Звідси, швидкість агрегата може коливатися в межах $V_{ag}=0,6-3,3$ м/с, параметри, які відображають роботу висівного модуля норма висіву $N_3=20$ кг/га, ширина ГПА $B=4-8$ м, а запропонований варіант параметрів котушки є оптимальним для сівби дрібнонасіневих культур: площа поперечного перерізу жолобка $S_{жс} = 630$ мм²; кількість жолобків $Z=10$, зовнішній діаметр котушки $D_k = 59,4$ мм, зазор на виході між котушкою і дном бункера $C_l = 20$ мм, довжина котушки $L_r = 365$ мм, оберти котушки $\omega_r = 350$ об/хв. За цих параметрів ми досягаємо мінімізації суми квадратів відхилення реально витраченого посівного матеріалу за час від початку процесу до поточного часу на кожному i -му елементарному кроці від необхідних витрат, виходячи із заданої норми висіву (в нашому випадку – гірчиці) $N_3=20$ кг/га.

Мета дослідження. Визначившись із оптимальними параметрами конструкції елементів висівного апарата, оптимізуємо параметри тех-

нологічного процесу сівби, мінімізуючи функціонал якості другого типу.

Будемо досліджувати параметри ($V_{вн}$ - початкова швидкість, задана повітрянагнітачем на виході з насінневого бункера; H_0 - висота розміщення розсіювача над ґрунтом і β - кут нахилу пластини розсіювання), які впливають на формування щільності розподілу насіння на ґрунті. Встановлюємо обмеження на ці параметри: $10\text{ м/с} \leq V_{вн} \leq 14\text{ м/с}$; $0,44\text{ м} \leq H_0 \leq 0,64\text{ м}$; $5^\circ \leq \beta \leq 17^\circ$.

Виклад основного матеріалу досліджень.

Використовуючи метод градієнтного спуску, поетапно підставляємо параметри швидкості повітряного потоку, висоти установки розсіювача та кута розкриття розсіювача, шукаючи мінімум функціоналу, визначаємо оптимальні параметри функціонування ГПА [4,5,6,7].

Спершу розраховуємо швидкість на виході з насіннепроводу V_c за формулою:

$$V_c = \sqrt{V_{вн}^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot g \cdot H_{вн}},$$

приймаємо, що кут нахилу насіннепроводу $\varphi = 0$, висота відносно вертикальної осі $H_{вн} = 0,5\text{ м}$ за початкової швидкості, заданій повітрянагнітачем на виході з насінневого бункера $V_{вн}$. Підставивши дані, отримаємо швидкість на виході з насіннепроводу V_c .

Визначаємо контури зони максимального розльоту насіння $x_{пад}$, використовуючи формулу $x_{пад} = V_0 \cdot \cos \gamma \cdot (V_0 \cdot \sin \gamma + \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \gamma + 2 \cdot g \cdot H}) / g$, в якій V_0 обчислюється з урахуванням величини V_c , а також з огляду на зміну кута нахилу площини тарілчастого розсіювача β під час відскоку насіння в боки під кутами θ в горизонтальній площині xOy , відмінними від нульового 0° , тобто, в боки, відмінні від основного напрямку руху ГПА.

У горизонтальній площині xOy розрахуємо величину кута нахилу пластинки розсіювання відносно горизонтальної площини для цих насінин β_θ за формулою $\beta_\theta = \arctg(\cos \theta \cdot \tg \beta)$, де за $\theta = 0^\circ$ дає: $\beta_\theta = \beta$, а за $\theta = \pm 90^\circ$: $\beta_\theta = 0$. Розрахувавши кут β_θ , користуючись формулою $\alpha = \beta_\theta + \varphi$, $\psi = \arctg(\frac{1}{k} \cdot \tg(\beta_\theta + \varphi))$, $\gamma = \pi/2 - (\beta_\theta + \psi)$, розраховуємо кути α , ψ і γ .

Для розрахунку швидкості V_0 відбитих від пластини насінин, в цьому випадку гірчиці необхідно визначити коефіцієнт відновлення, який визначається дослідним шляхом із співвід-

ношення $k = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$, де h_1 - висота, з якої падає насінина, h_2 - висота, на яку відскакує насінина. Для гірчиці коефіцієнт відновлення становить $k_{гр} = 0,17$.

