

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2023 р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

тема роботи: **«Дослідження технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з обґрунтуванням параметрів машинного агрегату»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Недзельський Станіслав Віталійович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Петриченко Є. А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **А.В. Войтік**
“ ____ ” _____ **2023 р.**

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту _____ **Недзельському Станіславу Віталійовичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з обґрунтуванням параметрів машинного агрегату»

керівник роботи к.т.н., доцент Петриченко Є.А. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 25.11.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: загальна характеристика процесу боронування; літературні джерела; ротаційні борони масового виробництва; ротаційні борони спеціального призначення.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

- на основі аналізу наведених в науково-технічній літературі результатів досліджень, окреслити невирішені проблеми та визначити напрямки аналітичних і експериментальних досліджень;
- аналітично обґрунтувати форму голок та побудувати аналітичну модель взаємодії ротаційної борони з оброблюваним середовищем;
- провести експериментальні дослідження на підтвердження адекватності висунутих робочих гіпотез і розроблених аналітичних моделей;
- провести техніко-економічні розрахунки на підтвердження ефективності виконаних досліджень;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; ротаційні борони масового виробництва; гнучка борона Л.Ф. Бабицького; біонічна ротаційна борона ; показники економічної ефективності.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Петриченко Є.А., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2023 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2023 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2023 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2023 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2023 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2023 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Недзельський С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Петриченко Є. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Недзельський С.В. Дослідження технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з обґрунтуванням параметрів машинного агрегату (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 55 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 31 рисунок, 7 таблиць, 22 джерел літератури).

Робота присвячена підвищенню ефективності поверхневого обробітку ґрунту.

Розроблена конструкція біонічного гольчатого диска ротаційної борони дозволить зменшити питомий тиск на родючий шар ґрунту та покращить тягово-зчіпні показники тракторів за рахунок збільшення площі контакту шин з опорною поверхнею.

Для реалізації поставленої мети в першому розділі проведено дослідження впливу коливань елементів машинно-тракторного агрегату на його динамічні показники.

В другому розділі проведено аналіз шляхів підвищення тягово-зчіпних показників колісних тракторів, врахувавши переваги і недоліки кожного обрано способу з використанням здвоєння коліс.

В третьому розділі проведено удосконалення ходової частини, а саме розроблено конструкцію пристрою кріплення додаткових коліс. Проведено конструктивно-технологічні розрахунки запропонованого пристрою, якими доведено підвищення тягово-зчіпних показників трактора за рахунок збільшення площі контакту коліс з опорною поверхнею.

Розроблено питання з охорони праці при експлуатації тракторів зі здвоєними колесами.

Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: БІОНІКА, ГОЛЬЧАСТИЙ ДИСК, РОТАЦІЙНА БОРОНА, ПОВЕРХНЕВИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ КОЧЕННЯ, ПИТОМИЙ ТИСК НА ҐРУНТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1.1 Загальна характеристика процесу боронування	8
1.2 Ротаційні борони масового виробництва	8
1.3 Гнучка борона Л.Ф. Бабицького	11
1.4 Ротаційні борони спеціального призначення	13
1.5 Біонічна ротаційна борона	14
1.6 Огляд аналітичних досліджень.	17
Висновок по розділу	19
2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ.	20
2.1 Обґрунтування прототипу і конструктивної схеми робочого органу	20
2.2 Математична модель	22
Висновки по розділу	26
3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	27
3.1 Програма та методика експериментальних досліджень	27
3.2 Результати експериментальних досліджень	34
Висновки по розділу	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Аналіз стану безпеки праці в умовах сучасних сільськогосподарських підприємствах	43
4.2 Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її здійсненні	43
4.3 Організація контролю	45
Висновки по розділу	46
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	47
Висновок по розділу	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Актуальність роботи. За визначенням боронування являє собою поверхневий обробіток, який передбачає кришення, розпушення, часткове перемішування, вирівнювання поверхні ґрунту, а також знищення проростків і сходів бур'янів. Його застосовують для подрібнення грудок, руйнування ґрунтової кірки, вирівнювання гребенів, тощо. Можна стверджувати, що боронування в значній мірі визначає якісний стан ґрунтового середовища.

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; виконані експериментальні дослідження на підтвердження; адекватності висунутих робочих гіпотез і розроблених аналітичних моделей; проведені техніко-економічні розрахунки на підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії з ґрунтом нової конструкції голчастого диска

Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів системи голчасте колесо-пружний стояк на якісні показники обробітку ґрунту та надійності конструкції.

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів теоретичної і землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики. Експериментальні дослідження виконані за спеціально розробленими методиками з залученням методів планування експерименту та регресійного аналізу.

1 СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналізом літературних джерел нами систематизована наступна схема досліджень, спрямованих на розробку нових робочих органів, рис (1.1)



Рис.1.1 – Послідовність досліджень, спрямованих на розробки нового робочого органу

Дослідження за тематикою магістерської роботи виконані нами у відповідності до наведеної структури робіт.

1.1. Загальна характеристика процесу боронування

Оглядом літературних джерел встановлено, що агротехнічні вимоги на якість боронування залежать від того яким чином борона використовується: як самостійний агрегат, чи у складі ґрунтообробного комплексу. Проте можна окреслити вимоги, які є спільними для різних варіантів використання борін:

- глибина борозен 3 - 4 см;
- діаметр грудок ґрунту не більше 5 см;
- відсутність брил і гребенів;
- відсутність огріхів;
- відсутність бур'янів;

в разі післясходового боронування кількість пошкоджених культурних рослин не більше 3%.

Для зменшення випаровування вологи навесні боронуванням на поверхні ґрунту створюють мульчуючий шар товщиною 3-4 см. Операцію рекомендовано проводити коли вологість поверхневого шару буде становити. близько 60% повної вологості. Для запобігання огріхів боронування рекомендується проводити з перекриттям за шириною захвату 15-20 см

1.2. Ротаційні борони масового виробництва

Останнім часом ротаційні борони різного конструктивного виконання отримали широке розповсюдження, що обумовлене рядом переваг над пасивними робочими органами.

Оглядом літературних джерел встановлено. Саме ротаційні борони дають змогу подолати проблему утворення кірки на посівах озимих культур, розв'язуючи цілу низку супутніх проблем.

На полях України працюють різноманітні моделі ротаційних борін, що відповідають усім агротехнічним вимогам, і які виготовляють закордонні та

вітчизняні фірми-виробники сільськогосподарської техніки. Розглянемо, на наш погляд, найцікавіші серед них.

Ротаційна зубова борона «ДИНАР», рис.1.2. обробляє ґрунт на глибину до 5 см. Основним робочим органом є дискова батарея, що складається з роторних зірочок з евольвентним профілем зуба. Роторні зірочки виготовлені методом литва зуба і ступиці як єдиного конструктивного елементу.

Зміна інтенсивності дії на ґрунт виконується регулюванням жорсткості подвійної пружини стояка кріплення і швидкістю руху агрегату.

В цілому перевага робочих органів з косим зубом полягає в геометрії входження зуба у ґрунт. Так, якщо вигин зуба спрямований за напрямком руху, то зуб входить у ґрунт вертикально, якщо повернути зуб вигином проти напрямку руху то інтенсивність дії на ґрунт суттєво зростає, що є корисним при обробці стерні



Рис.1.2.- Ротаційна борона «Динар», виробництва ПАТ «Лозовські машини»

Окремо слід розглянути випадки, коли ротаційна борона використовується у складі комбінованого агрегату. В такому разі борона не є основним базовим робочим органом і використання зірочок (дисків) складної конструкції не є виправданим, бо основний технологічний процес виконують інші робочі органи.

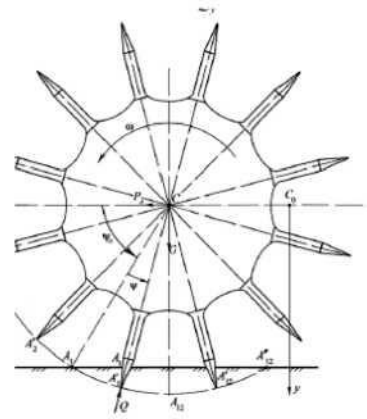


Рис.1.3 – Ротаційна борона у складі комбінованого агрегату

За правило в таких конструкціях використовують найбільш дешевий базовий варіант з прямими зубами циліндричної форми (рис.1.3). Проте в разі коли борона виконує основний технологічний процес її конструктивні елементи максимально адаптують до цього процесу. Так для збагачення поверхневого шару повітрям використовують принцип так званого мікровибуху [3,4]. Сутність полягає в тому, що кінцевіку зуба надають форму лопати (рис.1.4) В процесі роботи зуб повторює процес підкопування лопатою. Принциповим є те, що на завершальному етапі реакція діючих сил буде спрямована від дна борозни вертикально в напрямку денної поверхні, що зовні нагадує вибух.

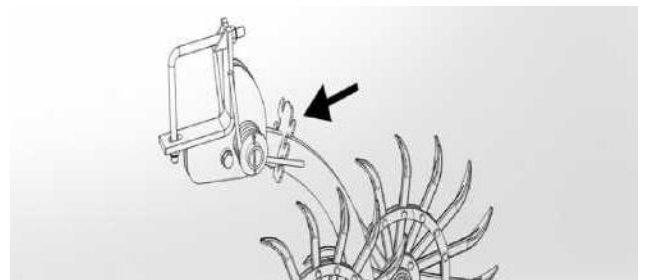
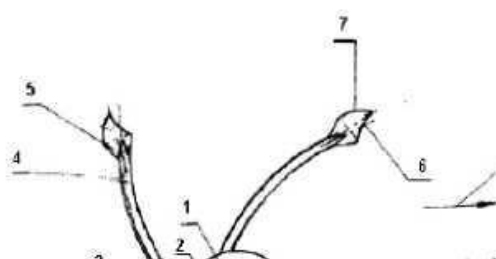


Рис.1.4 – Варіанти виконання зубових дисків підкопуючої дії

В варіанті легких ґрунтових умов знайшли розповсюдження легкі голчасті ротаційні борони, які використовують в основному для порушення ґрунтової кірки (рис.1.5). До недоліків слід віднести значну кількість складових одиниць в конструкції.

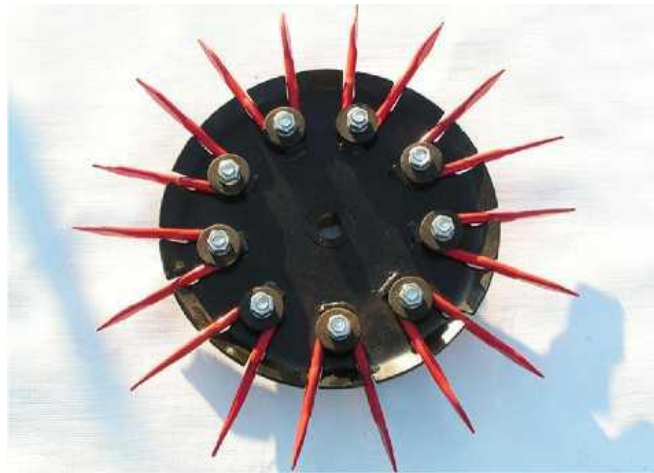


Рис.1.5. – Голчастий диск легкої ротаційної борони

1.3. Гнучка борона Л.Ф. Бабицького

Л.Ф.Бабицький [3,4] запропонував конструкцію гнучкої ротаційної борони (рис.1.6).

