

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК
“ ” _____ 2024

ДИПЛОМНА РОБОТА
_____ магістр
(освітній ступінь)

на тему: «ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І РЕЖИМУ РОБОТИ
ПОДРІБНЮВАЧА РОСЛИННИХ РЕШТОК ГРУБОСТЕБЛОВИХ КУЛЬТУР»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім,
спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»

_____ Микола ТОПТУН

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

м. Умань – 2024

“ ” 2024

1. Мета і задачі досліджень. 2. Огляд конструкцій за темою роботи. 3,4. Теоретичні дослідження 5. Програма експериментальних досліджень. 6. Результати експериментальних досліджень. 7. Результати польових досліджень. 8. Охорона праці. 9. Техніко-економічні показники. 10. Висновки 6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., к.с.-г.н., доцент		
Економічне обґрунтування	Пушка О.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	19.05.2024	Виконав
2	Теоретичний	23.06.2024	Виконав
3	Експериментальний	15.09.2024	Виконав
4	Охорона праці	06.10.2024	Виконав
5	Економічний	03.11.2024	Виконав
6	Демонстраційна частина	12.11.2024	Виконав

Студент

(підпис)

Топтун М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пушка О.С.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ..	9
1.1. Використання рослинних решток як органічного добрива.....	9
1.2. Огляд конструкцій машин для переробки рослинних решток.....	11
1.2.1. Комбіновані агрегати.....	16
1.3. Огляд аналітичних досліджень.....	21
1.4. Агротехнічні вимоги до процесу.....	24
Висновки.....	25
2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
2.1. Обґрунтування конструкції.....	26
2.2. Аналіз кінематики катка.....	27
2.3. Аналітичні дослідження взаємодії з оброблюваним середовищем.	30
2.3.1. Прийняті припущення.....	30
2.3.2. Модель взаємодії ножа з окремо стоячим стеблом.....	32
2.3.3. Взаємодія ножа з ґрунтом і укладеними на його поверхню рослинними рештками.....	34
2.4. Аналітичні дослідження якості кришення ґрунту.....	38
2.4.1. Основні положення теорії внутрішньої напруги.....	38
2.4.2. Оцінка якості кришення у відповідності до розробленої моделі...	39
Висновки.....	40
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1. Програма досліджень.....	41
3.2. Часні методики дослідження.....	42
3.3. Дослідження у відповідності до аналітичної моделі.....	42

Висновки.....	46
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
4.1. Заміряні значення механіко-технологічних властивостей агрофону.....	47
4.2. Загальні результати досліджень.....	48
4.3. Якісні показники кришення стебл.....	49
4.4. Дослідження тягового опору.....	50
4.4.1. Маса секції 720 кг (облегшений варіант).....	50
4.4.2. Маса секції 830 кг (варіант максимального навантаження).....	52
4.5. Дослідження опору стебл на пере різання.....	54
Висновки.....	56
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
5.1. Аналіз стану з охорони праці	57
5.2. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту.....	58
5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці	60
Висновок.....	61
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	62
Висновок.....	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

РЕФЕРАТ

В роботі наведені результати аналітичних і експериментальних досліджень спрямованих на раціоналізацію конструктивних і кінематичних параметрів реберчасто-планчатого катка з метою його адаптації до роботи в якості подрібнювача рослинних решток грубостеблевих культур.

Проведеними польовими дослідженнями підтверджена адекватність розробленої математичної моделі і раціональність обраних конструктивних рішень. Прогнозований економічний ефект від впровадження конструкції у виробництво становить 11921, 92 грн в розрахунку на навантаження 320 га.

Ключові слова: каток реберчасто планчатий, ексцентрикова опора, вібраційне різання, консолідація ґрунту.

ВСТУП

Актуальність теми. Органічні добрива, до яких відносять в тому числі і подрібнені та заорані рослинні рештки культури – попередника являють собою важливий фактор підтримання родючості ґрунту. Особливо важливим є те, що вони містять потрібні для живлення мінеральні речовини у легкодоступній формі. Але проблема полягає в тому, що таке добриво вимагає відповідної підготовки : рештки повинні бути подрібнені до раціонального значення довжини і заорані на оптимальну з точки зору агровимог глибину. Особливо це критичним є для решток грубостеблових культур, бо біологічні процеси ідуть в них повільніше. Тому, проблема якісного подрібнення існує і вирішити її можна лише шляхом удосконалення подрібнювача, що і є темою даної магістерської роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження, що складають основу магістерської роботи виконувались згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт ДДАЕУ на 2017 – 2020 роки : «Обґрунтування параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного ппроцесу»,

№ державної реєстрації : 0117 U 005305 від 04. 12. 2017р

Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки згідно з Законом України від 12.10.2010 № 2519-17 : Раціональне природокористування

Назва пріоритетного тематичного напрямку наукових досліджень і науково-технічних розробок згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 №942: Технології сталого використання, збереження і збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпечності, збереження біорізноманіття.

Мета роботи – Підвищення ефективності подрібнення рослинних решток грубостеблевих культур шляхом адаптації конструктивних параметрів і режиму роботи реберчасто-планчатого катка до експлуатації . в умовах сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

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

- виконаний аналіз сучасних технологій і технічних засобів подрібнення рослинних решток, обґрунтований прототип розроблюваної конструкції;
- обґрунтувати основні конструктивно-технологічні параметри робочих органів реберчасто-планчатого катка;
- виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності розробленої математичної моделі;
- виконані техніко-економічні розрахунки ефективності досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес подрібнення рослинних решток та робочий орган для його виконання.

Предмет дослідження – Залежність показників якості подрібнення від конструктивних параметрів знаряддя.

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

Наукова новизна отриманих результатів.

Розроблена аналітична модель робочого органа для подрібнення рослинних решток грубостеблевих культур

Практичне значення отриманих результатів.

- обґрунтована раціональна компоновочна схема подрібнювача і основні його конструктивні параметри

СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Використання рослинних решток як органічного добрива

До грубостебельних культур відносять кукурудзу, соняшник, очерет. Розроблений нами подрібнювач розрахований на агрофон рослинних решток саме цих культур. З точки зору можливості використання в якості органічного добрива очерет особливої цінності не має. Тому розглянемо перші дві основні культури [6,16.17,18]. В рештках кукурудзи врожайністю 6 т/га залишається 7 – 8 т рослинних решток вмістом 58 кг азоту, 23 кг фосфору, 127 кг калію. В рештках соняшника масою 5,7 т/га вміст азоту складає до 80 кг азоту, фосфору 40 кг, калію 253, кальцію 87 кг, магнію 34 кг. Втрачати таку велику кількість поживних речовин не раціонально, тому існує питання яким чином їх використовувати найбільш ефективно.

Оглядом літературних джерел окреслені наступні варіанти використання післязбиральних рослинних решток:

- заорювання без подрібнення на глибину орного шару;
- подрібнення і перемішування з поверхневим шаром ґрунту;
- подрібнення і рівномірне розкидання по поверхні поля.

Всі три варіанти широко використовують в залежності від прийнятої технології вирощування культур.

Система органічного землеробства передбачає заорювання рослинних решток в поверхневий (до 15 см) шар ґрунту, тому подрібнення рослинних решток є обов'язковим. Але, існує суттєве обмеження. Подрібнення не повинно бути занадто мілким, бо це ускладнює роботу сошників сівалок [17], тому використання активних ротаційних подрібнювачів не є бажаним, за винятком очерету. Аналізом літературних джерел рекомендацій що до оптимального розміру решток не виявлено. Тому, за основу приймаємо досвід роботи відомого фермера І.І. Лазаренка (Ф.Г. «Ірій» Новомосковського району Дніпропетровської області), який вважає за оптимальним розмір 10-15 см.

Післязбиральний агрофон може бути двох видів : 1. Збирають тільки качання, якщо це кукурудза або тільки головки у соняшника, а стебла лишають стояти на полі не подрібненими (рис.1.1). 2. Грубо подрібнені рештки укладають на поверхню поля (рис.1.2).



Рисунок 1.1 – Варіант агрофону без подрібнення стебел



Рисунок 1.2 – Варіант агрофону з укладанням грубо подрібнених стебел на поверхню поля

Існує ще варіант коли рослинні рештки збирають у кагати, обробляють біодеструктором, або вносять червоного каліфорнійського черв'яка. В обох випадках органічний матеріал швидко перетворюється у компост, який потім розкидають по полю і заорюють.

1.2. Огляд конструкцій машин для переробки рослинних решток.

Технологічна операція має дві складові : подрібнення і заорювання. Найчастіше це виконується різними агрегатами, але існують конструктивні рішення по створенню комбінованих агрегатів.

Виконаний аналіз показує, що подрібнювач пасивного типу потрібен виконувати зминання і перерізання стебел. Обидві операції можливі тільки в умовах наявності підпору з боку ґрунту. Тобто при стоячих стеблах, їх необхідно попередньо вкласти на поверхню. Для виконання такої операції потрібен важкий каток. Найбільш вдалою виявилась конструкція реберчасто-планчастого катка. Конструктивно каток має два виконання : з гострими планками-лезами (рис.1.3) і з плоскоюріжучою кромкою (рис.1.4.). Технологічний процес катків має відмінності. На початковому етапі каток вкладає стеблі на ґрунті частково зминає. В такому виді при заорюванні гуміфікація проходить швидше. Потім подрібнює шляхом пере різання гострим ножом або зминання плоским. З метою отримання ефекту мульчування, ножі виконують у вигляді спіралі (рис.1.5). Таке виконання має недолік : існує велика імовірність згортання решток в валок. Тому параметри витка визначають з урахуванням заглиблення у ґрунт на 3-5 см, тобто обертання буде підгальмовуватись. Але заглиблення повинно бути примусовим, тому катки у своїй більшості для збільшення ваги роблять водоналивними. В окремих конструкціях вага такої води може доходити до 260 кг.

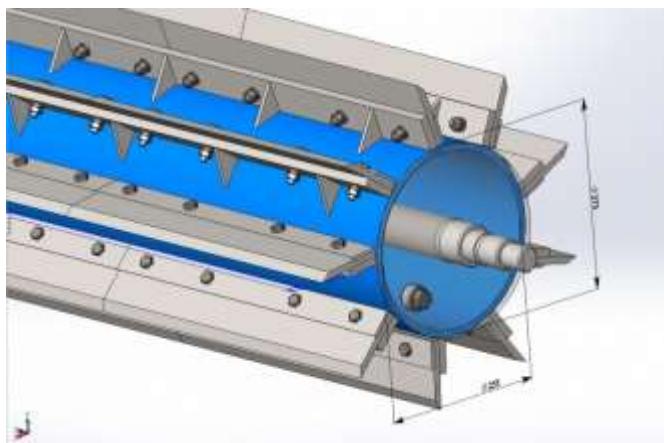


Рисунок 1.3 – Каток з гострими планками-лезами



Рисунок 1.4. – Каток з плоским лезом планки



Рисунок 1.5 – Каток планчасто-спіральний

Існує окрема група катків – катки рублячої дії. Вони складаються з рифлених дисків (рис.1.6). Диски литі, що спрощує їх виготовлення. Торці дисків має Т- або Г – подібну форму. В процесі перекошування вони буквально переминають рослинні рештки до рівня мульчі. Для нормальної роботи потрібна швидкість 12-15 км/год, що враховуючі велику вагу (більше за 1200 кг) робить процес достатньо енергоємним. Ще один недолік – в процесі переминання стебла рослин виділяють вологу. Суміш ґрунту і таких решток має підвищену липучість. В результаті робочий орган стає менш ефективним.



Рисунок 1.6 - Каток рублячий КПР-6 «Отаман»

В основу наступної конструкції закладені плоскі диски. Диски закріплені на єдиному валу і виконують груповий обертальний рух. Диски можуть бути як суцільні так і вирізні (рис.1.7) Конструкція відносно легка (600-700кг), заглиблюється пагано , тому для роботи потребує великої швидкості ($V \geq 20-22$ км/год і може працювати лише з вкладеними на ґрунт стеблами. Перевага полягає в тому, що диски завдяки обертанню виконують різання з ковзанням, тому процес менш енергоємний. В разі попадання стебла в зону між рифлями диска, він гарантовано буде перерізаний в результаті заклинювання.

Перспективним з точки зору обробітку рослинних решток є культиватор на основі шпорових дисків (рис.1.8) . Як і попередня конструкція він може обробляти тільки рослинні рештки укладені на ґрунт. Але він має суттєву перевагу : вичосує бур'яни, що встигли прорости з моменту збирання.



