

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**Пояснювальна записка**  
до дипломної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування параметрів і конструкції ґрунтообробної машини для  
подрібнення рослинних решток**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-2-20  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Компанієць Владислав Олександрович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Теслюк Геннадій Володимирович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро, 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
ТСГМ

(назва кафедри)

**доцент**

(вчене звання)

**Теслюк Г.В.**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ »

2021р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Компанієць Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів і конструкції ґрунтообробної машини для подрібнення рослинних решток  
керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 17 » \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_ 2021 року № 3539

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ до 2. 12. 2021

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації рослинництва та існуючого знаряддя для обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Постановка проблеми .Аналіз конструкцій і досліджень.2.Обґрунтування параметрів конструкції 3.Програма і методика експериментальних досліджень 4.Результати експериментальних досліджень

5.Охорона праці 6.Техіко –економічне обґрунтування роботи. Висновки. Список використаних джерел

1. Тема. 2. Мета і задачі досліджень. 3. Послідовність досліджень 4. Теоретичні дослідження (2 аркуш, А4). 3. Дослідна установка. (1 аркушів, А4). Методика експериментальних досліджень. (4 аркуш, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Волик Б.А., доцент		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_ 20. 05. 2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

( підпис )

Компанієць В.О.

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

Теслюк Г.В.

(прізвище та ініціали)



## РЕФЕРАТ

Компанієць В.О. Обґрунтування параметрів і конструкції ґрунтообробної машини для подрібнення рослинних решток – Дипломна робота ступеня магістр за спеціальністю №208 «Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2021– 64 с.

В роботі приведені результати виконаних досліджень які дають можливість обґрунтувати параметри реберчасто-планчатого катка подрібнювача. Проведеними дослідженнями підтверджена роботоздатність запропонованої конструкції машини.

Також провели техніко-економічні розрахунки, та представили заходи для покращення охорони праці.

**Ключові слова:** каток-подрібнювач, знищення рослинних решток, трактор.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ПОСТАНОВА ПРОБЛЕМИ .АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
1.1. Огляд конструкцій.....	11
1.2. Огляд аналітичних досліджень.....	19
1.3. Грунтообробні машини дискового типу для подрібнення рослинних решток.....	27
Висновки.....	29
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ.....	30
2.1. Загальні принципи розробки конструкції.....	30
2.2. Аналітичні дослідження.....	32
2.2.1 Маса катка.....	32
2.2.2 Тяговий опір катка.....	34
2.2.3. Кінематичні параметри катка.....	36
2.2.4. Прогнозована ступінь подрібнення рослинних решток.....	37
Висновки.....	37
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.	38
3.1. Агротехнічні вимоги до процесу.....	38
3.2. Вихідні параметри що підлягають визначенню.....	38
3.3. Програма досліджень.....	39
3.4. Загальні методики досліджень.....	39
3.5. Методики експериментальних досліджень відпрацьовані в ДДАЕУ	40
Висновки	43
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44

	8
4.1. Загальні результати досліджень ...	44
4.2. Подрібнення рослинних решток.....	44
4.3. Кришення ґрунту.....	46
4.4. Дослідження тягового опору.....	47
Висновки.....	49
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	50
5.1. Вимоги безпеки праці при обробі ґрунту .....	50
5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	50
5.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	51
5.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	52
5.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	52
Висновки	53
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ.....	54
6.1. Витрати праці на виробництво кукурудзи на зерно визначають для обох технологій (площа 100 га).....	54
6.2. Витрати праці на одиницю площі будуть.....	54
6.3. Витрати палива на виробництва кукурудзи на зерно для обох технологій	54
6.4. Витрати палива на одиницю площі будуть.....	55
6.5. Ступінь зниження витрат праці визначається по формулі ...	55
6.6. Собівартість продукції визначається за формулою .....	55
Висновки.....	59
Загальні висновки .....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур в умовах дефіциту органічних і мінеральних добрив передбачають використання більш нових конструкцій сільськогосподарських машин. Реберчасто-планчатий каток-подрібнювач на даному етапі є найбільш ефективним засобом для виконання даної операції. На ринку сільськогосподарських машин кожна фірма-виробник пропонує агрегати власної конструкції Ці машини є як правило вузької направленості і не можуть бути використані в умовах, відмінних від заявлених виробником. Основна задача полягає в тому, що параметри конструкцій отримані шляхом експериментальних напрацювань, без глибоких аналітичних досліджень технологічного процесу машин, що уповільнює розвиток сучасних конструкцій. В цілому машина користується попитом і усунення ряду конструктивних проблем є актуальною задачею. Тому роботи за тематикою магістерської роботи є актуальними.

**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 процесу»,

Основні положення і матеріали роботи доповідались на міжнародній науково практичній конференції «Розвиток наукової думки постіндустріального суспільства: сучасний дискурс: матеріали II Міжнародної наукової конференції ( Т.1), м. Дніпро, 8 жовтня, 2021».

**Особистий внесок магістранта.** Основні результати магістерської роботи отримано магістрантом особисто, зокрема обґрунтована

конструктивна схема машини, розроблена методика проведення польових досліджень, організовані польові дослідження і виконаний статистичний аналіз отриманих результатів.

**Публікації.** За матеріалами роботи опубліковані тези.

**Структура і обсяг роботи** Роботу викладено на \_\_\_ листах з яких \_\_\_ основного тексту. Робота складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з \_\_\_\_\_ назв, містить \_\_\_ рисунки, \_\_\_\_\_ таблиць, додатків на \_\_\_\_\_ листах.

# 1. ПОСТАНОВА ПРОБЛЕМИ. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1. Огляд конструкцій

Каток – подрібнювач в сучасному виді є відносно новою машиною, але такою що швидко підтвердила свою ефективність і отримала широке розповсюдження. За своїм призначенням машина подрібнює рослинні рештки, заорює і перемішує їх з ґрунтом, і таким чином формує шар мульчі. Конструктивно всі види машин об'єднані одним конструктивним рішенням: барабан у підшипникових опорах з закріпленими по периметру радіально ріжучими пластинами-ножами. В залежності від діаметру барабана катки поділяють на такі що працюють по агрофону грубостеблових і трав'янистих культур. За принципом дії, ножі катків виконують рубляче різання, що в більшості випадків потребує попереднього укладання зеленої маси на поверхню поля. Ножі катків за правило мають прямолінійне лезо, бо конструкція не передбачає різання з ковзанням.

Оглядом літературних джерел і рекламних проспектів фірм-виробників відмічено ряд спільних конструктивних рішень. В даному огляді наведені більш характерні. Перш за все необхідно відмітити, що катки можуть бути ріжучої і зминаючої дії. Перший тип більш поширений. В якості найпростішого конструктивного рішення розглянемо каток-подрібнювач КЗК-6 (рис.1.1.)



Рис.1.1 – Каток подрібнювач КЗК-6.

Каток являє собою суцільний вал, з радіально закріпленими ножами, тобто, барабан відсутній машина має три таких вали довжиною по 2 м. На рисунку представлено транспортне положення.

Більш сучасний варіант має так звану ламану конструкцію. (рис.1.2)



Рис.1.2.- Каток-подрібнювач Demetra

Конструкцію відрізняє те, що ножі встановлені на коротких валах зі зміщенням один відносно одного. Таке рішення розосереджує діючі сили і тим самим пом'якшує загальний динамічний режим.

Інший вид машини (рис.1.3). який має дещо схожий тип робочих органів для подрібнення рослинних з подальшим їх перемішування з ґрунтом.



Рис. 1.3 – барабан катка, оснащений ножами шевронного профілю.

Але, недолік конструкції полягає в тому, що планки суцільні і повністю перекривають ширину захвату барабану.



Рис. 1.4 – Каток-подрібнювач КМ-6 «Степ»

Всі вище наведені конструкції не адаптовані до крушення грудки, тому для цієї операції розроблений спеціальний каток-грудкоподрібнювач з зубчатими планками шевронного профілю (рис.1.5)



Рис. 1.5 – Коток грудкороздавлювач Vomet-2,5

Характерна особливість даного катка полягає в тому, що планки не жорсткі і в процесі роботи виконують коливальний рух. Тому такий каток ще має назву струнний. Коливальний рух планок покращує режим різання, але негативно впливає на надійність.

Оглядом відмічені конструкції, шпорових катків (рис.1.6)



Даний різновид катка призначений для подрібнення великих ґрунтових грудок з одночасним переминанням рослинних решток грубостеблових культур. Машина доволі енергоємна і тому широкого розповсюдження не має.



Рис.1.6 – шпоровий каток

Профіль ножів аналітично обґрунтований Л.Ф.Бабицьким[2]. В основі обґрунтування закладений принцип різання з ковзанням, що робить конструкцію ефективною при роботі в умовах смугового укладання рослинних решток .

Наступна група катків має ребристий профіль і завдяки своїй підвищеній вазі переминає грудки і рослинні рештки (рис.1.7)



Рис.1.7 – Ребристий каток переминаючої дії

За даним принципом побудований саморобний каток (рис.1.8). Конструкція заслуговує на увагу тим, що максимально проста і може бути виготовлена в умовах сільської майстерні. Характерною особливістю є також те, що ребра формують ущільнений поверхневий профіль V- подібної форми. З точки зору боротьби з ерозією ґрунту, це є дуже корисним.



