

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-6>

УДК 631.312

М. Б. Клендій, канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-8271-5381

А. П. Драган, канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7195-1127

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України  
«Бережанський агротехнічний інститут»*

e-mail: dragan1402@ukr.net

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БОРОНИ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

*Анотація.* У статті досліджено процес оптимізації конструктивних і технологічних параметрів бороны з гвинтовими робочими органами. Обґрунтовано використання узагальненого критерію ефективності та побудовано регресійну модель, що описує залежність якості заробляння рослинних решток від основних факторів: глибини обробітку, кута атаки та кроку гвинтового органу. Експериментальні дослідження дозволили встановити закономірності впливу зазначених параметрів та визначити їх оптимальні значення. Доведено, що найбільший вплив має глибина обробітку та кут атаки, тоді як крок гвинтового органу є менш значущим фактором.

*Ключові слова:* поживні залишки, кут атаки, бороны, гвинтовий робочий орган, ґрунтообробна машина, глибина обробітку ґрунту.

*Постановка проблеми.* Підвищення ефективності використання поживних залишків як джерела органічної речовини є актуальним завданням сучасного землеробства. Існуючі ґрунтообробні знаряддя не завжди забезпечують належну якість їх подрібнення та рівномірного заробляння в ґрунт при одночасному дотриманні вимог щодо енерго- та матеріалоемності. Особливо це стосується машин із новими конструктивними рішеннями, зокрема гвинтовими робочими органами, для яких відсутні достатньо обґрунтовані методики вибору раціональних параметрів. Недостатня обґрунтованість конструктивних і технологічних параметрів призводить до зниження якості обробітку ґрунту та ефективності технологічного процесу. У зв'язку з цим виникає необхідність оптимізації параметрів бороны з гвинтовими робочими органами з урахуванням умов їх роботи та агротехнічних вимог.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз наукових джерел показує, що значна увага приділяється дослідженню дискових ґрунтообробних знарядь, зокрема впливу конструктивних параметрів і режимів роботи на якість обробітку та енергетичні показники процесу [1, 5, 7, 10, 13, 14, 15, 20]. Розглянуто питання визначення тягового опору, оптимізації глибини обробітку та швидкісних режимів [6, 12, 15, 16]. Окремі роботи присвячені зниженню енергоємності та підвищенню ефективності комбінованих агрегатів [2, 3, 17, 18]. Водночас дослідження гвинтових робочих органів представлені обмежено і стосуються переважно їх конструкції та окремих процесів взаємодії з матеріалом [4, 8, 9, 11, 22, 23]. Питання комплексної оптимізації їх конструктивних і технологічних параметрів з урахуванням якості заробляння поживних залишків висвітлені недостатньо.

*Формулювання мети статті.* Метою цього дослідження було покращення якості подрібнення половини та інших рослинних залишків і їх внесення в ґрунт як органічних добрив шляхом оптимізації конструктивних та технологічних параметрів бороны зі гвинтовими робочими органами, які працюють під час основного обробітку ґрунту.

*Основна частина.* Для проведення експериментальних досліджень застосовувалась спеціально виготовлена установка на базі розробленої борони з гвинтовими робочими органами. На даній установці проводились дослідження функціональних та експлуатаційних параметрів борони з різними конструктивними виконаннями та типорозмірами гвинтових робочих органів, їх взаємного розташування та положення відносно напрямку руху.

Борона з гвинтовими робочими органами (рис. 1) [21] складається з рами 1 із автозчепленням 2, ґрунтообробних батарей з гвинтовими робочими органами 3, що складаються з каркасу 4, поверх якого закріплені витки гвинтового робочого органу 5, а до складу каркасу входять два диски 6, до яких прикріплені підшипникові опори 7 із віссю з різьбою 8 та гайками 9, що з'єднані один з одним за допомогою шести прутків 10, що симетрично прикріплені по периферії дисків 6 з однаковою відстанню, направляючими 11 і 12, хомутів 13 із кріпильними елементами 14 (пристрій фіксації кута атаки), рамок батарей 15 з віссю 16.