Рисунок 1.7 – Батареї плоских (А) і рифлених (Б) дисків



Рисунок 1.8 – батарея шпорових дисків

Турбодисковий культиватор (рис.1.9) виконує так званий вертикальний обробіток ґрунту. Сутність полягає в тому, що рифлені диски своєю ріжучою кромкою ріжуть рослинні рештки і вдавлюють їх вертикально на глибину до 10 см. Технологічний процес відмінний від інших ґрунтообробних знарядь. Тому вони виділені в окрему групу робочих органів, а технологічний процес отримав назву вертикальний обробіток ґрунту. Машина ефективно подрібнює вкладені

на ґрунт рослинні рештки в тому числі і грубостебельних культур, але не ефективна по агрофому стоячих стебел.



Рисунок 1.9 – Турбодисковий культиватор

Для надважких умов, як наприклад, при роботі по очерету використовують активні подрібнювачі. Існує декілька варіантів їх конструктивного виконання. Найчастіше це роторні з горизонтальним валом ротора або ланцюгові відцентрові (рис.1.10)



Рисунок 1.10 – ланцюговий активний подрібнювач

1.2.1. Комбіновані агрегати

М. Мансуров [11] запропонував технічне рішення в якому вирішена проблема підпiрного рiзання шляхом ущiльнення поверхневого шару спецiально встановленою лижею. Враховуючи те що поверхневий шар вкритий рослинними рештками, якi при зминаннi видiляють вологу, коефiцiєнт тертя буде суттєво меншим i це дозволяє використовувати лижу, замість колеса.

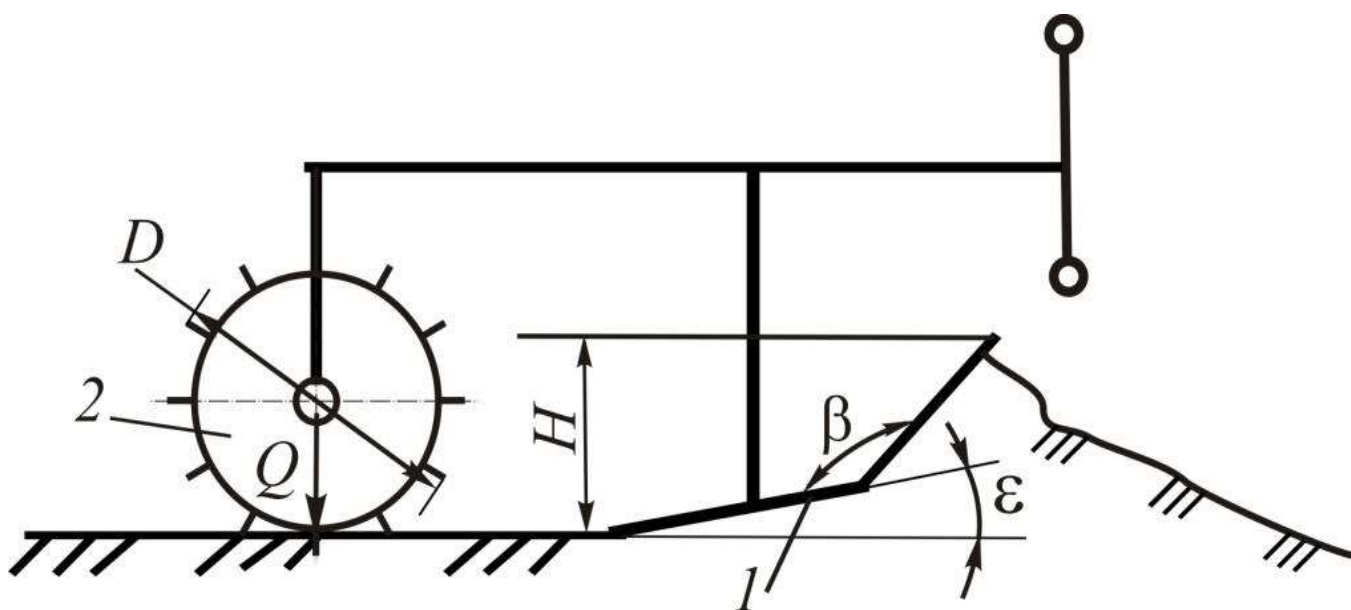


Рисунок 1.12 – Комбінований агрегат М. Мансурова [11]

При роботі з рослинними рештками таких культур, як кукурудза і соняшник не вирішеною є проблема корневих систем цих культур. Їх заорюють в основному не подрібненими. В ДДАЕУ запропонована конструкція комбінованого робочого органу у складі стрільчастої лапи і дискової батареї. (рис.1.13). Параметри стрільчастої лапи обґрунтовані з використанням методів біоніки і вона має підвищену обтічність. Особливості конструкції лапи полягають в тому, що ґрунтовий потік виносить кореневу систему на дену поверхню де вона подрібнюється дисками. В базовому варіанті пропонуються звичайні плоскі диски, але, як показали подальші дослідження, можливе використання і турбодисків.

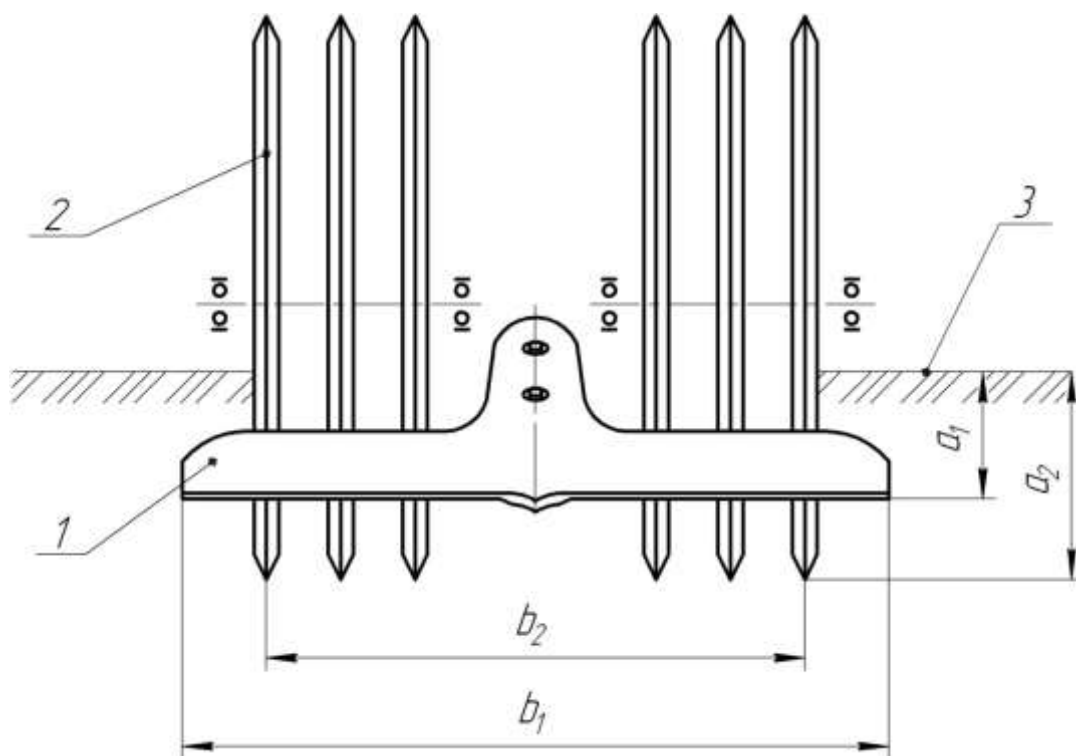
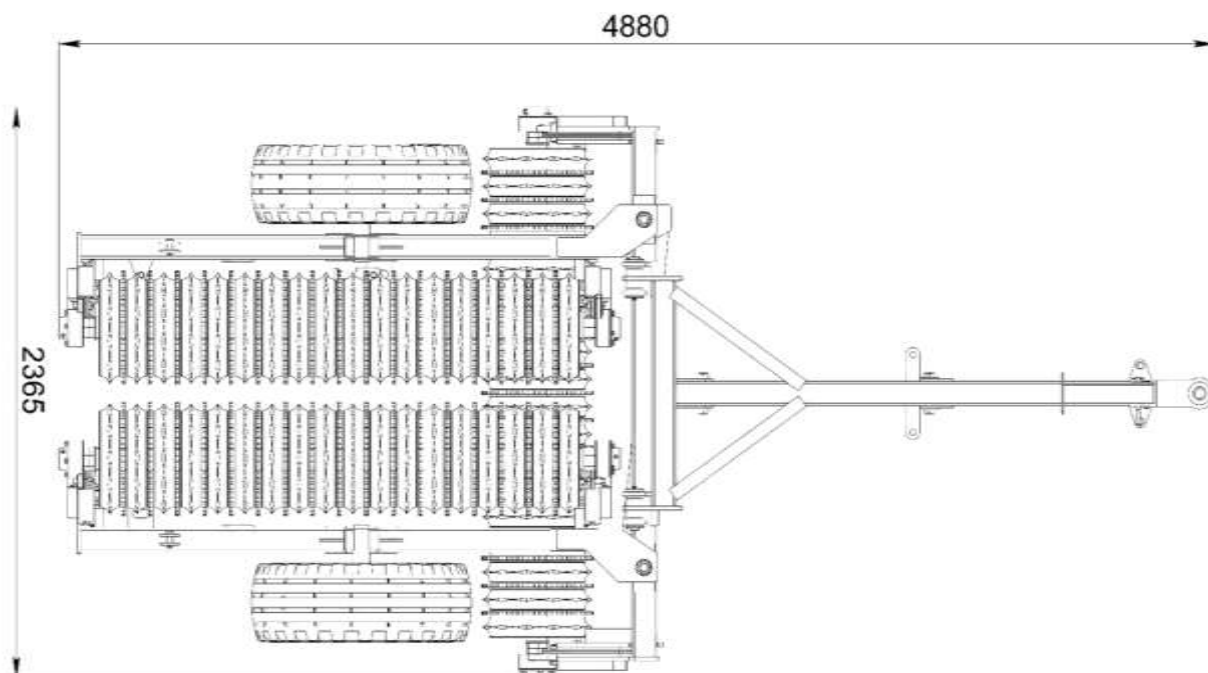


Рисунок 1.13 – Комбінований агрегат конструкції ДДАЕУ [18].

Серед останніх перспективних розробок можна відмітити розробку ДП «Ливарний завод» ОДО «Первомайськ дизельмаш» - каток КЗК-6 (рис.1.14). Машина конструктивно складна і призначена для роботи на великих площах. Серед переваг треба відмітити, що комплектуючі диски замість сталі виконані з чавуну СЧ-20. Цього вдалося досягти шляхом ретельного відпрацювання технології литва, бо як відомо з чавуну практично не можливо відлити тонкостінні конструкції. Для роботи в умовах можливого ударного навантаження диски виготовляють з модифікованого чавуну ВЧ-50.

Безумовно машина не дешева і досить металоємна, але за відгуками користувачів себе виправдовує, про що свідчить наявність заказів.



Модель	КЗК-6
Тип	Прицепний
Продуктивність, га/год	6
Витрати ПММ, р/га	1,5 – 1,9
Робоча швидкість, км/год	10-12
Транспортна швидкість км/год	До 20
Робоча ширина захвату, м	6
Кількість катків	3
Діаметр дисків, мм	460-520
Діаметр вала, мм	60
Габаритні розміри, мм	3415×6380×1000
Маса, кг	2650 - 2800
Енергетичний засіб , кн	14
Кількість обслуговуючого персоналу	1
Робота по агрофонам	Кукурудза, соняшник

Цікавим є технічне рішення, реалізоване в комбінованому агрегаті серії АГК-5,4 (рис.1.15)



Рисунок 1.15 – Катки комбінованого агрегату серії AGK

Особливість конструкції полягає в її модульності. Робочі органи функціонально об'єднані в секції. З точки зору тематики даної магістерської роботи цікавим є катковий модуль (рис. 1.15), в якому використані катки різного діаметру, які відповідно подрібнюють рештки до різної довжини.

Комбінований агрегат МаксиКат-920 (рис. 1.16) поєднує в собі катки подрібнювачі і турбодиски. Турбодиски як відомо є знаряддями вертикального обробітку ґрунту. Наявність турбодисків дозволяє подрібнені катком рослинні рештки вертикально занурювати у ґрунт, що інтенсифікує утворення шару мульчі. Перевагою конструкції є те, що турбодиски в ході роботи можна перевести у транспортне положення і агрегат перетворюється на звичайний каток. Диски додають вагу агрегату, що покращує режим роботи катків. Агрегат можна використовувати і у реверсному режимі, а саме, турбодиски можуть йти як перед катками так і за ними.



Рисунок 1.16 – Катковий подрібнювач МаксиКат-920.