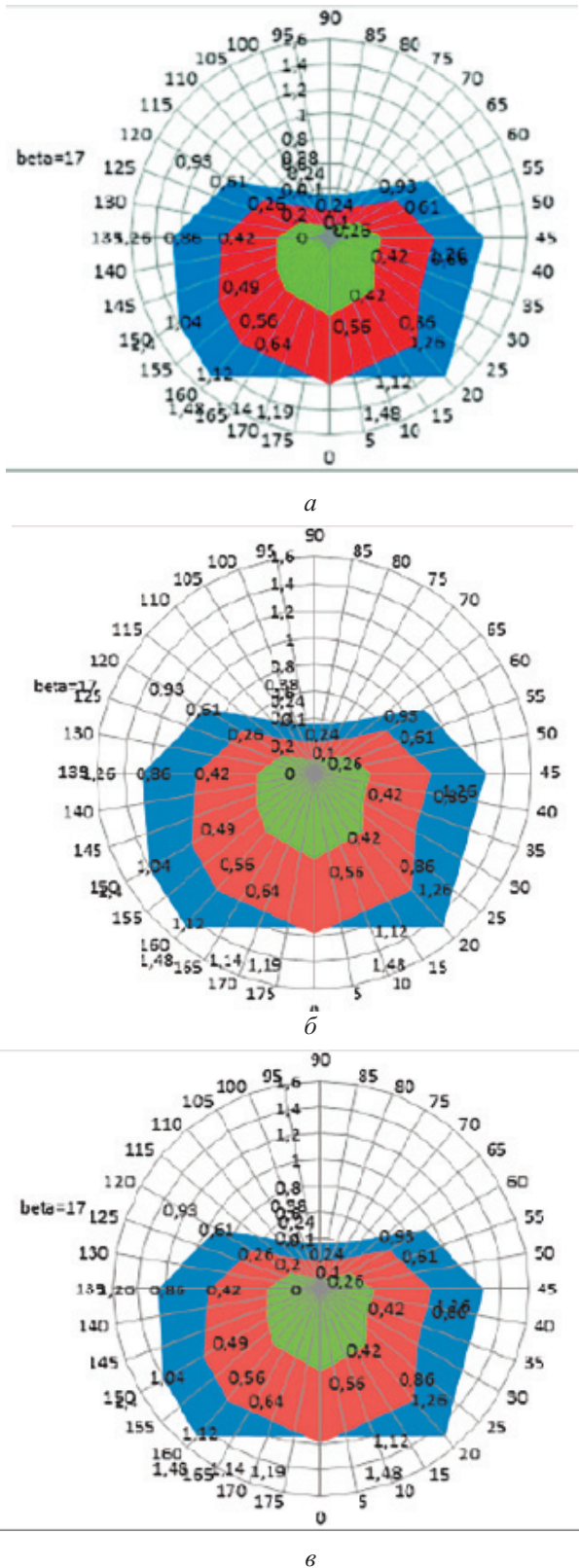


Рисунок 1— Площа розсіювання насіння гірчиці за швидкості повітряного потоку $V_{вн} = 10\text{ м/с}$, кутів розкриття розсіювача β (5° , 11° , 17°) та висоти установки а) $H_0 = 0,44\text{ м}$, б) $H_0 = 0,54\text{ м}$, в) $H_0 = 0,64\text{ м}$

Таблиця 1 – Розрахункові дані зони максимального розсіювання насіння гірчиці з врахуванням факторів впливу

Кути розкриття тарілчастого розсіювача	β_0	Зона розсіювання насіння, $X_{\text{маз}}$, м											
		$V=10$ м/с			$V=12$ м/с			$V=14$ м/с					
		за	за	за	за	за	за	за	за	за	за	за	
		$H_x=0,44$ м	$H_x=0,54$ м	$H_x=0,64$ м	$H_x=0,44$ м	$H_x=0,54$ м	$H_x=0,64$ м	$H_x=0,44$ м	$H_x=0,54$ м	$H_x=0,64$ м	$H_x=0,44$ м	$H_x=0,54$ м	$H_x=0,64$ м
		$\theta=0^\circ, 180^\circ$											
$\beta=5^\circ$	5	0,55	0,58	0,64	0,7	0,73	0,76	0,87	0,9	0,95			
$\beta=11^\circ$	11	1,06	1,13	1,19	1,28	1,42	1,49	1,6	1,76	1,84			
$\beta=17^\circ$	17	0,99	1,07	1,14	1,4	1,33	1,4	1,51	1,6	1,7			
		$\theta=20^\circ, 160^\circ$											
$\beta=5^\circ$	4,6	0,51	0,54	0,56	0,6	0,68	0,71	0,79	0,8	0,85			
$\beta=11^\circ$	10,2	0,99	1,06	1,12	1,3	1,31	1,38	1,55	1,63	1,7			
$\beta=17^\circ$	15,4	1,29	1,39	1,48	1,64	1,7	1,8	1,9	2,06	2,2			
		$\theta=30^\circ, 150^\circ$											
$\beta=5^\circ$	4	0,44	0,47	0,49	0,48	0,59	0,62	0,71	0,74	0,77			
$\beta=11^\circ$	9,1	0,93	0,98	1,04	1,19	1,24	1,3	1,5	1,55	1,6			
$\beta=17^\circ$	14,6	1,22	1,31	1,4	1,63	1,66	1,76	2,45	2,5	2,6			
		$\theta=45^\circ, 135^\circ$											
$\beta=5^\circ$	3,4	0,38	0,4	0,42	0,49	0,51	0,53	0,63	0,66	0,68			
$\beta=11^\circ$	7,4	0,77	0,82	0,86	1,03	1,04	1,09	1,2	1,3	1,33			
$\beta=17^\circ$	11,9	1,12	1,19	1,26	1,44	1,5	1,57	1,78	1,9	1,97			
		$\theta=60^\circ, 120^\circ$											
$\beta=5^\circ$	2,3	0,23	0,25	0,26	0,29	0,3	0,32	0,38	0,4	0,41			
$\beta=11^\circ$	5,1	0,55	0,58	0,61	0,7	0,73	0,76	0,85	0,9	0,93			
$\beta=17^\circ$	8,5	0,83	0,88	0,93	0,88	1,11	1,16	1,3	1,4	1,46			
		$\theta=80^\circ, 100^\circ$											
$\beta=5^\circ$	0,6	0,1	0,11	0,1	0,08	0,13	0,13	0,16	0,16	0,17			
$\beta=11^\circ$	1,7	0,22	0,23	0,24	0,23	0,29	0,3	0,36	0,37	0,38			
$\beta=17^\circ$	2,9	0,34	0,36	0,38	0,41	0,45	0,47	0,57	0,59	0,61			