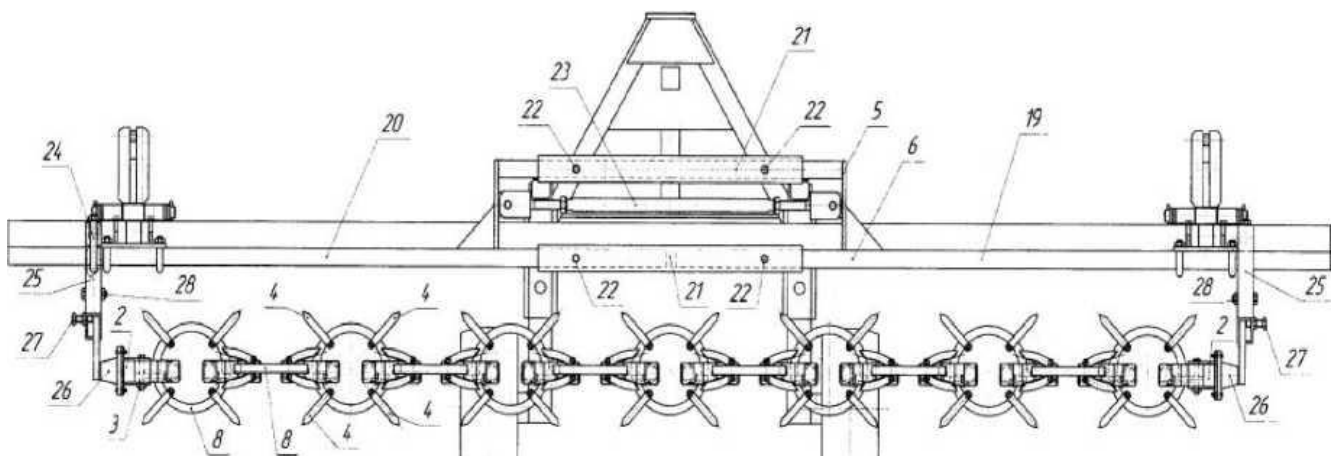


Рис. 1.6 – Конструктивна схема гнучкої ротаційної борони Л.Ф.Бабицького[3,4]

В процесі руху, за рахунок наявності пружних елементів, голки виконують складний коливальний рух (рис.1.7.), що дозволяє робити поверхневий шар ґрунту більш однорідним.

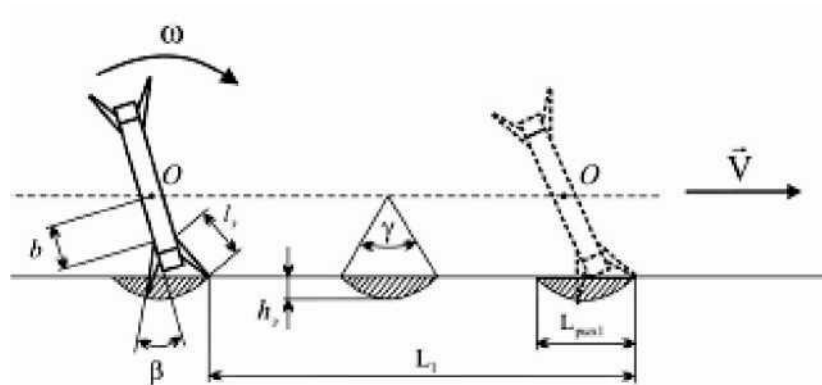
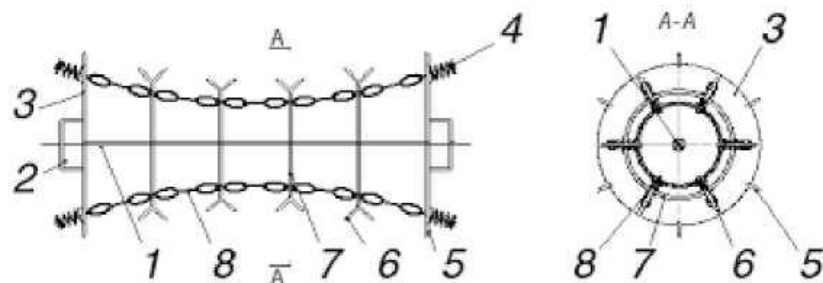


Рис. 1.7 – Схема коливального руху голок борони Л.Ф.Бабицького [3]

Запропонована борона V- подібної форми. (рис.1.8).



1 – вал; 2 – опора валу; 3 – диск опорний; 4 – циліндрична пружина;
5 – ґрунтозацеп; 6 – зуб; 7 – проміжне кільце; 8 – ланцюг.

Рис. 1.8 – Схема гнучкої ротаційної борони [8]

Конструкція даної машини представлена на рис.1.9.



Рисунок 1.9 – Схема борони

1.4. Ротаційні борони спеціального призначення.

Розглянуті вище конструкції борін призначені до роботи в умовах рядової експлуатації, тобто на звичайних плантаціях в умовах традиційної системи землеробства. В той же час існує ряд технологій вирощування сільськогосподарських культур, які теж потребують боронування, але традиційними способами це зробити не можливо. Розглянемо окремі конструктивні рішення, адаптовані саме під такі технології.

Гребенева технологія землеробства

Для роботи в умовах гребеневого землеробства розроблена спеціальна борона (рис.1.10). Робочий орган виконує ярусний обробіток при гребневому розміщенню культури, наприклад картоплі. Ротор обробляє міжряддя з нищенням бур'яну і розпушує гребені на невелику (до 3 см) глибину. До недоліків конструкції слід віднести те, що ротор закріплений консольно і тому навантаження на підшипникову опору буде збільшеним. Але варіант з двома опорами не забезпечить сходження рослинних решток з голок і тому не використовується. Як правило голки таких борін виконують циліндричними з однобічним загостренням. В залежності від напрямку загострення секція має різну реакцію ґрунту. Тому вони можуть бути ліво і правосторонніми. В залежності від конкретних умов, їх можна міняти місцями.



Рис.1.10 Ротаційна борона для роботи в умовах гребеневого землеробства

Технологія землеробства Strip-Till

Особливість системи смугового землеробства Strip-Till полягає в чередуванні оброблюваних і необроблюваних смуг, що виключає можливість використання борін стандартної ширини захвату. Нами розроблена конструкція секції ротаційної борони, яка повністю вписується в систему машин для смугового землеробства (рис.1.11). Особливість конструкції також полягає в тому, що батарея має пружні стояки, що в процесі роботи призводить до збудження коливань. Автоколивання в системі сприяють самоочищенню від забивання міждискового простору рослинними рештками, що в умовах обмеженого простору смуги суттєво підвищує технологічну надійність секції.

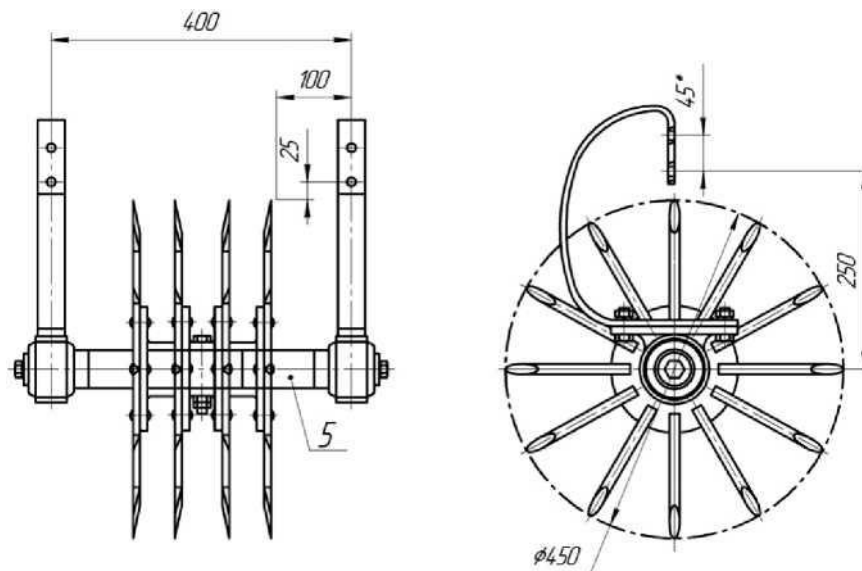
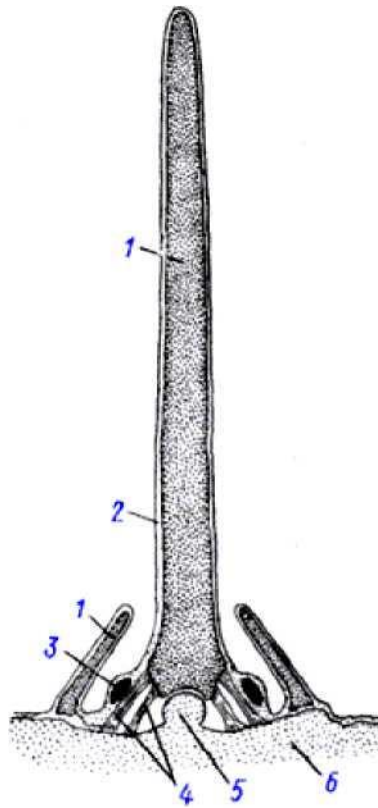


Рис. 1.11. Секція ротаційної борони для роботи за системою смугового землеробства Strip-Till [11] – власна розробка

1.5. Біонічна ротаційна борона власної розробки

У ротаційних зубових і гольчатих борін в процесі роботи виникають технологічні відмови з причини нависання на голках суміші ґрунту і рослинних решток. В процесі аналітичних досліджень було проаналізовано, як цю проблему вирішує

звичайний лісовий їжак. Розв'язка випливає з аналізу будови вузла кріплення голок до панцирю тварини (рис.1.12)

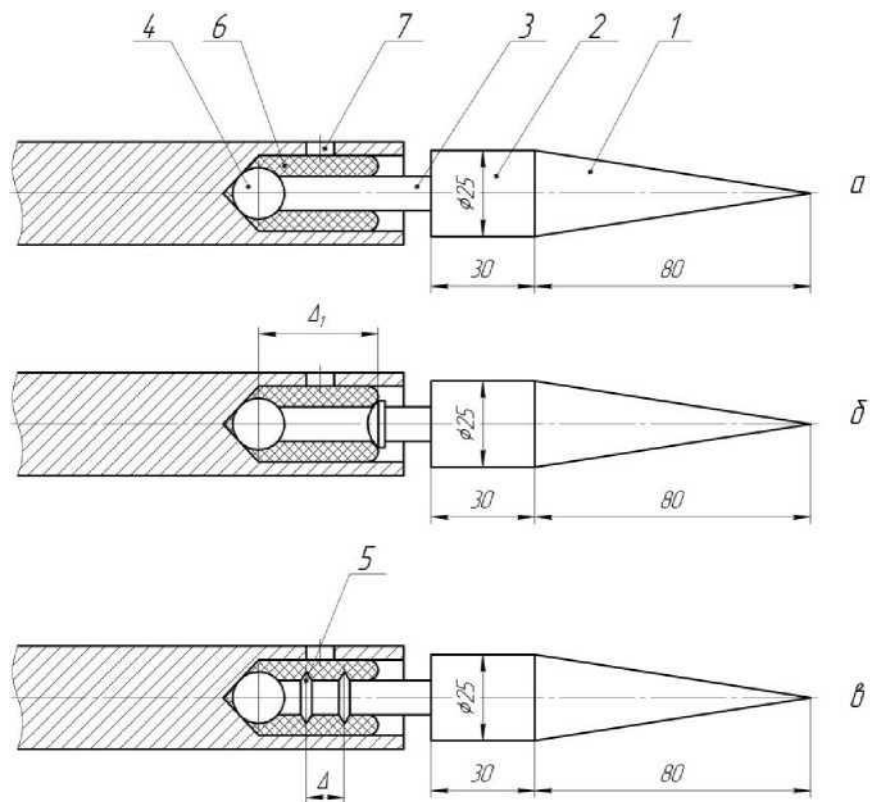


1 – голка; 2 – епітелій; 3 – нервово кільце; 4 – м'язи;
5 –суглобова головка; 6 - панцирь