Всі розглянуті в розділі катки мають одну спільну рису : поверхня ножа перпендикулярна осі обертання барабана, хоча доведено [2], що енергетично вигідніше, щор лезо заходило у ґрунт вертикально, а виходило по дотичній з утворенням мікровибуху. Спроба реалізувати це положення представлена на рис.1.17. Ножі встановлені під раціональним кутом різання до барабана.



Рисунок 1.17 – катки з раціональним кутом постановки ножа до барабану.

Слід відмітити, що розглянуті в розділі машини не вирішують проблеми подрібнення корневих систем. На певному етапі збереження кореневої системи є корисним, бо дозволяє зберегти структуру ґрунту, що покращує повітряний і водний баланс. Але в кінцевому етапі подрібнення може бути корисним.

З технічної точки зору можливі два варіанти : подрібнення безпосередньо на глибині залягання і з попереднім винесенням на дену поверхню. Для першого варіанту використовують дисковий або полицевий лушпильник. Другий варіант відносно мало поширений і використовується в основному в технології Strip-Till

1.3. Огляд аналітичних досліджень

Оглядом літературних джерел окремих специфічних аналітичних досліджень стосовно обґрунтуванню раціональних конструктивних параметрів рублячих катків не виявлено. Але існують дослідження, які опосереднено можна використати для обґрунтування параметрів катка.

Ніж катка можна представити як конструкцію, що складається з нескінченної кількості нескінченно тонких голок. Дослідивши реакцію ґрунту на одну таку голку, шляхом інтегрування можна отримати реакцію на всю робочу поверхню. Серед аналітичних досліджень голок ротаційних зубових борін слід відмітити роботи Л.Ф. Бабицького[2,3], яким доведено, що для забезпечення мінімальних енерговитрат необхідно застосовувати диски з криволінійними голками і при цьому дотична до її профілю в точці входження в ґрунт А (рис. 1.18.) повинна співпадати з напрямком поступового руху знаряддя [2]. .

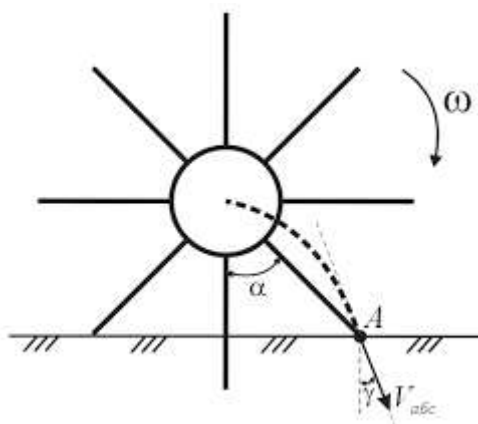


Рисунок 1.18 – Кінематична схема руху голки диска [2]

ланцюгами. За аналогією з дощовим хропаком на кідцях перпендикулярно один до одного прикріплені чотири пари голок з прямокутного перетину. В процесі руху, за рахунок наявності пружних елементів, голки виконують складний коливальний рух (рис.1.21.), що дозволяє робити поверхневий шар ґрунту більш однорідним.

Автором, шляхом аналітичних досліджень встановлено, що якість довсходового обробітку залежить від можливості копіювання поверхні робочими органами ротаційної борони. Запропонована конструкція борони з демпферними пристроями і зубом V- подібної форми. (рис.1.9).

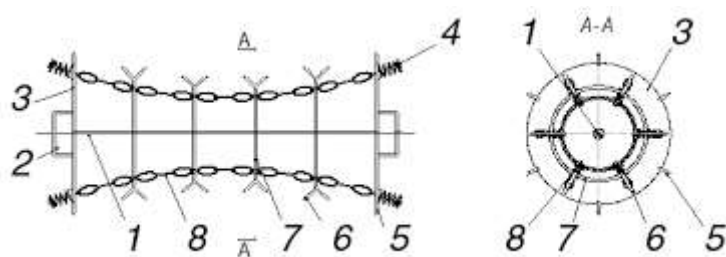


Рисунок 1.21 – Схема гнучкої ротаційної борони :

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

Конструктивне виконання наведеної схеми представлено на рис.1.22.



Рисунок 1.22 – Загальний вид гнучкої шпорової борони

Серед наукових досліджень необхідно окремо виділити напрямок, започаткований кафедрою тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ. Напрямок базується на залученні методів біоніки Але на відміну від підходу

Л.Ф. Бабицького [3] розглядає не рух тварини в цілому, а конкретизує поведінку окремих елементів тіла. Так, було проаналізовано дію голок звичайного степового іжака [25] і на цій основі розроблена конструкція ротаційної зубової борони (рис.1.23)

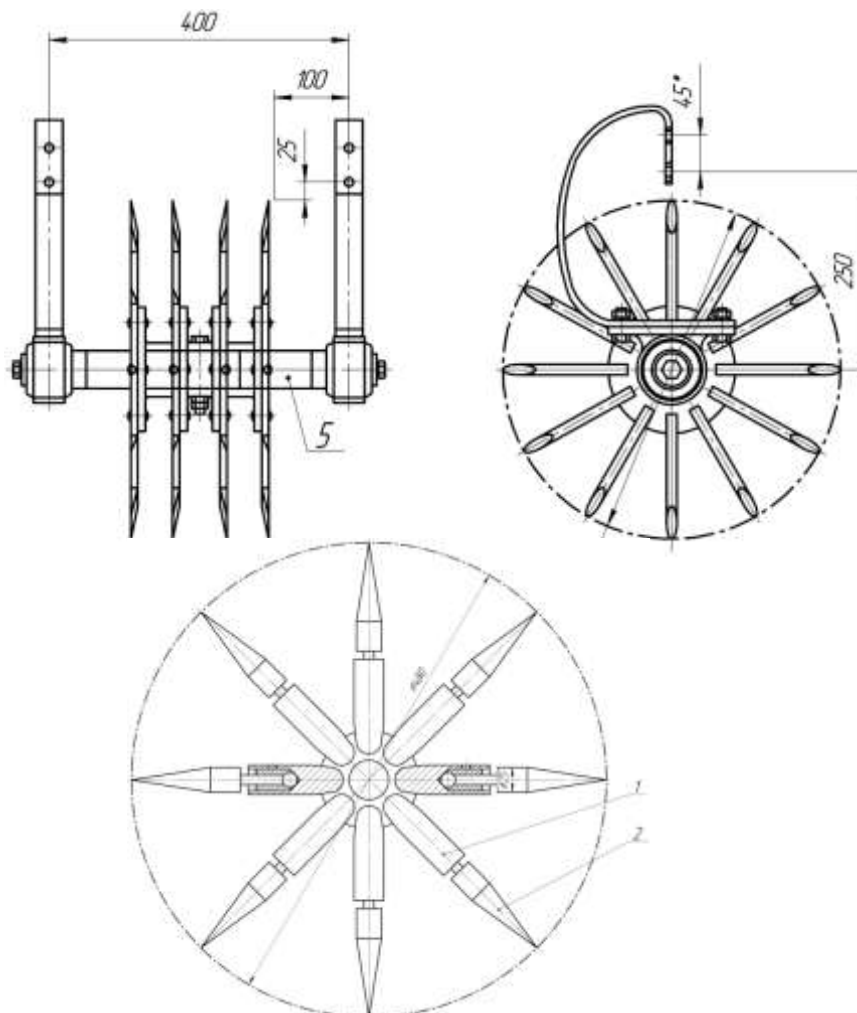


Рисунок 1.23 – Ротаційна борона-подрібнювача вібраційної дії [25]

Принцип полягає в тому, що дискова батарея нанизує голками рослинні рештки. Завдяки раціональній підбраній формі голки, рештки отримують напругу, що перевищує їх міцність на скол. Далі, в процесі перегину голки звільняються від решток.

1.4. Агротехнічні вимоги до процесу

Агрегат повинен стало виконувати технологічний процес за певних умов агротехнічного фону плантації.

Робота повинна забезпечуватись як на оброблених, так і на ущільнених ґрунтах різного механічного складу, по стерні дрібно- і грубостебельних культур. При вологості ґрунту до 23-27%, вологості рослинних решток рослинних решток 15-35%. твердості ґрунту до 3,5 МПа і питомому счепленні часток до 5 Мпа.

Агрегат повинен зберігати працездатність на полях без великих скупчень поживних залишків у вигляді куп та валків;

Рел'єф і мікрорел'єф повинні бути рівними, в противному випадку виникне перекося катка і, як наслідок не будуть дотримуватись раціональні кути різання. Сторонні включення, а також углиблення в ґрунті абсолютно не припустимі. Ухил поверхні плантації не більше 8 градусів. Працювати впоперек ухилу не бажано, бо не буде витримана умова паралельності осі обертання барабана поверхні ґрунту.

При виконанні цих умов агрегат повинен забезпечувати

- подрібнення решток до розміру 10-15 см,
- заорювання решток на глибину до 10 см.
- нерівномірність заорювання до $\pm 2,0$ см.
- кришення ґрунту не є критичним показником для агрегату, бо він має інше призначення.

Висновки.

Виконаний аналіз літературних джерел показує, що найбільш ефективно збирати тільки зернову частину таких культур як кукурудза і соняшник, Стебла доцільно лишати стоячими на зиму. Така технологія економічно вигідна, сприяє накопиченню вологи у зимовий період, попереджає ерозію ґрунту. Подрібнення таких рослинних решток найбільш ефективно виконувати реберчасто-планчаєм катком з загостреним лезом. В процесі руху барабани катка обертаються і розташовані на них ножі врізаються в рослинні залишки, подрібнюють їх і частково закладають в ґрунт. При цьому також мульчують верхні шари ґрунту, регулюючи водний і повітряний баланс. Одним з недоліків робочого органу такого типу є нераціональність кута постановки ножів і кінематичного режиму роботи агрегату в цілому.

2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обґрунтування конструкції

За основу при розробці конструкції прийнятий каток подрібнювач ПТ-6, модифікований ДП «Гуляйпільський механічний завод « ПАТ «Мотор-Січ». (рис.2.1.)Зміни в конструкції стосувались в основному в пристосуванні окремих деталей до умов виробництва підприємства і не носили принципового характеру. Машина є практично копією ПТ-6.



Рисунок 2.1 – Дослідний зразок катка подрібнювача.

В умовах рядової експлуатації машини було відмічено, що в процесі руху барабани катка обертаються і розташовані на них ножі врізаються в рослинні залишки, подрібнюють їх і частково закладають в ґрунт. При цьому також мульчують верхні шари ґрунту, регулюючи водний і повітряний баланс. Працездатність конструкції досягається в основному завдяки високій швидкості обертання барабанів. Проте, якщо процес подрібнення решток проходить достатньо якісно, то мульчування не забезпечує рівномірності і

якість його виконання бажано покращити. В роботі [2] обґрунтовані параметри ролки ротаційної зубової борони. Удосконалення полягає в тому, що заглиблене знаряддя виконує мікровибух в напрямку денної поверхні. Досягти цього можна особою формою робочого органу, або раціоналізацією траєкторії руху. Обидва варіанти в такій доволі важкій конструкції виконати дуже складно. Тому, нами пропонується варіант віброударної дії ножів. Для цього барабани встановлені на ексцентрикових опорах (рис.2.2.)



Рисунок 2.2 – Загальний вид ексцентрикового валу ($\Delta = 2,5$ мм)

2.2. Аналіз кінематики катка

У відповідності до розрахункової кінематичної схеми (рис.2.3.) траєкторія леза ножа може бути описана системою параметричних рівнянь

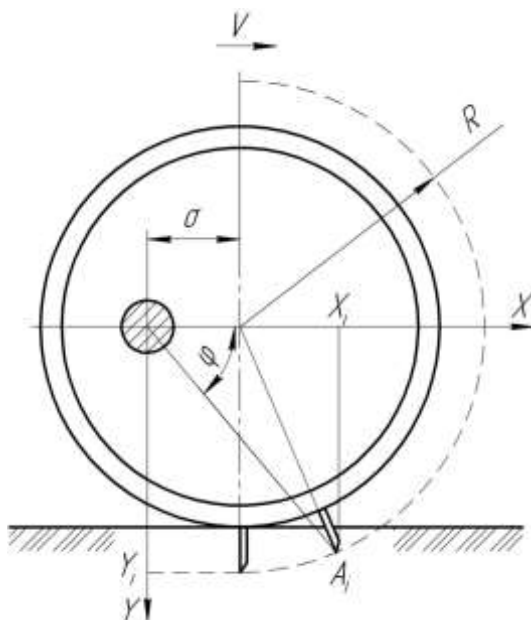


Рисунок 2.3 – Схема кінематична катка-подрібнювача

$$L = R + a \cdot \cos \varphi$$

$$X_i = (R + a \cdot \cos \varphi) \cdot \cos \varphi \quad (2.1)$$

$$Y_i = (R + a \cdot \cos \varphi) \cdot \sin \varphi \quad (2.2)$$

Проаналізуємо кінематику одного окремо взятого ножа за один повний цикл обертання довкола осі ексцентрика.