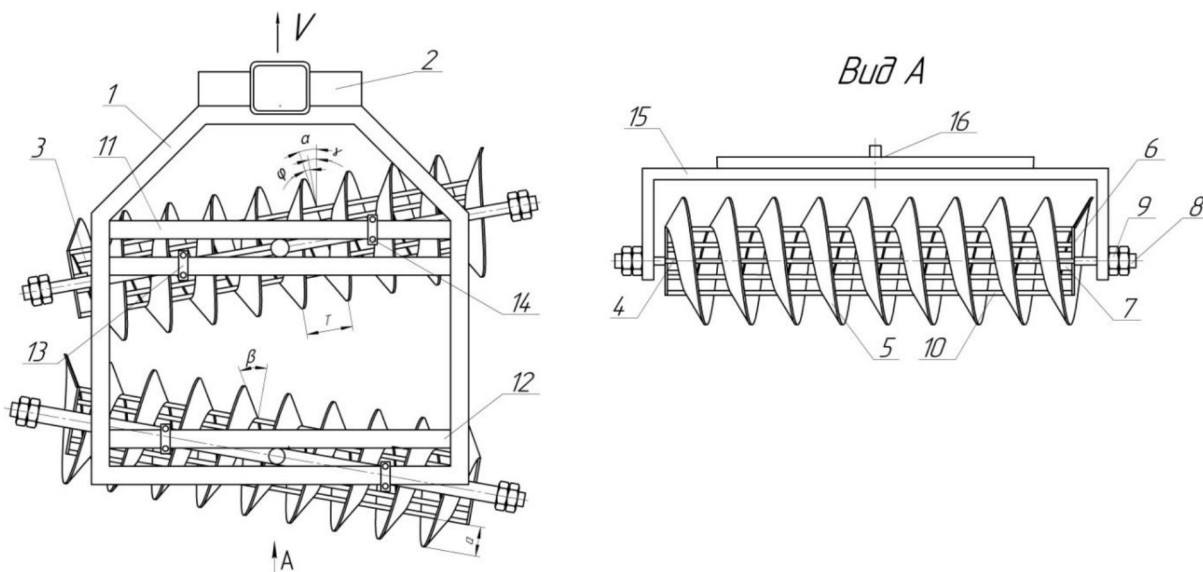


Рис. 1. Борона з гвинтовими робочими органами

Описана борона з гвинтовими робочими органами працює аналогічно бороні з дисковими органами. У момент контакту леза з поверхнею поля присутні кути, подібні до кута атаки та кута крену звичайних дискових органів. Кут нахилу можна змінювати, змінюючи кут нахилу прямолінійної твірної відносно осі гвинтової поверхні. Розроблений новий ґрунтообробний робочий орган має просту конструкцію та низьку металоємність. На відміну від дискових органів, він не потребує окремих підшипникових вузлів для встановлення окремих ґрунтообробних дисків. Гвинтові робочі органи монтуються з використанням лише двох підшипникових вузлів на кінцях кожної секції.

Для оптимізації конструктивних та технологічних параметрів борони з гвинтовими робочими органами необхідно вирішити адекватну задачу оптимізації, яка є багатокритеріальною задачею, і в якій критеріями оптимізації є: трудомісткість виконання супутніх технологічних операцій  $F_{01}$ ; енерговитрати  $F_{02}$ ; матеріалоємність  $F_{03}$ . За комплексний критерій  $F_0$  можна прийняти суму вартісного еквіваленту кожного використаного ресурсу [16]:

$$F_0 = \varepsilon_1 \cdot F_{01} + \varepsilon_2 \cdot F_{02} + \varepsilon_3 \cdot F_{03}, \quad (1)$$

де  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  – коефіцієнти вагомості кожної зі складових, які по суті визначаються вартістю відповідних зекономлених ресурсів (трудомісткості, енергоємності та матеріаломісткості).