Рис.1.12 - Схема кріплення голки до панциря їжака:

З точки зору кінематики, процес виглядає наступним чином. Нервова система тварини подає сигнал на нервово кільце 3, м'язи 4 починають стискатись-розтискатись і приводять у коливальний рух голку. Коливання голок відбувається не синхронно і в системі спостерігається несинхронізований коливальний рух всіх голок індивідуально, що призводить до видалення наколотих рослинних решток

На рис.1.13 приведені конструктивні схеми різних варіантів аналогу голки біологічного прототипу. Варіанти відрізняє характер доведення сили реакції голки до суглобової кінцівки 4: *а,б* - зосереджений; *в* - розсереджений



1 - наконечник; 2 - тіло голки; 3 - шток; 4 - суглобова кінцівка; 5 - технологічні
проточки; 6 - силиконова маса; 7 - технологічний отвір

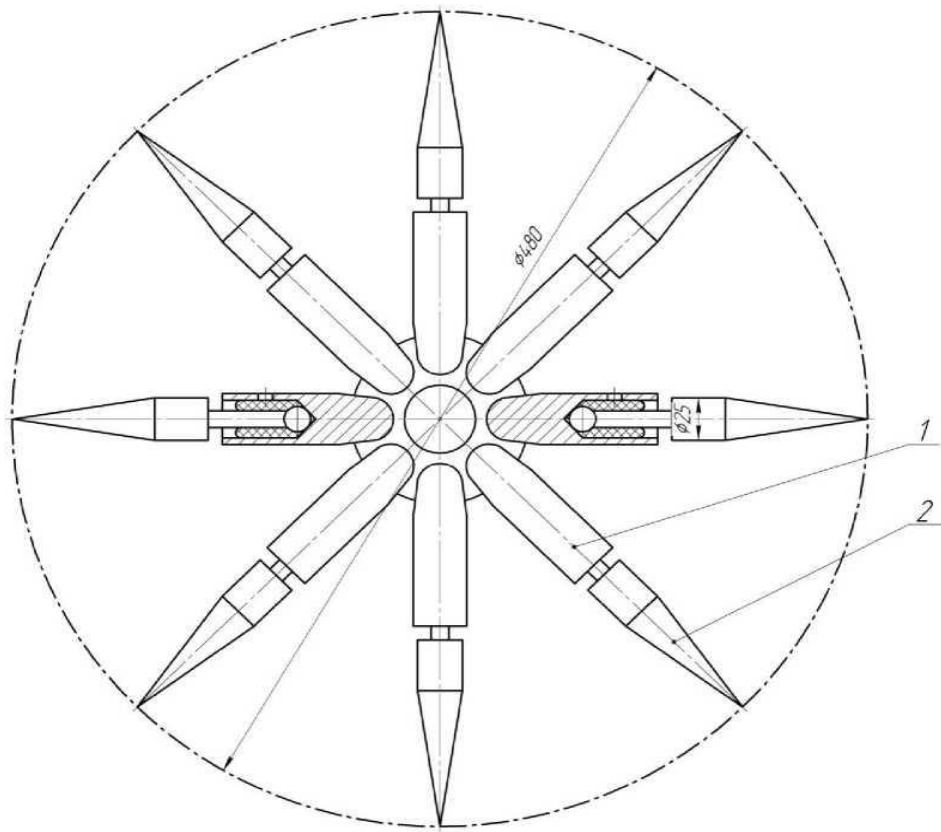
Рис.1.13 - Варіанти конструктивного виконання голок [11]

На рис.1.14 представлена узагальнена конструктивна схема біонічного гольчатого диска ротаційної борони [11]

Конструкція уніфікована з відомими конструктивними рішеннями розглянутих вище борін і може бути використана в серійних конструкціях.

Не дослідженим є питання кількості робочих циклів пружного елементу до його руйнування. Імітаційними дослідженнями встановлений прогнозований строк безаварійної роботи складає 2 - 2,5 роки, але слід відмітити, що в разі руйнування пружного елементу, голку заклинить в корпусі і конструкція буде працювати в пасивному режимі, тобто, працездатність буде збережена.

Слід відмітити, що технологія заповнення порожнини корпусу голки в умовах масового виробництва відпрацьована на ДП «Гуляйпільський маханічний завод» і проблем не викликає в разі руйнування пружного елементу.



1 – корпус зуба; 2 – зуб

Рис.1.14 – Конструктивна схема біонічного гольчатого диска ротаційної борони

1.6. Огляд аналітичних досліджень.

Слід відмітити, що більшість конструктивних і кінематичних параметрів ротаційних борін кожним виробником відпрацьовані експериментально і стосовно наперед визначеної конструкції. Прийняття конструктивної схеми залежить в основному від досвіду і інтуїції розробника. Аналітичні обґрунтування як правило відсутні. В результаті аналізу конструкцій ротаційних борін встановлено, що дія їх робочих органів на ґрунт може бути систематизована наступним чином: вертикальне занурення прямої голки з конусоподібним наконечником [5], створення мікровибуху [4,7,11], дія торцевою поверхнею[16]. В першому випадку кришення відбувається за рахунок вертикальної ріжучої сили занурення леза, в другому утворення вертикально діючої сили від нижнього до поверхневого горизонтів, в третьому кришення відбувається під дією стискаючих сил. Більшістю дослідників варіант мікровибуху розглядається як пріоритетний.

Серед останніх досліджень, слід відмітити роботу В.В. Шевчука [21], який показав голки циліндричної конструкції з конічним наконечником. (рис.1.15)

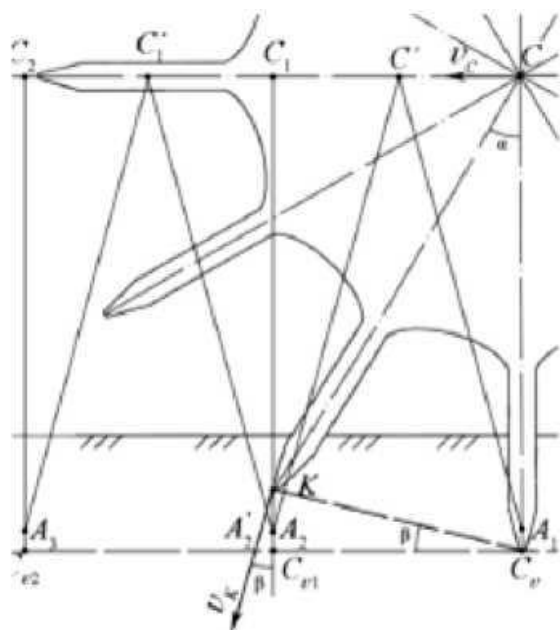


Рисунок 1.15 – Розрахункова схема до визначення кінематичних параметрів голчастого диска [11]

Також слід відмітити роботи Л.Ф. Бабицького[3,4] (рис. 1.16, 1.17).

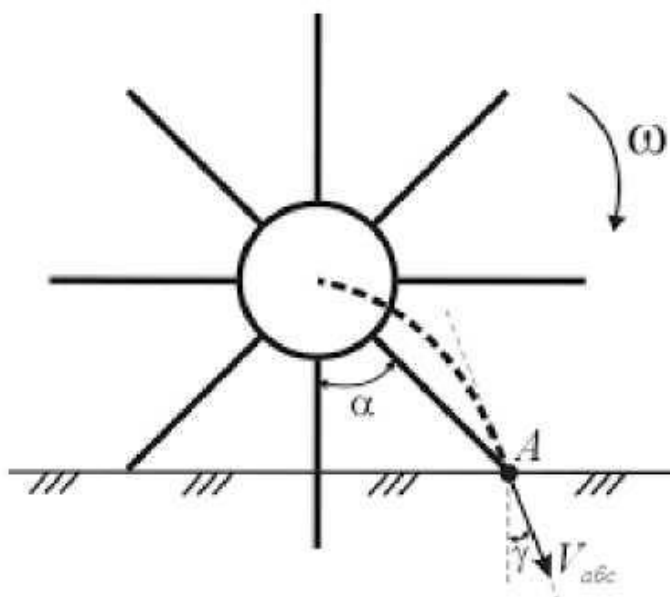


Рисунок 1.16 – Кінематична схема руху голки диска [3,4]

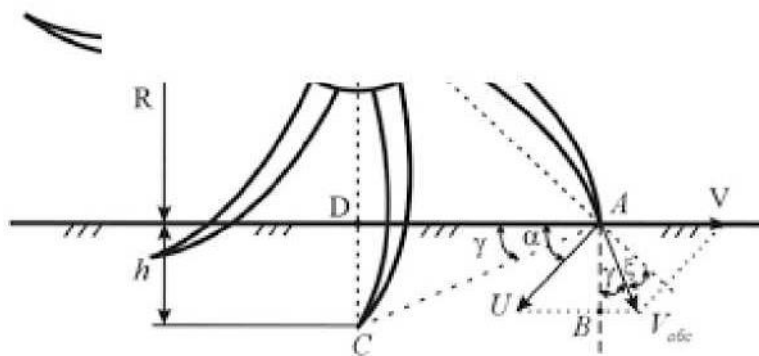


Рисунок 1.17 – Загальний вид голки, запропоновано Л.Ф.Бабицьким [4]

Висновок по розділу

Відомі конструкції ротаційних борін забезпечують якісне виконання технологічного процесу, але вони конструктивно складні і як наслідок мають високу вартість виготовлення. Тому метою даної магістерської роботи є обґрунтування максимально простої конструкції, але такої що могла б забезпечити якісні показники виконання технологічного процесу.

2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ.

2.1 Обґрунтування прототипу і конструктивної схеми робочого органу

За основу досліджень прийнятий робочий орган роторної борони БРН- 3,5 А (рис.2.1). Вибір вольвент ним тим, що дана борона випускається рядом вітчизняних виробників і доволі розповсюджена в господарствах.