Центральний кут $\varphi = \omega \cdot t$.

де $\omega = \frac{V}{L}$ – кутова швидкість;

t – час;

V – поступова швидкість агрегату;

L – довжина твірної траєкторії.

Приймаємо вихідне положення ножа таким, що співпадає з напрямком осі X .

Координати леза ножа в прийнятій системі координат при початковому положенні $\varphi = 0$:

$$X_0 = (R + a) \quad Y_0 = 0.$$

Один повний оберт ніж виконає за час

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V} \quad (2.3)$$

Час між послідовними положеннями ножа

$$t = \frac{T}{n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{n \cdot V}, \quad (2.4)$$

де n – кількість ножів на барабані

Попередній ніж (точка A_1) підрізав свою ділянку і вийшов з зачеплення з стовбуром. Довжина відділеної частини стовбура

$$l_1 = \omega \cdot t \cdot R$$

Раціональною є схема в якій задіяні 3 ножі (рис.2.3).; ніж №1 входить в рослинну масу, ніж №2 активно її ріже, ніж №3 знаходиться на етапі виходу, ножі №4,5,6 подрібнюють рослинні рештки, що знаходяться на поверхні поля

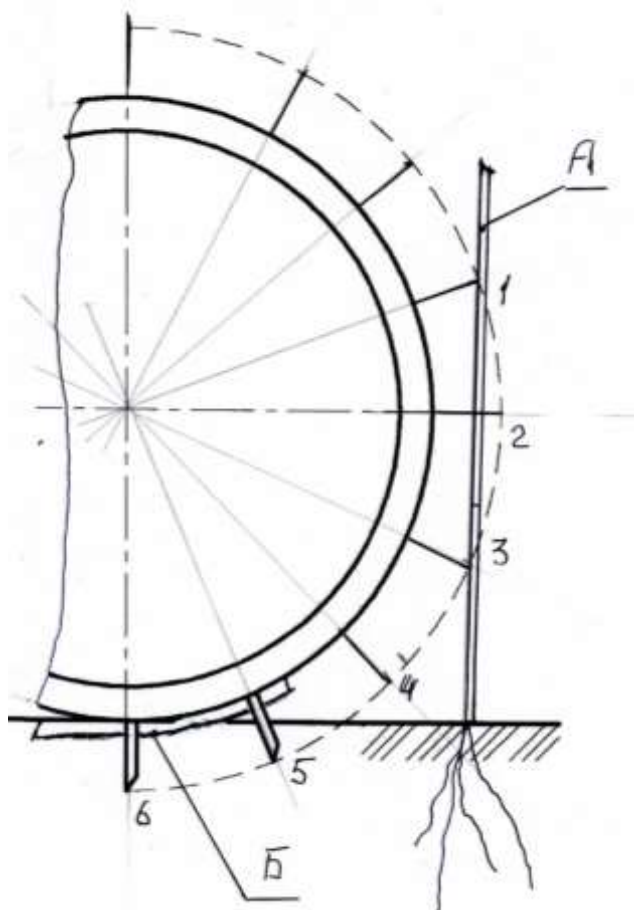


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема до визначення кількості ножів на барабані

Для дотримання такої схеми необхідно, щоб між ножами був кут 22.5 градусів, або 16 ножів на барабані. Різання буде найбільш ефективним, коли швидкість леза ножа буде максимальною в напрямку руху агрегату, тобто в напрямку Х. Швидкість в напрямку Y особливого значення не має, бо в цьому напрямку лезо ножа діє своєю боковою поверхнею і в основному відділяє масу від загального масиву. Хоча відділені рештки падають на ґрунт під власною вагою.

Швидкість леза в напрямку дорівнює першій похідній від рівняння траєкторії

$$V_X = \frac{dx}{d\varphi} = (R - a \cdot \sin\varphi) \cdot \cos\varphi - (R + a \cdot \cos\varphi) \cdot \sin\varphi + V \quad (2.5)$$

$$V_Y = \frac{dy}{d\varphi} = (R - a \cdot \sin\varphi) \cdot \sin\varphi - (r + a \cdot \cos\varphi) \cdot \cos\varphi \quad (2.6)$$

Абсолютна швидкість леза

$$V_{\Sigma} = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} \quad (2.7)$$

Амплітуда коливання $A = 2 \cdot a$,

де a – ексцентриситет ексцентрика

Частота коливань залежить від поступової швидкості агрегату $f = 1/T$

2.3. Аналітичні дослідження взаємодії з оброблюваним середовищем.

Технологічний процес машини нами розбитий на наступні складові:

- ножі інтенсивно входять в стоячу масу стебел і перерізають стовбури на декілька відрізків, довжина яких визначається шагом постановки ножів і робочою швидкістю ;
- рештки, утворені в ході першого етапу вкладаються на денну поверхню, де ножі їх остаточно подрібнюють в результаті підпірного різання.
- = ножі занурюються у ґрунт і на повну глибину до контакту барабану з поверхню ґрунту і закладають не перерізані рештки у поверхневий шар ґрунту;
- барабан перекочується по поверхні, сплющує залишені рештки і ущільнює поверхневий шар. Плющення є важливим елементом, бо порушує цілісність захисного шару стебла рослини що прискорює процес гуміфікації. Аналітична модель має складові у відповідності до наведених етапів.

2.3.1. Прийняті припущення

Модель ґрунтового середовища.

Ножі і барабан взаємодіють з поверхневим шаром ґрунту. Реакція ґрунту залежить від конструктивних і кінематичних параметрів робочого органа та механіко-технологічних властивостей ґрунту. Розроблена нами модель базується на теорії внутрішньої напруги А.М.Панченко[15], тому нами запозичені основні елементи моделі, які саме відповідають вимогам [15]. 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 сколу) у ґрунті відбувається за наступною схемою :
- при куті атаки $\alpha < 45^0$ у поперечно-вертикальній площині під кутом φ_2 до вертикалі, де φ_2 - кут внутрішнього тертя, у повздовжно-вертикальній площині під кутом $90^0 + \varphi_2$ до ріжучого леза [15]
- при куті атаки $45^0 < \alpha < 90^0$ під кутом φ_2 до вертикалі у повздовжно-вертикальній і поперечно-вертикальній площинах [15].
- первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріоритетним і в процесі розповсюдження не змінюється [15];
- опір розповсюдженню тріщини є постійним на всій її довжині [15];
- реакція ґрунту не залежить від напряму прикладання сили [15];
- питоме зчеплення часток ґрунту є інтегральним показником, що визначає всі механіко-технологічні властивості ґрунту [10,15].

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

Модель стебел крупностеблових культур

- окремо стояче стебло моделюється як консольно защемлена у ґрунті балка круглої форми;
- всі механіко-технологічні властивості стебел характеризуються твердістю, жорсткістю, зусиллям на розрив і перерізання, кутами зовнішнього тертя по ґрунту і сталі;
- зі зменшенням вологості всі міцнісні властивості зменшують свою величину [10]
- під жорсткістю розуміють опір стебла на перегин [10]
- всі міцнісні характеристики стебел однакової біологічної основи змінюються пропорційно квадрату їх діаметру [12].

- вкладені на поверхню ґрунту рослинні рештки розглядаються як суцільна однородна маса з приведеними механіко-технологічними властивостями.

2.3.2. Модель взаємодії ножа з окремо стоячим стеблом

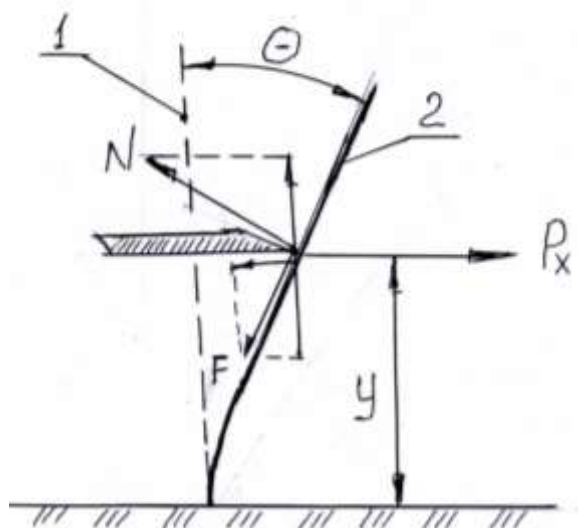


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема до визначення реакції стебла на дію ножа:

1 – Вихідне положення; 2 - Положення на момент перерізання

У відповідності до розрахункової схеми (рис.2.5)

$$P_x = N \cdot \cos \Theta + F \cdot \sin \Theta = N \cdot (\cos \Theta + \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \Theta), \quad (2.8)$$

де $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$,

φ – кут тертя стебла по сталі

Для консольно защемленої балки

$$N = \frac{2 \cdot E \cdot J \cdot \operatorname{tg} \Theta}{H^2} \quad (2.9)$$

Рівняння (2.9) відповідає малому прогину балки (стебла). але в нашому випадку прогин слід вважати великим. Тоді

$$N = \frac{2 \cdot E \cdot J \cdot \sin \Theta}{H^2} \quad (2.10)$$

де Θ – кут прогину балки

$E \cdot J = 500 \text{ Па}$ – усереднена жорсткість стебла кукурудзи [10]

H – висота точки різання над рівнем ґрунту

У відповідності до розрахункової схеми кінцеве положення ножа при якому неперерізане стебло прийме максимальне значення перегину, відповідає прийнятому нами вихідному положенню, що відповідає

$$\Theta = \arctg \frac{R - R \cdot \cos 22,5}{R} = \arctg(1 - \cos 22,5) = 4,5^\circ \quad (2.11)$$

Після математичних перетворень отримуємо значення максимально діючої на ніж сили в проекції на вісь X .

$$P_x = \frac{2 \cdot E \cdot J \cdot \tg \Theta}{H^2} \cdot (\cos \Theta + \tg \varphi \cdot \sin \Theta) \quad (2.12)$$

Підставимо в (1.12) вихідні дані і знайдемо максимальну силу, що може виникнути в системі ніж стебло для отримання прогину, який перешкоджає перерізанню

$$P_x = \frac{2 \cdot 500 \cdot 0,079}{0,23 \cdot 0,23} \cdot (0,99 + 0,59 \cdot 0,078) = 1547 \text{ Н}$$

В той же час, у відповідності до довідкових даних [10], для перерізання стебла кукурудзи достатньо зусилля 80 Н. Таким чином, стебло буде гарантовано перерізане. Для визначення складової тягового опору, що витрачається на процес, необхідно знати кількість стебел, що одночасно можуть знаходитись в зоні різання. Середня густота стеблестою 10-12 шт/м² [10]. При діаметрі барабану 460 мм, він одночасно перекриває площу

$$S = D \cdot L = 0,46 \cdot 1,2 = 0,55 \text{ м}^2,$$

де L – ширина захвату барабану

Таким чином, в робочій зоні може одночасно знаходитись 5,5 стебел

Таким чином загальна горизонтальна складова різання першого етапу подрібнення становить $P_1 = 80 \cdot 5,5 = 440 \text{ Н}$.

2.3.3. Взаємодія ножа з ґрунтом і укладеними на його поверхню рослинними рештками.

Після завершення попереднього подрібнення вільно стоячих стебел на поверхні поля утворюється шар рослинної маси, який можна розглядати як суцільне слабо консолідоване середовище, основу якого становлять крупно подрібнені агрегати рослинного походження (рис.(2.6))



Рисунок 2.6. – Стебла, укладені на поверхню поля

Каток їх плющить, подрібнює і перемішує з ґрунтом. Процес носить імовірнісний характер і для його аналізу необхідно прийняти декілька додаткових припущень. Головне з них: ніж входить в оброблюване середовище по вертикальній траєкторії, а виходить по круговій з утворенням в ґрунті мікровибуху в напрямку денної поверхні. Друге, ніж занурюється в оброблюване середовище під дією ваги катка, тягове зусилля витрачається тільки на перемішування поверхневого шару і безпосередньо перекочування катка.

В процесі роботи каток опирається на ґрунт робочою поверхнею барабана, тому сила перекочування катка визначається саме опором робочої поверхні барабана. На даному етапі, нами розглядається тільки опір на

перекочування катка, вся машина опирається на опорні колеса і цю складову загального опору треба визначати окремо.

Таким чином каток буде мати дві складові тягового опору: горизонтальну і вертикальну. В моделі треба враховувати, що розподіл решток по поверхні носить імовірнісний характер. Тому треба враховувати можливі варіанти взаємодії ножа з оброблюваним середовищем:

- ніж входить в ґрунт не вкритий рослинними рештками;
- ніж подрібнює рослинні рештки, що лежать на поверхні;
- ніж подрібнює частково занурені в ґрунт рештки.