Рис.1.8 – Саморобний каток переминаючої дії

Серед саморобних конструкцій можна також відмітити дисковий каток (рис.1.9). Каток показав хороші результати в умовах роботи на плантаціях, засмічених великою кількістю рослинних решток грубостеблових культур.

Взагалі дослідження саморобних конструкцій є дуже корисним з точки зору запозичення оригінальних конструктивних ідей.





Рис.1.9 – Саморобний дисковий каток-подрібнювач

ДДАЕУ запропонований комбінований ґрунтообробний агрегат (рис.1.10)



Рис.1.10 – Комбінований ґрунтообробний агрегат конструкції ДДАЕУ

Особливість конструктивного рішення полягає в тому, що профіль робочого органу обґрунтований на основі методів біоніки. Сутність полягає в тому, що стрільчаста лапа має підвищену обтічність в повздовжно-вертикальній площині і тим самим забезпечує винесення кореневої системи рослин на денну поверхню, де подрібнюється дисковим катком. Відстань між дисками підібрана такою, що забезпечує подрібнення до розміку 50 мм, що за даними літературних джерел є оптимальним, для шару мульчі.

Вдалою виявилася ще одна конструкція ДДАЕУ, (рис.1.11). Новизна полягає в тому, що основний вал є ексцентриковим і в процесі роботи

виконує коливальний рух з амплітудою 5 мм. Як показали дослідження [8], коливальні рухи викликають руйнування, як ґрунту, так і рослин.



Рис.1.11 – Дослідний зразок барабана з ексцентриковим валом  
(Конструкція ДДАЕУ)

В даній конструкції важливо забезпечити відсутність розповсюдження коливань на трактор. Останнє досягається шляхом підвищення маси рами машини.

Проблема заорювання рослинних решток на присадибних делянках вирішується перекопуванням з обертом шару. Кінематика процесу детально розглянута в [18]. В садово-паркових господарства, де кількість дерев

доволі значна, проблема листя існує, бо згрібання і підпалювання це не є вихід. Нами знайдена саморобна конструкція, яка дозволяє механізувати процес, хоча б на етапі кришення [1.12]. Конструкція проста, проте вирішує проблему. Особливість полягає в тому, що знаряддя повинно бути максимально легким, бо з ним повинна працювати людина без енергетичних засобів що входить в протиріччя з вимогою надати максимально можливий тиск на голку в процесі роботи.



Рис.1.12 – Саморобний каток-подрібнювач для садово-паркових господарств

## **1.2. Огляд аналітичних досліджень**

В даному підрозділі зупинимось на дослідженнях, виконаних в ДДАЕУ «Кріплення барабану на ексцентриковому валу з метою покращення якості формування шару мульчі в окремих конструкціях використовують ефект віброударної дії ножів. Для цього барабани встановлюють в ексцентрикових опорах з ексцентриситетом до 10 мм. Розглянемо аналітичну модель взаємодії такого органу з оброблюваним середовищем. В

разі відсутності ексцентриситету в моделі достатньо прийняти його таким, що дорівнює нулю. У відповідності до кінематичної схеми розрахунку (рис.1.12) траєкторія леза ножа може бути описана системою параметричних рівнянь [8].

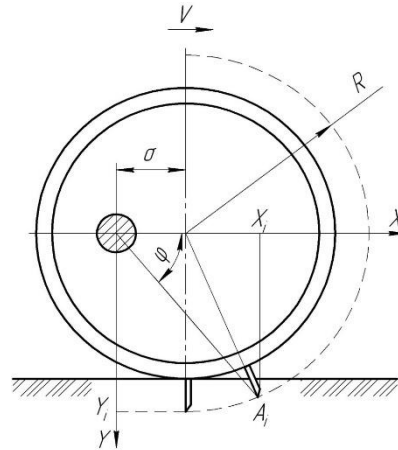


Рис.1.12 – Розрахункова схема катка

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

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

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

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

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V}$$

Час між послідовними положеннями ножа

$$t = \frac{T}{n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{n \cdot V},$$

де  $n$  – кількість ножів на барабані

Довжина відділеної частини стовбура

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

Раціональною є схема в якій задіяні 3 ножі (рис.4.17), ножі 4,5,6 подрібнюють рослинні рештки, що знаходяться на поверхні поля

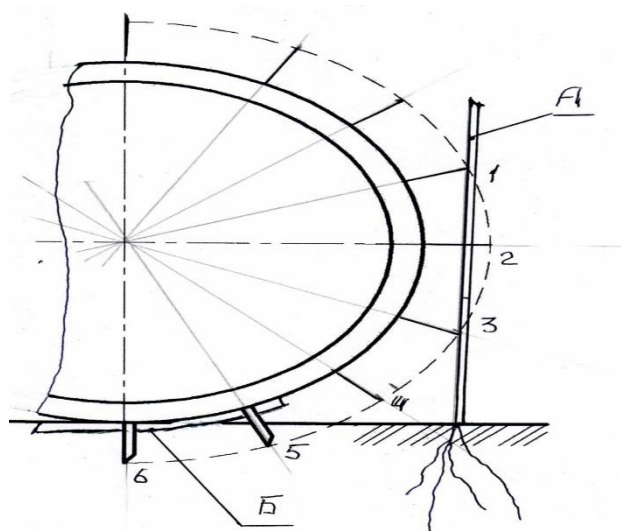


Рис. 1.13 – Розрахункова схема до визначення кількості ножів на барабані

«Для виконання такої схеми необхідно, щоб між ножами був кут 22.5 градусів, або 16 ножів на барабані-подрібнювачі. 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» [8].



Швидкість леза в напрямку дорівнює перший похідний від рівняння траєкторії

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

$$V_Y = \frac{dY}{d\varphi} = (R - a \cdot \sin\varphi) \cdot \sin\varphi - (R + a \cdot \cos\varphi) \cdot \cos\varphi$$

Абсолютна швидкість леза

$$V_{\Sigma} = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2}$$

Амплітуда коливання  $A = 2 \cdot a$ ,

де  $a$  – ексцентриситет ексцентрика

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

### 1.2.2. Обґрунтування конструктивних параметрів планки

«Практикою рядової експлуатації доведено, що висота планки повинна дорівнювати 100-120 мм. Довжина лімітується довжиною барабану, як правило це 2,0-2,1 м. Такий режим можливий при відсутності проковзування шару ґрунту по поверхні планки У відповідності до розрахункової схеми (рис.1.14)» [18].

Даний режим роботи буде формуватись при  $F_{TP} \geq F_{ЗС}$

де  $F_{TP}$  – сила тертя ґрунту о поверхню планки;

$F_{ЗС}$  – сила зсуву під дією поступового руху;

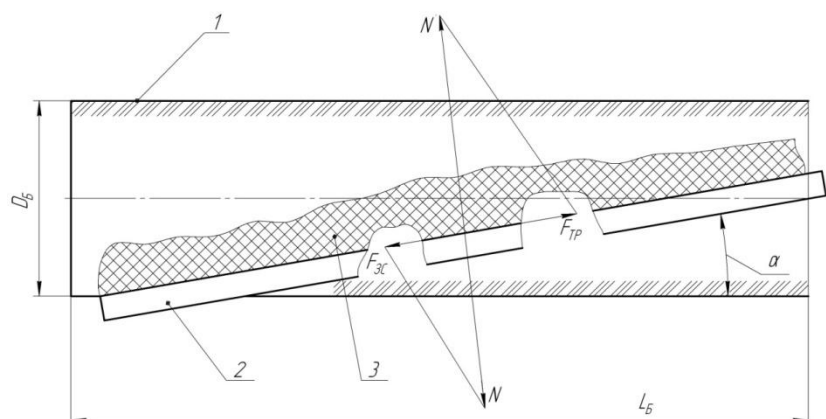


Рис.1.14 – Розрахункова схема до визначення кута постановки планки до осі обертання барабану: 1- барабан; 2 – планка 3 – шар ґрунту

В даному випадку, абсолютні значення діючих сил значення не мають.

$$F_{\text{ТР}} = N \cdot \text{tg} \varphi_1$$

де  $\varphi_1$  – кут тертя ґрунту по сталі;

$N$  – нормальна реакція тиску на поверхню робочого органу

$$F_{\text{ЗС}} = N \cdot \text{tg} \alpha$$

де  $\alpha$  – кут постановки планки до осі обертання барабану;

де  $l$  – довжини лінії контакту

Вихід матеріалу через утворений отвори необхідно оцінити, скориставшись основними положеннями теорії витікання через отвори А.М.Панченко.

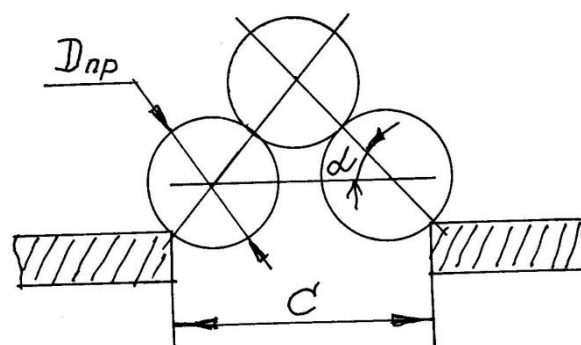


Рисунок 1.15 – Розрахункова схема витікання ґрунтових агрегатів через зазор між планкою і барабаном.

