

STUDY OF SEED MOVEMENT IN DISTRIBUTOR OF SOWING DEVICE OF SELECTION SEEDER OF SMALL SEED CULTURES

V. Yaropud*, D. Datsiuk

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES



ABSTRACT

Sowing method depends on the soil and climatic conditions and the sowing qualities of the seeds of small-seeded crops. The task of sowing is to create favorable conditions for the germination of the seeds and to ensure their required density with uniform placement in the rows. The sowing device is one of the most important working body of the seeder. It ensures the selection of a certain number of seeds from the seed mass and the formation of an output seed flow with the specified parameters. Therefore, the seeder efficiency is characterized by the uniformity of seed distribution in the row and on the sown field. During the sowing of small-seeded crops, electromechanical seeders are used in the fields of variety testing and preliminary propagation. However, the disadvantage of their work is the insufficient uniformity of seed distribution along the row, which is caused by the action of random factors during sowing. The result is an uneven crop, with thicker or thinner plants in the row, which reduces the yield of small-seeded crops of breeding value. In order to ensure high accuracy of seed sowing by selection seeder of small-seeded crops, it is necessary to install a seed guide in the form of a chute in the distributor of the sowing device. On the basis of the numerical simulation results of the seed movement in the distributor of the seeding device of the selection seeder, the equations were obtained that characterize the dependence of the throughput capacity of the sowing device and the coefficient of variation of the throughput capacity of the sowing device on the throughput capacity of the dispenser, the angle of the flow narrowing and the angle of inclination of the guide. The analysis of the obtained equations showed that in order to ensure the rational parameters of the proposed distributor guide of the sowing device, it is necessary that the coefficient of variation of the throughput of the sowing device would be minimal, and the throughput of the sowing device would be maximal.

Key words:

seeder,
sowing device,
seeds of small-seeded crops,
distributor guide of sowing device,
throughput of sowing device

Article history:

Received 17.02.2023

Accepted 30.05.2023

***Corresponding author:**

yaropud77@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.945

To cite this article:

Yaropud, V., & Datsiuk, D. (2023). Study of seed movement in distributor of sowing device of selection seeder of small seed cultures. *Agricultural Machines*, 49, 7-14. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.945>

УДК 631.331

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ НАСІННЯ У РОЗПОДІЛЬНИКУ ВИСІВНОГО АПАРАТА СЕЛЕКЦІЙНОЇ СІВАЛКИ ДРІБНОНАСІННИХ КУЛЬТУР**В.М. Яропуд*, Д.А. Дацюк***Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна***АНОТАЦІЯ**

Спосіб сівби насіння дрібнонасінних культур залежить від ґрунтово-кліматичних умов і посівних якостей насіння. Сівба має забезпечити створення сприятливих умов для проростання насіння та необхідну густоту посівів за рівномірного розташування рослин у рядках. Висівний апарат є одним із найважливіших робочих органів сівалки. Він забезпечує відбирання із загальної маси певної кількості насіння та формування вихідного потоку насіння із заданими параметрами. Тому ефективність роботи висівних апаратів характеризується рівномірністю розподілення насіння в рядку та на засіяному полі. Під час сівби дрібнонасінних культур на ділянках сортовипробування і попереднього розмноження використовуються електромеханічні сівалки. Однак, недоліком їх роботи є недостатня рівномірність розподілення насіння вздовж рядка, що спричинена дією випадкових факторів під час висіву. Внаслідок цього посіви виходять нерівномірними – із загушенням або розрідженням рослин у рядку, що спричиняє зниження урожайності селекційноцінних дрібнонасінних культур. Для забезпечення високої точності висіву насіння селекційними сівалками дрібнонасінних культур необхідно у розподільник висівного апарата встановлювати спрямовувач насіння, який має форму жолоба. За результатами чисельного моделювання руху насіння у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінних культур отримано залежності пропускної здатності висівного апарата та коефіцієнта варіації пропускної здатності висівного апарата від пропускної здатності дозатора, кута звуження потоку та кута нахилу спрямовувача. Аналіз отриманих рівнянь показав, що для забезпечення раціональних параметрів спрямовувача розподільника висівного апарата необхідно, щоб коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата був мінімальним, а пропускна здатність висівного апарата була максимальною.