За основні параметри оптимізації, тобто за незалежні змінні при оптимізації конструктивних і технологічних параметрів гвинтового робочого органу приймемо такі як і у ГК [22]:  $x_1 = D$  – зовнішній діаметр робочого органу;  $x_2 = H$  – висота спіралі гвинтового робочого органу;  $x_3 = \text{tg } \alpha = p_k / (\pi \times D)$  – тангенс кута підйому витка, що визначається кроком гвинтової спіралі  $p_k$ ;  $x_4 = \lambda$  – коефіцієнт форми гвинтової поверхні, який враховує наявність вирізів гвинтової спіралі та їх форму, кількість і розміри;  $x_5 = \beta$  – кут атаки робочого органу;  $x_6 = k_d = d/D$  – коефіцієнт, що оцінюється відношенням внутрішнього  $d$  і зовнішнього  $D$  діаметрів гвинтової спіралі;  $x_7 = B$  – товщина гвинтової спіралі;  $x_8 = L$  – довжина гвинтового робочого органу.

Як приклад, виконання технологічної операції, візьмемо одну із найбільш поширених – кришення ґрунту та пожнивних решток. За критерій оптимізації приймемо якість заробляння (площа поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток, %), що для кожного конструктивного виконання буде різною і залежатиме від параметрів  $x_i$ :

$$F_{01} = F_{01}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_8) \rightarrow \min. \quad (2)$$

В загальному випадку такі технологічні операції важко піддаються формалізованому опису і оптимізацію гвинтового робочого органу за даним критерієм, як правило, проводять за реалізацією математичного планування експерименту.

Цільову функцію, в цьому випадку, представляють у вигляді квадратного поліному:

$$F_{01} = b_0 + \sum b_i \cdot x_i + \sum b_{il} \cdot x_i \cdot x_l + \sum b_{ii} \cdot x_i^2 \quad (3)$$

На зміну параметрів  $x_i$  накладаються обмеження  $f_j = f_j(x_i)$ , які в загальному вигляді записують у вигляді  $f_i \leq 0$ . Для випадку математичного планування експерименту, як правило, обмежуються нижні та верхні значення зміни факторів, тобто  $x_{\min} \leq x_i \leq x_{\max}$ .

Експериментальне дослідження ефективності процесу заробляння рослинних решток у ґрунт (що передбачає визначення відсотка площі поверхні ділянки поля  $S$  з повністю вробленими рослинними рештками, %) було проведено в польових умовах під час обробітку стерні пшениці. Ґрунт мав такі властивості: тип ґрунту – сірий опідзолений, значення міцності на роздавлювання (твердість) –  $87,4 \text{ кН м}^{-2}$ , абсолютна вологість – 18 %, щільність ґрунту –  $1,6 \text{ кг м}^{-3}$ . Борона з шнековими робочими органами під час польових експериментальних досліджень показана на рис. 2, а технічну характеристику борони з гвинтовими робочими органами представлено в таблиці 1.