Серед існуючих аналітичних досліджень можна виділити розробку ЦНТУ (м. Кропивницький) . В конструкції поєднані декілька варіантів подрібнення і заорювання рослинних решток ( рис.1.16)

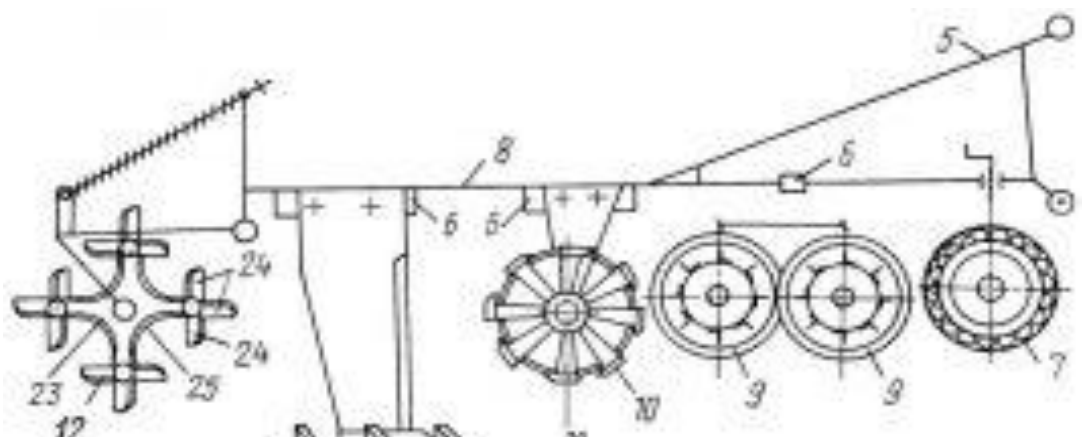


Рис.1.16 – Комбінований ґрунтообробний агрегат

Для конструкції є характерним те, що в ній поєднані плоскорізний обробіток ґрунту з вертикальним турбодисковим. Доповнюють кришення системи дискових батарей

Серед реально втілених в виробництво можна відмітити багатofункціональний агрегат «Компакт» (рис.1.17). Машина має аналітичне обґрунтування як конструктивних параметрів окремих складових, так і загальної компоновки в цілому.



Рис. 1.17 Багатofункціональний ґрунтообробний агрегат «Компакт»

Для роботи в умовах підвищеної забур'яненості може бути запропонована саморобна конструкція (рис.1.18) Конструкція відносно легка, але ефективність її дії полягає в інтенсивній обертовій дії реберчастих дисків, з яких складена батарея.





Рис.1.18 – Саморобний комбінований каток-подрібнювач

### 1.3. Грунтообробні машини дискового типу для подрібнення рослинних решток

До появи катків-подрібнючів подрібнення і заорювання рослинних решток виконувалось в основному лушчільниками, потім дискаторами. Ці дві машини ріжучими кромками подрібнювали рештки, а потім використовуючи здатність сферичного диска обертати шар ґрунту, заорювали рештки на глибину до 15 см. Не зважаючи на те, що теоретично дослідити процес роботи сферичного диска доволі складно, бо поверхня утворена переміщенням у просторі кривої лінії. Радіус диска і його кривизна обґрунтовані Есояном А.[9]

$$D = 2R_K \cdot \frac{\cos\alpha - f \sin\alpha}{\sqrt{1 + f^2}}$$

де  $R_K$  – радіус кривизни диска, м;

$\alpha$  – кут атаки диска, град;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Взагалі дискову батарею можна представити як дисковий барабан і розглядати методично за єдиною схемою. Наведене рівняння дозволяє

раціоналізувати два основних параметри диска під процес заорювання решток.

Н.В.Брагінець [9] пропонує визначати діаметр диска і радіус його кривизни за залежностями :

$$D = 2 \cdot a \cdot \left(1 + \frac{d}{2 \cdot a} + \operatorname{tg}^2 \gamma + \operatorname{tg} \gamma \cdot \sqrt{1 + \frac{d}{2 \cdot a} + \operatorname{tg}^2 \gamma}\right),$$

де  $d$  – діаметр ступиці;

$a$  – глибина занурення диска;

$\gamma$  – кут підйому ґрунту по поверхні диска.

$$R = \frac{D}{2 \cdot \sin(\alpha - i - \varepsilon)}$$

де  $\alpha = 40^\circ$  - раціональний кут постановки диска до напрямку руху [39, 76, 109, 110];

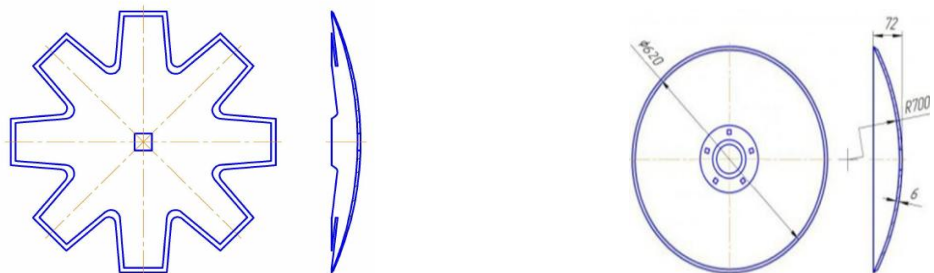
$i = 15 - 20^\circ$  - кут заточки ;

$\varepsilon \rightarrow 0$  – задній кут.

Виконані за даною методикою розрахунки показують, що для ґрунтових умов центральної частини України раціональне значення  $D = 510$  мм,  $R = 600$  мм

На рис.1.19 представлені найбільш поширені варіанти виконання дисків підвищеної підрізаючої спроможності для лущільників і дискаторів

-



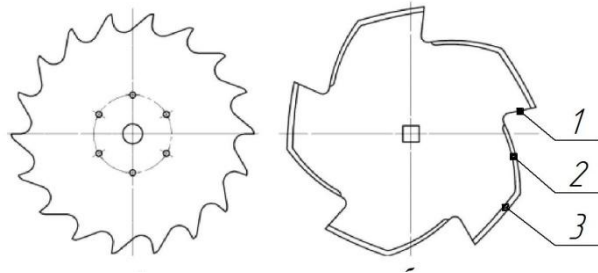


Рис.1.19- Варіанти виконання дисків дискаторів і лушчильників

## Висновки

1. Каток-подрібнювач який використовують як самостійний агрегат для подрібнення та зароблення рослинних решток в ґрунт. Важкий каток можливо використовувати на важких, засмічених чагарником ґрунтах.
2. Рациональні розміри барабану 200 мм для грубостеблових культур. Для різнотрав'я 50-100 мм. Діаметр описаного кола планок 350-450 мм,
3. Ефективним напрямком удосконалення конструкції є формування різання з ковзанням і використання вібраційної дії. Діскові робочі органи ефективні просто як заорювачі.

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ

Як показано в першому розділі, перспективним є формування віброударної дії катка на оброблюване середовище. Досвід використання віброударної дії стосовно катка подрібнювача в ДДАЕУ є і як показали польові випробування [8], результати були позитивними. На даному етапі досліджень нами пропонується формувати віброударну дію за рахунок ексцентричного встановлення не валу, а планок.

## 2.1. Загальні принципи розробки конструкції

Роботи по створенню катка-подрібнювача власної конструкції виконані у послідовності, представлений на рис.2.1.

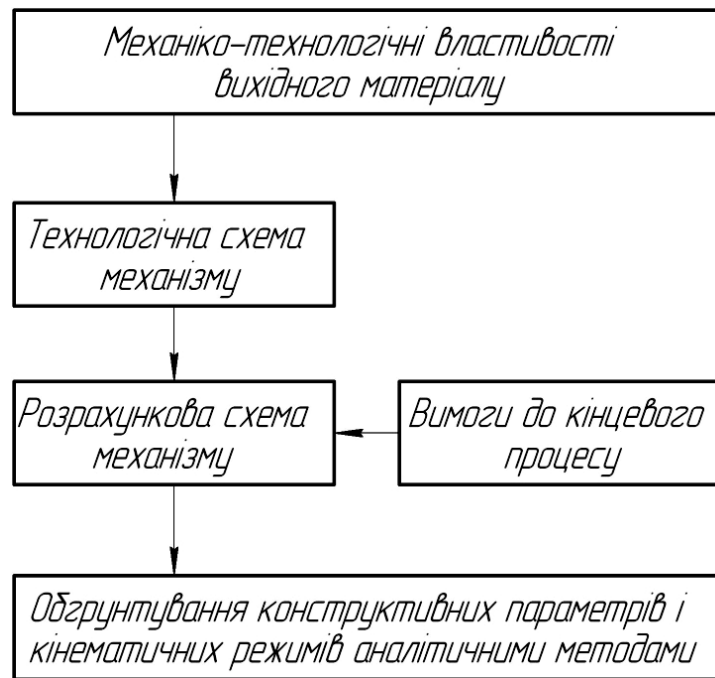


Рис.2.1 Схема виконаних досліджень по розробці конструкції катка-подрібнювача

Огляд сучасних конструкцій показав, що підвищити ефективність робочого органу можна доведенням до його планок вібраційно-ударної дії. Експеримент з встановленням барабану на ексцентриковому валу повністю себе виправдав[8] В процесі подальшої роботи нами було виявлене конструктивне рішення, запропоноване ДП «Гуляйпільський механічний завод (рис.2.2) Дане технічне рішення прийняте нами за основу.

