

УДК 631.17

Болобан Р.С.

магістр

Білокобила Є.Ю. к.т.н.,

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ РОТАЦІЙНОЇ ГОЛЧАСТОЇ БОРОНИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Технології вирощування сільськогосподарських культур мають стійку тенденцію до удосконалення, що вимагає такої ж постійної адаптації системи машин до умов експлуатації. Серед останніх суттєвих інновацій слід відмітити систему органічного землеробства. Наслідком впровадження системи є зменшення консолідації ґрунту. В той же час, основні ґрунтообробні машини як поверхневого, так і глибокого обробітку ґрунту адаптовані до умов підпірного різання, що при зменшенні консолідації призводить до погіршення якості виконання технологічного процесу. За певних умов проблема може бути вирішена застосуванням методів біоніки. В роботі в якості пропозиції наведена методика запозичення принципів будови тіла їжака для розробки ротаційної зубової борони.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування ротаційної борони шляхом раціоналізації параметрів голчастого колеса.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання :

- на основі аналізу наведених в науково-технічній літературі результатів досліджень, окреслені невирішені проблеми та визначений напрямок аналітичних і експериментальних досліджень;

- аналітично обґрунтована форма голок та побудована аналітична модель взаємодії ротаційної борони з оброблюваним середовищем;

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів теоретичної і землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики.

Боронування як засіб збільшення врожайності

Боронування - це агротехнічний захід розпушування поверхні ґрунту різного виду боронами. Технологія захищає ґрунт від висихання, вибірково перемішує і вирівнює зовнішній шар ґрунту, руйнує ґрунтову кірку, знищує бур'яни і проріджує загущені сходи рослин.

Боронування застосовується в системі передпосівного обробітку ґрунту, при догляді за пасовищами і посівами сільськогосподарських угідь. Дана операція проводиться порізно або синхронно з оранкою і коткуванням.

Глибина обробітку ґрунту залежить від конструктивних параметрів зубів, ваги борони і робочої швидкості. Важкі зуби борони обробляють ґрунт на глибину 6-10 см, середні на глибину 4-5 см, легкі - 2-3 см. В результаті розпушування розривається система капілярних координацій, створюється нещільний захищений від висихання шар ґрунту. Вирівняний верхній шар ґрунту полегшує процес загортання насіння при посіві, Робить посів рівномірним.

Найбільш поширеними робочими органами ротаційної борони є гольчасті колеса. Які в залежності від виробника мають різні кінцівки і діаметр. Конструктивно, колеса попарно об'єднані в секції і мають єдиний пружний стояк (рис.3).

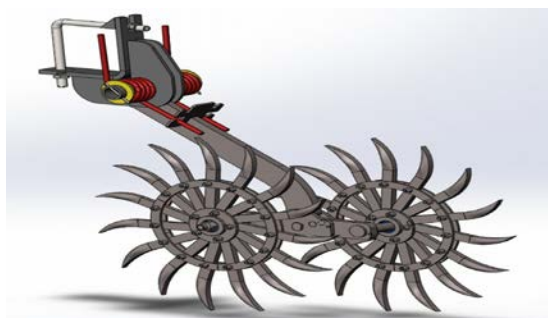


Рисунок 1. – Секція ротаційної борони :

Обґрунтування біологічного аналогу дослідження.

Використання методів біоніки є одним з перспективних напрямків удосконалення ґрунтообробних машин. Стосовно ротаційної зубової борони нами було розглянуте конструктивне рішення Л.Ф. Бабицького[3], де в якості біологічного аналогу був взятий дощовий хропак. Нами пропонується подальший розвиток напрямку.

Як відомо органічне землеробство передбачає наявність великої кількості рослинних решток на поверхні поля з одного боку це обмежує висинання ґрунту і утворення кірки що покращує режим розпушення бороною, але і ускладнює роботу ротаційної голчастої борони. Рослинні решки нанизуються на голки, на них налипає ґрунт і такий чулок погіршує режим роботи машини. Особливо це відчувається при роботі по агрофону рослинних решток грубостебельних культур.

Звичайний європейський їжак вирішує проблему видалення паразитів з поверхні голок тим, що нанизує на голку листя та інші рослинні рештки і таким чином їх вичісує. Особливо ефективним є використання для цього деяких видів отруйних грибів, бо в такому разі додатково додається бактерицидний ефект. Але, нанизані матеріали треба видалити. Відомо, що їжак чистить свої голки шляхом перегину поверхні тіла на якій вони закріплені. Аналогічно, робить і морський їжак, який нами і пропонується в якості біологічного аналогу (рис.2.1.) Такий вибір нами аргументований тим, що з точки зору механіки кріплення голки морського їжака більш підходить до конструктивного відтворення.