Ключові слова:

сівалка,
висівний апарат,
насіння дрібнонасінних культур,
спрямовувач розподільника висівного апарата,
пропускна здатність висівного апарата

Історія публікації:

Отримано 17.02.2023

Затверджено 30.05.2023

***Автор для листування:**

yaropud77@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi49.945

Цитувати цю статтю:

Яропуд, В. М., & Дацюк, Д. А. (2023). Дослідження руху насіння у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінних культур. *Сільськогосподарські машини*, 49, 7-14. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.945>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Висів – це важливий етап селекційного виробництва насіння дрібнонасінних культур. Це пояснюється необхідністю отримання високоякісних посівів на початковій стадії дослідження та попереднього розмноження нових сортів і гібридів дрібнонасінних культур (Shepelev et al., 2016; Shackley et al., 2019; Молоцький та ін., 2006; Васильківський & Кочмарський, 2016; Калетнік та ін., 2020).

Висівний апарат – це один із найбільш важливих робочих органів сівалки. Він призначений для відбирання із загальної маси насіння певної кількості насінин і формування їх вихідного потоку із заданими параметрами (Shevchenko & Aliiev, 2018). Тому від роботи висівних апаратів сівалок залежить якість розподілу насіння в рядках та в цілому на засіяному полі.

Для висіву дрібнонасінних культур на ділянках сортовипробування та попереднього розмноження застосовують електромеханічні сівалки (Яропуд та ін., 2021). Однак, вони не забезпечують рівномірного розподілу насіння вздовж рядків, що зумовлено негативним впливом випадкових факторів під час висіву. Як наслідок, посіви є нерівномірними – із загушенням або розрідженням рослин у рядку, що, у свою чергу, зумовлює зниження урожайності селекційноцінних дрібнонасінних культур.

Процес висіву дрібнонасінних культур за допомогою електромеханічного висівного апарата полягає у дозуванні і транспортуванні насіння до насіннепроводу (Яропуд та ін., 2021). У сівалках з електромеханічним висівним апаратом насіння завантажується до місткості висівного апарата, де випадковим чином розташовується (випадкове пакування). Із місткості висівного апарата, через дозуючі отвори, насіння надходить до розподільників і переміщується до насіннепроводу.

Сучасні теоретичні дослідження механіко-технологічних процесів, зокрема процесу переміщення насінин внаслідок дії робочих органів технічних засобів, зводяться до аналітичних методів. Внаслідок застосування цих методів отримують складні системи диференціальних рівнянь із граничними та початковими умовами (Aliiev et al., 2018a; Aliiev et al., 2018b). Як правило, ці системи рівнянь не мають розв'язку традиційними методами,

тому виникає необхідність в їх чисельному розв'язуванні із використанням методів комп'ютерного моделювання.

Отже, дослідження, що спрямовані на удосконалення процесу дозування насіння висівними апаратами селекційних сівалок, мають важливе наукове та практичне значення.

Мета дослідження – обґрунтування раціональних параметрів спрямовувача розподільника висівного апарата селекційної сівалки для підвищення точності висіву насіння дрібнонасінних культур.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Спрямовувач у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки виконано у формі жолоба, яким рухаються насінини (рис. 1) (Дацюк та ін., 2021). Основним завданням аналітичних досліджень є визначення кута нахилу β та кута звуження потоку γ (кут між двома твірними спрямовувача) спрямовувача, за яких пропускна здатність висівного апарата селекційної сівалки Q_d' є рівномірною, тобто коефіцієнт варіації пропускної здатності $\Delta(Q_d')$ досягає мінімального значення:

$$\Delta(Q_d') = \frac{\sigma(Q_d')}{Q_d'}, \quad (1)$$

де $\Delta(Q_d')$ – коефіцієнт варіації пропускної здатності Q_d' висівного апарата; $\sigma(Q_d')$ – середньоквадратичне відхилення пропускної здатності Q_d' висівного апарата селекційної сівалки, шт (насінин)/с; $\overline{Q_d'}$ – середнє значення пропускної здатності Q_d' висівного апарата селекційної сівалки, шт/с.