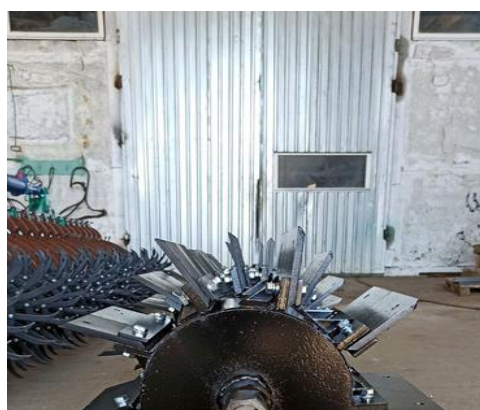


Рис.2.2 - Прототип розробленої конструкції – дослідний зразок катка-подрібнювача ДП»Гуляйпільський механічний завод ПАТ «Мотор-Січ»



Рис.2.3 – конструктивне виконання барабану



Рис.2.4 – Каток у зборі

## 2.2. Аналітичні дослідження

На (рис 2.5) представлена розрахункова схема конструкції.

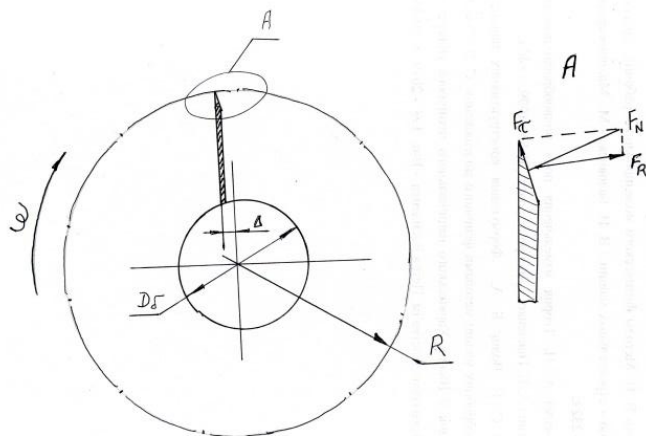


Рис.2.5 – Розрахункова схема катка

Люба математична модель яка підходить під класифікацію землеробська механіка в своїй основі має певні аргументовані спрощення і припущення. Розглянемо каток як ексцентрикний вал, який вільно перекочується по горизонтальній поверхні. Траєкторія абсолютного руху планки детально досліджена [18], сутність дослідження полягає в тому, що а рух планки порівнюється з рухом звичайної лопати на перекопуванні городу. В результаті моделювання отримана траєкторія абсолютного руху. Яка є циклоїдою (рис.2.6)

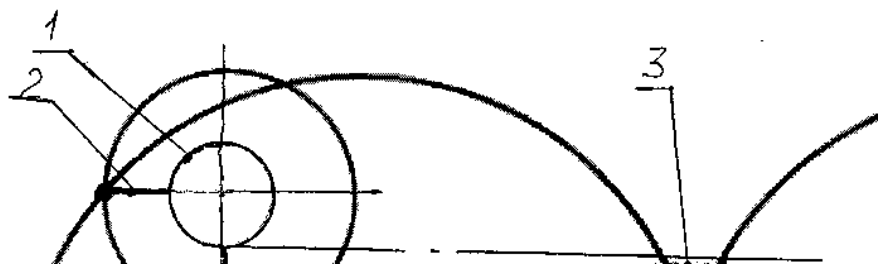


Рис.2.6- Абсолютна траєкторія руху планки барабану:

1 - барабан; 2 – планка; 3 - об'єм розпушеного ґрунту

Але в нашому випадку рівняння циклоїди в класичному виді прийняти не можна, бо є ексцентриситет.

Рівняння кривої в полярних координатах

$$\begin{aligned} X &= R \cdot (t - R \cdot \sin t) - \delta \\ Y &= R \cdot (1 - R \cdot \cos t) - \delta \end{aligned} \quad (2.1)$$

де  $R$  – радіус описаного кола леза планки

$\delta$  – зміщення планки відносно осі барабану

$t$  – текуче значення кута обертання барабану.

Далі можливі два варіанти або планка просто перекочується по поверхні. Або занурюється на глибину обробітку ґрунту. В роботі[18] планка занурюється на глибину, що відповідає її ширині.

В даній роботі ми вважаємо, що планка занурюється на глибину зминання ґрунту під вагою барабану. Такому припущенню відповідає рівняння

$$P = K' \cdot a \cdot L \cdot \varepsilon = m \cdot g,$$

де  $P$  – Сила зминання шару ґрунту

$K'$  - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту;

$a$  – глибина занурення;

$\varepsilon$  – товщина листа, з якого планка виготовлена

$L = 2,0$  м – довжина планки

$m$  - маса барабану

Враховуючи, що виконувався мілкий обробіток ґрунту на глибину 5 -8 см

Маса катка повинна дорівнювати

$$m = 0,08 \cdot K' \cdot L \cdot \varepsilon / g,$$

(2.2)

де  $K'$  - коефіцієнт об'ємного змінання розпушеного ґрунту.

Підставивши в (2.2) вихідні дані отримуємо  $m = 110$  кг

### 2.3. Тяговий опір катка

В зв'язку з тим, що каток уніфікований з більшістю відомих конструкцій і він може бути встановлений практично на любую з них, розрахунок тягового опору виконуємо не для всієї машини, а конкретно для катка.

Як показує огляд літературних джерел [7,9,13], визначення тягового опору ґрунтообробних машин необхідно виконувати шляхом деталізації впливу на ґрунтове середовище окремих конструктивних елементів робочого органу.

Нами пропонується це виконувати за наступною схемою (рис.2.7).

Практично всі відомі математичні моделі можуть бути зведені до даної схеми.

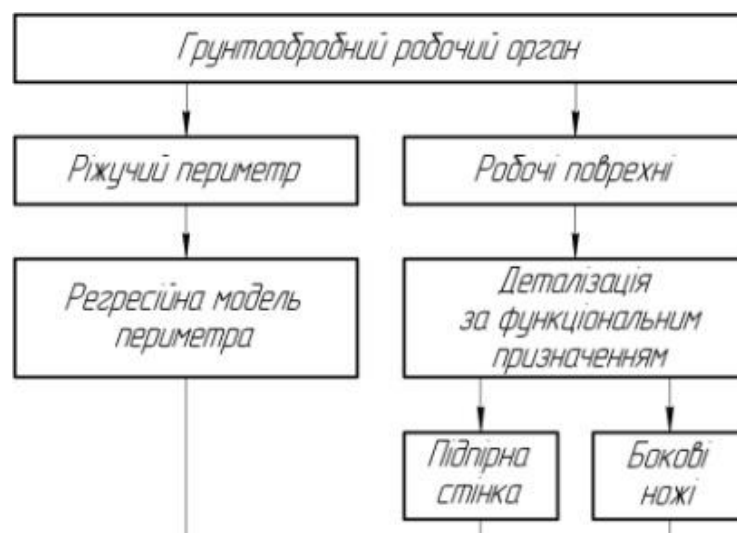




Рис.2.7 – Деталізація математичної моделі взаємодії знаряддя з оброблюваним середовищем.

В зв'язку з тим, що ріжучий периметр формує призму сколу, загальна реакція обумовлена вагою катка і спрямована вертикально, її вплив на загальний тяговий опір не враховуємо. Розглянемо планку як клин, що має кінцеву довжину. На його робочу поверхню діють сили тиску, тертя швидкісного напорі і сили від затуплення леза. Проаналізуємо їх дію.

В.Н. Дроздов визначив силу підпору  $P$ , яка витрачається на переміщення підрізаного шару по площині лемеша вгору [4].

$$P = \frac{mg(\sin \alpha_p + f \cos \alpha_p)}{\cos \alpha - f \sin \alpha}, \quad (2.3)$$

де  $m$  – маса ґрунту на лемеші, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha_p$  – кут різання лемеша, град;

$f$  – коефіцієнт тертя ґрунту по лемешу;  $f = 0,512 - 0,586$  – середньостатистичні значення по ряду досліджень

Додаткові сили від затуплення леза [13]

$$P_{зат} = R_1 = K'(Z + tg \varphi_1 \cdot X) \cdot \sigma_3, \quad (2.4)$$

Швидкісний напор за формулою Ветрова [13]

$$P_V = \frac{9,81 \cdot \epsilon_3 \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2, \quad (2.5)$$

де  $\alpha_p$  – миттєве значення кута атаки ;

$\Theta = 15-17$  градусів – задній кут леза

$Z = X = 0,01$  – рекомендовані для розрахунків параметри затуплення леза [13].