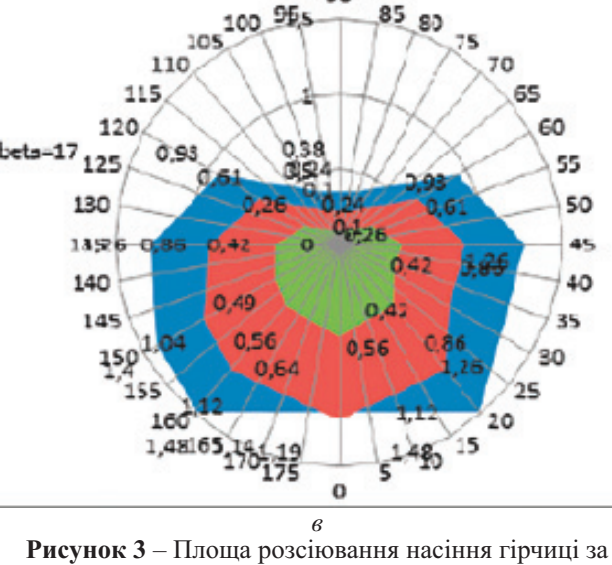
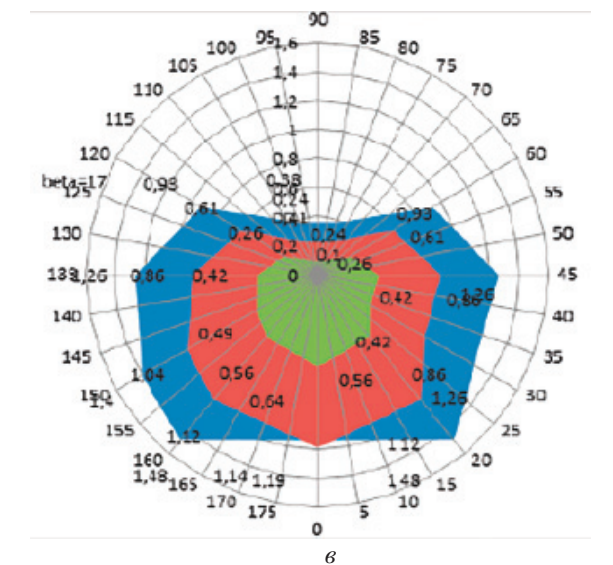
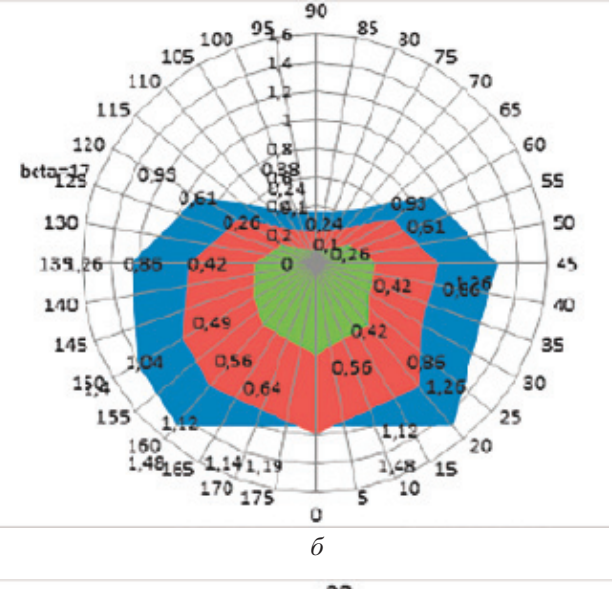
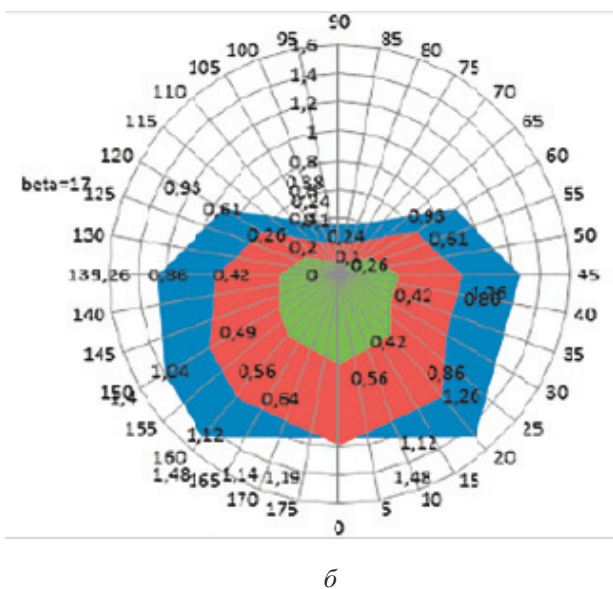
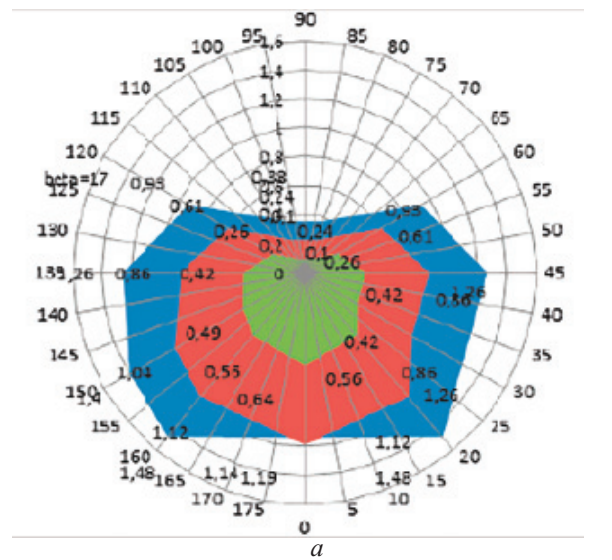
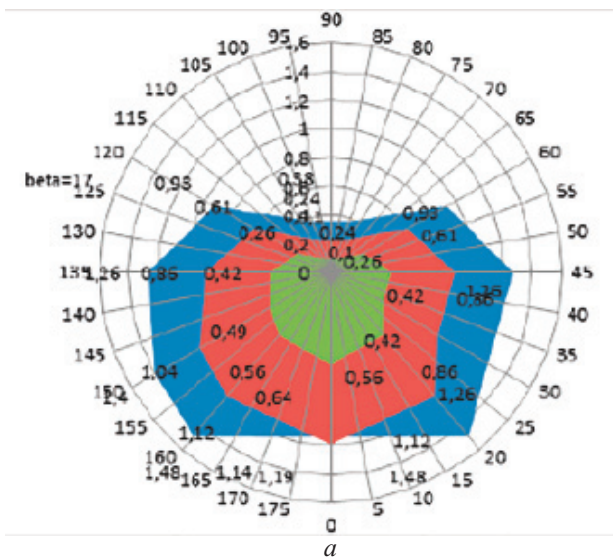