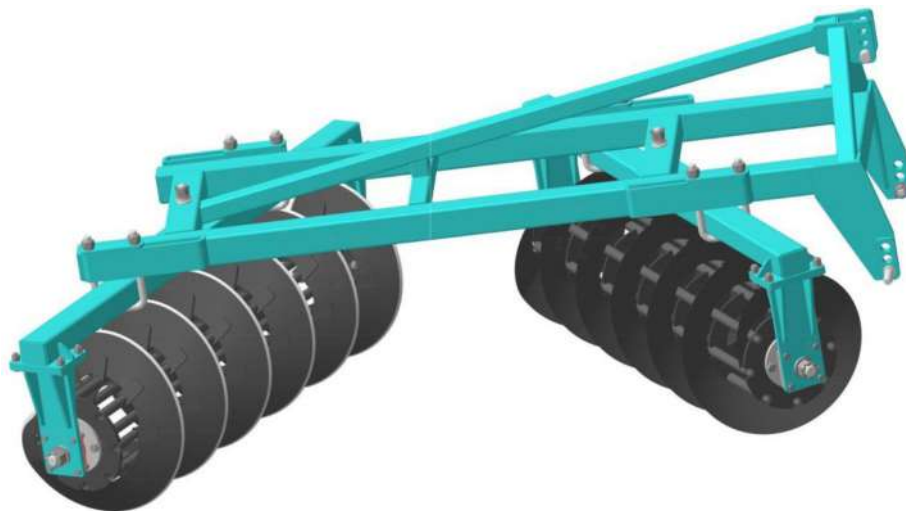


Рис. 2. Загальний вигляд борони з гвинтовими робочими органами

Таблиця 1

## Технічна характеристика бороны з гвинтовими робочими органами

Параметр	Значення
Конструктивна ширина захвату, м	1,3
Необхідна потужність трактора, к.с.	від 25
Агрегування з трактором	начіпне
Маса, кг	272
Кількість витків гвинтової поверхні, шт	10
Зовнішній діаметр гвинтової поверхні, мм	562–570
Глибина обробітку, см	6–12
Робоча швидкість, км/год	7...17
Габаритні розміри в транспортному положенні ( $L \times B \times H$ ).	2090 × 1430 × 1250

Обробіток ґрунту проводився бороною із гвинтовими робочими органами, в якій почергово, після обробітку певної ділянки (площею приблизно 100 м<sup>2</sup>), замінювали робочі органи (різних конструкцій і типорозмірів) та проводили переналагодження їх відносно напрямку руху.

Програма експериментальних досліджень передбачала проведення досліджень зміни величини відсотка площі поверхні ділянки поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$  від величини кута розміщення батареї гвинтових робочих органів відносно напрямку руху (кута атаки  $\beta$ ), величини кроку гвинтового робочого органу  $T$  та глибини обробітку  $h$ . Для одержання значень досліджуваної величини використовували пікові (максимальні) значення, отримані в результаті досліджень даних.

Оцінка ефективності заробляння рослинних решток виконувалась методом спектрального аналізу інформації, одержаної із серії фотознімків, зроблених з висоти 10 м (при забезпеченні повздовжнього перекриття знімків не менше 60 % відповідно до вимог фотограмметрії [24]), камерою квадрокоптера моделі DJI Phantom 4 шляхом обробки результатів знімання та побудови картографічних матеріалів у комп'ютерній програмі Agisoft Photoscan. Для визначення відсотка площі поверхні ділянки поля з повним зароблянням рослинних решток використовувалась геоінформаційна система (ГІС) QGIS 3, у якій виконувалась керована класифікація поверхні ґрунту методом навчальної вибірки.

Для кожного з факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Таблиця 2

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання при дослідженні з визначення площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток бороною з гвинтовими робочими органами

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур./кодовані		
	Код.	Натур.				
Кут атаки робочого органу $\beta$ , град	$X_1$	$x_1$	10	20/-1	30/0	40/+1
Величина кроку гвинтового робочого органу $T$ , м	$X_2$	$x_2$	0,04	0,18/-1	0,22/0	0,26/+1
Глибина обробітку, $h$ , м	$X_3$	$x_3$	0,02	0,08/-1	0,1/0	0,12/+1

Для визначення впливу конструктивних та технологічних параметрів гвинтових робочих органів бороны (незалежних факторів  $x_i$ ) на величини відсотка площі поверхні ділянки поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$  проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$ , % від зміни трьох основних факторів: кута атаки робочого органу  $\beta$ , град., величини кроку гвинтового робочого органу  $T$ , м та глибини обробітку  $h$ , м, тобто  $\xi = f(\beta, T, h)$ , які наведено таблиці 2.

Після кодування факторів склали план-матрицю відповідного багатофакторного експерименту типу ПФЕ  $3^3$  для числа дослідів .