Розглянемо послідовно наведені варіанти. Розрахункова схема першого варіанту представлена на рис.2.7.

Реакція ґрунту має дві складові: реакція на зминання і сила розповсюдження тріщини. $P = P_z + P_C$

Сила, що витрачається на зминання $P_z = q \cdot \Delta \cdot L \cdot a = 5 \cdot 0,1 \cdot 16,5 \cdot 120 = 990 \text{ Н}$

де $q = 5 \text{ Н/см}^3$ – коефіцієнт об'ємного зминання [12]

$\Delta = 10 \text{ мм}$ – товщина ножа;

$L = 120 \text{ см}$ – довжина ножа;

$a = 165 \text{ мм}$ – глибина занурення ножа (дорівнює його ширині)

Сила, що витрачається на розповсюдження ліній сколу $P_C = C_{num} \cdot S$,
де $C_{num} = 1,8 \text{ кН}$ – питоме зчеплення часток ґрунту;

S – площа поверхні, що утворюється за рахунок розповсюдження тріщини

$$S = \frac{2 \cdot a \cdot L}{\cos \varphi} = 0,23 \text{ м}^2$$

$$P_C = 1,8 \cdot 0,23 = 0,41 \text{ кН}$$

Сила P_C спрямована по напрямку розповсюдження тріщини, тобто під кутом φ до вертикалі. Таким чином Вертикальна складова $P_{C(\text{Верт})} = 0,41 \cdot \cos \varphi = 0,36 \text{ кН}$

Горизонтальна складова в напрямку руху $P_{C(Гор)} = 0,41 \cdot \sin \varphi = 0,20 \text{ кН}$

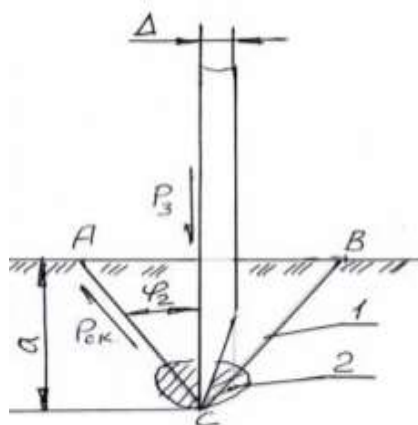


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема входження ножа у ґрунт:

1 – пріоритетний напрямок розповсюдження лінії сколу; 2 – зона зминання ґрунту

Після занурення на повну глибину, ніж виходить на денну поверхню (рис.2.8). На цьому етапі ніж відокремлює від загального масиву шар ґрунту циліндричної форми, виносить його за межі борозни і укладає в борозну, що утворена попереднім ножом.

Площа поверхні, що буде утворена при формуванні циліндричного шару дорівнює

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot L \cdot 22,5}{360} = 0,11 \text{ м}^2$$

Сила, що витрачається на відокремлення $P = C_{num} \cdot S = 1,8 \cdot 0,11 = 0,198 \text{ кН} = 198$.

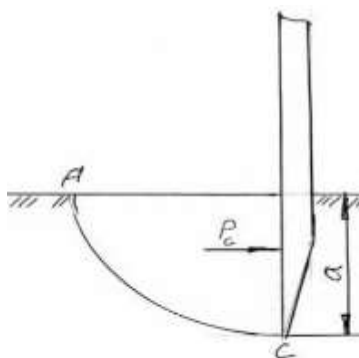


Рисунок 2.8 – Схема виходу ножа з ґрунтового середовища

Маса відділеного шару ґрунту

$$M = \gamma \cdot \frac{22,5}{360} \cdot \pi \cdot R^2 = 0,01 \text{ т} = 10 \text{ кг}$$

де $\gamma = 1,35 \text{ т/м}^3$ – питома вага ґрунту

Силу, яка потрібна на винесення ґрунту за межі борозни визначаємо на основі рівняння балансу

$$M \cdot V = P \cdot t,$$

де $V = 2,5 \text{ м/с}$ – колова (поступова) швидкість.

Підставивши вихідні дані, отримуємо $P = 174 \text{ н}$.

Сила різання укладених на поверхню стебел (рис 2.9) за умовами прийнятих припущень спрямована вертикально і дорівнює 80 Н на одне стебло [10]. Кількість стебел, що одночасно перерізає ніж, аналітично обґрунтувати не можливо. В ході проведених польових досліджень (Розділ 4) Методом експертної оцінки було запропоновано вважати в межах 5-6 шт. Приймемо більше значення. Тоді загальна вертикальна складова пере різання шару укладених стебел буде дорівнювати $P = 6 \cdot 80 = 480 \text{ Н}$.

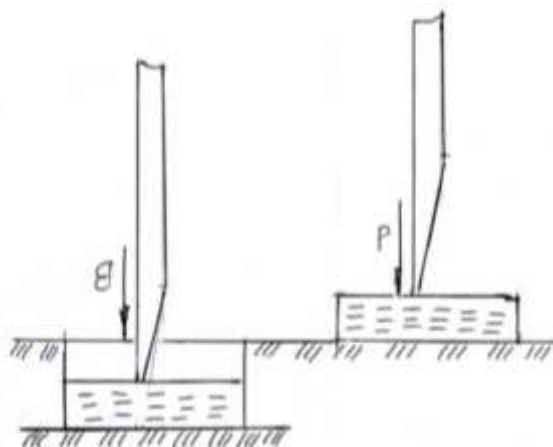


Рисунок 2.9. – Схема взаємодії ножа з укладеним на поверхню стеблом

Таким чином, розрахована загальна горизонтальна складова тягового опору ножів без урахування сили на перекочування катка становить

$$P_{\Sigma} = 440 + 410 + 200 + 198 + 174 = 982 \text{ Н}.$$

Ми навмисне відокремлюємо ці складові, бо розроблена модель спрямована на визначення саме них.

2.4. Аналітичні дослідження якості кришення ґрунту

А.М. Панченко [15] оцінює якість кришення за коефіцієнтом кришення, який ним аргументований на основі основних положень теорії внутрішньої напруги. Запропонована нами модель в своїй основі теж базується на теорії внутрішньої напруги, але адаптованої до конкретних умов роботи катка

2.4.1. Основні положення теорії внутрішньої напруги

Основні положення цієї моделі можна представити наступним чином.

При відокремленні від загального масиву елементарної скиби ґрунту необхідно подолати внутрішню напругу, яку визначають за формулою

$$G = \frac{R_c}{b \cdot a}, \quad (2.12)$$

де R_c – результуюча сила зчеплення часток ґрунту на ділянці відокремлення;
 b, a - поперечний перетин скиби.

$$R_c = \frac{P_0 \cdot (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha}, \quad (2.13)$$

де P_0 – результуюча осьова сила зчеплення часток;

α - кут укладання часток.

Методика визначення G детально викладена в [15].

Результуючу осьову силу зчеплення можна визначити знаючи питоме зчеплення часток ґрунту, яке у свою чергу визначається твердоміром ДорНДІ [12]. Остаточню, ступінь кришення

$$i = \frac{2 \cdot K_p \cdot E}{G^2} + 1, \quad (2.14)$$

де K_p – питомий коефіцієнт різання ґрунту; E – модуль пружності ґрунту.

Питомий коефіцієнт різання ґрунту визначається як відношення опору різання на поперечний перетин скиби.

У відповідності до методики, робочий орган ототожнюється з елементарним долотом з наведеною шириною захвату, для якого визначається опір різанню.

2.4.2. Оцінка якості кришення у відповідності до розробленої моделі

Основна відмінність від теорії [15] полягає в відмові від:

- уявлення робочого органу, як клина з приведеною шириною захвату
- визначення реакції поверхні робочого органу на тиск ґрунту у відповідності до рівняння підпірної стінки

Приймаємо вихідні дані;

- Модуль пружності для чорнозему $E = 37,5 \cdot 10^3$ кН/м²[15]
- Внутрішня напруга $G = 255$ кН/м²[15]

Питомий тяговий опір ґрунту

$$K_p = \frac{0,982}{0,23 \cdot 1,2} = 3,56 \text{ кН/м}^2$$

Ступінь кришення у відповідності до (2.14)

$$i = \frac{2 \cdot 3,56 \cdot 37,5 \cdot 1000}{250 \cdot 250} + 1 = 5,27$$

Прогнозований середній приведений діаметр структурованих агрегатів

$$D = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_a}{4 \cdot \pi}},$$

де $V_a = \frac{V_{СК}}{i},$

де V_a - об'єм агрегату;

$V_{СК}$ - об'єм сколотого шару ґрунту

В результаті отриманих розрахунків отримано $D = 40 - 50$ мм. Це означає, що не менше 50% агрегатів будуть мати приведений діаметр в зазначених межах.

Висновки

1. Аналітичними дослідженнями обґрунтована конструктивна схема удосконалення катка- подрібнювача, яка полягає в становленні барабана катка на ексцентрикову опору. Перевага такої конструкції в тому, що ножі входять в рослинну масу під змінним кутом різання. Не зважаючи на невеликий, 2,5 мм, ексцентриситет це дозволяє виконувати так зване рване різання, яке прискорює розкладання рослинних решток. Вібрація ножа досягає амплітуди 5 мм і сприяє зменшенню тягового опору.
2. Проаналізована кінематика катка і отримані в параметричній формі рівняння абсолютної траєкторії ножа в залежності від кута обертання барабана.
3. В математичній моделі різання окремо стоячого стебла прийняте припущення, що стебло являє собою вертикально стоячу консольно закріплену балку. Розрахунками доведено, що для усереднених механічних властивостей стебла кут прогину при безпідпирному різанні буде становити буде заходитись в межах 4 градусів, що достатньо для гарантованого перерізання стебла ножем катка.
4. Прогнозована розрахункова ступінь кришення ґрунту ножем становить 5,27, що є співставимим з дією стрільчастої лапи. Загальна горизонтальна складова тягового опору модернізованого катка без урахування сили на перекочування становить 982 Н.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

Програмою експериментальних досліджень передбачено виконати роботи на підтвердження вірності обраних конструктивних рішень і адекватності виконаних аналітичних досліджень.

Для проведення досліджень були виготовлені три ексцентрикові вали з різними ексцентриситетами. Інші конструктивні зміни в машину не вносились. Загальний вид катка зі зміненою опорою представлений на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Дослідний зразок катка в транспортному положенні

На рисунку добре видно, як ступиця А зміщена радіально відносно опори Б. Програмою досліджень було передбачено виконати порівняльні випробування серійного і дослідного катків по агрофону післязбиральних решток кукурудзи

В процесі огляду літературних джерел було встановлено, що методик об'єктивної оцінки якості роботи машин даного призначення не існує. Тому, на основі отриманого досвіду з роботою катка подрібнювача нами пропонується власна методика, яка дозволяє виконати порівняльний аналіз роботи двох

модифікацій катків по показникам якості подрібнення рослинних решток і якості утворення мульчі.

3.2. Часні методики досліджень

Методики нами розбиті на три групи у відповідності до призначення:

1. Визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту і рослинних решток, що необхідно для виконання розрахунків у відповідності до розробленої аналітичної моделі взаємодії робочого органа з оброблюваним середовищем;
2. Оцінка якісних показників подрібнення рослинних решток;
3. Оцінка якості формування мульчі.

3.3. Дослідження у відповідності до аналітичної моделі

Механіко-технологічні властивості ґрунту

Визначали за загальновідомими методиками [12]:

- твердість твердоміром Лан-М (рис.3.2) ;
- питоме зчеплення часток твердоміром ДорНДІ;
- кут внутрішнього тертя зсувним приладом;
- кут зовнішнього тертя ковзання приладом Желіговського

Механіко-технологічні властивості рослинних решток визначали за методикою [10]. Кафедрою тракторів і сільськогосподарських машин разом з ДП «Гуляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор –Січ» розроблений спеціальний тензометричний візок [17], але він не розрахований на агрегування з машинами великої ширини захвату, тому, частину досліджень виконували в однорядному варіанті а основні заміри виконували динамометром. в трирядному варіанті.

Ступінь подрібнення рослинних решток. В літературі відсутні будь-які рекомендації стосовно цього показника, тому ми пропонуємо власний. Для його визначення необхідно мати дві складові: інтегральний показник, що характеризує стан решток до проходу агрегату і після. Стан решток до проходу агрегату ми пропонуємо оцінювати за загальною довжиною стебел за формулою:

$$L_{\Sigma} = n \cdot L_C,$$

L_C – усереднена висота зрізу стоячого стебла

n – густина стеблестою

Для визначення стану решток після проходу агрегату відмічаємо ділянку розміром $1,0 \times 1,0$ м, відбираємо решток довжиною більше за 5 смм і знаходимо усереднене значення довжини.