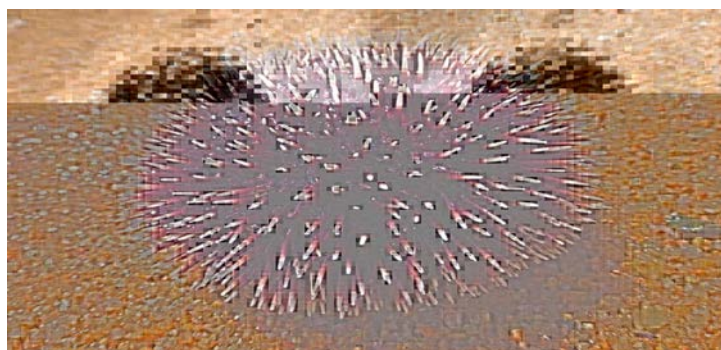


Рисунок 2.1 – Загальний вид морського їжака (*Spaerechinus granularis*)

На рисунку зображений морський луговий їжак, який за окрасом панциря відноситься до класу фіолетових, хоча голки можуть бути як фіолетові, так і білі (рис.2.)

Обґрунтування конструктивної схеми голчастого диска.

Нами розроблена конструктивна схема в якій закладені наведені вище принципи з максимальною уніфікацією до з серійними зразками, що надає можливості встановити розроблену конструкцію на серійну машину.

Шпоровий (голчастий) диск має наступну конструкцію (рис.2.5).

Цільнолитий диск 1 має по периметру приливи 2 з циліндричними порожнинами 3. Голка суглобовою головкою всередину поміщена у порожнину до упору. Порожнина залита модифікованою силіконовою масою.

Для надійності фіксації силікону, порожнина має циліндричні проточки

Варіанти виконання голок представлені на рис.2.6.). Конструкція працює наступним чином.

В процесі кочення диска по поверхні ґрунту на голку діють вертикальна, повздовжна і поперечна сили реакції ґрунту. Під дією доведених сил силіконова маса зминається і голка змінює своє положення, величина якого обумовлюється жорсткістю залитої маси і напрямком доведення сили.

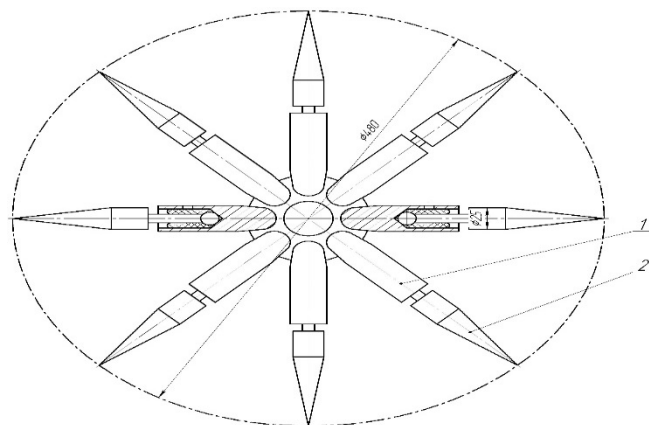


Рисунок 2.– Конструктивна схема голчастого диска :1 – диск; 2 – голка;

Модель ґрунтового середовища.

Реакція ґрунту залежить від конструктивних і кінематичних параметрів голки та механіко-технологічних властивостей ґрунту. Розроблена нами модель базується на теорії внутрішньої напруги А.М.Панченко[23], тому нами запозичені основні елементи моделі, які саме відповідають вимогам [23].

Математична модель взаємодії робочого органа з ґрунтом передбачає основні модельні уявлення оброблюваного середовища

З аналізу відомих моделей взаємодії з робочого органу з ґрунтом, нами узагальнені прийняті в них припущення :

- ґрунт моделюється середовищем, таким що має внутрішнє тертя і питоме счеплення часток;
- розгалуження тріщин (ліній зколу) у ґрунті відбувається за наступною схемою :
 - при куті атаки $\alpha < 45^{\circ}$ у поперечно-вертикальній площині під кутом φ_2 до вертикалі, де φ_2 - кут внутрішнього тертя, у повздовжно-вертикальній площині під кутом $90^{\circ} + \varphi_2$ до ріжучого леза [23]
 - при куті атаки $45^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$ під кутом φ_2 до вертикалі у повздовжно-вертикальній і поперечно-вертикальній площинах[23].
 - первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріоритетним і в процесі розповсюдження не змінюється [23];
 - опір розповсюдженню тріщини є постійним на всій її довжині [21,23];
 - реакція ґрунту не залежить від напряму прикладання сили [21];
 - питоме зчеплення часток ґрунту є інтегральним показником, що визначає всі механіко-технологічні властивості ґрунту [23].