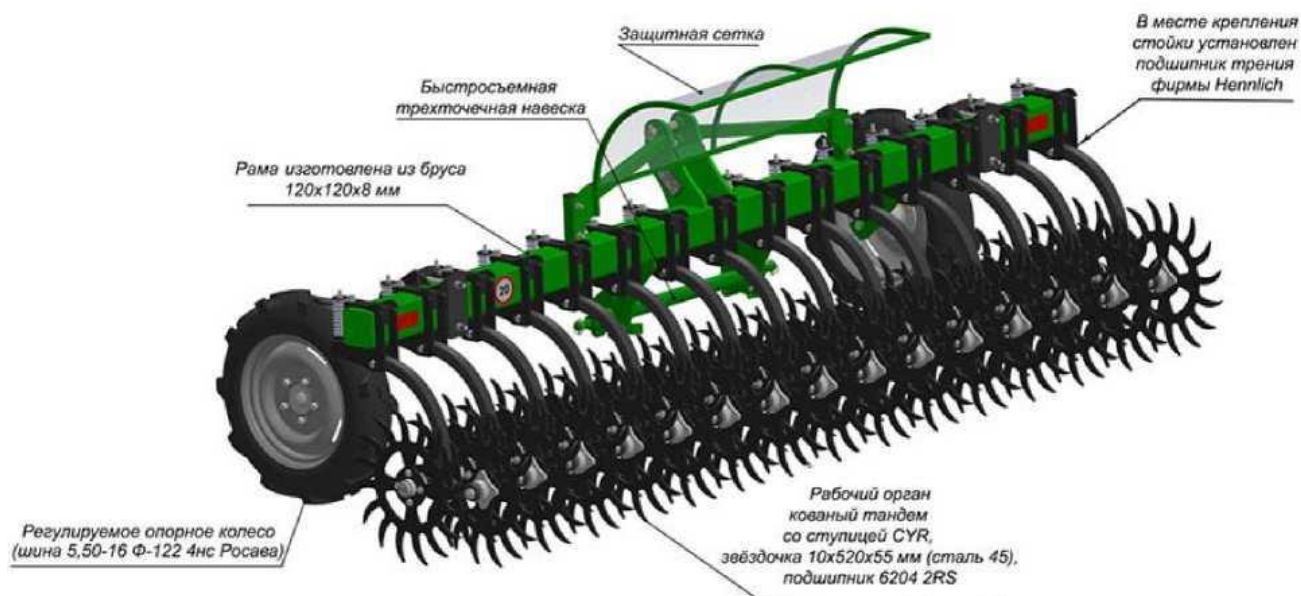


Рис.2.1 – Борона ротаційна начіпна БРН-3,5А

Борона призначена для суцільної і міжрядної обробки будь-яких культур: зернових, просапних, сої, овочів і т.д. Підходить для всіх типів ґрунтів. При обробці даним агрегатом проводиться механічна боротьба з бур'яном в фазі нитки, розпушування кірки ґрунту і закладення добрив або гербіцидів. Гойдає тандем на двох підшипниках збільшує термін служби даного вузла і забезпечує копіювання рельєфу ґрунту і однакову глибину обробки. Чим вище швидкість, тим сильніше рихлити ґрунт.

Профіль зуба такої борони добре аргументований, що дозволяє нам використовувати елементи досліджень [3,4,8,21].

Візуальними спостереженнями за роботою прототипу встановлено, що

встановлені паралельно диски розпушують ґрунт в межах утворюваної борозни вольвент ни простір залишається практично монолітним. Нами пропонується змінити конструктивно-розрахункову схему диска наступним чином (рис.2.2) Основні відмінності полягають в наступному. Диск пропонується зробити комбінованим. Базовим елементом конструкції є дисковий ніж 3 який поділяє оброблювану борозну на два сектори. З обох сторін диска прикріплені у шахматному порядку зуби з вольвент ним профілем робочої поверхні.

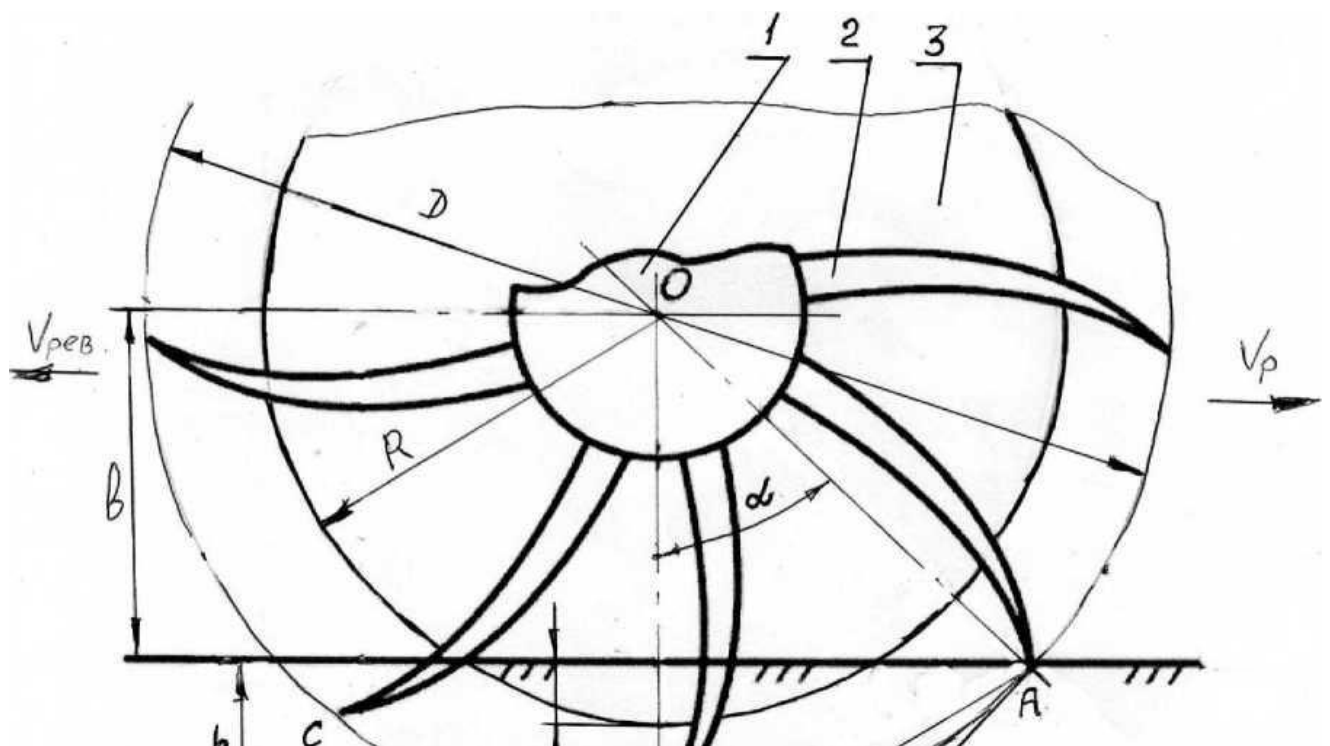


Рис.2.2 – Розрахункова схема ротаційного зубового диска :
1 – ступиця; 2 – зуб; 3 – дисковий ніж;

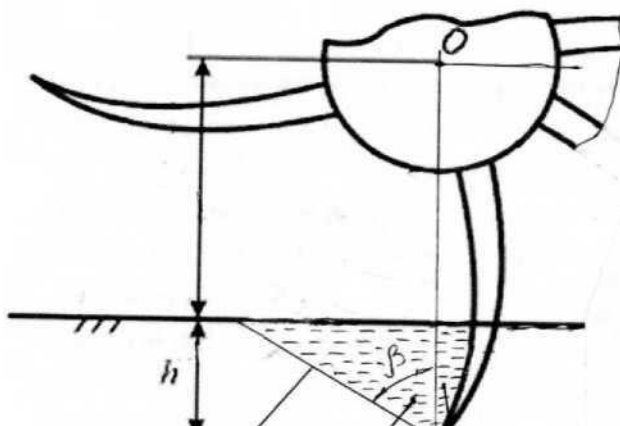
Таке конструктивне рішення призводить до того, що кожен зуб формує свою зону мікрориву у відділеному секторі.

У відповідності до розрахункової схеми виготовлений дослідний зразок диска (рис.2.3.)



Рис.2.3 – Загальний вид диска

Зуб можна представити як долото зі змінним кутом атаки, що надає можливості в моделі використовувати закономірності розповсюдження ліній сколу від леза [12] і розглядати поверхню як підпірну стійку [14,23].



- 1 – пріоритетний напрямок розповсюдження лінії сколу;
- 2 – розпушена призма ґрунту; 3 – буферна зона [6]

Рис.2.4 – схема формування мікробибуху :

2.2 Математична модель

В аналітичному плані при розробці математичної моделі за основу була взята теорія внутрішньої напруги [14]. Систематизувавши схему досліджень нами пропонується наступна схема, що описує принципові положення досліджень наглядно. (рис.2.5).

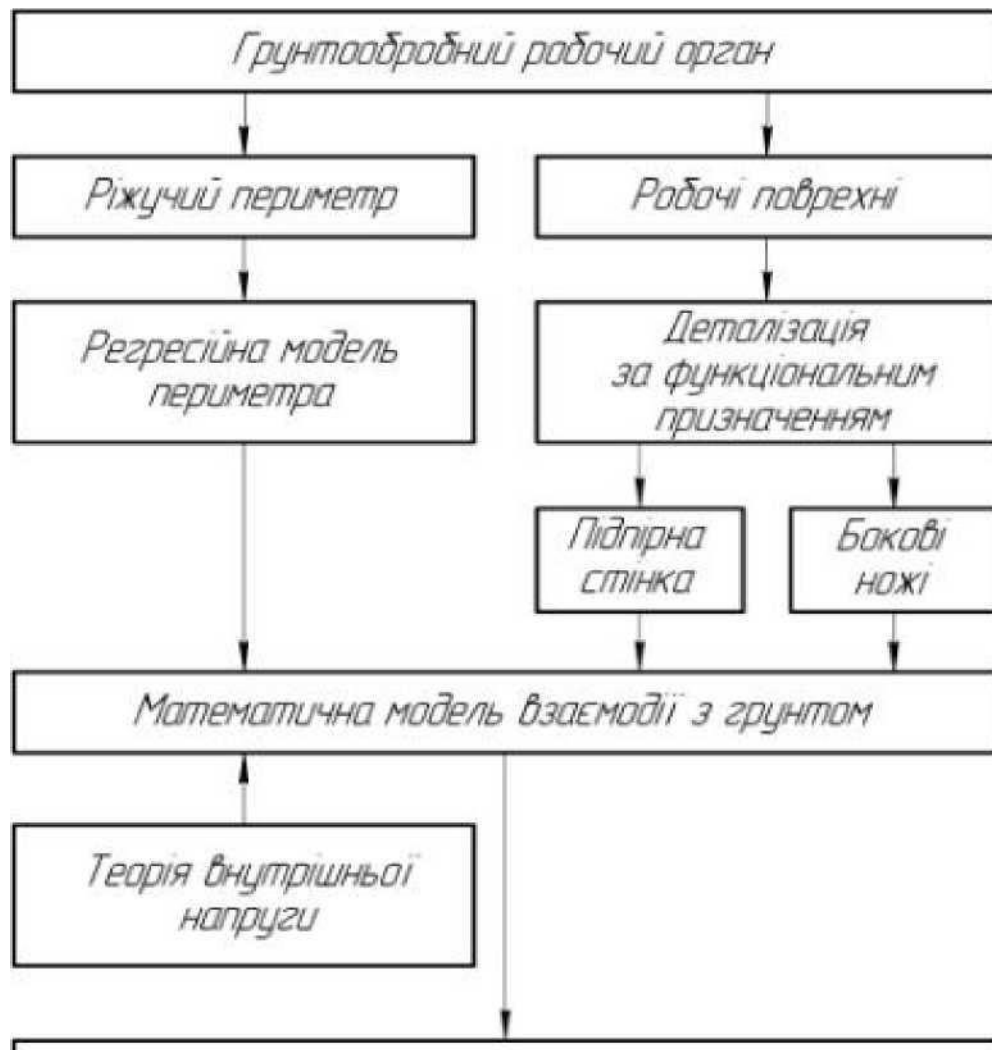


Рис.2.5 – Блок-схема систематизації робочого органу за функціональним призначенням складових його частин.

Сутність математичної моделі полягає у визначенні залежності тягового опору і якісних показників кришення від конструктивних і кінематичних параметрів знаряддя.

Оснoву математичної моделі становить інтегральна формула А.М.Панченка обчислення прогнозованого тягового опору ріжучого периметру довільної геометричної форми [14] Розглянемо цю залежність на предмет адаптації до виконуваних нами досліджень.

$$V = \frac{0,5 \cdot a^2}{\cos \alpha}, \quad (2.2)$$

Середній приведений діаметр грудки

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} \quad (2.3)$$

Висновки по розділу

1. Теорія внутрішньої напруги може бути використана як основа для створення аналітичної моделі взаємодії ротаційної зубової борони з ґрунтовим середовищем.