Загальний вигляд рівняння регресії відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток залежно від зміни кута атаки робочого органу  $\beta$ , величини кроку гвинтового робочого органу  $T$  та глибини обробітку  $h$ , тобто,  $\xi = f(\beta, T, h)$  має вигляд:

$$\xi = 81.205 - 33.33T - 245.32h + 2.84\beta h + 1639.61h^2. \quad (4)$$

Отримане рівняння регресії (4) може використовуватись для визначення відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$ , % від зміни трьох основних факторів: кута атаки робочого органу  $\beta$ , величини кроку гвинтового робочого органу  $T$  та глибини обробітку  $h$ , при обробітку ґрунту в таких межах зміни вхідних факторів:  $20 \leq \beta \leq 40$  (град);  $0,18 \leq T \leq 0,26$  (м);  $0,08 \leq h \leq 0,12$  (м).

За допомогою програмного забезпечення Statistica-6.0 побудовано графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$ , як функцію від двох змінних факторів  $x_{i(1,2)}$ , за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора  $x_{i(3)} = \text{const}$ .

Аналіз отриманого регресійного рівняння показує, що найбільший вплив на зміну відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $\xi$ , чинять фактори  $x_3, x_1, (h, \beta)$  та комбінації цих факторів. Збільшення величини фактора  $x_3(h)$  призводить до збільшення відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток на 7,4 %. В загальному, для збільшення відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток, необхідно збільшувати глибину обробітку і величину кута атаки та зменшувати крок гвинтового робочого органу.

Згідно отриманих рівнянь регресії побудовано поверхні відгуку від зміни двох двох змінних факторів  $x_i(1, 2)$  при постійному незмінному рівні відповідного третього фактора  $x_i(3) = \text{const}$ .

Графічні значення результатів залежності зароблянням рослинних решток  $\xi$ , одержаної з використанням Statistica-6.0 наведено на рисунках 3–5.

З поверхонь відгуків (рис. 3 – 5) видно, що із збільшенням глибини обробітку величина відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток зростає і найбільше

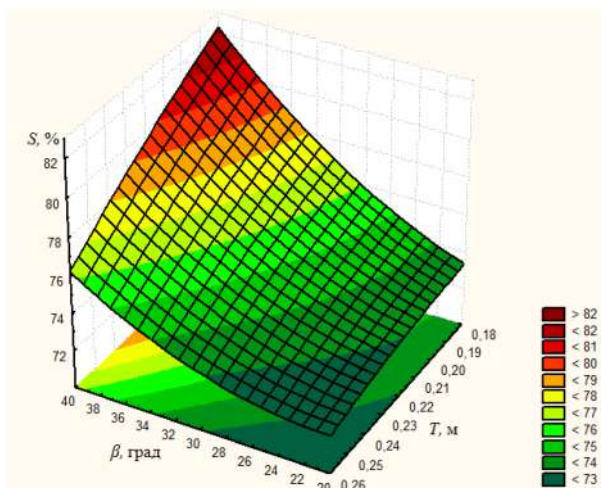


Рис. 3. Поверхня відгуку залежності відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $S = f(\beta, T)$  від зміни кута атаки робочого органу  $\beta$  та величини кроку гвинтового робочого органу  $T$  ( $h = 0,1$  м)

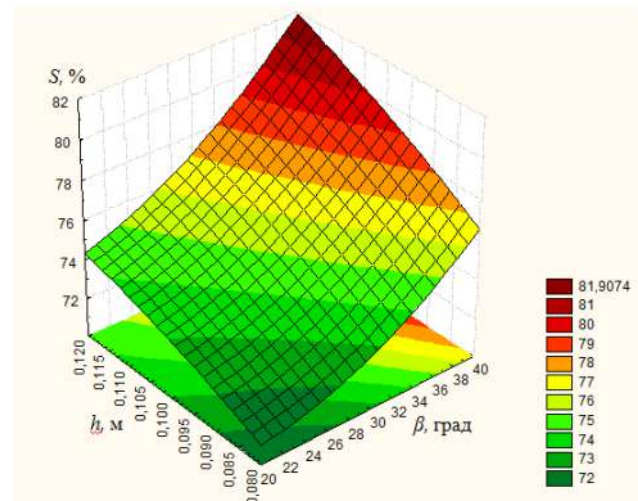


Рис. 4. Поверхня відгуку залежності відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $S = f(\beta, h)$  від зміни кута атаки робочого органу  $\beta$  та глибини обробітку  $h$  ( $T = 0,22$  м)