Тяговий опір на кочення конструкції:

$$P_{\Pi} = f \cdot m \cdot g,$$

де  $f$  - коефіцієнт кочення, величина якого залежить від багатьох факторів, які передбачити практично не можливо. В аналогічних випадках приймається за правило найгірший варіант. З аналізу джерела [14] приймаємо  $f = 0,85$ .

Використаний нами тензометричний візок не може визначити тяговий опір машини в цілому, тому в експериментальних дослідженнях (розділ №4) наведені дані для окремо взятого катка. Аналітично оцінений опір окремо взятого катка становить :

$$P_{\Sigma} = P + P_{\text{зат}} + P_V + P_{\Pi} \quad (2.6)$$

## 2.4. Кінематичні параметри катка

Кутова швидкість катка:

$$\Omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V}, \quad (2.7)$$

Амплітуда віброударних коливань

$A = 2 \cdot \delta = 20$  мм у відповідності до раціонально отриманих значень (розділ №4)

Частота віброударних коливань :

$$f = \frac{n}{\omega},$$

де  $n$  – кількість планок на барабані

$V$  – поступова швидкість агрегату

## 2.5. Прогнозована ступінь подрібнення рослинних решток

Процес носить імовірнісний характер бо залежить від розмірів рослинних решток і імовірнісного їх положення на поверхні ґрунту. В свою чергу, кількість планок залежить від припустимої довжини подрібнених рослинних решток. Відомо, що відстань між вузлами в стовбурі кукурудзи становить в середньому приблизно 15 см. Тому рештки повинні мати довжину, меншу за 15 см. Таким чином, раціональне значення кількості планок

$$n = 2 \cdot \pi \cdot R / (120 - 150),$$

де  $R$  – діаметр описаного кола, мм.

Дана залежність справедлива в разі укладання більшості рослинних решток по ходу агрегату.

### Висновки

Загальний недолік існуючих моделей взаємодії робочих органів з ґрунтовим середовищем полягає в тому, що вони працюють з приведеними вихідними даними. Такий підхід значно спрощує саму модель, але вимагає значної кількості спрощень і припущень, що зменшує точність отримуваних результатів розрахунків. В запропонованій нами моделі виконана деталізація складових елементів конструкції, що відкидає необхідність введення більшості припущень. До переваг моделі можна віднести те, що вона використовує більшість елементів загальновідомих моделей, що надає можливість використовувати вже відпрацьований математичний апарат.

Раціональне значення діаметру описаного кола планок 350 мм в разі роботи по агрофону рослинних решток кукурудзи Ексцентриситет повинен дорівнювати 20-25 мм що є раціональним з точки збудження коливань.

### **3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **3.1. Вихідні параметри що підлягають визначенню**

Вихідними параметрами для оцінки якості виконання робочим органом технологічного процесу є

Конструктивні :

- маса катка;
- діаметр барабану;
- радіус описаного кола планок;
- ексцентриситет встановлення планок;
- кількість планок;
- робоча швидкість агрегату;

Параметри агрофону:

- Механіко-технологічні властивості ґрунту;

Параметри, що підлягають контролю :

- Тяговий опір;
- Якість кришення ґрунту;
- Якість кришення рослинних решток

### 3.2. Програма досліджень

1. Визначити механіко-технологічні властивості ґрунту;

2 визначити параметри рослинної маси, а саме :

Кількість полеглої маси , кг,см<sup>2</sup>

Параметри хлібостою см<sup>-2</sup>

3. Дослідити залежність тягового опору і кришення від конструктивних параметрів знаряддя

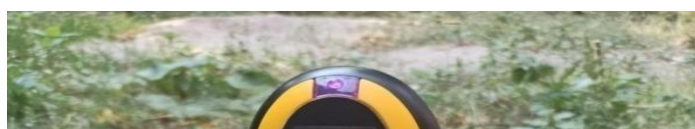
Механічні властивості ґрунту і рослинних решток визначали за загальновідомими методиками [10,11]

Експлуатаційні показники за методиками [13]

Тяговий опір агрегату за допомогою спеціалізованого тензометричного візка

УНДІМ [8].

Контроль стиглості ґрунту за вологістю виконували за допомогою пенетрометра (рис.3.1).



### Рис.3.1 - Пенетрометр

«Ступінь подрібнення рослинних решток грубостеблових культур. Для його визначення необхідно мати дві складові: інтегральний показник, що характеризує стан решток до проходу агрегату і після. Стан решток до проходу агрегату оцінюється за загальною довжиною стебел за формулою» [8].

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

$L_C$  – усереднена висота зрізу стоячого стебла

$n$  – густина стеблестою

«Для визначення стану решток після проходу агрегату відмічаємо ділянку розміром 1,0×1,0 м, відбираємо рештки довжиною більше за 5 см і знаходимо усереднене значення довжини [18].

Ступінь подрібнення визначаємо за формулою

$$K_{\text{ПД}} = L_{\Sigma} / (m \cdot L_{\text{СР}}),$$

де  $L_{\text{СР}}$  – усереднена довжина решток

$m$  – кількість відібраних решток

Рештки меншого розміру відносимо до мульчі.

Показник новий і в літературі не зустрічався, але за нашою думкою він є одним з найважливіших в роботі машини

Каток подрібнює рослинні рештки і заорує їх на глибину до 10 см. Якість формування поверхневого шару пропонується оцінювати за коефіцієнтом

$$K_{\Pi} = m_p / m,$$

де  $m_p$  – маса у взятій пробі рослинних решток довжиною до 5 см

$m$  – маса взятої проби.

Обмеження довжини до 5 см обґрунтоване тим, що сучасні сівалки негативно реагують на наявність рослинних решток більше за 5 см. На рис.3.2. визначаємо кут нахилу  $\varphi_2$  за допомогою лінійки і транспортеру.

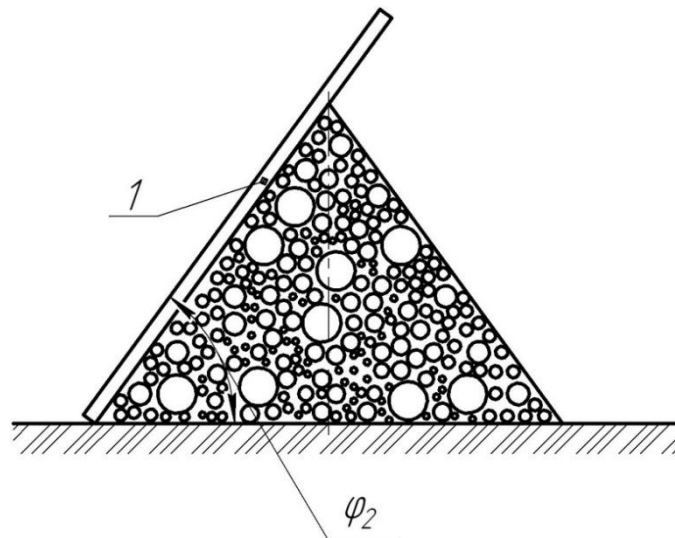


Рис. 3.2 – Схема до визначення коефіцієнту внутрішнього тертя ґрунтового середовища збагаченого рослинними рештками

«Тяговий опір агрегату визначали за допомогою спеціалізованого тензометричного візка» [6]

### Висновок

Оглядом джерел не встановлено показників для оцінки якості формування шару мульчі, тому нами запропоновані ряд власних методик, що дозволяють опосереднено оцінити процес.

## **4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У зв'язку з тим, що експерименти проводились на різних плантаціях і по різному агрофону характеристики ділянок наведені окремо для кожного дослідю.

### **4.1. Загальні результати досліджень**



Каток-подрібнювач стало виконує технологічний процес, технологічні відмови не відмічені. В процесі роботи барабани вільно обертаються, пробуксовування не відмічено.

Візуальним оглядом огріхів не відмічено, але розміри грудок після дослідного і серійного катків помітно відрізняються, що було підтверджено результатами просіювання на решетах. Поверхнева кірка практично повністю порушена обома машинами. Налипання ґрунту на планки і особливо в зоні стику планок з барабаном не відмічено. Глибина ходу в обох варіантах практично не перевищувала 8 см. цей показник не є принциповим в дослідженнях і тому не контролювався. Коефіцієнт готовності, який визначається як імовірність знаходження машини в працездатному стані в любий довільно взятий проміжок часу  $K_T = 0,99$

#### 4.2. Подрібнення рослинних решток

Для основного експерименту прийнятий симетричний план  $3 \times 3 \times 3$  в закодованому виді. Рівні варіювання факторів представлені в табл.4.1.

Табл. 4.1 - Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Ексцентриситет $\delta$ , мм	$X_1$	0	5	10
Ширина планки, мм	$X_2$	50	100	150
(Робоча швидкість, м/с)*	$X_3$	3,5	4,5	5,5

\*- З метою отримання симетричного плану значення робочої швидкості округлено

В зв'язку з тим, що проведення повномасштабного експерименту забезпечити досить витратно, експеримент проведений по спрощеній методиці з отриманням базових точок. Проміжні значення отримані шляхом інтерполяції. Матриця фактично проведеного досліджу представлена в табл.4.2.