Для проведення дослідження руху насіння дрібнонасінних культур у розподільнику висівного апарата сівалки використані методи чисельного моделювання з програмного пакету STAR-CCM+ (Яропуд et al., 2022; Яропуд & Дацюк, 2021; Яропуд та ін., 2021). Фактори досліджень та їх рівні подані в **таблиці 1**. Найменше значення кутів β та γ вибиралося із урахуванням, що насіння має рухатися похилою площиною без утворення грудок: $\beta_{\min} = \gamma_{\min} = \arctg(k) = \arctg(0,58) = 0,525$ (де k – коефіцієнт тертя-спокою насіння поверхнею спрямовувача). План досліджень – повнофакторний з кількістю дослідів – $3^3 = 27$.

Кількість повторень кожного дослідження – три. Розраховані середні значення Q_d' і $\Delta(Q_d')$ також подані в таблиці 1.

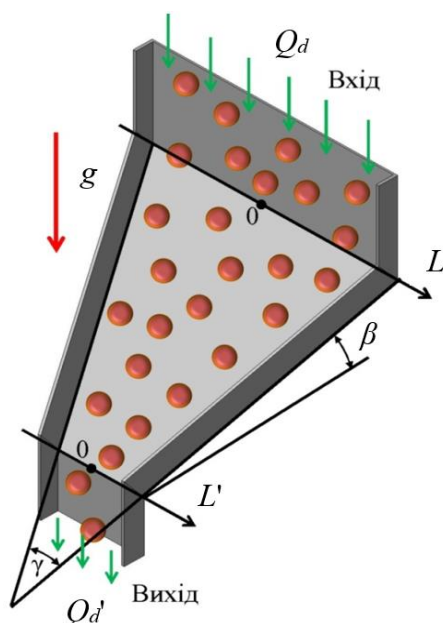


Рис. 1 – Моделювання руху насіння у розподільнику висівного апарата

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ
ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Візуалізація моделювання руху насіння в розподільнику висівного апарата подана на рис. 2–4. Аналіз отриманих даних дозволяє стверджувати, що зменшення середньої пропускної здатності висівного апарата Q_d' порівняно з пропускною здатністю дозатора Q_d та збільшення її рівномірності відбувається внаслідок зменшення коефіцієнта варіації $\Delta(Q_d')$. Результати досліджень подані у таблиці 1. За допомогою програмного пакету Wolfram Mathematica отримано рівняння пропускної здатності висівного апарата Q_d' з кодованими факторами:

$$Q_d' = 43,1321 + 26,2741x_1 + 0,0259259x_1^2 + 2,87099x_2 + 1,85926x_1x_2 - 1,4537x_2^2 + 11,7327x_3 + 7,77593x_1x_3 - 0,0277778x_2x_3 - 3,87593x_3^2, \quad (2)$$

де x_1 – кодоване значення пропускної здатності дозатора; x_2 – кодоване значення кута β ; x_3 – кодоване значення кута γ .

Таблиця 1 – Результати дослідження руху насіння у розподільнику висівного апарата

№ п/п	Пропускна здатність дозатора Q_d , шт/с	Кут звуження потоку γ , рад	Кут нахилу β , рад	Пропускна здатність висівного апарата Q_d' , шт/с				Коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$			
				1	2	3	середнє	1	2	3	середнє
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	20	0,524	0,524	7,9	7,9	7,4	7,7	0,61	0,58	0,57	0,59
2	20	0,524	0,785	13,4	13,3	12,5	13,1	0,67	0,60	0,60	0,62
3	20	0,524	1,047	15,7	15,9	15,3	15,6	0,84	0,79	0,81	0,81
4	20	0,785	0,524	9,4	9,6	8,7	9,2	0,65	0,58	0,59	0,61
5	20	0,785	0,785	15,0	14,8	14,2	14,7	0,71	0,62	0,66	0,66
6	20	0,785	1,047	17,7	17,0	16,8	17,2	0,91	0,85	0,85	0,87
7	20	1,047	0,524	10,1	9,9	9,5	9,8	0,74	0,68	0,70	0,71
8	20	1,047	0,785	15,3	15,2	14,4	15,0	0,78	0,71	0,71	0,73
9	20	1,047	1,047	18,1	17,9	17,1	17,7	0,98	0,89	0,91	0,93
10	60	0,524	0,524	23,6	23,4	22,7	23,2	0,63	0,57	0,56	0,59
11	60	0,524	0,785	38,9	38,9	38,3	38,7	0,65	0,62	0,60	0,62
12	60	0,524	1,047	47,3	46,8	46,3	46,8	0,88	0,80	0,81	0,83
13	60	0,785	0,524	28,0	27,4	27,0	27,5	0,67	0,62	0,60	0,63
14	60	0,785	0,785	43,4	43,3	42,6	43,1	0,70	0,63	0,64	0,66
15	60	0,785	1,047	51,5	50,8	50,6	51,0	0,91	0,85	0,85	0,87
16	60	1,047	0,524	29,3	29,2	28,6	29,0	0,74	0,67	0,69	0,70