Ступінь подрібнення визначаємо за формулою

$$K = L_{\Sigma} / (m \cdot L_{CP}),$$

де L_{CP} – усереднена довжина решток

m – кількість відібраних решток

Рештки меншого розміру відносимо до мульчі.

В загалі якість обробки поверхневого шару ґрунту прийнято оцінювати за коефіцієнтом структурності [13], який визначається як відношення маси ґрунту, просіяного через решето з отворами 10 мм, до загальної маси взятої проби. Але такий показник є чисто механічним і не враховує наявність в шарі рослинних решток. Нами пропонується методику удосконалити.

Сутність методики полягає в наступному:

- обираємо ділянку, розміром $1,0 \times 1,0$ м характерну за станом поверхні до обробленої плантації;
- з поверхні видаляємо всі рослинні рештки;
- знімаємо в межах ділянки поверхневий шар ґрунту на глибину 8-10 см;

- взятую пробу зважуємо і визначаємо її загальну масу (M);
- пробу просіваємо на решеті з діаметром отворів 10 мм.
- просіяну частину проби зважуємо m_{10});
- з частини проби, що залишилась у решеті відбираємо рослинні рештки і визначаємо їх загальну масу (m_{pp})
- знаходимо суму маси просіяної частини проби і не просіяних рослинних решток.
- коефіцієнт структурності мульчі визначаємо за залежністю

$$K_{CM} = m_{pp}/M$$



Рисунок 3.2 – Загальний вид решета для просіювання взятих проб

Повний комплект складається з 6 решет з діаметром отворів від 10 до 75 мм.



Рисунок 3.2. – Електронний твердомір Лан-М для визначення твердості ґрунту в польових умовах у відповідності до стандарту ASAE S313.3.

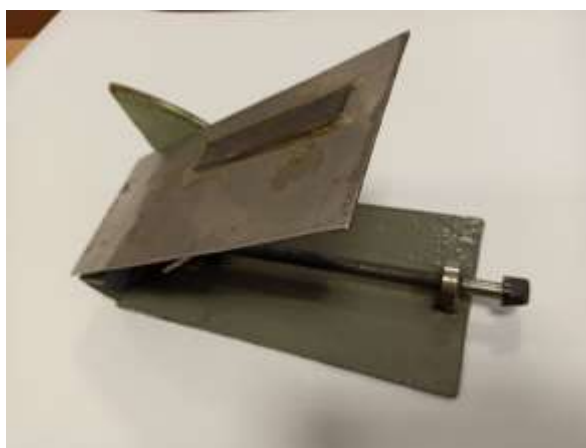


Рисунок 3.3. – Прилад для визначення кута зовнішнього тертя спокою ґрунту по сталі (саморобний)

Висновки

1. Використані в процесі експериментальних досліджень методики побудовані на основі загальновідомих [10,12,13]. Основна методична база добре відпрацьована і сумнівів в адекватності не викликає.

2. Аналіз літературних джерел показує, що методики для визначення механічних характеристик рослинних решток складні, не враховують структури і розмірних характеристик, вимагають наявності спеціального обладнання, тому нами використані усереднені дані.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Заміряні значення механіко-технологічних властивостей агрофону

Таблиця 4.1. Механіко-технологічні властивості ґрунту : q - твердість; C -питоме зчеплення часток; φ_2 – кут внутрішнього тертя в консолидованому стані; φ_1 – кут зовнішнього тертя ковзання по сталі

№ ділянки	q , н/см ²	C , кн./м ²	φ_2 , град	φ_1 , град
1	5,4	4,8	45	24
	5,3	5,4	48	27
	5,4	4,7	44	28
2	5,5	5,1	45	28
	5,6	4,9	50	30
	5,6	4,8	52	33
3	5,5	5,3	47	30
	5,5	4,9	48	31
	5,6	5,0	52	29
Середнє				

Питома вага ґрунту прийнята за даними агрономічної служби 1,35 т/м³
Вологість ґрунту не визначали, бо в математичній моделі вона не використовується.

Таблиця 4.2 – Технологічні властивості кукурудзи

Ширина міжряддя, см	70
Врожайність зеленої маси, ц/га	480
Густота стеблестою, шт./м ²	10-12
Середня висота стоячих стебел, см	70

В зв'язку з відсутністю обладнання значення механічних властивостей запозичені в [10].

Таблиця 4.3 – Механічні властивості стебел кукурудзи [10].

Сила зв'язку кореневої системи з ґрунтом, н	700-800
Опір на перерізання, н	250-300
Модуль пружності (жорсткість), Мпа	50-100
Коефіцієнт тертя ковзання по сталі	0,26-0.29

4.2. Загальні результати досліджень

Подрібнюючи катки стало виконують технологічний процес. Технічних відмов не відмічено. За весь час роботи відмічено 2 технологічні відмови (намотування рослинних решток на вал барабану відповідно на 40 і 120 га роботи. Барабани вільно обертаються, пробуксовування не відмічено. Рівень вібрації в кабіні трактора, за суб'єктивною оцінкою тракториста однаковий в дослідному і скрійному варіантах виконання машини. Бокове рихлення відсутнє.

Як серійна, так і дослідна машини лишають за собою стерню Рис.4.1, яка по завершенні робіт була оброблена біодеструктором.



Рисунок 4.1 - наявність стерні після проходу агрегату: (показано стрілками)

Характерним для обох варіантів є рваний торцевий зріз тіла стебла. На наш погляд це є наслідком безпідпiрного рiзання на недостатній робочий

швидкості. Але такий зріз є корисним для роботи біодеструктора, тому вважати його негативним не можна.

4.3. Якісні показники кришення стебел

У відповідності до методики (роділ 3) визначались ступінь подрібнення і коефіцієнт структурності мульчі. Результати досліджень представлені відповідно в табл.4.4 і табл..4.5.

Слід відмітити, що введені конструктивні зміни мали вплив в основному на коефіцієнт структурності мульчі і тяговий опір. Ступінь подрібнення у обох агрегатів практично однакова, і залежить в основному від швидкості поступового руху Тому дані в табл..4.4 відповідають раціональним значенням з точки зору тягового опору.

Таблиця 4. 4 Заміряні характеристики рослинних решток

Діапазон довжини, см	Середнє значення L_{CP} , см	Кількість решток у пробі, m , шт	$m \cdot L_{CP}$, см
5-10	7,5	7	52,5
10-15	12,5	9	112,5
15-20	17,5	3	52,5
20-25	22,5	4	90
25-30	27,5	2	55
Всього		29	197,5

Робоча швидкість $V = 3,07$ м/с; Амплітуда коливань $A = 10$ мм.

Таблиця 4.5 – Структурний аналіз поверхневого шару ($a \leq 10$ см)

	Маса фракцій по варіантам взятих проб, кг				
	1	2	3	4	Всього
Загальна маса взятої проби	132	141	139	135	547,11
Грунтові агрегати, $d \leq 10$ мм	24	31	29	28	112
Рослинні рештки	9	11	12	11	43

Таким чином, за результатами пналізу масивів експериментальних даних отримуємо:

Ступінь подрібнення: $K = 70 \cdot 11 / 197,5 = 3,9$

Коефіцієнт структурності ґрунту $K_C = 112 / 547 = 0,2$

Коефіцієнт структурності мульчі $K_{CM} = 43 / 647 / 11 = 0,079$

4.4. Дослідження тягового опору

4.4.1. Маса секції 720 кг (облегшений варіант)

За критерій оптимізації в експерименті прийнятий тяговий опір P . Тяговий опір залежить від швидкості робочого ходу, Діаметру і амплітуди коливань барабана. Вважаємо, що ножі у всіх варіантах заглиблені на повну робочу глибину 135 мм. Таким чином нами для експерименту обраний трифакторний симетричний план $3 \times 3 \times 3$ (табл.4.6) . Але проблема є в тому, що реально заміряні робочі швидкості трактора не дозволяють зробити симетричний план. До того ж заводом-виробником передбачена комплектація катка тільки двома видами барабанів: діаметром 460 і 520 мм, що унеможлиблює зробити трифакторний експеримент.

Таблиця 4.6 – Рівні варіювання факторів експерименту

Найменування факторів	Кодування факторів	Одиниця виміру	Рівні варіювання факторів			Інтервал
			верхній (+1)	основний (0)	нижній (-1)	
Швидкість руху*	X_1	м/с	3,0	2,5	2,0	0,5
Діаметр барабана	X_2	мм	520	490**	460	30
Амплітуда коливань	X_3	мм	10	5	0	5

* - зв'язку з тим, що план експерименту повинен бути симетричним, значення швидкості округлені.

У зв'язку з відсутністю барабана діаметру 490 мм, експериментальні дані отримані шляхом інтерполяції.

Таблиця 4.7 - Розрахункова матриця визначення тягового опору

X_1	X_2	X_3	P, кН
0	0	0	1.1
-1	-1	-1	1,4
+1	+1	+1	2,4
+1	0	0	0,5
0	+1	+1	1,9
0	-1	-1	1,1

За результатами статистичного обробітку табл.4.7 отримане рівняння регресії

$$P = 1,1 + 0,1 \cdot X_1 + 0,2 \cdot X_2 + 0,2 \cdot X_3 + 0,4 \cdot (X_1)^2 + 0,3 \cdot (X_2)^2 + 0,1 \cdot (X_3)^2 \quad (4.1)$$

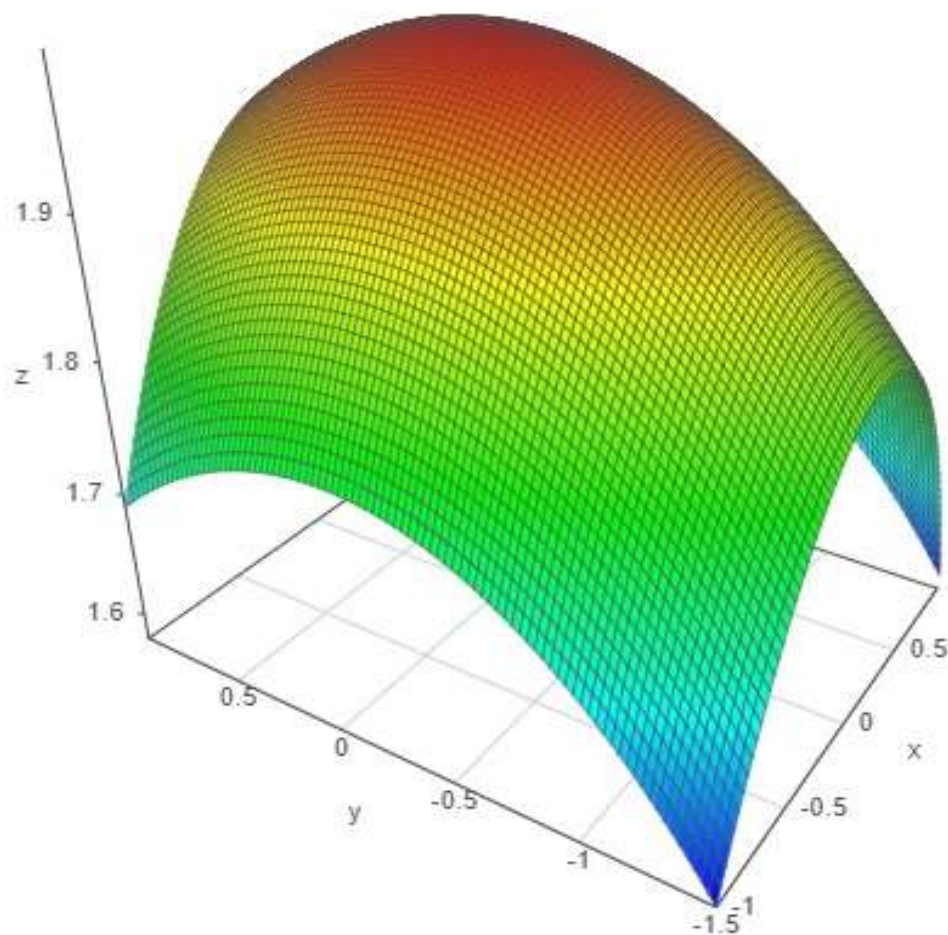


Рисунок 4.2 – Графічна інтерпретація рівняння регресії 4.1)

$X_3 = 0$, що відповідає $V = 2,5$ м/с.

4.4.2 Маса секції 830 кг (варіант максимального навантаження)

Дослідження проводились по стоячим стеблам соняшнику. З метою уніфікації експериментів рівні варіювання факторів залишилися незмінними (табл. 4.6.)

