

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВАРІАНТУ БОРОНИ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Пастушенко С.І., д.т.н

Клендїй М.Б., к.т.н.

Клендїй М.І.

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

**Постановка проблеми.** Ґрунтообробні робочі органи сільськогосподарських машин створюють необхідні умови для інтенсивного росту і розвитку рослини: у зв'язку з обробіткою ґрунту полегшується доступ кисню і вологи у ґрунт, коренева система швидше розвивається і тим самим рослиною інтенсивно засвоюються макро- та мікроелементи з ґрунту, що веде до швидшого розвитку рослини і, як результат, потенціал біологічного врожаю зростає. Похідними від підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки є врожайність (забезпечення потреб рослин в цілому) і собівартість продукції (витрати паливно-мастильних матеріалів, продуктивність, затрати робочого часу).

Актуальним постає питання зменшення собівартості виконання технологічних операцій при збереженні продуктивності роботи сільськогосподарської техніки та якості їх виконання. Тому актуальним є створення нових сільськогосподарських машин, їх робочих органів та проведення відповідних досліджень і розроблення рекомендацій для ефективного вирощування продукції рослинництва.

**Аналіз останніх досліджень.** Для обертання і кришіння ґрунту, перерізання пожнивних решток, перемішування їх із ґрунтом використовуються сферичні ґрунтообробні диски [1–3]. Від відстані між дисками, їх конструктивних параметрів і кутів установки залежить форма профілю обробленої смуги ґрунту та висота гребенів. Диск встановлюють так, щоб між площиною розташування леза (крайки диска) і напрямком руху агрегату був певний кут атаки. Для покращення перемішування диск відхиляють ще й у вертикальній площині, тому кожен диск має індивідуальне кріплення осі обертання до рами. Якщо застосувати гвинтову поверхню, то можна очікувати аналогічні результати роботи, але її можна кріпити на спільному валу, подібно до батареї дисків луцильника.

Для поверхневого обробітку ґрунту широко застосовують дискові робочі органи. Проектування і розрахунок дискових ґрунтообробних

знарядь ґрунтового розкриття П.М. Заїка [4]. Також розроблено аналітичну модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик [5]. У працях більш вузького спрямування досліджуються різні аспекти покращення якості обробки ґрунту такими знаряддями [6,7]. Визначено науковцями і перспективи подальшого вдосконалення дискових та інших ґрунтообробних знарядь [8]. В працях [9,10] теоретично обґрунтовано конструкцію ґрунтообробного знаряддя, в якому, в якості робочих органів використано гвинтові поверхні із відсіку розгортного гелікоїда.

Намагання зменшити тяговий і питомий опір сільськогосподарських машин вимагає постійного дослідження більш досконалих, з точки зору енергоємності, робочих органів і технологій проведення польових робіт.

**Основні матеріали дослідження.** На основі теоретично одержаних конструктивних параметрів витків гелікоїда, було розроблено конструкцію і виготовлено гвинтові робочі органи борони, конструкцію яких показано на рис. 1, а також експериментальний варіант борони з гвинтовими робочими органами (рис. 2) [9, 10]. В таблиці 1 представлено технічну характеристику борони з гвинтовими робочими органами.



**Рис. 1. Загальний вигляд гвинтового робочого органу**



**Рис. 2. Загальний вигляд експериментального взірця борони з гвинтовими робочими органами**

Тяговий опір є величиною, яка постійно змінюється в процесі роботи. Усі фактори, які впливають на тяговий опір машини, можна класифікувати наступним чином: природно-кліматичні (тип і стан ґрунту, рельєф, кам'янистість, метеорологічні умови); конструкційні (тип, форма та кількість робочих органів, матеріал, з якого вони виготовлені та технології виготовлення, вага машини, тип і конструкція ходового агрегату, тощо); експлуатаційні (технічний стан машини, правильність регулювань, ступінь зношення робочих органів, тощо).