Умови проведення експерименту :

- Площа плантації, га – 210;
- Питоме зчеплення часток ґрунту, кН/м<sup>2</sup> – 2,2;
- Кут внутрішнього тертя ґрунту, град 38;
- Межа несучої спроможності кН/м<sup>2</sup> – 420;
- Агрофон – стерня рослинні рештки кукурудзи.

Табл 4.2 – Матриця проведення експерименту

$X_1$	$X_2$	$X_3$	
0	0	0	1,8
-1	-1	-1	2,92
+1	+1	+1	4,18
-1	0	+1	2,93
0	+1	-1	1,22

За результатами розрахунків отримане канонічне рівняння :

$$0,9 \cdot (X_1 + 0,1)^2 + 0,85 \cdot (X_2)^2 + 0,43 \cdot X_3 + 0,2 \cdot (X_1 + 0,1) + 1,8 = 0 \quad (4.1)$$

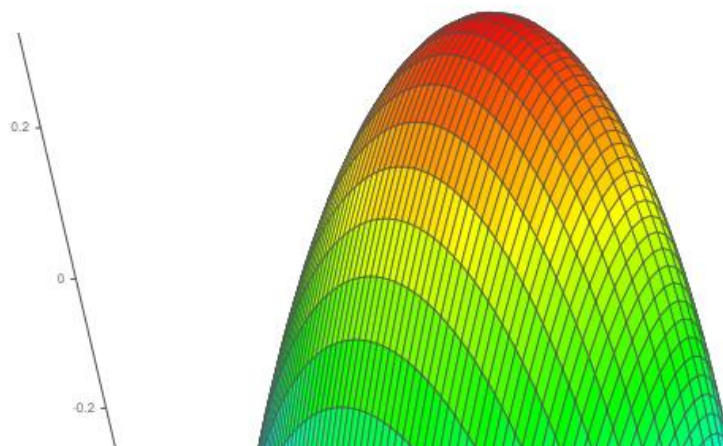


Рис. 4.1 - Графічна інтерпретація рівняння регресії

Аналіз рівняння регресії (4.1) і поверхні відгуку показують, що рівень

$$X_1 = X_2 = X_3 = 1,0$$

є раціональним для даного конструктивного рішення

### 4.3. Кришення ґрунту

Результати просіювання взятих ґрунтових проб на глибину до 8 см представлені в табл.4.3. взятих після проходу дослідного агрегату з раціональними конструктивно-кінематичними параметрами

Табл. 4.3. Розподіл ґрунтових відмінностей взятих проб

Діаметр отвору решета, мм	Маса фракції, кг	Коефіцієнт структурності
$D \leq 20$	3,74	0,23
$D \geq 20$	12,39	
Всього маса проби	16,13	

### 4.4. Дослідження тягового опору

Результати досліджень окремо взятого барабану представлені у вигляді таблиці.

Табл.4.4 Тяговий опір катків експериментальної і серійної машин

Робоча швидкість, км/год	Тяговий опір, кН	
	Серійна машина	Дослідна машина
5,91	1,12	1,03
8,02	1,29	1,24

9,47	1,61	1,56
12,21	2,08	2,03
13,62	2,49	2,46
15,15	2,76	2,71
18,00	3,03	2,95

На рис.4.2 і рис.4.3 показана графічна інтерпретація отриманого масиву даних. Аналіз показує, що залежності носять лінійний характер проте необхідно відмітити, що ступінь кореляції у серійної машини вищій.

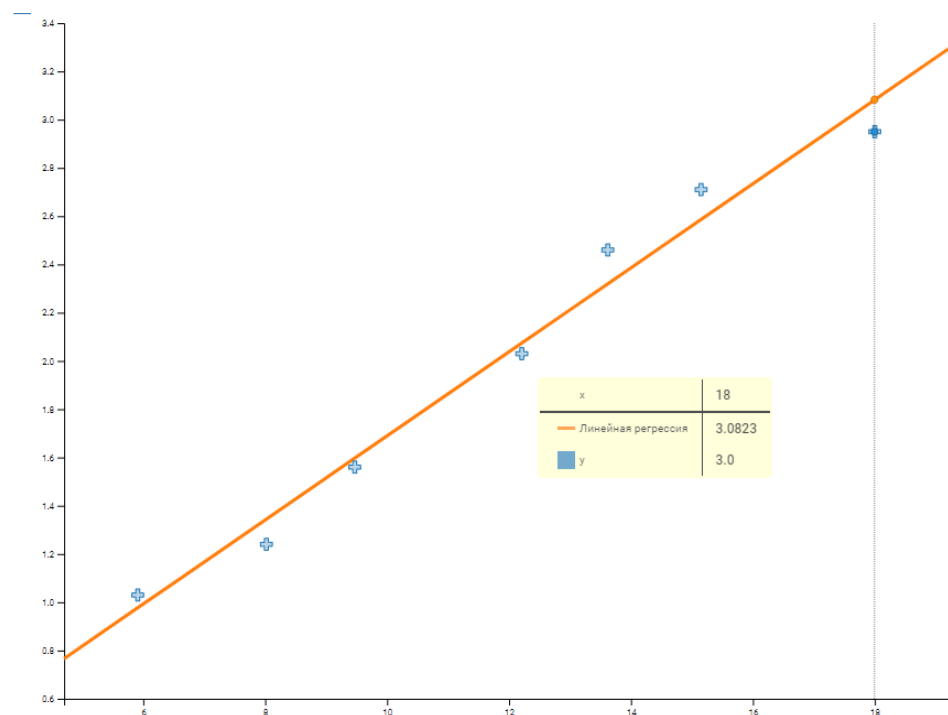


Рис.4.2 –Графічна інтерпретація залежності тягового опору дослідної машини від поступової швидкості

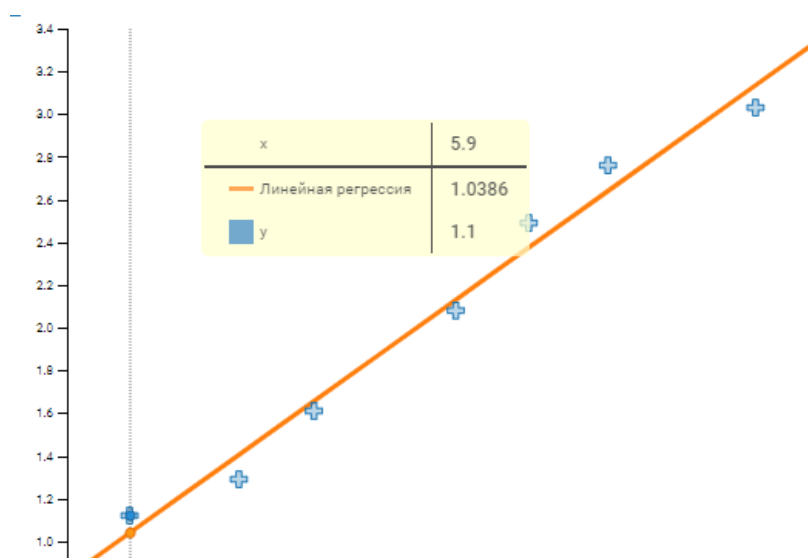


Рис.4.3 –Графічна інтерпретація залежності тягового опору серійної машини від поступової швидкості



*а*



*б*

Рис.4.3 – Робота агрегату в екстремальних умовах :

а – до проходу агрегату; б після проходу

Аналіз представлених фотовідбитків показує, що агрегат спроможний успішно обробляти крупні ґрунтові відмінності.

## **Висновки**

Експериментальні дослідження в цілому підтвердили адекватність розробленої математичної моделі і вірність обраного конструктивного рішення. Коефіцієнт структурності шару ґрунту по сліду модернізованої машини  $K_{СТ} = 0,23$ , що на 10-15% краще за серійний зразок. Раціональні

конструктивні параметри знаряддя: ексцентриситет 10 мм; ширина планки 150 мм., що забезпечує Ступінь подрібнення на рівні 4,18.

Тяговий опір експериментального катка і серійного знаходиться на одному рівні, хоча за мету було поставлена задача тільки підвищити якість кришення і подрібнення. Що і було досягнуто. Запропоновані методики експериментальних досліджень показали свою працездатність.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Організація охорони праці в господарстві**

Відповідно до чинного законодавства забезпечення здорових і безпечних умов праці на базовому підприємстві покладено на директора, який несе відповідальність за додержання законодавства про працю, забезпечує впровадження сучасних засобів техніки безпеки для запобігання виробничому травматизмові, створення санітарно-гігієнічних умов праці, які попереджують виникнення професійних захворювань.

Конкретно організацію охорони праці покладено на головного інженера – Федорова Сергія Володимировича.

Інженер з охорони праці призначається і звільнюється з посади наказом керівника господарства. Інженер з охорони праці має право перевіряти стан охорони праці в усіх підрозділах, давати рекомендації по усуненню недоліків.