2. Адаптація розрахункової схеми і аналітичної моделі полягає в урахуванні впливу на процес приграничного до поверхні шару ґрунту, а саме в заміні в розрахунку сил тертя кута зовнішнього тертя на внутрішній.

3. Враховуючи те, що модель взаємодії з ґрунтом в своїй основі має рівняння прямолінійної підпірної стінки, запропоновано, використовуючи метод найменших квадратів шляхом лінійної інтерполяції знайти параметри приведеної прямолінійної поверхні, що відповідає загальним принципам аналітичної моделі.

4. Аналітичні розрахунки, виконані на основі запропонованої моделі показують хорошу, в межах 25%, збіжність результатів з результатами експериментальних

3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Програма та методика експериментальних досліджень

Аналітичне обґрунтування переліку контрольованих показників

Розрахункова схема будується розробником на підставі власних уявлень про конструкцію з урахуванням аналізу існуючого прототипу. Проаналізуємо відомі математичні моделі на предмет визначення необхідної і достатньої кількості показників, що забезпечують їх функціонування. Всього можна виділити три види математичних моделей.

Перший вид складають моделі, що входять до розрахункового курсу сільськогосподарських машин [10]. Їх особливість полягає в тому, що вони аргументують конструктивні параметри робочих органів з точки зору можливості виконання технологічного процесу без урахування якісних показників роботи.

Другу групу складають моделі землеробської механіки. Моделі цієї групи розглядають конструкцію робочого органу з точки зору взаємодії з оброблюваним середовищем, наприклад [8,11,21]. До третьої групи відносяться фундаментальні моделі загальнотеоретичного характеру, наприклад [6,14].

Аналіз моделей за наведеними групами дозволяє окреслити показники, що забезпечують функціонування моделей і характеризують виконання робочим органом технологічного процесу. Їх можна розділити на три групи:

1. *Показники агрофону, що характеризують стан плантації до початку роботи агрегату:*

- Питоме зчеплення часток ґрунту;
- Твердість і межа несучої спроможності ;
- Кути внутрішнього і зовнішнього тертя ґрунту в консолідованому і розпушеному стані;
- Питома вага ґрунтового середовища;

- Показники, що характеризують наявність і стан рослинних решток на поверхні і в оброблюваному шарі.

2. *Показники, що характеризують результат взаємодії з оброблюваним середовищем*

- Якість кришення і розпушення;
- Ступінь підрізання і загортання рослинних решток;
- Гребнистість і брилястість поверхні;
- Глибина обробітку;

3. *Показники, що характеризують знаряддя в процесі роботи*

- Складові тягового опору;
- Сталість ходу;
- Наявність технологічних відмов;
- Наявність технічних відмов;

Методики визначення більшості показників добре відпрацьовані:

4. механічні властивості [12];
5. показники кришення і розпушення [13];
6. тяговий опір [22];
7. експлуатаційні показники [15].

Окремі приватні методики досліджень

В ряді наукових праць запропоновані, власні показники, які вирішують специфічні задачі стосовно конкретних робочих органів, як-то, наприклад, коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів [14], який дозволяє оцінити нерівномірність кришення. Для визначення цього показника, як і для визначення коефіцієнту структурності необхідно шляхом просіювання ґрунтових проб на решетах отримати розподіл фракційного складу. На відміну від коефіцієнту структурності далі будується не гістограма розподілу а його огіва, рис.3.1.

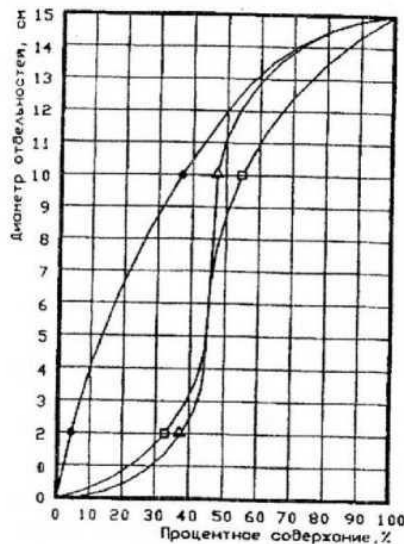


Рис.3.1 – Огиви розподілу фракційного складу взятої ґрунтової проби

Відміна огиви полягає в тому, що накопичена частота поміщена по осі абсцис, а значення признаку, в даному випадку вага фракції на осі ординат. Потім, за графіком знаходять накопичену масу до рівня відповідно 10 і 60%. Коефіцієнт різноподрібнення [14] визначається за залежністю:

$$K_p = \frac{d_{10}}{d_{60}} \quad (3.1)$$

де d_{10} і d_{60} середній приведений діаметр грудок що становлять відповідно 10% і 60% за накопиченою масою.

$$K_p = d_{10}/d_{60},$$

Для оцінки надійності машинодослідні станції часто використовують показник, який отримав назву коефіцієнт готовності. Фактично цей показник означає імовірність того, що в будь-який довільно взятий момент часу знаряддя знаходиться у працездатному стані. Для визначення цього показника необхідно за допомогою генератора випадкових чисел згенерувати в межах робочого часу зміни 10 значень часу і перевірити, чи працює в даний момент агрегат, чи ні, при цьому не поділяють на технічні причини і людський фактор. Коефіцієнт визначають за залежністю:

$$K_{гот} = \frac{n}{10}, \quad (3.2)$$

де n – кількість випадків знаходження агрегату в неробочому стані.

У зв'язку з масовим поширенням органічного землеробства і адаптацією обробітку ґрунту до його умов, актуальним є обґрунтування системи показників для оцінки якості формування шару мульчі. Оцінці підлягають стан денної поверхні і стан шару ґрунту на глибину обробітку. Для характеристики стану поверхні традиційно використовують два показники – гребнистість і глибистість (брилястість). Обидва показники опосередковано характеризують збільшення площі денної поверхні поля і тому є сенс ввести єдиний інтегральний показник, який би характеризував це збільшення $(K_{\text{п}}) = V_1/V$, де V - площа контрольної ділянки до обробітку знаряддям, V_1 – після обробітку.

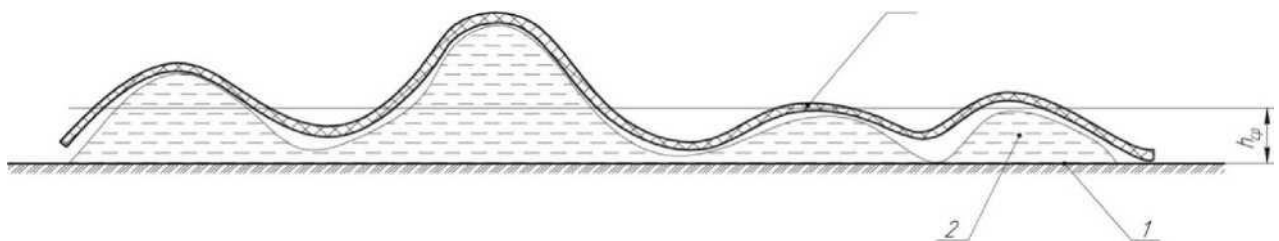
Сутність методики визначення показника визначається наступним чином (рис.3.2).

$$K_{\text{гот}} = \frac{L_M}{L}, \quad (3.3)$$

де L_M – заміряна ділини канату;

L – відстань по прямій між крайніми точками заміру.

Знання абсолютного значення цього показника дозволяє оцінювати випаровування вологи і величину отриманої соняшної радіації.



1 – вихідний рівень; 2 – гребінь; 3 – канат.

Рис.3.2. Схема профілю денної поверхні

Стан шару ґрунту на глибину обробітку пропонується оцінювати за двома показниками: якість кришення за коефіцієнтом структурності який визначається як відношення [8]

$$K_{\text{ст}} = \frac{m}{M}, \quad (3.4)$$

де m – сумарна маса структурних відмінностей з приведеним діаметром $0,25 \leq d \leq 10$ мм;

M – загальна маса взятої проби.

Якість заорювання рослинних решток

Показник пропонуємо оцінювати за коефіцієнтом заорювання

$$K_3 = \frac{n}{N} \quad (3.5)$$

де n – вагова кількість рослинних решток на поверхні ґрунту і поверхневому шарі 5-8 см до проходу агрегату в межах накладеної на поверхню рамки;

N – вагова кількість рослинних решток у шарі мульчі на повну глибину обробітку ґрунту в межах рамки;

Сутність методики визначення полягає в наступному. На поверхню поля накладається рамка (рис.3.3,*а*) і в її межах знімається шар ґрунту 5-8 см, якщо визначається n і на повну глибину обробітку, якщо визначається N .

Взята проба просіюється на решеті з діаметром отворів 10 мм. (рис.3.3,*б*). Не просіяні рослинні рештки збирають, зважують і визначають питому вагу в розрахунку на 1 см² денної поверхні.



а



б

а – обладнання; *б* – сепарація рослинних решток $d = 10$ мм.

Рис. 3.3 – Визначення бур'янів

До переваг даного методу можна віднести і те, що є можливість одночасного визначення коефіцієнтів структурності і різноподрібнення розпушеного ґрунту.

Для оцінки ступеня кришення ґрунтової кірки взяту ґрунтову пробу з поверхневого шару просіваю попередньо на решеті з діаметром отворів 50 мм, що жозволяє відділити фракцію з відповідним приведеним діаметром, бо агровимоги припускають кришення до приведеного діаметру 50 мм.



Рис.3.4. Сепарація поверхневого фракційного складу на решеті $d = 50$ мм.

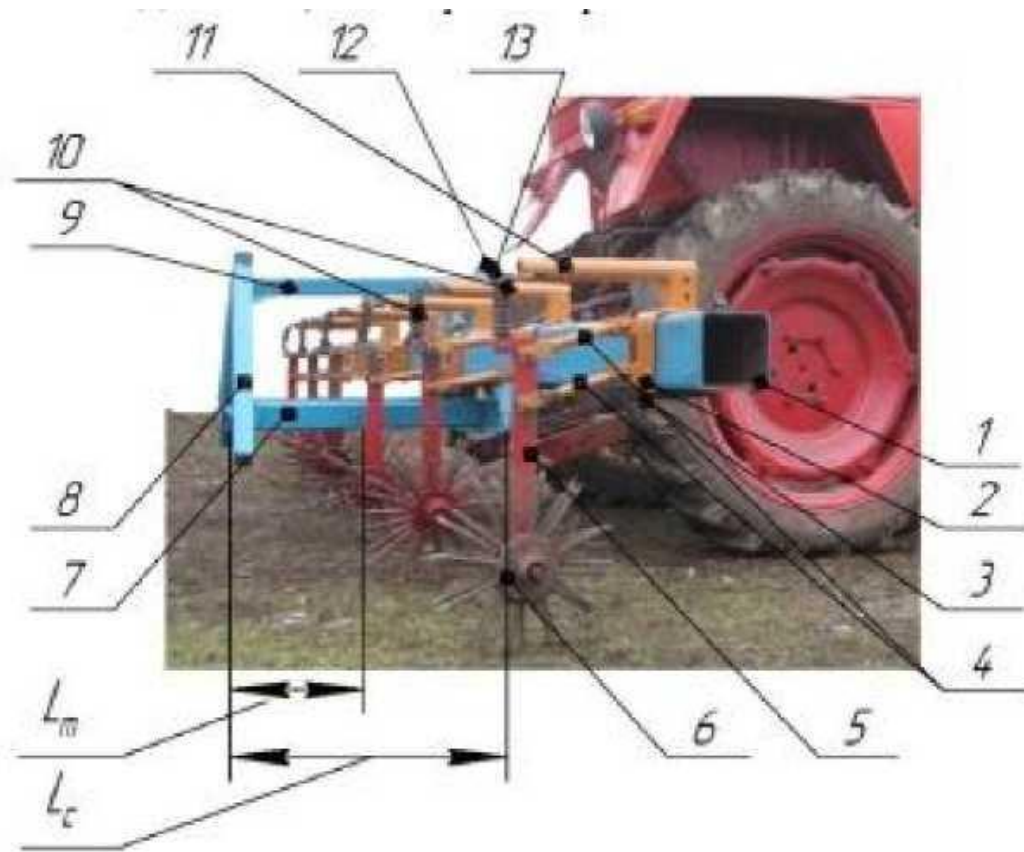
Конструкція дослідної установки

У зв'язку з обмеженими технічними можливостями в магістерській роботі були використані не опубліковані результати польових досліджень, м. Корсунь-Шевченковський Черкаської області.