Рисунок 2 – Площа розсіювання насіння гірчиці за швидкості повітряного потоку $V_{вн} = 12$ м/с, кутів розкриття розсіювача β ($5^\circ, 11^\circ, 17^\circ$) та висоти установки а) $H_d=0,44$ м, б) $H_d=0,54$ м, в) $H_d=0,64$ м

Рисунок 3 – Площа розсіювання насіння гірчиці за швидкості повітряного потоку $V_{вн} = 14$ м/с, кутів розкриття розсіювача β ($5^\circ, 11^\circ, 17^\circ$), та висоти установки а) $H_d=0,44$ м, б) $H_d=0,54$ м, в) $H_d=0,64$ м

Після визначення швидкості відбитих від пластини насінин розраховуємо величину від-

скоку $x_{пад}$ насіння від точки удару по тарілчастій пластині без урахування сил опору повітря для гірчиці за змінних параметрів висоти установки та кута розкриття розсіювача. Дані представлені в таблиці 1.

На основі розрахункових даних зони розсіювання, визначаємо ширину розкидання з одного розсіювача насіння під кутом θ від точки удару по тарілчастій пластині, побудувавши графічні моделі (рис. 1-3).

За відображеним контуром розраховуємо площу розсіювання S_r (таблиця 2).

Таблиця 2 – Розрахункові дані площі розсіювання насіння гірчиці з урахуванням факторів впливу

Кути розкриття тарілчастого розсіювача	Площа розсіювання насіння, S_r , м ²								
	V=10 м/с			V=12 м/с			V=14 м/с		
	за Нд=0,44 м	за Нд=0,54 м	за Нд=0,64 м	за Нд=0,44 м	за Нд=0,54 м	за Нд=0,64 м	за Нд=0,44 м	за Нд=0,54 м	за Нд=0,64 м
$\beta=50$	0,2	0,22	0,25	0,31	0,37	0,4	0,53	0,58	0,61
$\beta=110$	0,83	0,98	1,06	1,4	1,49	1,52	2,09	2,36	2,48
$\beta=170$	1,4	1,65	1,8	2,49	2,67	2,97	3,94	3,74	3,96

Вважаючи, що найкраще розсіювання насіння сидеральних культур – це висів з рівномірною щільністю по поверхні ґрунту, то далі визначаємо щільність розподілу насіння по поверхні ґрунту площею S_r за формулою: $f_{rr} = 1/S_r$, якщо $x, y \in S_r$ та $f_{rr} = 0$, якщо $x, y \notin S_r$, а щільність розподілу насіння по поверхні ґрунту можна інтерпретувати, як щільність нормального розпо-

ділу і визначаємо за формулою $f_{ny}(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\hat{m}_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$.