Велика роль у вирішенні питань охорони праці належить профспілкам. Адміністрація за погодженням з профспілками стежить за своєчасним і якісним проведенням первинного, вторинного, планового і позапланового інструктажів.

Керівник виробничої дільниці, завідувач фермою, гаражом, керівники цехів, бригадири керуються в роботі законодавчими актами, наказами і розпорядженнями керівників.

Організація робіт із забезпечення охорони праці будується на підставі «Посадової інструкції по охороні праці». Аналіз складу нормативних документів, що мають у господарстві, відповідно до «Переліку нормативних документів по безпеці, що діють у системі агропромислового комплексу України показав, що в наявності є такі важливі документи, як: «Закон України про охорону праці», «Закон України про безпеку дорожнього руху», «Правила охорони праці при транспортуванні, збереженні нафтопродуктів і заправленню машин у сільському господарстві». Організація робіт із забезпечення охорони праці будується на підставі «Посадової інструкції по охороні праці».

## 5.2. Стан охорони праці на підприємстві

Умови праці на підприємстві в основному відповідають вимогам нормативної документації та сучасним тенденціям у практиці сільськогосподарського виробництва. Регулярно проводиться медичний огляд працівників, особливо тих, робота яких пов'язана з транспортом. Огляд території, будинків і споруджень показав, що маються наступні відхилення від вимог стандарту:

- не установлені водостоки від будинків;
- поверхня площадок для збереження техніки не обладнана засобами гасіння пожежі, не має розміток;
- поточні ремонти будинків і споруджень проводяться з порушенням установлених термінів.

При аналізі роботи устаткування, застосовуваного при проведенні ТО і ремонту сільськогосподарського інвентарю, замічені наступні порушення нормативних документів:

- заточувальний верстат не має захисних щитків, порушене регулювання між навкруги і столом;
- свердлильний верстат також не має огорожень;
- використовуються свердли, що не відповідають вимогам безпеки;
- погана освітленість;
- територія засмічена металевою стружкою, прибирання її виконується не регулярно;
- зварювальний агрегат не має передбачених конструкцією рукояток керування, кабелі мають безліч ушкоджень ізоляції;
- ремонтно-обслуговуючі роботи проводяться з застосуванням несправного слюсарного інструмента й устаткування;
- відсутні інструменти й устаткування спеціального призначення, що дозволяють підвищити безпека і знизити трудомісткість при ремонті



сільськогосподарського інвентарю.

Забезпечення безпеки технологічних процесів.

При аналізі технологічних процесів виявлені наступні зауваження:

- порушується технологія при проведенні ТО і при постановці сільськогосподарського інвентарю на збереження;
- при проведенні обслуговування сільськогосподарських агрегатів у поле підняті машини не фіксуються на підставках;
- при проведенні обслуговування сільськогосподарських агрегатів у поле часто двигун не глушиться.

### 5.3. Заходи по поліпшенню стану охорони праці в господарстві

Для усунення недоліків і приведення рівня безпеки праці до нормативних значень пропонуються наступні заходи.

Таблиця 5.1. План заходів щодо поліпшення умов і безпеки праці

№ пп.	Зміст робіт	Термін виконання	Відповідальний за виконання	Очікувана соціальна ефективність	Вартість, грн.
1	Увести медичний контроль працівників перед роботою	у плинні року	Голова підприємства	Зменшення захворюваності і нещасливих випадків з вини працюючого	3900
2	Провести атестацію керівників підрозділів по охороні праці	березень	Інженер по ТБ,	Виявлення і поглиблення знань по ВІД	2000
3	Реорганізація робочих місць з метою створення здорових і	квітень	Бригадир-механізатор	Безпека і поліпшення умов праці	5400

	безпечних умов праці				
4	Доукомплектувати робочі місця набором необхідного інструмента і пристосуваннями	квітень	Начальники цехів рільництва	Зменшення травматизму і нещасливих випадків	5450
5	Заборонити за умовами ТБ обслуговувати техніку з працюючим двигуном	Січень	Бригадир-механізатор	Зменшення травматизму і нещасливих випадків	-
6	Довести до вимог СНиП штучне освітлення в приміщенні для ремонту	квітень	Голова підприємства	Поліпшення умов праці	2150
7	Установити на заточувальних верстатах захисні щитки	Лютий	Бригадир-механізатор	Зменшення травматизму і нещасливих випадків	750
8	Забезпечити робітників спецодягом	у плинні року	Бригадир-механізатор	Поліпшення умов праці	6400
9	Доукомплектувати протипожежні щити	<b>траве НЬ</b>	Бригадир-механізатор	Своєчасна ліквідація пожежі	4200
10	Обладнати місце для паління	у плинні року	Бригадир-механізатор	Запобігання пожежі	520

Можливі аварійні ситуації при виконанні робіт з ТО і ремонту сільськогосподарських машин.

Перелік можливих аварійних ситуацій приведений у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Можливі аварійні ситуації.

№ пп.	Найменування	Умови попередження
1	Обрив і падіння вантажу	Перевірка стану вантажопідйомних пристроїв, дотримання правил робіт з вантажем
2	Розрив гідравлічних шланг	Перевірка стану гідравлічних шланг, своєчасна заміна надриви, що має, і інші дефекти
3	Падіння вантажу з підставок	Стежити за справністю і надійністю упорів, щоб вантаж не мав випадків перекосу, крену і при роботі не міг зісковзнути
4	Розлив гідравлічної олії	Після роз'єднання гідравлічних шланг можна зливати в спеціальну ємність
5	Загоряння дрантя й інших матеріалів	Складування використаного дрантя в шухляду «Використане дрантя», паління тільки в спеціальних місцях

Найбільше що часто зустрічається аварійною ситуацією при обслуговуванні техніки є обрив і падіння вантажу. Найчастіше як вантаж тут виступає власне сільськогосподарського агрегату, що обслуговується (навантаження, розвантаження, підйом і установка на підставки).

Щоб уникнути аварій і нещасливих випадків при вищевказаних роботах необхідне дотримання наступних вимог:

- 1) Навантажувальний засіб забезпечити необхідну вантажопідйомність.
- 2) Навантажувальний засіб, а також застосований інвентар (стропи, гаки, підставки й ін.) справні і відповідати по призначенню і вантажопідйомності, а також повинні пройти необхідні іспити.
- 3) Вантаж має спеціальні місця для зачалування. У випадку їхньої відсутності, перед підйомом необхідно визначити місця зачалування так, щоб при підйомі вантаж не повело убік, не перекручувало, щоб навантаження на стропи (упори) була б однаковою.

- 4) Стропи (упори) надійні, не допускати відриву чи сковзання.
- 5) Навантажувальний засіб надійно зафіксовано.
- 6) При підйомі вантажу забороняється знаходитися в зоні можливого падіння.
- 7) У випадку перекосу, чи крену хиткого положення вантажу роботу з ним проводити не можна.
- 8) При необхідності перезачалювання чи установки додаткової стропи (упора) виконувати це тільки при розвантаженому підйомнику і на надійно зафіксованому вантажі.
- 9) При підйомі вантажу перебування людей на ньому заборонено.
- 10) При підйомі (опусканні) і переміщенні вантажу необхідно забезпечити чіткість і ясність спілкування персоналу з застосуванням заздалегідь обговорених команд.
- 11) У випадку влучення людини під вантаж необхідно, насамперед підняти вантаж, відсунути його чи, у крайньому випадку, – зафіксувати і вже потім починати дії по витягу людини з-під вантажу і наданню йому допомоги.

#### **5.4. Рекомендації до покращення безпеки праці при експлуатації модернізованої машини**

Перед початком роботи оглянути агрегат, перевірити надійність кріплення стояків з дисковим робочим органом, надійність фіксації опорних колес. Перевірити, щоб опорні колеса були встановлені на одну глибину обробітку ґрунту. У протилежному випадку агрегат втратить сталість ходу, що призведе до ризику і втрати керованості. Перевірити трактор у відповідності до заводської інструкції.

В процесі виконання роботи не менше трьох разів протягом зміни перевіряти надійність кріплення робочих органів. Перевірку проводити при заглушеному двигуні трактора і спеціальним справним інструментом.

В аварійних ситуаціях заглушити двигун трактора і прийняти всі міри для фіксації робочих органів в безпечному положенні.

По завершенні роботи виставити агрегат на рівній площадці, робочі органи повинні опиратися на ґрунт. Забезпечити неможливість несанкціонованого переміщення агрегату.

До роботи на агрегаті допускаються механізатори не молодше 17 років, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і про це повинна бути зроблена відмітка у спеціальному журналі. Особа що керує повинна мати посвідчення на право керування.

Робити дозволяється на технічно справних машинах, відрегульованих та повністю укомплектованих.

Технічне обслуговування виконувати під час зупинок при заглушеному двигуні. При короткотермінових зупинках не лишати агрегат без нагляду.

Особливістю машини є те, що її треба час від часу чистити від рослинних решток і ґрунту. Цю операцію треба проводити спеціальним інструментом, що є у комплекті машини і тільки при заглушеному двигуні. Сторонніх осіб у цей момент поруч з машиною бути не повинно.

Стороннім особам категорично забороняється знаходитись поруч з працюючим агрегатом..