Експериментальні дослідження проводились в умовах рядової експлуатації з використанням експериментальної дослідної установки даного підприємства, рис.3.5. На рисунку представлений базовий варіант комплектації заводу-виробника.

Установка являє собою поперечну прямокутну балку до якої хомутами кріпиться ряд гряділів з навішеними ротаційними дисками. Вся конструкція за допомогою гідравлічної начіпки навішується на трактор МТЗ-80. Особливість конструкції полягає в тому, що диски занурюються у ґрунт примусово з можливістю заміру сили занурення. Установка оснащена сучасним вимірювальним обладнанням з можливістю аналізу і відсіювання випадково

отриманих результатів



1 – поперечна балка; 2 – механізм кріплення; 3,4 – тяги паралелограму;
5 – стояк; 6 – ротаційний диск; 7, 8,9 – елементи конструкції рами; 10 – 13 –
елементи тензметричної ланки.

Рисунок 3.5 – Експериментальна установка М.П.Смирнова, варіант базової комплектації.[11] :

В процесі досліджень з експериментальної установки знімалися диски 6 виробництва базового підприємства і встановлювалися наші дослідні зразки, рис.2.2.

Програма експериментальних досліджень

Програмою передбачена комплексна оцінка ґрунтообробного знаряддя. А саме визначення, окресленої в п.3.1 групи показників.

Поетапно програма передбачає :

1. Оцінку стану дослідної ділянки з точки зору отримання показників, обумовлених потребами математичної моделі.
2. Визначення залежності тягового опору від вихідних параметрів дослідження.
3. Визначення якісних показників кришення і розпушення від вихідних параметрів дослідження.
4. Визначення показників експлуатаційної надійності конструкції.
5. Оцінка ремонтпригодності і уніфікації з відомими серійними робочими органами даного типу і призначення.

Традиційно для вирішення подібної задачі прийнято проводити трифакторний експеримент з наступним аналізом отриманого рівняння регресії і поверхні відгуку. При плануванні експерименту необхідно враховувати, що план повинен бути симетричним, або міг бути приведеним до такого шляхом інтер- і екстраполяції. В нашому випадку план експерименту складений за узгодженням з можливостями і потребами базового підприємства.

Признано недоцільним змінювати діаметр описаного кола диска, як параметр остаточно відпрацьований. Зміну механіко-технологічних властивостей ґрунту можливо виконати тільки проведенням експерименту мінімум у трьох різних господарствах, що не гарантує отримання симетричного плану, але значно підвищує вартість експерименту. Таким чином в якості змінних вихідних параметрів остаточно прийняті: кут атаки диска і робоча швидкість. Питоме зчеплення часток ґрунту, його твердість і кути тертя прийняті в якості незмінних вихідних параметрів.

Кодування факторів признане не доцільним.

3.2 Результати експериментальних досліджень

3.2.1 Характеристика дослідної ділянки

Площа плантації, 300 га

Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньосуглинистий

Стан поверхні – ґрунтова кірка завтовшки 2,5 – 3,0 см

Рослинні рештки – різнотрав'я

Уклон поверхні – до 3 градусів

Табл.3.1.Показники агрофону, запозичено зі звітності господарства

	Показник	Значення
1	Питоме зчеплення часток ґрунту , $C, \text{кН/м}^2$	2,5 – 4,5
2	Межа несучої спроможності, K'	450 – 820
3	Питома вага, $\gamma, \text{т/м}^3$	1,4 – 1,45
4	Кут тертя в консолідованому стані, град	48 – 56
5	Кут тертя по сталі, град	28 – 36
6	Твердість, $q, \text{Н/см}^2$	50 – 55

Загальні показники виконання технологічного процесу

Пробуксовування і рискання не відмічено.

Коефіцієнт готовності агрегату $K_{\Gamma} = 0,9 - 0,93$

Коефіцієнт використання робочого часу зміни $K_{\text{зм}} = 0,85 - 0,9$

Візуальним оглядом огріхів не відмічено

Глибина в дослідному і серійному варіантах практично не перевищувала товщини кірки. Раціональне значення робочої швидкості методом експертної оцінки визначене в діапазоні 12-18 км/год що відповідає нормативним вимогам.

Основні результати досліджень

Як було обґрунтовано в розділі №3, з об'єктивних причин ми відмовились від експерименту за трифакторним планом. Всі дослідження виконані шляхом однофакторного експерименту.

Результати дослідження тягового опору.

Табл.3.2 Заміряні значення тягового опору (чотирирядний варіант виконання)

Робоча швидкість, м/с		2,07	2,60	3,05	3,22	3,91	4,06	4,71	5,0
Тяговий опір, кН	Дослідний	1,91	2,33	2,43	2,52	2,61	2,64	2,70	2,73
	Серійний	1,92	2,34	2,41	2,50	2,64	2,65	2,75	2,78

Для аналізу отриманих залежностей виконаємо лінійну інтерполяцію. І на її основі встановимо математичну залежність якій підпорядковується масив дослідних даних. За результатами інтерполяції отримано рід графічних залежностей, які описують поведінку залежності (рис.3.6)

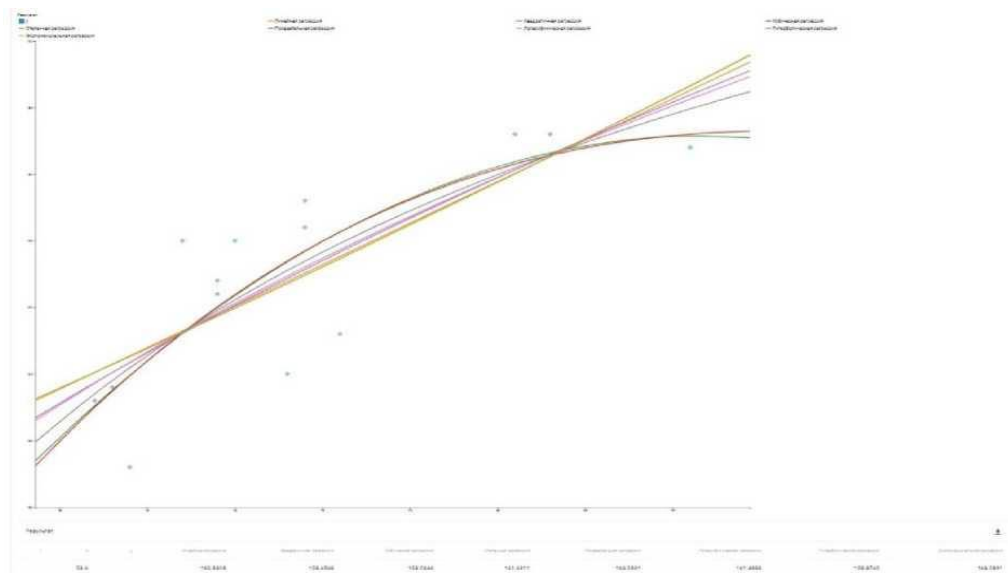


Рис.3.6 – Графічна інтерпретація залежності за результатами лінійної інтерполяції на основі методу найменших квадратів [2]

Як показав аналіз найбільший рівень кореляції мають три залежності, які можна використовувати як такі, що найбільш адекватно описують процес:

Лінійна регресія – $y=0.2393x+1.6275$

Коефіцієнт лінійної парної кореляції 0.9091

Квадратична регресія $y= - 0.1156x^2+1.0652x+0.2576$

Коефіцієнт кореляції 0.9838

Кубічна регресія

$y=0.0618x^3-0.7696x^2+3.2692x-2.0960$

Коефіцієнт кореляції 0.9961

Якісні показники виконання технологічного процесу.

Табл. 3.3 – Фракційний аналіз взятої проби ґрунту Робоча швидкість агрегату 2, м/с; поверхнева кірка відсутня

Кут атаки α , град	Діаметр отвору решета, мм	Маса фракції, кг	
		Дослідний	Серійний
0	10	5,32	6,81
	20	6,55	7,90
	25	7,21	8,93
	50	8,78	9,43
	Всього, кг	27,86	75,64
5	10	6,61	9,54
	20	7,84	10,87
	25	8,55	12,54
	50	9,03	14,65
	Всього, кг	32,03	47,6

Табл. 3.4 – Фракційний аналіз взятої проби ґрунту. Робоча швидкість агрегату 4,м/с; поверхнева кірка відсутня

Кут атаки α , град	Діаметр отвору решета, мм	Маса фракції,кг	
		Дослідний	Серійний
0	10	5,87	9,02
	20	6,53	10,12
	25	7,09	10,31
	50	8,16	10,92
	Всього ,кг	27,65	31,37
5	10	9,26	8,66
	20	9,78	8,91
	25	10,22	9,07
	50	10,11	10,0
	Всього, кг	39,37	36,64

Розрахункові контрольні показники

Серійний агрегат $\alpha = 0$; робоча швидкість 2,0 м/с

Коефіцієнт структурності $K_{ст} 0,16$

Коефіцієнт різноподрібнення $K_p = 0,44$

Серійний агрегат $\alpha = 5^\circ$ робоча швидкість 4,0 м/с

Коефіцієнт структурності $K_{ст} = 0,19$

Коефіцієнт різноподрібнення $K_p = 0,4$

Дослідний агрегат $\alpha = 0$; робоча швидкість 4,0 м/с

Коефіцієнт структурності $K_{ст} = 0,26$

Коефіцієнт різноподрібнення $K_p = 0,39$

Дослідний агрегат $\alpha = 5^\circ$ робоча швидкість 4,0 м/с

Коефіцієнт структурності $K_{ст} = 0,38$

Коефіцієнт різноподрібнення $K_p = 0,44$

Значення D_{10} і D_{60} – отримані шляхом аналізу огів розподілу, рис.3.1.

Аналіз отриманих розрахункових показників показує, що експериментальний агрегат формує поверхневий шар з більш якісним коефіцієнтом структурності при меншій розбіжності в приведених діаметрах утворюваних ґрунтових комків. Збільшення кута атаки до 5° підвищує якість кришення, але і збільшує нерівномірність розмірів утворюваних ґрунтових відмінностей.

Допоміжні показники оцінки якості виконання технологічного процесу.

Коефіцієнт гребнистості $K_p = 0,17-0,19$;

Коефіцієнт якості заорювання рослинних решток $K_3 = 0,81-0,84$;

Ступінь кришення поверхневої кірки визначалась в ході окремо проведеного експерименту $S_{кр} = 0,89-0,93$. Для візуальної оцінки якості роботи експериментального агрегату наводимо типовий вид поверхні обробленої

плантації, рис.3.7.