**Таблиця 1**

## Технічна характеристика борони з гвинтовими робочими органами

Параметр	Значення
Конструктивна ширина захвату, м	1,3
Необхідна потужність трактора, к.с.	від 40
Агрегатування з трактором	начіпне
Маса , кг	172
Кількість витків гелікоїда, шт	10
Зовнішній діаметр гелікоїда, мм	562-570
Глибина обробітку, см	3 - 12
Робоча швидкість, км/год	7...17
Габаритні розміри в транспортному положенні (L x B x H).	2090 x 1430 x 1250

Визначення тягового опору, пропонованої борони з гвинтовими робочими органами, проводилось в ґрунтовому каналі розмірами 8,5×30м (довжина контрольного відрізка  $l_k=25$ м), використовуючи перетворювач частоти Altivar 71 та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0.

Загальний вигляд експериментальної установки та обладнання для визначення тягового опору пропонованої борони з гвинтовими робочими органами і отримання результатів зображено на рис.3.

Борона з гвинтовими робочими органами 8 приводилась в рух за допомогою троса 6, який в процесі переміщення намотувався на барабан 5, що закріплений на тихохідному валу редуктора 4, який приводиться в рух електродвигуном 3. Для пуску двигуна і регулювання частоти його обертання використовували перетворювач частоти Altivar 71 (1) та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0, що містилося в ПК (2). Електродвигун 3 і редуктор 4 жорстко закріплені на початку ґрунтового каналу для того, щоб бути нерухомими, а рухомою була тільки борона.

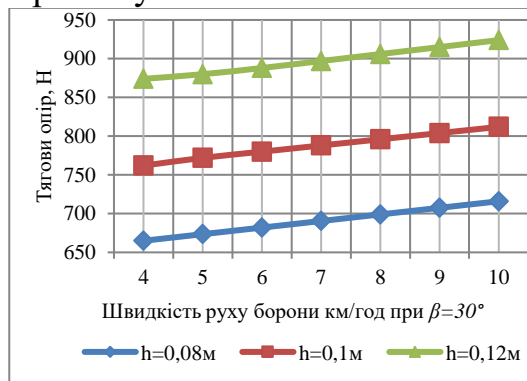


**Рис. 3. Загальний вигляд експериментальної установки та обладнання для визначення тягового опору борони з гвинтовими робочими органами**  
змінювали частоту напруги, яка подавалась на двигун.

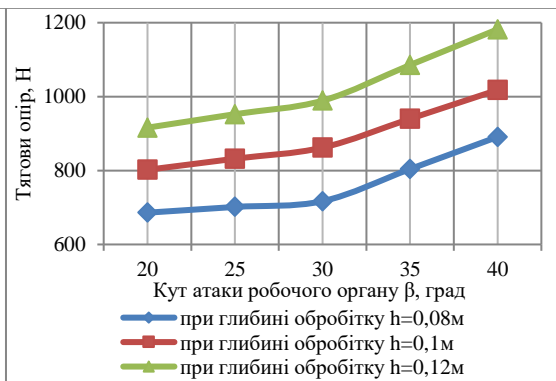
Перед проведенням кожного етапу експерименту, борона з гвинтовим робочим органом була розташована в крайньому правому положенні, ґрунт в каналі попередньо готувався за показаннями твердоміру.

Досліди проводились для чотирьох швидкостей переміщення борони, а саме:  $V = 4,0$ ;  $6,0$ ;  $8,0$  і  $10,0$  км/год. Для зміни швидкості переміщення борони через перетворювач частоти

За результатами отриманих досліджень побудовані графічні залежності зміни величини сили тягового опору  $P_x$  від швидкості руху борони  $V$ , при різних величинах кута атаки  $\beta$  робочих гвинтових органів, який рівний сумі кута розміщення батареї гвинтових робочих органів відносно напрямку руху  $\varphi$  і  $\varphi_R$  — кута підйому зовнішньої гвинтової лінії, тобто кута підйому ріжучої крайки та глибини обробітку  $h$ .