Наведені обмеження розповсюджуються тільки на ґрунти типу чорнозем, з вмістом гумусу більше за 4%.

Аналіз сил і переміщень, що діють в системі голка-ґрунт

Виконаємо покроковий аналіз взаємодії голки з оброблюваним середовищем починаючи з найпростішого варіанту: Диск встановлений вертикально, площа обертання співпадає з напрямком руху. Розрахункова схема представлена на рис. 2.7.

Вважаємо, що голка занурюється у ґрунт вертикально [21,23]. Таким чином, можна виділити дві основні складові реакції ґрунту :

- сила опору зминання;
- сила сколу призми ґрунту;

Сили тертя враховані в методиці визначення твердості ґрунту [21].

Голка являє собою конічний штамп, аналогічний наконечнику твердоміру В.П.Горячкіна [21]. Тому сила опору на зминання спрямована вертикально і буде дорівнювати :

$$P_{зМ} = q \cdot S = 0,5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot q \cdot d^2, \quad (2.1)$$

де q твердість ґрунту; d – діаметр міделевого перетину конусної частини голки.

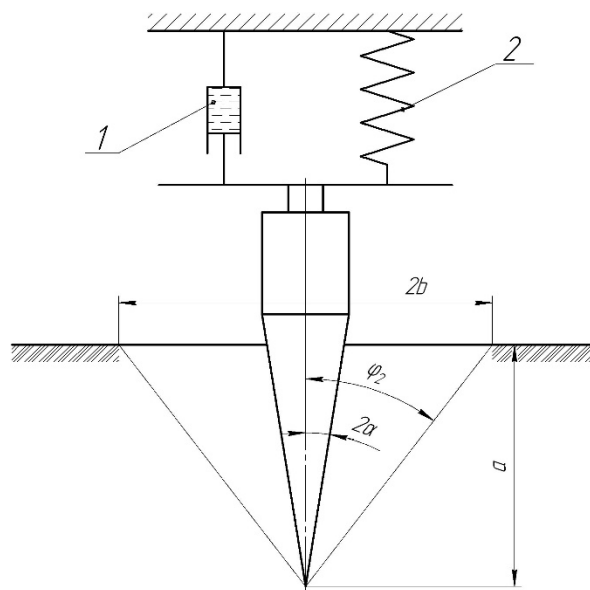


Рисунок 2. – Реологічна модель взаємодії голки з оброблюваним середовищем

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Характеристика умов проведення досліджень

Загальна площа плантації, га	-	211
Тип ґрунту	- чорнозем звичайний середньосуглинистий	
Агрофон – оброблена біодеструктором і задискована стерня кукурудзи		
На поверхні ґрунту утворилась кірка на глибину	2,5-3,5 см	
Механіко-технологічні властивості ґрунту :		
Твердість н/см ²	- 56	
Питоме счеплення часток ґрунту в шарі 0 – 10 см, кН/м ²	- 20 – 25	
Межа несучої спроможності, кН/м ²	- 400 -500	
Кут внутрішнього тертя, град	- 40 – 50	

Загальні результати досліджень

В зв'язку з тим, що дослідна установка не представляє собою повноцінний ґрунтообробний агрегат, а має лише дві дискові секції, на плантації була відбита ділянка 20x2 м, на якій і проводились дослідження шляхом 3-4 кратного проходу.

Ротаційна секція стало виконує технологічний процес, технологічні відмови не відмічені. В процесі роботи диски вільно обертаються, пробуксовування не відмічено.

Візуальним оглядов огріхів не відмічено, але розміри грудок після дослідних і серійних дисків помітно різні. Поверхнева кірка практично повністю порушена. Налипання ґрунту на зуби не відміченою. Глибина ходу в обох варіантах практично не перевищувала товщини кірки. В ході досліджень використання профілометра було визнане недоцільним.

Рациональне значення робочої швидкості на якій і виконані всі досліді 17-20 км/год. Умови експерименту вимагали незначного 5-8 см перекриття проходів дискових секцій, але на таких швидкостях зробити це практично не можливо.

На підставі отриманих експериментальних даних за методикою [13]

Будуємо рівняння регресії для вертикальної складової реакції ґрунту

$$Y = -82,37 + 3,78 \cdot \alpha + 3,91 \cdot h + 4,58 \cdot V - 2,49 \cdot h^2 \quad (4.1)$$

Для більш наглядного аналізу нами з використанням типової комп'ютерної програми побудови 3D залежностей побудована поверхня відгуку (рис.4.2).