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	60	1,047	0,785	44,7	44,5	44,2	44,5	0,77	0,74	0,73	0,75
18	60	1,047	1,047	52,7	52,5	52,1	52,4	0,97	0,91	0,93	0,94
19	100	0,524	0,524	39,2	38,6	38,2	38,7	0,64	0,59	0,57	0,60
20	100	0,524	0,785	64,8	64,7	64,4	64,6	0,66	0,62	0,63	0,64
21	100	0,524	1,047	78,2	77,8	77,2	77,7	0,87	0,80	0,80	0,82
22	100	0,785	0,524	46,3	45,9	45,4	45,9	0,68	0,59	0,62	0,63
23	100	0,785	0,785	71,8	72,0	71,4	71,7	0,69	0,62	0,66	0,66
24	100	0,785	1,047	85,2	85,0	84,4	84,9	0,90	0,81	0,85	0,85
25	100	1,047	0,524	48,2	48,3	47,8	48,1	0,72	0,68	0,69	0,70
26	100	1,047	0,785	74,8	74,1	73,9	74,3	0,80	0,74	0,74	0,76
27	100	1,047	1,047	87,3	87,1	86,7	87,0	0,96	0,93	0,91	0,93

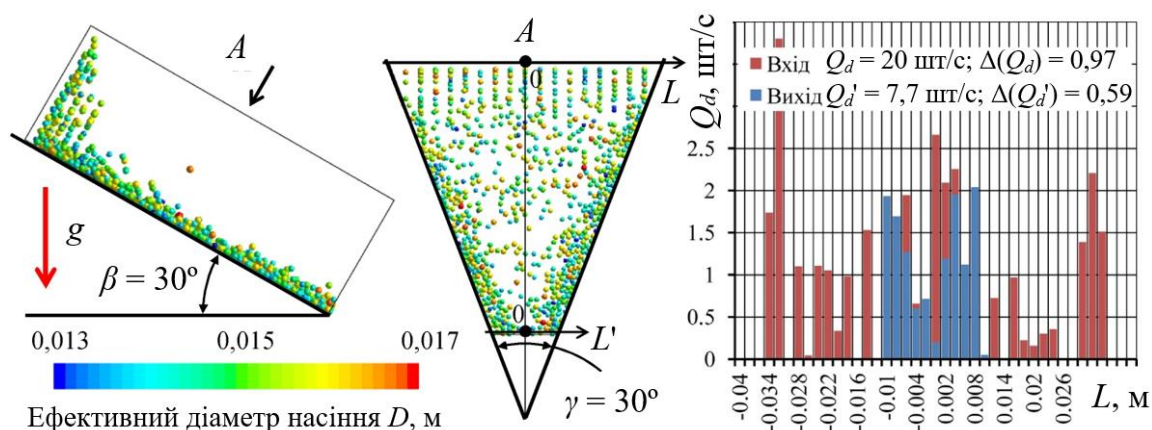


Рис. 2 – Візуалізація результатів чисельного моделювання руху насіння в розподільнику висівного апарата (дослід № 1, таблиця 1)