**Рис. 4.** Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами з кутом атаки  $\beta=30^\circ$  від швидкості руху  $V$



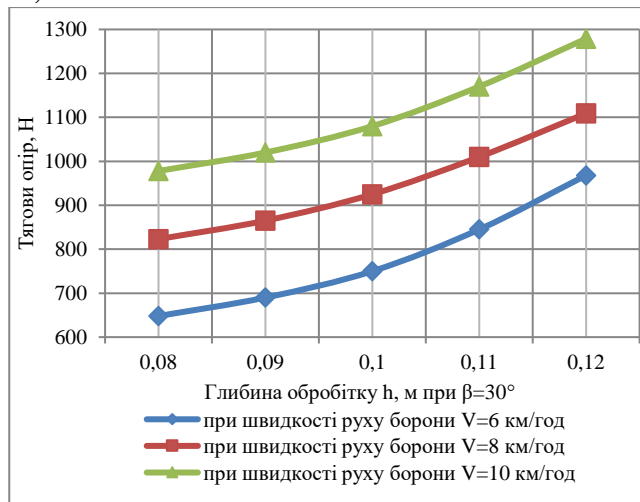
**Рис. 5.** Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами для швидкості руху  $V=8$  км/год від кута атаки  $\beta$

Аналіз графічних залежностей (рис. 4) показує, що при збільшенні швидкості переміщення борони з гвинтовими робочими органами  $V$  від 4 до 10 км/год, тяговий опір  $P_x$  зростає, причому для глибини обробітку ґрунту  $h=0,08$  м,  $P_x$  зростає на 7,1 %, для  $h=0,1$  м - на 6,2 % і для глибини обробітку ґрунту  $h=0,12$  м,  $P_x$  зростає на 5,4 %. Також можна відзначити, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08$  м до  $h=0,12$  м при швидкості руху борони  $V=4$  км/год призводить до збільшення тягового опору на 22,5 %, а при  $V=10$  км/год тяговий опір збільшується на 23,9%.

Аналіз графічних залежностей (рис. 5) свідчить, що для пропонованої борони з гвинтовими робочими органами при швидкості руху  $V=8$  км/год для глибин обробітку  $h=0,08$  м,  $h=0,1$  м та  $h=0,12$  м тяговий опір в межах кута атаки  $\beta=20^\circ \dots 30^\circ$  зростає повільно, а при подальшому збільшенні кута атаки  $\beta$ , тяговий опір зростає інтенсивніше і при  $\beta=40^\circ$  досягає значень  $P_x=891$  Н за номінальної глибини обробітку  $h=0,08$  м,  $P_x=1018$  Н за глибини обробітку  $h=0,1$  м та  $P_x=1182$  Н за максимальної глибини обробітку  $h=0,12$  м. Повільна зміна тягового опору в межах  $\beta=20^\circ \dots 30^\circ$  відбувається тому, що за рахунок геометричних особливостей робочої поверхні робочого органу зростання площі контакту поверхні гвинтової спіралі з ґрунтом.

Також можна відзначити, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08$  м до  $h=0,12$  м, при куті атаки гвинтових робочих органів  $\beta=20^\circ$ ,

призводить до збільшення тягового опору на 25,1 %, при  $\beta=30^\circ$  тяговий опір збільшується на 27,5%, а при  $\beta=40^\circ$  тяговий опір збільшується на 24,6%.



**Рис. 6. Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами з кутом атаки  $\beta=30^\circ$  від глибини обробітку  $h$**

За результатами аналізу залежностей (рис. б) встановлено, що тяговий опір  $P_x$ , пропонованої борони з гвинтовими робочими органами при швидкостях переміщення борони від  $V=6$  км/год до максимальної  $V=10$  км/год, при встановленому куті атаки робочих органів  $\beta=30^\circ$  зростає криволінійно з  $648H$  до  $968H$  при  $V=6$  км/год, з  $823H$  до  $1109H$  при  $V=8$  км/год; та з  $978H$  до  $1279H$  при швидкості переміщення борони  $V=10$  км/год.