Рис.3.7. – Типовий вигляд поверхні поля після проходу дослідного агрегату

Аналіз фотовідбитку показує, що розпушення ґрунту відбувається при частковому збереженні стерні.

Комплексні польові дослідження тягового опору

Ротаційні зубові борони часто використовують у складі комбінованих агрегатів, де їх встановлюють під кутами до напрямку руху і вертикалі (рис.1.3). В такому конструктивному виконанні вони встановлені не на єдиному валу а на індивідуальних стояках. Тому нами проведені польові випробування, які б дозволили дослідити тяговий опір комплексно, в обох варіантах використання. Дослідження виконувались з використанням

експериментального тензометричного візка [7]. Який дозволяє встановити диск під різними кутами нахилу.

Для експерименту була окреслена група вихідних факторів і виконане їх кодування (табл.4.5)

Табл. 3.5 - Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Кут нахилу до напрямку руху, град	X_1	0	5	10
Кут нахилу до вертикалі	X_2	0	5	10
Робоча швидкість м/с	X_3	1,5	3,0	4,5

$$P, \text{ кН} = 0,96 + 0,059 \cdot X_1 + 0,068 \cdot X_2 + 0,064 \cdot X_3 - 0,028 \cdot X_1^2 - 0,118 X_2^2 - 0,046 \cdot X_3^2 - 0,01X_1 \cdot X_2 - 0,012X_1X_3 + 0,072X_2 X_3$$

Аналіз отриманого регресійної моделі

Дослідимо поведінку отриманої залежності при відсутності впливу одного з факторів.

$X_1 = 0$.

$$P = 0,96 + 0,068X_2 + 0,064X_3 - 0,118X_2^2 - 0,046X_3^2 + 0,072X_2X_3$$

$$P_{\text{MIN}} = 0,72, P_{\text{MAX}} = 1,02$$

$X_2 = 0$.

$$P = 0,96 + 0,059 \cdot X_1 + 0,064 \cdot X_3 - 0,028 \cdot X_1^2 - 0,046 \cdot X_3^2 - 0,012 \cdot X_1 \cdot X_3$$

$$P_{\text{MIN}} = 0,71, P_{\text{MAX}} = 0,88$$

$X_3 = 0$

$$P = 0,96 + 0,059X_1 + 0,068X_2 - 0,028X_1^2 - 0,118X_2^2 - 0,01X_1X_2$$

$$P_{\text{MIN}} = 0,73, P_{\text{MAX}} 0,98;$$

Графічний аналіз рівняння регресії представлений на рис.4.3.

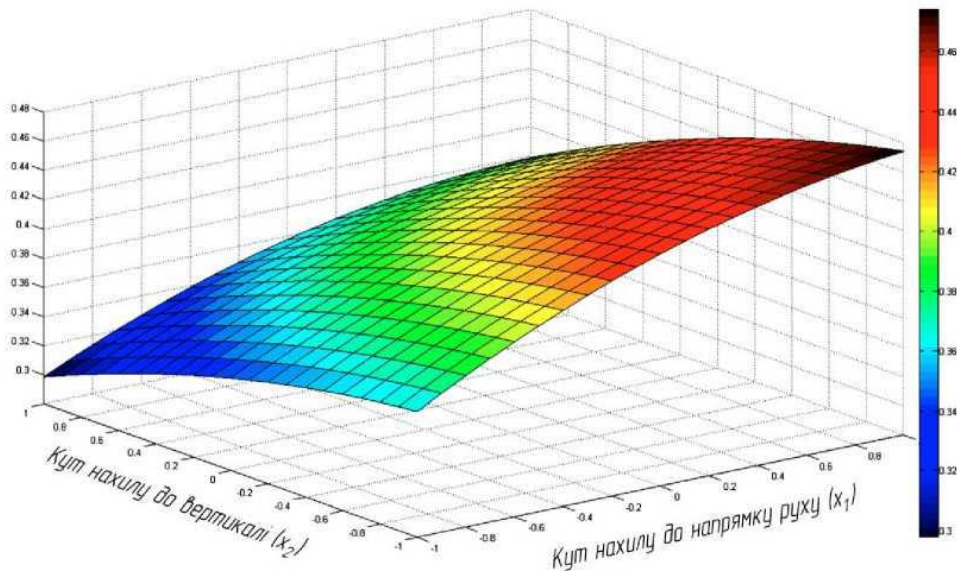


Рис.3.8 Графічна інтерпретація рівняння регресії при відсутності впливу фактора швидкості

Аналіз зовнішнього виду поверхні відгуку є характерним для поверхонь другого ступеня, тбто конструкція дуже чутлива до змін кутів постановки диска

3.2.5. Прогнозована продуктивність агрегату та витрати палива

Годинна продуктивність визначається за формулою[7]

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad ()$$

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{ЗМ}}} \quad (....)$$

$$\tau = \frac{6,43}{7} = 0,92$$

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \cdot 8,3 \cdot 9,14 \cdot 0,92 = 6,97 \text{ га/год},$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{\text{ЗМ}} = 6,97 \cdot 7 = 48,8 \text{ га/зм}$$

Витрати палива:

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_p + Q_o \cdot T_o}{W_{\text{ГОД}}}, \quad ()$$

де Q_p , Q_x , Q_o – відповідно, годинні витрати палива двигуна трактора при

робочому завантаженні, на холостих поворотах і заїздах, а також при зупинках із працюючим двигуном;

$Q_p - (32...51) \text{ кг/год}$; $Q_x - (16...27) \text{ кг/год}$; $Q_o - 3,5 \text{ кг/год}$

Тоді

$$\dots q = \frac{29,5 \cdot 6,43 + 11 \cdot 0,12 + 3,5 \cdot 0,45}{6,97} = 36,2 \text{ кг/год}$$

Висновки по розділу

1. Наведені методики у своїй більшості добре відпрацьовані рядом дослідників і повністю адаптовані під технічні можливості використаної експериментальної установки.
2. Окреслена група показників є необхідною і достатньою за кількістю оцінюваних експлуатаційних параметрів агрегату.
3. Запропоновано методики визначення ряду оригінальних показників.
4. Методики узгоджені з програмою досліджень базового підприємства і питання що до доцільності роботи зняті.
5. В цілому в ході експериментальних досліджень підтверджена раціональність прийнятих конструктивних рішень
6. У порівнянні з серійним зразком суттєвої різниці в величині тягового опору не відмічено.
7. Якісні показники кришення , оцінені за коефіцієнтами структурності і різноподрібнення структурованих агрегатів в середньому на 7-10% кращі.
8. Слід відмітити, що по сліду експериментального зразка рівномірність кришення візуально краща, про що свідчить і коефіцієнт різноподрібнення.
9. Прийняті методики оцінки показників виконання технологічного процесу даним видом знаряддя, як дослідного, так і експериментального підтвердили свою ефективність.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз стану безпеки праці в умовах сучасних сільськогосподарських підприємствах

Верховною Радою України прийнято закон який відбиває державну політику в області охорони праці і базується на наступних основних принципах:

- соціальний захист працівників, повна компенсація збитків особам, що потерпіли від нещасливих випадків на виробництві і професійних захворюваннях;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для усіх видів підприємств незалежно від форми власності і видів їхньої діяльності;
- використання економічних методів охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду в організації роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Використання цих принципів на практиці вимагає знання багатьох галузей науки і техніки, однак, тільки такий усебічний підхід до питань охорони праці, може забезпечити необхідний захист здоров'я і життя працівників. Не менш важливою умовою даної роботи є облік необхідних вимог безпеки вже на етапі конструювання нової техніки, що дозволяє послабити чи навіть усунути небезпечні фактори машин на самому ранньому етапі.

4.2 Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її здійсненні

Операція підготовки ґрунту ґрунтообробним агрегатом виконується для скорочення витрат праці по підготовки до сівби зернових і інших культур. Технологія процесу підрізування полягає в тому, що агрегат керований одним трактористом рухаючи по полю човниковим способом робить плоскорізнну обробку ґрунту одночасно спускаючи верхній шар ґрунту, заробляючи різнімну борозну і при цьому зберігається ще й стерня.

У технологічну схему операції входять: безпосередній виконавець (тракторист); засоби технологічного оснащення (трактор, сільськогосподарська машина - ґрунтообробний агрегат) і предмет праці (ґрунт). Даний процес відповідає структурній моделі: "людина-організація-техніка-рослина-виробниче середовище" чи прибігаючи до умовних позначок "л-о-т-р-вс". Відповідно до неї складаються вимоги по безпеці праці відповідно до наявного на

дані елементи нормативними документами. Виробниче середовище в який виконується операція - кабіна трактора. Механізатор постійно знаходиться в ній залишаючи на незначні інтервали часу для добутку регулювань, контролю якості роботи, огляду агрегату і по особистих нестатках. У кабіні трактора він підданий постійному впливу таких факторів як: висока температура, вологість повітря і його склад, атмосферний тиск, шуми, вібрації, інтенсивність висвітлення. Поза кабіною він піддається небезпеки травмуватися від рухаючих частин агрегату.

Основні вимоги безпеки до елементів розглянутої системи і виробничому середовищу встановлюються на основі галузевих стандартів ОСТ46.4.2.143-83 ССБТ.

Основними вимогами до виконавця процесу є:

- тракторист повинен бути не молодше 16 років;
- мати права на водіння тракторів даного класу;
- повинен бути здоровий (пройти медичний огляд на предмет загальних і професійних захворювань (радикуліт, бронхіт та ін.);
- знати трактор і комбінований ґрунтообробний агрегат;
- повинен бути атестованим для робіт на машинах з підвищеною небезпекою відповідно до Типового Положення про навчання питанням охорони праці.

Технічний стан агрегату повинен відповідати вимогам: ГОСТ12.3.002-75 ССБТ (Загальні вимоги безпеки); Правилам пожежної безпеки в Україні; ГОСТ12.3.003-76 і ГОСТ12.3.020-80 (Загальні вимоги при виконанні

збиральних робіт); ГОСТ 12.2.049-80 (Ергономічні вимоги), ГОСТ12.2.019-86, а також вимогам, що містяться в заводському посібнику по експлуатації Т-150.

Машини повинні бути: технічно справними, цілком укомплектовані необхідними пристосуваннями, інструментами й аптечкою.

При виконанні робіт і при переїздах агрегату з місця на місце ухил місцевості не повинен перевищувати 20° по розуміннях його стійкості.

Вимоги до загальних вимог безпеки визначені змістом галузевих стандартів, основний зміст яких виключити за допомогою визначеної організації праці травмонебезпечні ситуації і захворювання виконавця процесу.

Організація виробничого процесу буде залежати від конкретних умов господарства і рішень господаря про хід робіт. Оплата праці здійснюється відповідно до існуючого законодавством і положенням про оплату праці. Рівень організації охорони праці цілком залежить від дій голови сільськогосподарського фермерського господарства і відповідальності самих працівників що виконують точи інший технологічний процес.

4.3 Організація контролю

Відповідно до закону України "Про охорону праці" відповідальними за безпечний стан робочих місць є безпосередні керівники робіт, що забезпечують відомчий контроль (голова фермерського господарства).

При господарських взаємодіях, ситуаціях купівлі-продажу, оренди, передачі об'єктів у розпорядження відповідальних особи, передача права володіння матеріальною відповідальністю однієї особи іншому спричиняє юридичну відповідальність за стан безпеки переданої технічної системи у виді об'єкта (машинній системи), процесу (технологічній системи).