Таблиця 4.8 - Розрахункова матриця визначення тягового опору

X_1	X_2	X_3	$P, \text{кН}$
0	0	0	2.4
-1	-1	-1	2.9
+1	+1	+1	3.9
+1	0	0	3.4
0	+1	+1	2,9
0	-1	-1	1,3

За результатами статистичного обробітку табл.4.8 отримане рівняння регресії

$$-1.01 \cdot X_1 + 1.1 \cdot X_2 - 1.7 \cdot X_3 + 1.9 = P \quad (4.2)$$

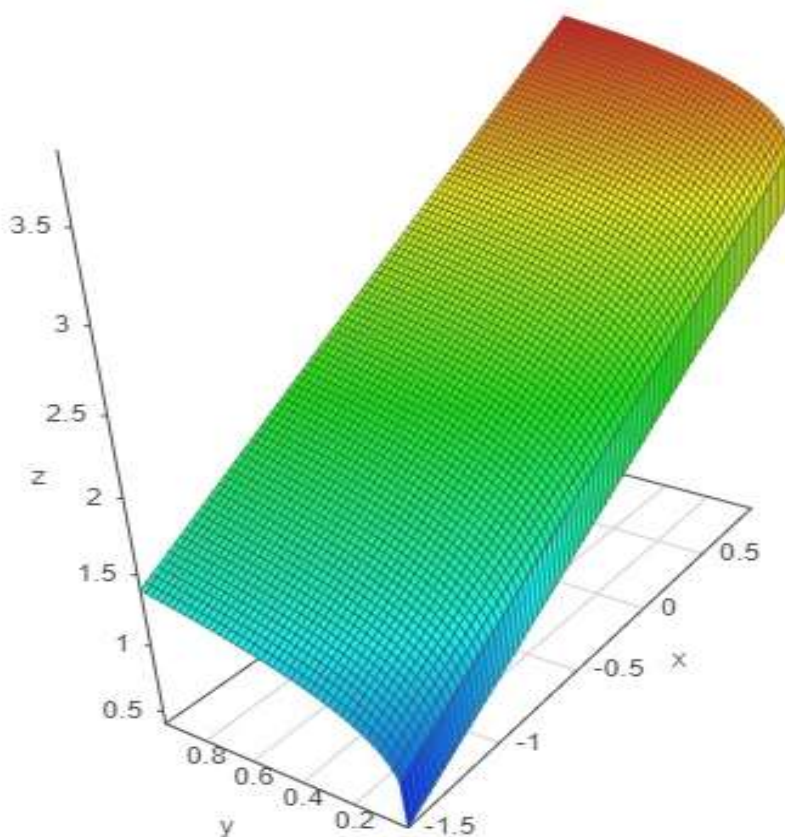


Рисунок 4.3 – Графічна інтерпретація рівняння регресії (4.2.)

Аналіз рівнянь регресії (4.1) і (4.2) показує, що тяговий опір має квадратичну залежність від швидкості поступового руху і діаметру барабана. Це також добре видно на поверхнях відгуку (рис.4.2) і (рис.4.3). Така поведінка цілком зрозуміла, бо практично всі природні процеси, що пов'язані з рухом, мають таку залежність. Квадратична залежність від діаметру можна пояснити тим, що від діаметру залежить кутова швидкість обертання, тобто все зводиться до швидкості. Поверхня (4.3) носить більш лінійний характер. На наш погляд це пов'язане з тим, що каток у другому варіанті більш важкий і до тягового опору додаються складові на зминання ґрунту які від швидкості залежать більш лінійно. В цілому отримані залежності дають результати, близькі до отриманих в ході аналітичних досліджень.

4.5. Дослідження опору стебел на перерізання

Таблиця 4.9. Залежність опору на перерізання від кута різання

Кут різання, град	0	5	10	15	20	25	30	35
Опір на пере різання, Н	240	265	290	300	310	320	330	345

Аналіз масиву отриманих експериментальних даних, виконаний за допомогою онлайн калькулятора <https://planetcalc.ru/5992/> показує, що залежність може бути описана групою рівнянь регресії, найбільш адекватні з них :

1. Лінійна регресія

$$P = 0.6233x + 129.5721 \quad y = 0.6233x + 129.5721$$

Коефіцієнт лінійної парної кореляції 0.7883

2. Квадратична регресія

$$P = -0.0168x^2 + 3.0867x + 41.3745$$

Коефіцієнт кореляції 0.8164

3. Кубічна регресія

$$P=0.0001x^3-0.0392x^2+4.6976x+3.1981$$

Коефіцієнт кореляції 0.966

Для наглядного аналізу приводимо графічну інтерпретацію всіх отриманих рівнянь (рис.4.3.) Аналіз показує інтенсивне зростання опору зі збільшенням кута різання, особливо в діапазоні більше за 15 градусів. Це можна пояснити тим, що всі механічні властивості стебел пропорційні квадрату їх діаметру, а збільшуючи кут, ми практично збільшуємо цей діаметр.

Таким чином, в аналітичній моделі різання необхідно давати поправку на кут різання, що в проаналізованих літературних джерелах не враховано.

Слід відмітити, що наведені результати отримані шляхом досліджень, виконаних на одному окремо взятому катку і вплив сумісної дії катків прийнятий таким, що не має суттєвого впливу на показники роботи. Рівняння кубічної регресії має малий коефіцієнт при показнику третього ступеня, але рівняння має більший коефіцієнт кореляції. Тому раціональним слід вважати квадратичне рівняння.

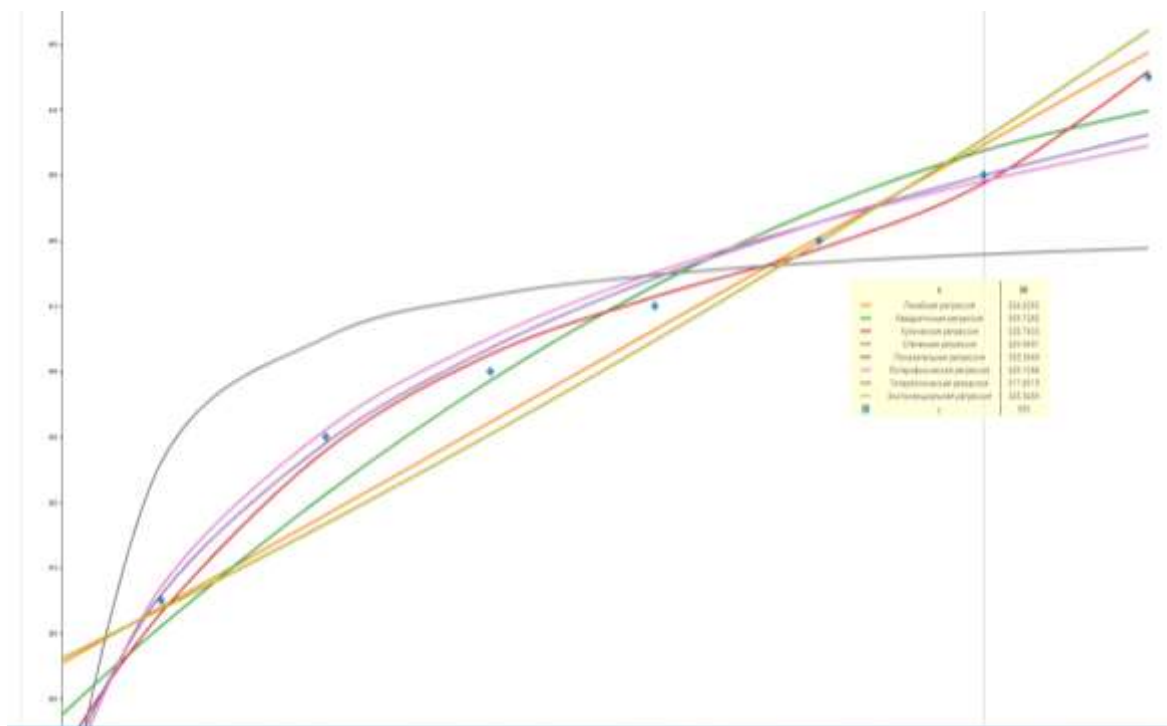


Рисунок 4.4 – Графічна інтерпретація характерних регресійних залежностей опору на перерізання стебла діаметром 30 мм від кута різання

Висновки

1. Проведеними експериментальними дослідженнями підтверджена працездатність розробленої конструкції подрібнювача. Аналіз отриманого рівняння регресії залежності тягового опору від основних конструктивних і кінематичних параметрів знаряддя показує хорошу збіжність з результатами, отриманими на основі аналітичних досліджень, що є підтвердженням адекватності розробленої математичної моделі.

2. Ступінь кришення ґрунту і подрібнення рослинних решток відповідають середньостатистичним для агрегатів даного призначення. Удосконалення конструкції привело до зменшення тягового опору машини в середньому на 10-15%. В ході досліджень отримані найбільш імовірні регресійні залежності опору на перерізання стебла від кута різання.

3. В цілому, в ході досліджень була встановлена відсутність загальноузгоджених методик дослідження агрегатів такого типу, тому виконані нами дослідження практично не можливо порівняти з роботами інших дослідників.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану з охорони праці

З метою підвищення рівня знань з охорони праці серед працівників підприємства інженером з ОП регулярно проводяться семінари та спеціальні заняття. Раз на три роки інженер з ОП направляється на навчання та перевірку знань з питань охорони праці до обласного центру м. Дніпро.

При прийомі на роботу, для працюючих працівників проводяться відповідні види інструктажів, які проводять головні спеціалісти, інженер з ОП та безпосередньо керівники робіт. Для даних цілей ведуться спеціальні журнали реєстрації інструктажів, які зберігаються у особи, що її проводить. Основна нормативна загальногосподарська документація з питань охорони праці ведеться і зберігається у інженера з ОП.

За кожним керівником підрозділу, чи робіт закріплена своя ділянка, по якій він несе відповідальність з питань охорони праці, тобто наявність на місцях відповідної документації (журналу реєстрації інструктажів, інструкцій з ОП по роботі на тій чи іншій машині або агрегаті та ін.) та технічних засобів безпеки.

Однією із найбільших проблем, що стосується стану охорони праці є недостатня забезпеченість працівників та робочих місць технічними засобами безпеки.

На стаціонарних машинах не завжди є огорожувальні та запобіжні пристрої, не вистачає якісних вогнегасників, та засобів індивідуального захисту (при роботі з міндобривами, отрутохімікатами та ін.) для оздоровлення працівників, профкомом підприємства надаються путівки в санаторії та оздоровчі заклади, але в зв'язку із їх значною вартістю не кожен працівник може скористатися цим.

5.2. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту

Виробляються загальні вимоги, безпеки роботи при операції обробітку ґрунту під посів озимого ріпакаі:

- до керування трактором допускаються трактористи які пройшли спеціальне навчання і права, на водіння трактора даної категорії;
- перед початком виконання технологічного процесу тракторист обслуговуючий агрегат проходить інструктаж з охорони праці і розписується в журналі реєстрації, одержує на руки пам'ятку по техніці безпеки;
- одяг механізатора не повинний мати довгих звисаючих частин і кінців, дозволяється працювати тільки в застебнутої, ретельно заправленому одягу і головному уборі, робота у фартуху також забороняється;
- категорично забороняється буксирування трактора разом з комбінованим ґрунтообробним агрегатом;
- у кабіні трактора повинна знаходитися аптечка з повним комплектом медикаментів;
- надійність роботи гальм і рульового керування повинна перевірятися систематично;
- забороняється перевезення вантажів на рамі комбінованого агрегату чи використання його не за призначенням;
- забороняється заходити чи входити в кабіну трактора до його повної зупинки;
- постійно стежити за справним станом агрегату і наявністю справних захисних протипожежних засобів (вогнегасник з кріпленням, лопата);
- господарствам забороняється вносити конструктивні зміни в агрегат без узгодження з органами держтехнадзору.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Перевірте відсутність тріщин, налипань, сторонніх предметів тощо на лопатнях вентилятора двигуна та на шківу пускового двигуна.

Перевірте справність деталей і цілісність проводів пристрою, що запобігає запуску двигуна на ввімкненій передачі.

До заправного пункту пально-мастильними матеріалами під'їжджайте так, щоб вихлопна труба знаходилась з протилежного боку від пункту, загальмуйте агрегат, вимкніть двигун.

Перевірте комплектність причіпного пристрою агрегатованого знаряддя (машини), відсутність на його деталях пошкоджень, тріщин, деформацій.

Вимоги безпеки під час виконання роботи.