За результатами аналізу графічних залежностей (рис. 4 – 6) очевидно, що динаміка зміни тягового опору, в залежності від зміни кута атаки, глибини обробітку та швидкості руху борони відповідає результатам аналітичних досліджень [12]. Згідно даних рекомендацій для двохслідних польових борін залежно від властивостей ґрунту, глибини обробітку і кута атаки, питомий тяговий опір становить  $k = 1500...3000$  Н/м. Отже, для стандартної дискової борони шириною обробітку  $B = 1,3$ м значення тягового опору при найбільш сприятливих параметрах становить приблизно  $2000$  Н. Це значення тягового опору є значно більшим (приблизно в 1,3 рази) за значення тягового опору, які були одержані при експериментальних дослідженнях, пропонованої борони з гвинтовими робочими органами. Таке зниження тягового опору можна пояснити відсутністю тильного кута робочої поверхні у вигляді розгортного гелікоїда, при оптимальних значеннях кута атаки  $\beta=20^\circ - 40^\circ$  та номінальній глибині обробітку  $h=0,12$ м.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08$ м до  $h=0,12$ м, призводить до збільшення тягового опору на 22,5 - 23,9%, збільшення швидкості руху борони з  $V=6$  км/год до  $V=10$  км/год, призводить до збільшення тягового опору в середньому на 14,5% і збільшення кута атаки гвинтових робочих органів до  $\beta=20^\circ$  призводить до збільшення тягового опору на 25,1 %, при  $\beta=30^\circ$  тяговий опір збільшується на 27,5%, а при  $\beta=40^\circ$  тяговий опір збільшується на 24,6%.

### *Список використаних джерел.*

1. *Стрельбицкий В.Ф.* Дисковые почвообрабатывающие машины. Москва: Машиностроение, 1978. 218 с.
2. *Циммерман М.З.* Рабочие органы почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1978. 162 с.
3. *Нартов П.С.* Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. 158 с.
4. *Заїка П.М.* Теорія сільськогосподарських машин. Т. I (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
5. *Клендій М.Б., Пилипака С.Ф.* Аналітична модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. Вип. 241. С. 140–150.
6. *Гриненко О., Лебедев С.* Дослідження коливань дискових ґрунтообробних знарядь. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2011. Вип. 15 (29). С. 50–53.
7. *Гапоненко О.І.* Програмування рівномірності обробітку дисковими робочими органами на пружних стійках. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. С. 135–141.
8. *Клендій М.Б., Пилипака С.Ф.* Рух частинки по поверхні сферичного ґрунтообробного диска. Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка та енергетика АПК». 2017. Вип. 258. С. 283–296.
9. *Пилипака С.Ф., Клендій М.Б.* Робочий орган із відсіку розгорнутої гвинтової поверхні як альтернатива ґрунтообробним дискам. *Сучасні проблеми землеробської механіки*. Збірник наукових праць XVIII Міжнародної наукової конференції (16-18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). С. 170-174.
10. Патент на корисну модель. № 133362. Борона з гвинтовими робочими органами Україна. МПК (2019.01) А01В 25/00) № а 201702099 Заявл. 6.03.2017 Опубл. 10.03.2019. Бюл. № 7.
11. *Serhii Pylypaka, Mykola Klendii, Oleksandra Klendii.* Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. АСТА POLYTECHNICA, Journal of Advanced Engineering, is a peer-reviewed [Open Access](#) scientific journal published by the [Czech Technical University \(CTU\) in Prague](#), Volume 28 Issue 3, pg. 63-73, 2018.
12. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та інш. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. К. : Вища освіта. 2005. 464 с.