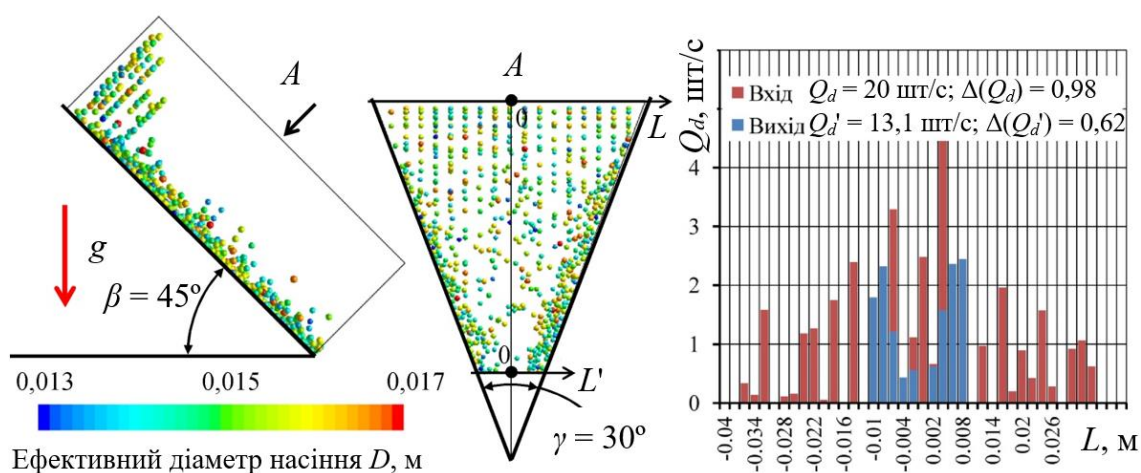


Рис. 3 – Візуалізація результатів чисельного моделювання руху насіння в розподільнику висівного апарата (дослід № 2, таблиця 1)

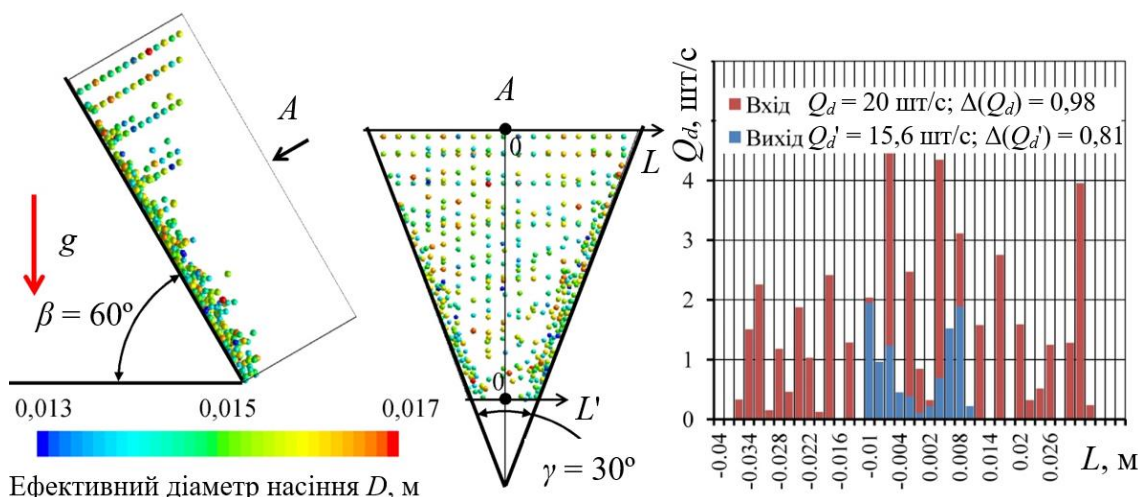


Рис. 4 – Візуалізація результатів чисельного моделювання руху насіння в розподільнику висівного апарата (дослід № 3, таблиця 1)

Результати статистичного оброблення рівняння (2) подані в таблиці 2. Ураховуючи табличне значення критерію Стьюдента $t(0,05;54) = 2$, отримано рівняння пропускної здатності висівного апарата сівалки Q_d' з натуральними факторами (рис. 5):

$$Q_d' = -44,5759 - 0,0648676Q_d + 33,5619\beta + 0,17741Q_d\beta - 21,1774\beta^2 + 88,9114\gamma + 0,741978Q_d\gamma - 56,4642\gamma^2. \quad (3)$$

Аналіз графіків на рис. 5 показує, що із збільшенням пропускної здатності дозатора Q_d , кута звуження потоку γ та кута нахилу спрямовувача β пропускна здатність висівного апарата Q_d' збільшується. За допомогою програмного пакету Wolfram Mathematica отримано рівняння регресії для коефіцієнта варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ з кодованими факторами:

$$\Delta(Q_d') = 0,664815 + 0,00333333x_1 - 0,00222222x_1^2 + 0,0564815x_2 - 0,00111111x_1x_2 + 0,0216667x_2^2 + 0,117407x_3 - 0,00222222x_1x_3 + 9,61481 \cdot 10^{-17}x_2x_3 + 0,0777778x_3^2. \quad (4)$$