далі розраховуємо для кожної координати x , з площею $S_{r1} = 0,0025$ м² за допомогою побудови відповідної матриці розміщення насінин сидератів [7,8,9,10].

Для подальших розрахунків щільності розподілу насіння ми визначаємо математичне очікування m та середньоквадратичне відхилення σ за формулами: $\hat{m}_x = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i$, $\hat{m}_y = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i$ та

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (x_i - \hat{m}_x)^2}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (y_i - \hat{m}_y)^2}.$$

Для цього застосовуємо точкові оцінки експериментальних даних для чисельного визначення математичного очікування і дисперсії. Кількість насіння, що потрапило на ділянку S_{r1} при нормальному

розподілі визначаємо за формулою

$$K_{ni} = K \cdot \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \iint_{S_{r1}} \exp\left(-\left(\frac{(x-\hat{m}_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-\hat{m}_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right) dx dy, \text{ а при рівномірному розподілі за формулою}$$

$$K_{ri} = N_3 \cdot S_{r_i} = \frac{K \cdot S_{r_i}}{S_r} = K \iint_{S_{r_i}} \frac{1}{S_r} dx dy.$$

Далі покроково, задаючи значення параметрів, знаходимо функціонал другого типу F2 для кожного параметра за формулою:

$$F_2 = \sum_{i=1}^M [K_{ri} - K_{ni}]^2 = K^2 \cdot \sum_{i=1}^M \iint_{S_{r_i}} \left[\frac{1}{S_r} - \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left(-\left(\frac{(x-\hat{m}_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-\hat{m}_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right) \right]^2 dx dy$$

Перевіряємо виконання нерівності $F_2(d_{ji}) < F_2(d_{ji-1})$ враховуючи, що за найменшого значення $\epsilon > 0$ будуть оптимальні параметри. У разі невиконання нерівності обчислюємо значення $G_i = \partial F_1(p_{ji}) / \partial p_j \approx [F_1(p_{ji}) - F_1(p_{ji-1})] / \Delta p_j$, де p_{10}, p_{20}, \dots - значення параметрів та обмежуємо кількість переходів числом 10. З перевершенням кількості переходів заданого обмеження оптимальними параметрами фіксуємо їхнє якнайкраще наближення $p_{ji-1} = p_j^0$. У разі виконання нерівності $F_2(p_{ji}) < F_2(p_{ji-1})$ визначаємо значення G_i та порівнюємо його $\epsilon - |G_i| \leq \epsilon$. Якщо нерівність не виконується, то переходимо до інших параметрів та підставляємо їх у формулу, знову перевіряємо нерівність до того часу, поки не буде виконуватися нерівність, тоді параметри фіксуємо, як оптимальні. В нашому випадку нерівність виконується за мінімального значення функціоналу другого типу $F_2 = 0,076$ з параметрам и: швидкість повітряного потоку $V_{вн} = 12$ м/с, висота установки Нд=0,54 м та кут розкриття $\beta = 5^\circ$, які вважаємо за оптимальні. На рисунку 4 представлено зону розсіювання та гістограму розподілу насіння за оптимальних параметрів.

У подальшому після оптимізації параметрів (висота установки Нд=0,54м, кут розкриття площин розсіювача $\beta = 5^\circ$, швидкість повітряного потоку $V = 12$ м/с), побудували епюру (рис. 5) розсіювання шириною D, за норми (20 кг/га) дрібного насіння гірчиці тарілчастим розсіювачем.