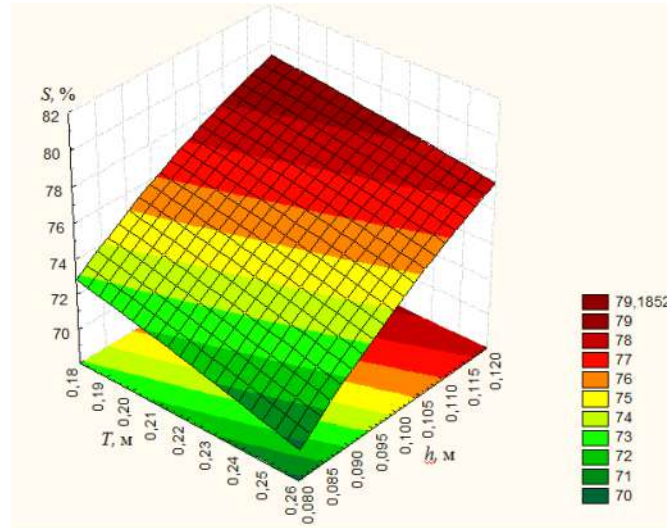


Рис. 5. Поверхня відгуку залежності відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $S = f(T, h)$  величини кроку гвинтового робочого органу  $T$  та глибини обробітку  $h$  ( $\beta = 30$  град)

значення становить 84 %. Мінімальне значення відсотка площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток складає 67 % при мінімальному куті атаки і максимальному кроці гвинтового робочого органу.

Встановлено, що збільшення кроку гвинтового робочого органу  $T$  з 0,18 м до 0,26 м призводить до зменшення частки площі поверхні поля  $S$ , з повним зароблянням рослинних решток, на 1,4 %. Водночас збільшення кута атаки гвинтового робочого органу  $\beta$  з  $20^\circ$  до  $40^\circ$  призводить до збільшення відсотка площі поверхні поля  $S$  з повністю заробленими рослинними рештками на 5,6 %. Збільшення глибини обробітку ґрунту  $h$  з 0,08 м до 0,12 м призводить до збільшення площі поверхні поля  $S$  з повністю заробленими рослинними рештками на 7,1 %. Одночасне збільшення глибини обробітку  $h$  та кута атаки  $\beta$  призводить до збільшення площі поверхні поля  $S$  з повністю заробленими рослинними рештками з 72 % до 82 %.

*Висновки.* Розроблено нову конструкцію борони із гвинтовими робочими органами та виготовлено її дослідний зразок. Конструкційні та технологічні параметри борони із гвинтовими робочими органами оптимізовано з метою підвищення родючості ґрунту шляхом внесення половини та інших поживних залишків як органічних добрив під час обробітку ґрунту.

Проведено комплекс експериментальних досліджень. На основі їх результатів отримано регресійні співвідношення, які дозволяють визначити відсоток площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток бороною із гвинтовими робочими органами. Встановлено, що глибина обробітку ґрунту  $h$  має домінуючий вплив на відсоток площі поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток  $S$ , далі йде кут атаки  $\beta$  батареї гвинтових робочих органів. Найменший вплив має крок  $T$  гвинтового робочого органу. Побудовано поверхні відгуку, які відображають співвідношення між відсотком площі поверхні ділянки поля  $S$ , на якій рослинні залишки повністю зароблені бороною із гвинтовими робочими органами, та основними факторами впливу. Аналізуючи ці поверхні, встановлено, що збільшення глибини обробітку ґрунту  $h$  призводить до зростання відсотка площі поверхні поля  $S$  з повним зароблянням рослинних решток, і максимальне значення якого становить 84 %. Мінімальне значення відсотка площі поверхні поля  $S$  з повністю заробленими рослинними рештками дорівнює 67 % і досягається за мінімального кута атаки  $\beta$  батареї гвинтових робочих органів та максимального кроку  $T$  гвинтового робочого органу.