Крім перерахованих загальних вимог безпеки, варто враховувати специфічні умови роботи агрегату на полі і ряд додаткових небезпек зв'язаних з цим. Вимоги враховуючі ці фактори перераховані нижче:

- трактористу забороняється передавати роботу на агрегаті особам не закріпленим за даним агрегатом ;
- під час роботи забороняється знаходитися перед агрегатом;
- не можна робити ремонт чи регулювання вузлів під час роботи і пересування агрегату, усі види регулювань і технічне обслуговування робити після повної зупинки агрегату при виключеному двигуні;
- не доторкатися до рухливих деталей машин при працюючому двигуні;
- під час роботи агрегату забороняється надягати ремені і ланцюги на шківи і зірочки, а також змазувати підшипники;
- після зупинки агрегату варто переводити важіль коробки передач у нейтральне положення;
- у секторі повороту агрегату не повинні знаходитися люди і транспортні засоби;
- після проведення яких-небудь регулювальних чи ремонтних робіт забороняється залишати на агрегаті інструмент чи інші сторонні предмети;
- з наступом темряви дозволяється робота тільки з включеними в достатній кількості фарами.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

1. Травмування осколками деталей, що обертаються під час запуску двигуна.
2. Травмування внаслідок раптового рушення трактора під час запуску двигуна.

3. Опіки внаслідок загоряння пального під час заправки трактора.
4. Травмування, наїзд на сторонніх осіб під час агрегування трактора із знаряддями.
5. Травмування під час технологічної наладки агрегованих знарядь.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

1. Вигнати агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.
2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.
3. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці

Під час проведення весняно-польових робіт власники, керівники, головні спеціалісти, працівники служб охорони праці підприємств повинні посилити профілактичну роботу по попередженню виникнення випадків виробничого травматизму.

Враховуючи причин і обставин травматизму та джерел травмування дієвими заходами профілактики в першу чергу мають стати:

- організація інструктування, навчання з охорони праці та професійного відбору;
- забезпечення безпеки виробничого обладнання;
- забезпечення належного контролю та нагляду за охороною праці;
- організації проведення перевірок технічного стану техніки перед початком роботи та усунення усіх виявлених недоліків;
- проведення передрейсових медичних оглядів водіїв та механізаторів;
- організації режиму роботи та відпочинку працівників;
- підвищення рівня трудової та виробничої дисципліни.

Висновок

У даному розділі представлені вимоги охорони праці при підготовці ґрунту комбінованим ґрунтообробним агрегатом. Представлено перелік заходів які зменшують травмування під час виконання робіт, перед початком виконання робіт і під час аварійних ситуацій.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

У проекті нами модернізовано серійну ґрунтообробну машину КП-6 з метою підвищення надійності і якості поверхневого обробітку ґрунту. Завдяки цьому, що модернізована машина має більшу технологічну надійність, вона потребує менше часу на підготовку до роботи і менше часу на зупинки по технологічним причинам. Це дозволило збільшити продуктивність агрегату з 4,2 га/год у базового до 4,96 га/год у проекті.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.6.1.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг роботи	га	320	320
2	Продуктивність	га/год	4,2	4,96
3	Витрати ПММ	кг/год	6,4	5,6
4	Вартість: - Трактора - Машини	грн	543000 339000	543000 339800
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{320}{4,2} = 76,19 \text{ год} \quad K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{320}{4,96} = 64,52 \text{ год} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\Pi} = K_{\text{нг}} \cdot n = 76,19 \cdot 1 = 76,19 \text{ год} \quad V_{\Pi} = K_{\text{нг}} \cdot n = 64,52 \cdot 1 = 64,52 \text{ год}, \quad (6.2)$$

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (6.3)$$

де C_T - тарифна ставка, 68,75 грн/год;

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

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

Проект

$$\Pi = \frac{68,75}{4,2} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 27,01 \text{ грн/га} \quad \Pi = \frac{68,75}{4,96} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 22,87 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, ґрунтообробної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550 год;
- машини - 580 год

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } A_{\text{ТР}} = \frac{543000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 4,2} = 12,51 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{ТР}} = \frac{543000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 4,96} = 10,59 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{339000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 4,2} = 20,87 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = \frac{339800 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 4,96} = 17,72 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 12,51 + 20,87 = 33,38 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 10,59 + 17,72 = 28,31 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}} = 35,50 \cdot 6,4 = 227,2 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 35,50 \cdot 5,6 = 198,8 \text{ грн/га}$$

$C_{\text{ПММ}}$ – комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів 35,50 грн/кг

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і 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.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \quad (6.4)$$

де $B_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн;

Базовий

$$\text{Трактор: } B_{\text{ТР}} = \frac{543000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 76,19 \cdot 4,2} = 325,8 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ТР}} = \frac{543000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 64,52 \cdot 4,96} = 325,78 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } B_{\text{М}} = \frac{339000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 76,19 \cdot 4,2} = 203,4 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{М}} = \frac{339800 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 64,52 \cdot 4,96} = 203,87 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{\text{ТР}} + B_{\text{М}} = 325,8 + 203,4 = 529,2 \text{ грн/га}$$

$$B = 325,78 + 203,87 = 529,65 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$E_{\text{В}} = 27,01 + 33,38 + 227,2 + 325,8 = 613,39 \text{ грн/га}$$

$$E_{\text{В}} = 22,87 + 28,31 + 198,8 + 325,78 = 575,76 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_{\text{В}} \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 613,39 \cdot 320 = 196284,8 \text{ грн}$$

$$E_{\Sigma} = 575,76 \cdot 320 = 184243,2 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{543000}{320} = 1696,88 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{543000}{320} = 1696,88 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{339000}{320} = 1059,38 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{339800}{320} = 1061,88 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 1696,88 + 1059,38 = 1928 \text{ грн/га} \quad K_B = 1696,88 + 1061,88 = 2758,76 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 613,39 + 0,15 \cdot 2756,26 = 1026,83 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 575,76 + 0,15 \cdot 2758,76 = 989,57 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CEZ} = 1026,83 \cdot 320 = 328585,6 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 989,57 \cdot 320 = 316663,68 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 328585,6 - 316663,68 = 11921,92 \text{ грн}$$

$$T_o = (882800 - 882000) / 11921,92 = 0,1 \text{ років}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Поверхневий обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	320	320
3	Склад агрегата: Трактор Машина	МТЗ-892 КП-6	МТЗ-892 КП-6М
4	Продуктивність, га/год	4,2	4,96
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	76,19	64,52
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	68,75	68,75
9	Норма витрати пального, кг/га	6,4	5,6
10	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	543000 339000	543000 339800
11	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	35,50	35,50
12	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього . Витрати на ПММ . Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	613,39 12,51 20,87 33,38 227,2 325,8 203,4 529,2	575,76 10,59 17,72 28,31 198,8 325,78 203,87 529,65
13	Приведені затрати, грн/га	1026,83	989,57
14	Річний економічний ефект, грн		11921,92

Висновок

Як показують розрахунки, модернізована машина має хорошу ефективність і її можна рекомендувати у впровадження. Прогнозований річний економічний ефект складає 11921,92 грн при сезонному навантаженні 320 га, а термін окупності становить 0,1 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз літературних джерел показує, що для таких культур, як кукурудза і соняшник найбільш ефективно збирати тільки зернову частину. Стебла доцільно лишати стоячими на зиму. Така технологія сприяє накопиченню вологи у зимовий період, попереджає ерозію ґрунту. Подрібнення і занурення у ґрунт таких рослинних решток найбільш ефективно виконувати реберчасто-планчаєм катком з загостреним лезом. В процесі руху барабани катка обертаються і розташовані на них ножі врізаються в рослинні залишки, подрібнюють їх і частково закладають в ґрунт. При цьому також мульчують верхні шари ґрунту, регулюючи водний і повітряний баланс.

2. Одним з недоліків робочого органу такого типу є нераціональність кута постановки ножів і кінематичного режиму роботи агрегату в цілому. Виконаними дослідженнями аргументована доцільність встановлення барабану катка на ексцентрикових опорах. По-перше, вібраційний режим сприяє зменшенню тягового опору. По-друге, це дозволяє отримати в процесі роботи раціональний кут постановки леза ножа до напрямку руху.

3. Розроблена аналітична модель взаємодії робочого органу з оброблюваним середовищем дозволяє обґрунтувати основні конструктивні і кінематичні параметри катка.

4. Розроблена методика оцінки якості кришення решток на основі коефіцієнтів подрібнення і структурності мульчі. Методика є абсолютно новою, в процесі досліджень нами підтверджена можливість її використання для порівняння роботи однотипних агрегатів.

5. Проведені експериментальні дослідження в основному підтвердили адекватність розробленої математичної моделі. Удосконалення конструкції привело до зменшення тягового опору машини в середньому на 10-15%.

6. Модернізована машина забезпечує отримання наступних показників якості роботи: ступінь подрібнення рослинних решток $K = 70 \cdot 11 / 197,5 = 3,9$;

коефіцієнт структурності ґрунту $K_C = 112/547 = 0,2$; коефіцієнт структурності мульчі $K_{CM} = 0,079$. Машина забезпечує продуктивність 4,9 га/год, що до 10 % краще за серійний зразок

7. Проведений аналіз умов експлуатації, показав, що внесені конструктивні зміни не погіршили стану охорони праці і навколишнього середовища.

8. Виконані техніко-економічні розрахунки показали хорошу ефективність від впровадження машини в виробництво. Прогнозований річний економічний ефект становить 11921 грн при навантаженні 320. га

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аппроксимация функции одной переменной: онлайн калькулятор/ электронный ресурс/ код доступа <https://planetcalc.ru/5992/>
2. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Обоснование оптимальной формы игл почвообрабатывающих игольчатых дисков/Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 43. Технические науки – с.86-88
3. [Бабицкий Л. Ф.](#) Обоснование конструктивных параметров гибкой борона / 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. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров. - М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.
5. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981.- 263 с.
6. Іванчук М.Д. Способи обробітку рослинних решток/електронний ресурс, код доступу<https://agronom.com.ua/sposoby-obrobitku-roslynnnyh-reshtok/>
7. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины /Учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим и экономическим специальностям. 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1989. — 527 с.
8. 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.
9. [Корчак М. М.](#) Теоретичні дослідження впливу розподільника на процес розподілу розрізаних рослинних залишків грубостеблових культур з міжрядь на рядки посіву / М. М. Корчак // [Збірник наукових праць](#)

[Подільського державного аграрно-технічного університету](#). - 2010. - Вип. 18. - С. 517-524. –

Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu_2010_18_113

10. Механико-технологические свойства стеблей сельскохозяйственных культур. Приборы и методы их изучения/Електронний ресурс ; код доступу; <https://mehanik-ua.ru/lektsii-po-mtsskhm/183-tekhnologicheskie-svoystva-steble.html>
11. Мансуров М. Т., Расулов А. Д. Теоретическое обоснование параметров выравнивателя-уплотнителя комбинированной машины по системе push-pull для предпосевной обработки почвы // Молодой ученый. — 2016. — №8. — С. 256-259. — URL <https://moluch.ru/archive/112/27101>
12. 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.
13. Основы научных исследований в агрономии : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
14. Моделирование качества разуплотнения долотом / [Кобець О.М., Теслюк Г., Волик Б., Лепеть Є.] // Техніка і технології в АПК: науково-виробничий журнал. – Дослідницьке, УкрЦВТ. – 2015. – Вип.6(69). – С.31-33
15. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
16. Практикум з використання машин в рослинництві / [ІльченкоВ.Ю., Кобець А С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр. ун-т. – 2002 – 212с.
17. Пугач А.М. Польові дослідження сферичного диска на пружному кріпленні / А.М.Пугач //Техніка і технології АПК. Науково-виробничий журнал №11(98, 2017. _ С.23-25.
18. Скоробогатов Д.В. Обґрунтування параметрів комбінованого плуга для загортання сидеральних культур / Д.В.Скоробогатов: автореф. дис... канд.

техн. наук. / – Київ., 2014. – 21 с.

19. Теслюк Г. Грунтообробний агрегат для роботи в системі Strip-Till / [Теслюк Г., Волик Б., Пугач А., Когут І.] - .] // Техніка і технології в АПК: науково-виробничий журнал. – Дослідницьке, УкрЦВТ. – 2015. – Вип.11(74). – С.16-19.
20. Рослинні рештки в технології Ноу-Тілл, правила управління- Блог компанії «Агромир» /Електронний ресурс/ Код доступу : <http://blog.agromir-notill.com/ua/roslinni-reshtki-v-texnologii%D1%97-nou-till-pravila-upravlinnya/>
21. Цилюрик Я. Поверхневий обробіток і рослинні рештки / Електронний ресурс/код доступу: <https://www.zerno-ua.com/journal/2019/may-2019-god/poverhneviy-obrobitok-i-roslinni-reshtki>
22. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.
23. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В. А. Штерензон. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 66 с. : електронний ресурс, код доступу: <http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>
24. 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. 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.
25. 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.