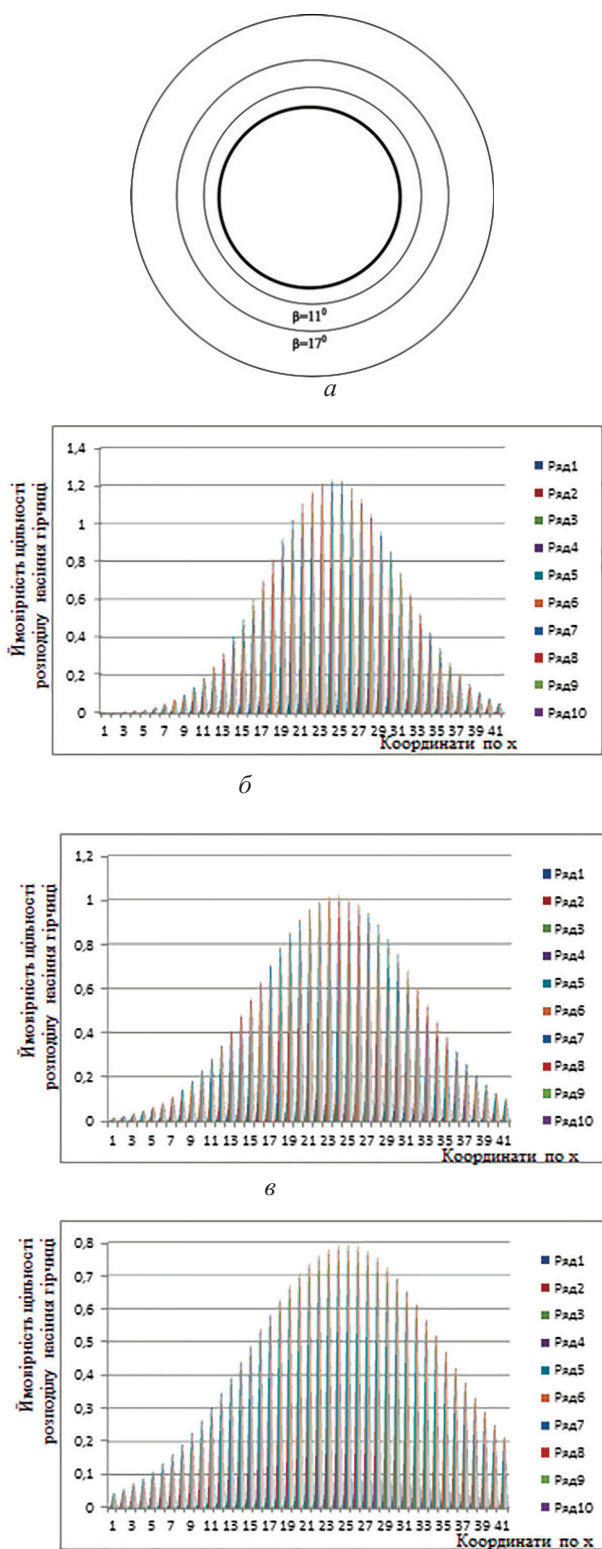


Рисунок 4 – Гістограми ймовірної щільності розподілу насіння, отримані в результаті математичного моделювання за швидкості повітряного потоку $V_{ВН}=12$ м/с, висоти їх установки $H_d=0,54$ м та кутів (β) розкриття тарілчастих розсіювачів: а) зона розсіювання насіння, б) $\beta=5^\circ$, в) $\beta=11^\circ$, г) $\beta=5^\circ$

Зсуванням тарілчастих розсіювачів в поперечному до ходу агрегата напрямку забезпечується також зсування накладених епюр до досягнення висоти координати в точці перетину

епюр рівною h і відповідною розміру половині медіани H , яка характеризує густину ймовірності розподілу насіння по поверхні поля, при цьому витримується найбільш прийнятна для нашої ситуації рівномірність висіву, де $a=v=c$.

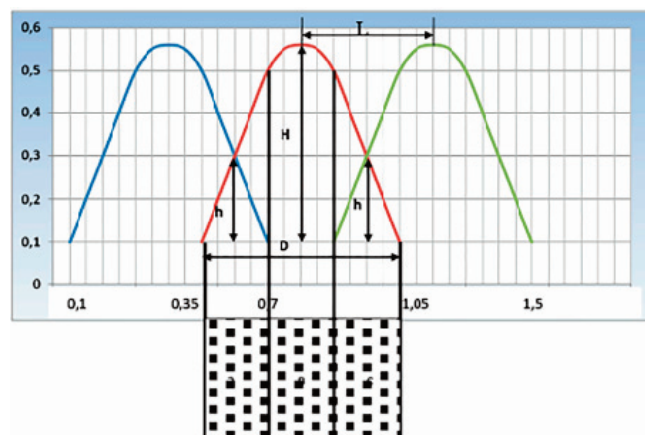


Рисунок 5 – Епюра розсіювання насіння гірчиці на основі експериментальних досліджень

За характером кривизни епюр розсіювання насіння гірчиці на поверхні поля визначили відстань між розсіювачами, яка становить $L=0,5$ м.

Висновки дослідження. Отже ми визначилися, що вигляд розподілу насіння на ґрунті близький до нормального під час розсіювання досліджуваним висівним агрегатом. Також визначилися із параметрами оптимізації процесу якості рівномірного розподілу насіння по полю, про що свідчить критерій якості, який математично інтегрований другим функціоналом якості та в нашому випадку становить 0,076.

Література

1. Бойко А.І. Модель функціонування пневматичної висівної системи для технологій точного землеробства / А.І. Бойко, М.О. Свірень // - Київ, Науковий вісник НАУ. - 2006. - Вип.18, - с.80-18.
2. Беспаятнова Н.М. Исследование параметров разбросного посева семян / Н.М. Беспаятнова, П.В. Лаврухин // Сб. научн. трудов «Обоснование параметров и средств механизации в растениеводстве» / Н.М. Беспаятнова, П.В. Лаврухин. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1990. – С. 21-36.
3. Кравчук В. Програмний комплекс вирішення задач аналізу та підготовки даних в системі керованого землеробства / В. Кравчук, Д. Читаєв, С. Любченко, Л. Шустік//. - Техніко-

технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.-Дослідницьке, 2006.- Вип. 9(23).- С.171-172.