Як показує аналіз, вертикальна складова реакції ґрунту приблизно в однаковій мірі залежить від конусності голки і швидкості її занурення. Для перевірки адекватності математичної моделі виконаємо розрахунок опору занурення за формулою (2.5.) і порівняємо з отриманими експериментальними значеннями :

$$P = 0,25 \cdot \pi \cdot q \cdot d^2 + C_{\text{ПИТ}} \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \text{tg}\varphi_2$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot 56 \cdot 1,5^2 + 2 \cdot \pi \cdot 2,5^2 \cdot \text{tg}45 = 99 + 39,27 = 138,27 \text{ Н.}$$

Отримане значення знаходиться в межах отриманих експериментально, тобто, можна говорити об адекватності розробленої математичної моделі.

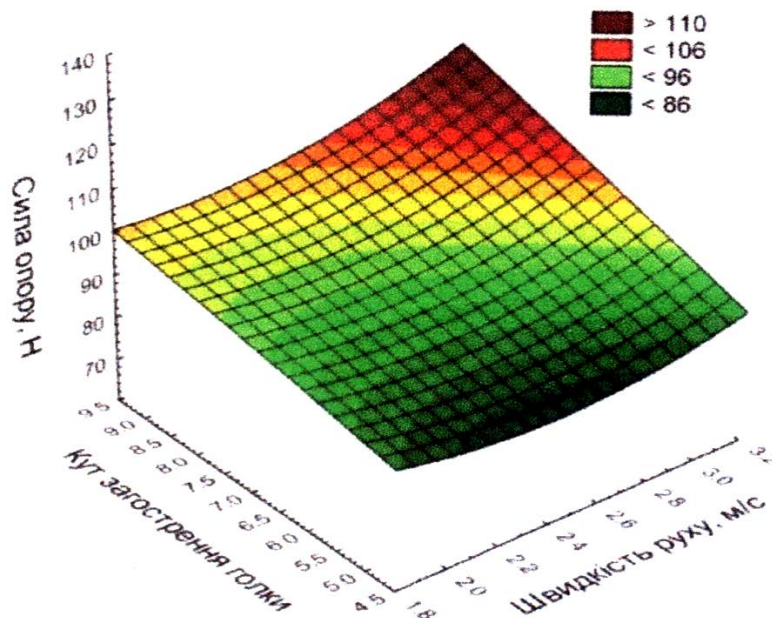


Рисунок 2 – Поверхня відгуку залежності аертикальної реакції ґрунту від конусності голки і робочої швидкості дослідної установки при постійній глибині занурення $h = 2,0 - 2,5$ см

ВИСНОВКИ

1. Працездатність ротаційної зубової борони можна суттєво покращити шляхом раціоналізації параметрів голок (зубів) на основі запозичення принципів будови тіла біологічного аналогу – їжака

2. Математична модель взаємодії голки (зуба) з ґрунтом в основі якої покладена теорія внутрішньої напруги А.М.Панченко і рівняння підпірної стінки Цитовича адекватно описує процес і дає в розрахунках хорошу збіжність результатів з експериментальними дослідженнями.

3. Рациональні параметри конструкції : діаметр голки 18 мм, конусність 18° . Радіус описаного кола 500 – 510 мм

4. Рациональне значення жорсткості пружного елемента ___ н/см, що забезпечує амплітуду віброударних коливань 0,5 см з частотою 15с^{-1} Рациональна швидкість поступового гуху 4,0-4,5 м/с.

Список використаних джерел

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. Посібник М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроєкологічний університет», 2012. – 84 с. Навчальний посібник розрахований на студентів

2. Аппроксимация функции одной переменной : онлайн калькулятор/ електронний ресурс/ код доступу <https://planetcalc.ru/5992/>

3. [Бабицкий Л. Ф.](#) Обоснование конструктивных параметров гибкой бороны / Л. Ф. Бабицкий, И. В. Соболевский, В. А. Куклин // [Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти](#). - 2016. - Вип. 4. - С. 61-68. – Режим доступу : доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vuvmaao_2016_4_7

4. Бабицкий Л.Ф. Основы бионических исследований: Учебник для студентов высших учебных заведений / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский // – Симферополь: ЧП «Антиква», 2014. – 238 с.

5. Біонічні передумови до створення дискозубових борін для екологічного землеробства / Л.Ф. Бабицький, Соболевський І.В. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Мелітополь, 2014. – Вип. 2. С. 73-81.