*Список використаних джерел*

1. Аукас Е., Сакір Е. & Гулсойлу Е. 2005. The effect of tillage parameters on the performance of the heavyduty offset disk harrow. *Asian J. Plant Sci.* 3, 425–428.
2. Balsari P., Biglia A., Comba L., Sacco D., Eloi Alcatrão L., Varani M., Mattetti M., Barge P., Tortia C., Manzone M., Gay P. & Ricauda Aimonino D. 2021. Performance analysis of a tractor – power harrow system under different working conditions. *Biosystem Engineering* 202, 28–41. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2020.11.0
3. Boson E. S., Verniaev O. V., Smirnov I. I. & Sultan-Shach E. G. 2019. Theory, Construction and Calculation of Agricultural Machines. 2nd Ed., Scientific Publisher, 810 pp. ISBN: 978938839983.
4. Volodymyr Bulgakov, Hryhorij Kaletnik, Oleksandra Trokhaniak, Svitlana Lutkovska, Mykola Klendii, Semjons Ivanovs, Lucretia Popa, Vitalii Yaropud. Investigation of the energy indicators for the surface treatment of soil by a harrow with a screw-type working body. *INMATEH – Agricultural Engineering* 2023. Vol. 71, No. 3. P. 818–833. DOI: 10.35633/inmateh-71-72
5. Bulgakov V., Olt J., Nadykto V., Volskiy V., Polishchuk S., Aboltins A. & Beloev H. 2021. Theoretical research into directional stability of trailed tandem-type disk harrow. *Agronomy Research* 19(3), 1351–1363. DOI: 10.15159/AR.21.144
6. Bulgakov V., Adamchuk V., Arak M., Nadykto V., Kyurchev V. & Olt J. 2016. Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor-implement unit. *Agronomy Research* 14(3), 689–710.
7. Damanauskas V., Velykis A. & Satkus A. 2019. Efficiency of disc harrow adjustment for stubble tillage quality and fuel consumption. *Soil Tillage Res.* 194, 104311. DOI: 10.1016/J.STILL.2019.104311
8. Javadi A. & Hahiahmad A. 2006. Effect of a New Combined Implement for Reducing Secondary Tillage Operation. *Int. J. Agric. Biol.* 8, 725–727.
9. Klendii M. B. & Klendii O. M. 2016. Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher. *INMATEH – Agricultural Engineering* 49(2), 13–20.
10. Kogut Z., Sergiel L. & Zurek G. 2016. The effect of the disc setup angles and working depth on disc harrow working resistance. *Biosyst. Eng.* 151, 328–337. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.10.004
11. Pylypaka S., Klendii M. B. & Klendii O. M. 2018. Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. *Acta Polytechnica* 58(3), 201–208. DOI: 10.14311/AP.2018.58.0201
12. Macmillan R.H. 2002. *The Mechanics of Tractor Implement Performance. Theory and Worked Examples.* University of Melbourne, 165 pp.
13. Ranjbar I., Rashidi M., Lehmalı H. F., Mirmoradi M. & Abdolalizadeh E. 2013. Modeling of double action disc harrow draft force based on tillage depth and forward speed. *Middle East J. Sci. Res.* 17, 1061–1067.
14. Salokhe V.M., Soni P., Nalavade P.P. & Niyamapa T. 2010. Performance of Free Rolling and Powered Tillage Discs. *Soil Tillage Research* 109, 87–93. DOI: 10.1016/j.still.2010.05.004
15. Serrano J. M., Peca J. O., Marques da Silva J., Pinherio A. & Carvalho M. 2007. Tractor energy requirements in disk harrow systems. *Biosyst. Eng.* 98, 286–296. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.08.002
16. Macmillan R.H. 2002. *The Mechanics of Tractor Implement Performance. Theory and Worked Examples.* University of Melbourne, 165 pp.
17. Upadhyay G. & Raheman H. 2018. Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin. *Journal of Terramechanics* 78, 27–37. DOI: 10.1016/j.jterra.2018.04.002
18. Upadhyay G. & Raheman H. 2019. Specific draft estimation model for offset disc harrows. *Soil and Tillage Research* 191, 75–84. DOI: 10.1016/j.still.2019.03.021
19. Zhuk A.F. & Sokht K.A. 2018. Arrangement of Spherical Disks for Frontal Harrows. *Agric. Mach. Technol.* 12, 41–43. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-53-56
20. Zubko V., Sokolik S., Khvorost T. & Melnyk V. 2021. Factors affecting quality of tillage with disc harrow. *Engineering for Rural Development* 20, 1193–1199. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF262
21. Патент на корисну модель № 133362 Борона з гвинтовими робочими органами Україна МПК (2019.01) A01B 25/00 № а 201702099 Заявл. 6.03.2017 Опубл. 10.03.2019 Бюл. № 7.
22. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Nesvidomin V. M., Trokhaniak V. I. Particle motion over the edge of an inclined plane that performs axial movement in a vertical limiting cylinder. *ACTA POLYTECHNICA Journal of Advanced Engineering*, is a peer-reviewed scientific journal published by the Czech Technical University (CTU) in Prague, Volume 59 Issue 3, pg. 67–78, 2019.