4. Емельянов А.М. Математическое моделирование исследования криволинейного движения трактора МТЗ-82 со сдвоенными колесами /А.М.Емельянов, С.В.Щитов, Г.Н.Фролова // – Благовещенск: Дальневосточный аграрный вестник. Вып. №1/2007, с.101-109.

5. Гуськов В.В. Тракторы: теория. Часть II / В.В. Гуськов // – Минск. Высшая школа, 1977. –384 с.

6. Пневматические сеялки: конструирование и расчет/ С.А. Мартыненко, Л.Г. Мацишена, Л.В. Погорелый др.// Под ред. акад. УААН Л.В. Погорелого. – К.: Техника, 1992. – 224 с.

7. Бойко А.І. Модель функціонування пневматичної висівної системи для технологій точного землеробства / А.І. Бойко, М.О. Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2006. Вип. 36. - С. 13-18.

8. Голуб Г.А. Моделирование руху матеріальних частинок з урахуванням опору повітря / Г.А. Голуб, О.А. Марус // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 16 (30) Книга 1 Сільськогосподарська техніка – XXI: конструювання, випробування, прогнозування. – Дослідницьке, 2012 . С. 137-146.

9. Погорелый Л.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование /П.В. Сысолин, Л.В. Погорелый. – К.: Феникс, 2005. – 264 с.: илл.: - (серия «Сельскохозяйственная техника XX века»).

10. Камке Э. Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка. М.: Наука, 1966.

Literature

1. Boyko A.I. Model of the function of pneumatic viscous systems for the technologies of precise earthquake / A.I. Boyko, M.O. Svirnyy // - Київ, Науковий вісник НАУ. - 2006. - Vip.18, - p.80-18.

2. Bespamyatnova N.M. Investigation of param-

eters of scattered seed sowing / N.M. Bespamyatnova, P.V. Lavrukhin // Sat. scientific. Works "Substantiation of parameters and means of mechanization in plant growing" / N.M. Bespamyatnova, P.V. Lavrukhin. - Zernograd: VNIPTI-MESH, 1990. - P. 21-36.

3. Kravchuk V. The program complex of problems of analysis and preparation of children in the system of kerovaric earthquake. V. Kravchuk, D. Chitaev, S. Lyubchenko, L. Shustik // . - Tehniko-technologichnye aspektiv rozvitku ta viprobuvannya novoy tehniki i tehnologij for sylskogo gosartarstva Ukraini: Zb. sciences. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.-Doslidnicke, 2006.- Vip. 9 (23).-P.171-172.

4. Emelyanov AM Mathematical modeling of curvilinear motion of MTZ-82 tractor with twin wheels / AM Emelyanov, SV Shchitov, GN Frolova // - Blagoveshchensk: Far-Eastern agrarian bulletin. Issue. №1 / 2007, p.101-109.

5. Guskov V.V. Tractors: theory. Part II / V.V. Guskov // - Минск. Higher School, 1977. -384 p.

6. Pneumatic seeders: construction and calculation / S.A. Martynenko, L.G. Mashchishena, L.V. Pogorelyi et al. Ed. acad. UAAS L.V. Pogorogo. - K.: Engineering, 1992. - 224 p.

7. Boyko A.I. Model of the function of pneumatic viscous systems for the technologies of precise earthquake / A.I. Boyko, M.O. Svirnyy // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. Sciences: -techn. zb. - Kirovograd: CSTU, 2006. Vip. 36. - P. 13-18.

8. Golub G.A. Modelyuvannya ruhu materinyh chastichok z urauuvannyam podu povitrya / G.A. Golub, OA Marus // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 16 (30) Книга 1 Сільськогосподарська техніка - XXI: конструювання, випробування, прогнозування. - Дослідницьке, 2012. Pp. 137-146.

9. Pogorely LV Tillage and sowing machines: history, engineering, engineering. Sysolin, L.V. Pogorely. - K.: Phoenix, 2005. - 264 pp.: ill.: - (series "Agricultural machinery of the twentieth century").