Юридична особа несе відповідальність за раціональне використання виробничих ресурсів, основні з який - матеріальні, трудові, фінансові. Юридична особа може покладати спеціальні функції і на інші особи, забезпечивши їхню атестацію.

Мобільні робочі місця (у даному випадку агрегат з комбінованим ґрунтообробним агрегатом) складають основну частку в матеріальних ресурсах і,

через їхню підвищену небезпеку, поряд з матеріальною вимагають додаткової відповідальності за їх технічний стан і безпечну експлуатацію.

Ці види відповідальності залежать від організаційної структури господарства, набору кваліфікаційних вимог до атестуємих фахівців. Тому в процесі господарської діяльності необхідний розподіл відповідальності між особами, що забезпечують керування виробничими процесами. Якщо матеріально відповідальна особа не може бути атестована, як відповідальне за безпечний стан підвідомчої техніки, це покладається на старшого фахівця, що має відповідне утворення і допуск. Якщо техніка передається на обслуговування як зовнішня послуга, то в умовах договору визначається відповідальна особа. (В умовах фермерського господарства, а особливо не великих господарств, як правило вся відповідальність полягає на голові.)

Висновки по розділу

У даному розділі представлені вимоги безпеки при підготовці ґрунту модернізованим агрегатом. Приведено техніку контролю агрегату по показниках безпеки. Представлено перелік параметрів контролю робочого місця тракториста по показниках безпеки.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Метою проведення техніко-економічної оцінки пропонованої конструкторської розробки є визначення вартості витрат на розробку нового ґрунтообробного агрегату, визначення витрат, зв'язаних з експлуатацією даного агрегату, розрахунок витрат праці, й очікуваного економічного ефекту.

Для визначення ефективності пропонованої конструкції умовно назвемо її БРН 3,5М – проектована модель, а в якості базової моделі візьмемо технологію підготовки ґрунту, що складається з машини БРН-3,5

Таблиця 5.1. – Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	300	300
2	Продуктивність	га/год	6,32	6,97
3	Витрати ПММ	кг/год	39,5	36,2
4	Вартість:	грн	320000	320000
	- Трактора		66000	68000
	- Машини		386000	388000
	- Всього			
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

$$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}}, \quad (5.1)$$

Базовий

$$K_{нг} = \frac{300}{6,32} = 47,5 \text{ год}$$

Проект

$$K_{нг} = \frac{300}{6,97} = 43,04 \text{ год}$$

Витрати праці:

$$B_{п} = K_{нг} \cdot n, \quad (5.2)$$

де $n = 1$ – працівники

Базовий

$$B_{\pi} = K_{\pi} \cdot n = 47,5 - 1 = 47,5 \text{ год}$$

Проект

$$B_{\pi} = K_{\pi} \cdot n = 43,04 - 1 = 43,04 \text{ год,}$$

Експлуатаційні витрати.

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K \quad (5.3)$$

де C_T - тарифна ставка, 21,98 грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,382$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

$$\Pi = \frac{21,98}{6,32} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 5,77 \text{ грн/га}$$

Проект

$$\Pi = \frac{21,98}{6,97} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 5,23 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування.

Енергетичний засіб – 15%, агрегат – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- Енергозасіб - 1550год;
- агрегат - 580год

Базовий

$$\text{Трактор: } A_{TP} = \frac{320000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 6,32} = 4,9 \text{ грн/га}$$

Проект

$$A_{TP} = \frac{320000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 6,97} = 4,4 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } A_M = \frac{69000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 6,32} = 2,7 \text{ грн/га}$$

$$A_M = \frac{69000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 6,97} = 2,5 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 4,9 + 2,7 = 7,6 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 4,4 + 2,5 = 6,9 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}} = 21,5 \cdot 39,5 = 849,25 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 21,5 - 36,2 = 778,3 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \quad (5.4)$$

де B_B - балансова вартість, грн;

K - коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Трактор:

Базовий	Проект
$B_{\text{ТР}} = \frac{320000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 204,66 \text{ грн/га}$	$B_{\text{ТР}} = \frac{320000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 204,66 \text{ грн/га}$

Машина:

Базовий	Проект
$B_M = \frac{66000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 18,02 \text{ грн/га}$	$B_M = \frac{66000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 43,04 \cdot 6,97} = 18,58 \text{ грн/га}$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{\text{ТР}} + B_M = 204,66 + 18,02 = 222,68 \text{ грн/га}$$

$$B = 204,80 + 18,58 = 223,38 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 5,77 + 7,6 + 849,75 + 204,66 = 1067,28 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 5,23 + 6,9 + 778,3 + 204,80 = 995,23 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий	Проект
$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CT3} = 1067,28 \cdot 300 = 141570 \text{ грн}$	$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CT3} = 995,23 \cdot 300 = 298569 \text{ грн}$

Капітальні вкладення на 1 га:

$$K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} \quad (5.5)$$

Базовий	Проект
Трактор: $K_B = \frac{320000}{300} = 1066,67 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{320000}{300} = 1066,67 \text{ грн/га}$
Машина: $K_B = \frac{66000}{300} = 220 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{68000}{300} = 226,67 \text{ грн/га}$

Всього:

$K_B = 1066,67 + 220 = 1286,67 \text{ грн/га}$	$K_B = 1066,67 + 226,67 = 1293,34 \text{ грн/га}$
--	---

Приведені витрати на 1 га:

$$ПВ = E_B + 0,15 \cdot K_B \quad (5.6)$$

Базовий:

$$ПВ = 1067,28 + 0,15 \cdot 1286,67 = 1260,28 \text{ грн/га}$$

Проект:

$$ПВ = 995,23 + 0,15 \cdot 1293,34 = 1189,23 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

$$П_{B\Sigma} = ПВ \cdot W_{CE3} \quad (5.7)$$

Базовий	Проект
$П_{B\Sigma} = 1260,28 \cdot 300 = 378084 \text{ грн}$	$П_{B\Sigma} = 1189,23 \cdot 300 = 356769 \text{ грн}$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 378084 - 356769 = 21315 \text{ грн}$$

Результати розрахунків представленні в таб. 5.2.

Таблиця 5.2 Економічна ефективність проекту

	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	300	300
3	Склад агрегата: Енергозасіб Агрегат	МТЗ-892 БРН-3,5	МТЗ-892 БРН-3,5М
4	Продуктивність, га/год	6,32	6,97
5	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
6	Тарифний розряд роботи	V	V
7	Тарифна ставка, грн/год	21,98	21,98
8	Норма витрати пального, кг/год	39,5	36,2
9	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	320000 66000	320000 68000
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	21,5	21,5
11	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини Витрати на ПММ	471,9 4,9 2,7 849,25	449,6 4,4 2,5 778,3
12	Капітальні вкладення, грн/га	1286,67	1293,34
13	Приведені затрати, грн/г	1260,28	1189,23
14	Річний економічний ефект, грн		21315

Висновок по розділу

За результатами розрахунку економічний ефект складає 21315 грн за рахунок використання модернізованого агрегату.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Оглядом літературних джерел і аналізом досвіду відомих фермерських господарств підтверджено, що ротаційна дискова борона є ефективним знаряддям для поверхневого обробітку ґрунту, яку використовують, як в складі комбінованих агрегатів, так і як самостійний агрегат.

2. Для усереднених умов обробітку ґрунту діаметр описаного кола голок 450-510 мм, що уніфіковано з серійними дисковими боронами. Довжина зуба від обрізу диска 70 – 110мм, робоча швидкість агрегату до 16 км/год.

3. Оглядом окреслено ряд проблем, вирішення окремих з них пропонується в даній магістерській роботі. Це недостатня ступінь кришення поверхневої кірки і складність конструктивного виконання робочого органу.

4. Перспективним напрямком модернізації робочого органу на наш погляд є розділення оброблюваного шару на дві смуги, які розташовані безпосередньо на диску у шахматному порядку.

5. Проведені експериментальні дослідження показали перевагу в якості кришення дослідного зразка над серійним, так при куті атаки 0 градусів коефіцієнти структурності відповідно становлять 0,38 і 0,16 при практично рівних коефіцієнтах різноподрібнення 0.4 -0,44.

6. Аналітичні розрахунки, виконані на основі запропонованої аналітичної моделі показують хорошу, в межах 25%, збіжність результатів з результатами експериментальних досліджень.

7. Виконаний техніко-економічний аналіз показує хорошу працездатність модернізованої машини заощадження становлять 21315 грн.

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 агроекологічний університет», 2012. – 84 с. Навчальний посібник розрахований на студентів
2. Бабицький Л. Ф. Обґрунтування конструктивних параметрів гнучкої борони / Л. Ф. Бабицький, И. В. Соболевський, В. А. Куклін // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. - 2016.
3. Бабицький Л. Ф., Соболевський И. В., Куклін В. А. Обґрунтування оптимальної форми голок ґрунтообробних гольчастих дисків. Вчені нотатки Кримського інженерно-педагогічного університету.
4. Белокопитов А.В. Обґрунтування раціональних параметрів робочих елементів гольчастих робочих органів для суцільного обробітку ґрунту в умовах півдня України. – Дис. на здобуття. наук. ст. канд. техн. наук. Мелітополь, 1997. с.200.
5. Ветохін В. І. Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту :автореф. дис... д-ра техн. наук / В. І. Ветохін; ННЦ ІМЕСГ. – Глеваха, 2010. - 40 с.
6. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: Монографія / [Г.В.Теслюк, Б.А.Волик, С.П.Сокол, О.М.Кобець, А.М.Сенменюта]. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2016. – 144
7. Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.
8. Малінін М.Ю. Обґрунтування параметрів роботи ротаційної голчастої борони / М.Ю. Малінін – Дипломна оробота ступеня магістр за спеціальністю №208 Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2018 – 69 с.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

10. Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
11. Панченко А.Н. Теорія подрібнення ґрунтів ґрунтообробними знаряддями / А. Н. Панченко.- Дніпропетровськ: ДГАУ, 1999. – 140 с.
12. Практикум з використання машин в рослинництві / [Ільченко В.Ю., Кобець А С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр. ун-т. – 2002 – 212с.
13. Сиромятников Ю.М. Обґрунтування параметрів процесу комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.05.11 «Машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва» (133 - Галузеве машинобудування). – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка МОН України, Харків, 2019
14. Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. — 2-ге вид. — К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.
15. Твердохлібов С.О. Взаємодія голки ротаційного робочого органу з ґрунтом/ С.О.Твердохлібов. – Електронний ресурс. Код доступу https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00788857_0.html
16. Теслюк Г.В., Волик Б.А., Теслюк Ю.В.Конструкція ротаційної зубової борони на основі будови тіла біологічного аналогу/ East European Science Journal/ (Warsav, Poland) 2019 : Volume 5 10(50) p.47-53
17. Яропуд В. М. Волик Б. А. Обґрунтування конструкції голчастого диска ротаційної борони аналізом будови тіла біологічного аналогу/ Вібрації в техніці та технологіях № 4 (95) 2019, С.56-64.
18. Шевчук В.В. Обґрунтування параметрів та режимів роботи гольчастої борони автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн.наук /В.В. Шевчук – Львів, 2015. – 24с.
19. Лисич М.Н., Шабанов М.Л., Захаров П.В. Огляд конструкцій тензометричних

пристроїв для дослідження силових параметрів робочих органів ґрунтообробних ознарядь // Сучасні проблеми науки і освіти. – 2015. – № 1-1. – С. 6-6;

20. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція. Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ.

21. Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки. Документ 687-2004-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 04.03.2016, підстава - 76- 2016-п.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2004-п#Text>