23. Volodymyr Bulgakov, Ivan Holovach, Mykola Klendii, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev, Olha Dubrovina. Experimental study of the driving resistance of a harrow with screw working bodies. *MECHANIZATION IN AGRICULTURE & CONSERVING OF THE RESOURCES 2023 SOFIA, BULGARIA*. P. 86–89.

24. Фотограмметрия: Навчальний посібник / Ю. Г. Кордуба, Є. І. Смірнов. К., 2007. 256 с.

*Дата першого надходження статті до видання: 29.02.2026*

*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 24.03.2026*

*Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026*

*Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)*



**M. Klendiy, A. Drahan**

**Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
“Berezhany Agrotechnical Institute”**

## **OPTIMIZATION OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A HARROW WITH SCREW WORKING BODIES**

### *Summary*

The article addresses the problem of optimizing the design and technological parameters of a harrow with screw-type working bodies intended for efficient soil tillage and incorporation of crop residues. The expediency of using a generalized efficiency criterion, which takes into account labor intensity, energy consumption, and material consumption, is substantiated. To assess the quality of the technological operation, the indicator of the percentage of the field surface area with complete incorporation of plant residues is used. Experimental studies were carried out under field conditions using a developed harrow design. The influence of the main factors – tillage depth, angle of attack of the working body, and pitch of the screw helix – on the efficiency of the technological process was determined. Based on the mathematical design of experiments, a regression model in the form of a quadratic polynomial was obtained, which adequately describes the dependence of the quality indicator on the studied parameters within the specified variation ranges. It was established that the greatest influence on the quality of incorporation of plant residues is exerted by the tillage depth, as well as the angle of attack of the screw working bodies. An increase in tillage depth and angle of attack leads to an increase in the proportion of the field area with fully incorporated residues, whereas an increase in the screw pitch results in a slight decrease in this indicator. Response surface plots were obtained, reflecting the interaction of factors and enabling the determination of rational operating parameters of the harrow. Based on the research results, optimal parameter ranges were established, ensuring maximum tillage quality.

**Keywords:** crop residues, angle of attack, harrow, screw working body, tillage machine, tillage depth.