10. E. Kamke, Handbook of Partial Differential Equations of the First Order. Moscow: Nauka, 1966.

Literatura

1. Bojko A.I. Model" funkcionuvannya pnevmatichnoyi vysivnoyi systemy dlya texnologij tochnoho zemlerobstva / A.I. Bojko, M.O. Sviren" // - Kyviv, Naukovyj visnyk NAU. - 2006. - Vyp.18, – s.80-18.
2. Bespamyatnova N.M. Yssledovanye parametrov razbrosnoho poseva semyan / N.M. Bespamyatnova, P.V. Lavruxyn // Sb. nauchn. trudov «Obosnovanye parametrov y sredstv mexanzacyy v rastenyevodstve» / N.M. Bespamyatnova, P.V. Lavruxyn. – Zernohrad: VNYPTYMƏSX, 1990. – S. 21-36.
3. Kravchuk V. Prohramnyj kompleks vyrishennya zadach analizu ta pidhotovky danyx v systemi kerovanoho zemlerobstva / V. Kravchuk, D. Chytayev, S. Lyubchenko, L. Shustik//. - Tekhniko-texnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi texniki i texnologij dlya sil"s"kohospodarstva Ukrayiny: Zb. nauk. prac" UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho.-Doslidnyc"ke, 2006.- Vyp. 9(23).- S.171-172.
4. Emel"yanov A.M. Matematycheskoe modelirovanye yssledovannya kryvolynejnoho dvyzheniya traktora MTZ-82 so sdvoennymy kolesamy /A.M.Emel"yanov, S.V.Shhytov, H.N.Frolova // – Blahoveshhensk: Dal"nevostochnyj ahrarnyj vestnyk. Vyp. №1/2007, s.101-109.
5. Hus"kov V.V. Тракторы: теория. Част" II / V.V. Hus"kov // – Mynsk. Vysshaya shkola, 1977. –384 s.
6. Pnevmatycheskye seyalky: konstuyrovanye y raschet/ S.A. Martymenko, L.H. Mashhyshena, L.V. Pohorelyjy dr.// Pod red. akad. UAAN L.V. Pohoreloho. – K.: Texnyka, 1992. – 224 s.
7. Bojko A.I. Model" funkcionuvannya pnevmatichnoyi vysivnoyi systemy dlya texnologij tochnoho zemlerobstva / A.I. Bojko, M.O. Sviren" // Konstruyuvannya, vyrobnyctvo ta ekspluatatsiya sil"s"kohospodars"kyx mashyn: zahal"noderzh. mizhvid. nauk.-texn. zb. - Kirovohrad: KNTU, 2006. Vyp. 36. - S. 13-18.
8. Holub H.A. Modelyuvannya ruxu material"nyx chastynok z uraxuvannam oporu povitrya / H.A. Holub, O.A. Marus // Zbirnyk naukovyx prac" UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Vypusk 16 (30) Knyha 1 Sil"s"kohospodars"ka texnika – XXI: konstruyuvannya, vyprobuvannya, prohnozuvannya. – Doslidnyc"ke, 2012 . S. 137-146.
9. Pohorelyj L.V. Pochvoobrabatyvayushhye y posevnye mashyny: ystoryya, mashynostroenye, konstruyrovanye /P.V. Sysolyn, L.V. Pohorelyj. – K.: Fenyks, 2005. – 264 s.: yll.: - (seryya «Sel"skoxozyajstvennaya texnyka XX veka»).
10. Kamke Э. Spravochnyk po dyfferencyal"nym uravneniyam v chastnyx proyzvodnyx pervoho poryadka. M.: Nauka, 1966.

UDC 631.11

DETERMINATION OF THE OPTIMUM PARAMETERS OF THE SUSPENSION BUNKER ELEMENTS AND THE SUSPENSION-SUSPENSION UNIT

T. Hayday, L. Pogorelyy UkrNDIPVT
e-mail: tanusha-h@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Annotation. The article defines the limiting values of the parameters responsible for the motion of the gas pump in the field and the operation of the sowing module of the coil type, and the parameters of the functional are optimized as a second type, which are responsible for controlling the seeding process. The width of the spreading of mustard seeds was measured at an angle θ from the point of impact on the plate plate, the speed at the exit from the vas deferens V_c , the recovery ratio for mustard, the incidence and reflection angle for mustard, the

speed reflected from the seed plate V_0 .

Based on the data obtained, the scattering area S_r and, correspondingly, the number K of seeds were calculated. The density of seed distribution over the area was determined by calculating the mathematical expectation m and the root-mean-square deviation σ . Determined with the parameters of process optimization as the uniform distribution of seeds across the field by minimizing the quality functional $F_2 = 0.076$.

Key words: soil-cultivating-seeding unit, dif-

fusers, dispersion uniformity, parameter optimization, airflow velocity, distribution density, quality functional.

УДК 631.11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СЕМЕННОГО БУНКЕРА И БЛОКА РАССЕЙВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

Т. Гайдай, УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого,
e-mail: tanusha-h@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Аннотация. В статье определены предельные значения параметров, отвечающих за движение почвообрабатывающего-посевного агрегата (ППА) по полю и работу высевающего модуля катушечного типа, а также оптимизированы параметры функционала качества второго типа, которые отвечают за управление процессом высева семян. Было определено ширину разбрасывания семян горчицы хпад под углом θ от точки удара по тарельчатой пластине, скорость на выходе из семяпроводов V_c , коэффициент восстановления для горчицы, углы падения и отражения для горчицы, скорость отраженных от пластины семян V_0 .

На основе полученных данных рассчитали

площадь S_r рассеивания и соответственно количество K семян. Плотность распределения семян по площади определили с помощью вычисления математического ожидания m и среднеквадратичного отклонения σ . Определились с параметрами оптимизации процесса качества равномерного распределения семян по полю путем минимизации функционала качества $F_2 = 0,076$.

Ключевые слова: почвообрабатывающе-посевной агрегат, рассеиватели, равномерность рассеивания, оптимизация параметров, скорость воздушного потока, плотность распределения, функционал качества.