Результати статистичного оброблення рівняння (4) подані в таблиці 3. Ураховуючи табличне значення критерію Стьюдента $t(0,05;54) = 2$, отримано рівняння коефіцієнта

варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ з натуральними факторами (рис. 6):

$$\Delta(Q_d') = 1,03654 - 0,279974\beta + 0,315638\beta^2 - 1,33078\gamma + 1,13306\gamma^2. \quad (5)$$

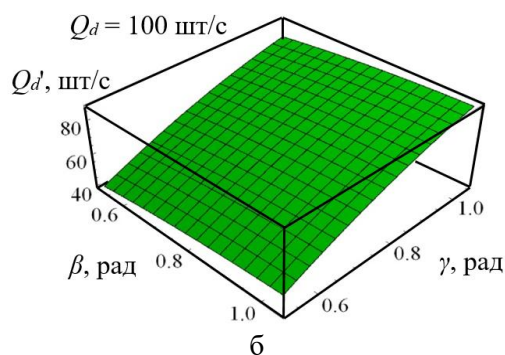
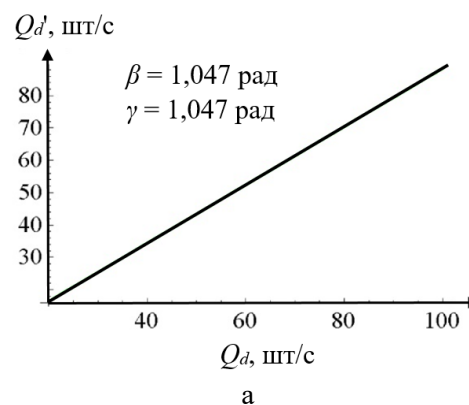


Рис. 5 – Графічні залежності пропускної здатності висівного апарата Q_d' від пропускної здатності дозатора Q_d (а) та від кутів γ й β (б)

Таблиця 2 – Результати статистичного оброблення рівняння (2)

Коефіцієнт рівняння (2)	Значення коефіцієнтів рівняння (2)	Критерій Стьюдента
1	2	3
a_0	43,1321	63,3971
a_1	26,2741	83,4256
a_2	2,87099	9,11598
a_3	11,7327	37,2538
a_{12}	1,85926	4,82021
a_{13}	7,77593	20,1594
a_{23}	-0,0277778	-0,0720152
a_{11}	0,0259259	0,0475276
a_{22}	-1,4537	-2,66494
a_{33}	-3,87593	-7,10537

Таблиця 3 – Результати статистичного оброблення рівняння (4)

Коефіцієнт рівняння (4)	Значення коефіцієнтів рівняння (4)	Критерій Стьюдента
1	2	3
a_0	0,664815	141,526
a_1	0,00333333	1,53292
a_2	0,0564815	25,9744
a_3	0,117407	53,9927
a_{12}	-0,00111111	-0,417207
a_{13}	-0,00222222	-0,834413
a_{23}	$9,61481 \cdot 10^{-17}$	$3,61023 \cdot 10^{-14}$
a_{11}	-0,00222222	-0,590019
a_{22}	0,0216667	5,75269
a_{33}	0,0777778	20,6507

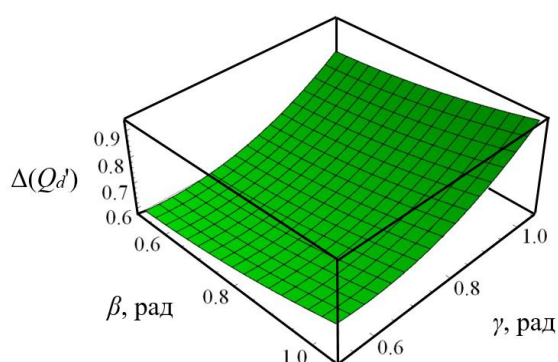


Рис. 6 – Поверхня відгуку коефіцієнта варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ залежно від кутів γ та β

Аналіз графіка на **рис. 6** показує, що із збільшенням кута звуження потоку γ та кута

нахилу спрямовувача β коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ збільшується. Пропускна здатність дозатора Q_d не впливає на $\Delta(Q_d')$.

Для забезпечення раціональних параметрів спрямовувача розподільника висівного апарата необхідно, щоб коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ був мінімальним, а пропускна здатність висівного апарата Q_d' – максимальною, тобто:

$$\left. \begin{aligned} \Delta(Q_d') &\rightarrow \min; \\ Q_d' &\rightarrow \max; \\ 20 &\leq Q_d \leq 100; \\ 0,524 &\leq \beta \leq 1,047; \\ 0,524 &\leq \gamma \leq 1,047. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (6), ураховуючи рівняння (5), отримаємо для будь-якого Q_d : $\beta = 0,7328$ рад (42°), $\gamma = 0,785$ рад (45°). За цих значень β і γ коефіцієнт варіації пропускної здатності апарата $\Delta(Q_d')$ = 0,65, що у 1,5 рази більший за значення коефіцієнта варіації пропускної здатності дозатора $\Delta(Q_d)$. Отже, результати дозволяють стверджувати, що розроблений висівний апарат забезпечує підвищення точності висіву.

ВИСНОВКИ

Для забезпечення високої точності висіву у розподільнику висівного апарата необхідно встановлювати спрямовувач насіння, який має форму жолоба. За результатами чисельного моделювання руху насіння у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінних культур отримано залежності пропускної здатності висівного апарата Q_d' та коефіцієнта варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ від пропускної здатності дозатора Q_d , кута звуження потоку γ та кута нахилу спрямовувача β . Внаслідок аналізу отриманих рівнянь встановлено, що для забезпечення раціональних параметрів запропонованого спрямовувача розподільника висівного апарата необхідно, щоб коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ був мінімальним, а пропускна здатність Q_d' – максимальною. Розв'язання системи рівнянь (6), ураховуючи рівняння (3) та (5), дозволило отримати для будь-якого Q_d : $\beta = 0,7328$ рад (42°), $\gamma = 0,785$ рад (45°). За цих значень коефіцієнт варіації пропускної здатності висівного апарата $\Delta(Q_d')$ в 1,5 рази більший за коефіцієнт варіації пропускної здатності дозатора $\Delta(Q_d)$, що вказує на підвищення точності висіву висівного апарата.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., & Trukhanska, O. O. (2018a). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54(1), 95-104.
- Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N. V., & Ivlev, V. V. (2018b). Research on sunflower seeds separation by airflow. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 56(3), 119-128.
- Shackley, B., Paynter, B., Troup, G., Bucat, J., Seymour, M., & Blake, A. (2019). *2020 Western Australian Crop Sowing Guide*. Grains Research and Development Corporation.
- Shepelev, S., Shepelev, V., & Almetova, Z. (2016). Optimization of technical equipment for crop sowing processes. *Procedia Engineering*, 150, 1258-1262. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.142>
- Shevchenko, I. & Aliiev, E. (2018). Study of the process of calibration of confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology*, 12(4), 135-142.
- Yaropud, V., Honcharuk, I., Datsiuk, D., & Aliiev, E. (2022). The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit. *Agraarteadus*, 33(1), 199-208. <https://dx.doi.org/10.15159/jas.22.08>
- Васильківський, С. П., & Кочмарський, В. С. (2016). *Селекція і насінництво польових культур (Breeding and seed production of field crops)*. Біла Церква.
- Дацюк, Д. А., Яропуд, В. М., & Алієв, Е. Б. (2021). Патент України 149682. *Висівний апарат селекційної сівалки дрібнонасінневих культур (Seeding device of the selection seeder of small-seeded crops)*. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Калетнік, Г. М., Мазур, В. А., Браніцький, Ю. Ю., & Мазур, О. В. (2020). *Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграсс) для умов Лісостепу правобережного (Optimization of technological methods of growing vine-like millet (switchgrass) for the conditions of the Right-bank Forest-steppe)*. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк».
- Молоцький, М. Я., Васильківський, С. П., Князюк, В. І., & Власенко, В. А. (2006). *Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин (Breeding and seed production of agricultural plants)*. Київ: Вища освіта.
- Яропуд, В. М., Алієв, Е. Б., & Дацюк, Д. А. (2021). Методика чисельного моделювання висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур (*Methods of numerical modeling of sowing apparatus of selection seeder of small-seed crops*). *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, 12(3), 121-127.
- Яропуд, В. М., & Дацюк, Д. А. (2021). Шляхи удосконалення висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур (*By improving breeding seeder sowing device small seeded crops*). *Вібрації в техніці та технологіях*, 1(100), 152-166. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2021-1-15>