Не проводити ніяких робіт з дисковою групою поки вони знаходяться у транспортному положення.

Перед початком роботи перевірити справність машини. Тракторист може пускати агрегат у роботу тільки за попередньо поданим звуковим сигналом.

## **Висновок**

В даному розділі зроблений аналіз стану охорони праці, а також представлений план заходів щодо поліпшення умов і безпеки праці значно можуть поліпшити умови праці робочому персоналу.

## **6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ**

«Поряд з річним економічним ефектом розраховують наступні техніко-економічні показники» [24]:

**6.1. Витрати праці на виробництво кукурудзи на зерно визначають для обох технологій (площа 100 га):**

- інтенсивна технологія – 697,45 люд.-год.
- «нульова» технологія – 251,05 люд.-год.

**6.2. Витрати праці на одиницю площі будуть:**

$$Z_{m.yd.i} = \frac{T_i}{F_i} \quad (6.1)$$

$$Z_{m.yd.n} = \frac{T_n}{F_n} \quad (6.2)$$

де  $Z_{m.yd.n}$ ,  $Z_{m.yd.c}$  – відповідно витрати праці на одиницю площі (люд.-год./га) при інтенсивної та «нульової» технологіях.

$$Z_{m.yd.i} = \frac{697,45}{100} = 6,9745 \text{ люд.} - \text{год.} / \text{га} .$$

$$Z_{m.yd.n} = \frac{251,05}{100} = 2,505 \text{ люд.} - \text{год.} / \text{га} .$$

**6.3. Витрати палива на виробництва кукурудзи на зерно для обох технологій:**

- інтенсивна технологія – 7034,68 кг.
- «нульова» технологія – 5426,26 кг.

**6.4. Витрати палива на одиницю площі будуть:**

$$g_{m.yd.i} = \frac{T_i}{F_i} \quad (6.3)$$

$$g_{m.yd.n} = \frac{Q_n}{F_n}. \quad (6.4)$$

де  $q_{m.yd.n}$ ,  $q_{m.yd.c}$  – відповідно витрати палива (люд.-год./га) при інтенсивної та «нульової» технологіях.

$$z_{m.yd.i} = \frac{7034,64}{100} = 70,3468 \text{ кг/га.}$$

$$z_{m.yd.n} = \frac{5426,26}{100} = 54,2626 \text{ кг/га.}$$

### 6.5. Ступінь зниження витрат праці визначається по формулі

$$C_T = \frac{z_{mi} - z_{mn}}{z_{mi}} \cdot 100\%. \quad (6.5)$$

$$C_T = \frac{697,45 - 251,05}{697,45} \cdot 100\% = 64,00\%.$$

### 6.6. Собівартість продукції визначається за формулою

$$C_{в.к} = \frac{C_n + C_n}{Q}. \quad (6.6)$$

де  $C_n$  – прям. витр., грн.;

$C_n$  – наклад. витр., грн.;

$Q$  – вал. вироб, т (97 га × 4,5 т/га).

Прямі витрати для порівняльних технологій (вихідній та інтенсивній) визначається по формулі

$$C_{mn} = z_n + A_n + P_n + T_n + П_{сн} + Q_{жст} + M_n \quad (6.7)$$

де  $C_{mn}$  – прям. витр. на вирощування кукурудзи на зерно за інтенсив. технол., грн.;

$z_n$  – зар. плата робітників з нарахуваннями, грн.;

$A_n$  – амор. відрахування, грн.;

$P_n$  – витр. на ремонт та технічне обслуговування, грн.;



$T_n$  – витр. на енергосистеми, грн.;

$P_{cn}$  – страхові платежі, грн.;

$Q_{жп}$  – витр. на забезпечення життєдіяльності працюючих, які зайняті на вирощування кукурудзи на зерно, грн.;

$M_n$  – витрати на основні та допоміжні матеріали, грн.

Заробітна плата робітників, які зайняті на вирощуванні кукурудзи на зерно визначаються за формулою:

$$Z_n = Z + H_{ap} \cdot Z \quad (6.7)$$

де  $Z$  – заробітна плата згідно технологічної карті, грн.;

$H_{ap}$  – нарахування на зарплату,  $H_{ap} = 0,375$

$$Z_{ni} = 2262,74 + 0,375 \cdot 2262,74 = 3111,27 \text{ грн.}$$

$$Z_{ni} = 1158,3 + 0,375 \cdot 1158,3 = 1592,66 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються по формулі

$$A_n = \frac{B_n \cdot a}{100} \cdot k_{зав.} \quad (6.8)$$

де  $B_n$  – балансова вартість тракторів та сільськогосподарських машин, грн.,  
зайнятих на виробництві кукурудзи на зерно;

$a$  – норма амортизаційних відрахувань, %

$k_{зав.}$  – коефіцієнт завантаження в залежності від наробітку.

Витрати на ремонт та технічне обслуговування приймають по нормативам витрат грошових коштів в розрахунку на 1 га за формулою

$$P_n = \sum_{i=1}^m S_i \cdot \sum H_{mpi} \quad (6.9)$$

де  $S_i$  – площа вирощування кукурудзи на зерно, га;

$H_{mpi}$  – норматив витрати грошових коштів на ремонт та ТО на одиницю площі, грн./га.

Витрати коштів на паливо визначаємо за формулою

$$T_n = P_{mi} \cdot C_{ki} \quad (6.10)$$

де  $P_{mi}$  – витрати палива на весь обсяг робіт, кг;

$C_{ki}$  – комплексна ціна палива, грн./кг

$$T_{ni} = 7034,68 \cdot 5,7 = 40097,68 \text{ грн.}$$

$$T_{nn} = 5426,26 \cdot 5,7 = 30929,82 \text{ грн.}$$

Страхові платежі від балансової вартості техніки, яка зайнята на вирощуванні кукурудзи на зерно визначається за формулою

$$П_{cn} = B_n \cdot H_{cn}, \quad (6.11)$$

де  $B_n$  – балансова вартість техніки, грн.;

$H_{cn}$  – норматив страхових платежів, ( $H_{cn} = 0,003$ )

Витрати на основні і допоміжні матеріали визначаємо за формулою

$$M_n = M_c + M_{yd} + M_{zep} + M_{necm}, \quad (6.12)$$

де  $M_c$  – витрати на насіння, грн.  $M_{ci} = 15620$  грн.;  $M_{cn} = 15620$  грн.;

$M_{yd}$  – витрати на добрива, грн.  $M_{ydi} = 31250$  грн.;  $M_{ydn} = 41500$  грн.;

$M_{zep}$  – витрати на гербіциди та пестициди, грн.;  $M_{zepi} = 22400$  грн.;  $M_{zepn} = 48560$  грн.;

$$M_{ni} = 15620 + 31250 + 22400 = 69270 \text{ грн.},$$

$$M_{nn} = 15620 + 41500 + 48560 = 105680 \text{ грн.}$$

Підставивши в формулу для визначення прямих експлуатаційних витрат, розрахунки прямих експлуатаційних витрат та собівартості проводимо у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічна ефективність запропонованих у проекті заходів

Показник	На 1 га інтенсивн а технологія	На 1 га «нульова» технологія	На 1 т інтенсивн а технологія	На 1 т «нульова» технологія
1. Затрати праці, люд.-год.	6,97	2,51	1,55	0,63
2. Заробітна плата з нарахуваннями, грн.	31,11	15,93	6,91	3,98
3. Вартість насіння, грн.	156,20	156,20	34,71	39,05
4. Вартість мінеральних добрив, грн.	312,50	415,00	69,44	103,75
5. Вартість засобів захисту, грн.	224,00	485,60	49,78	121,40
6. Вартість ПММ, грн.	400,98	309,30	89,11	77,32
7. Амортизаційні витрати, грн.	383,74	1260,11	85,28	315,03
8. Відрахування на ремонт основних засобів, грн.	402,09	979,91	89,35	244,98
9. Плата за оренду земельних ділянок, грн.	150,00	150,00	33,33	37,50
10. Інші витрати, грн.	60,90	128,26	13,53	32,07
Всього витрат, грн.	2121,52	3900,31	471,45	975,08

### Висновки

На підставі проведених розрахунків порівняння інтенсивної та «нульової» технології можна зробити наступні висновки: в порівнянні з інтенсивної технологією у «нульової» технології менші витрати праці у 2,78

разу, витрати палива – в 1,28 разів, витрати на заробітну платню – в 3,5 разів. При цьому вартість комплексу у 9,39 разу більше ніж для інтенсивної

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

1. Каток-подрібнювач який використовують як самостійний агрегат є досить ефективним при вирощуванні культур за мінімальною та інтенсивною технологією. Особливе використання бачиться на слабо консолідованих

грунтах, що відповідає умовам органічного землеробства. Важкий каток може бути використаний на важких, засмічених чагарником грунтах.

2. Раціональні параметри агрегату становлять діаметр барабану 200 мм для грубостеблових культур. Для різнотрав'я 50-100 мм. Діаметр описаного кола планок 350-450 мм,

3. Перспективним напрямком удосконалення конструкції є формування різання з ковзанням і використання вібраційної дії.

4. Загальний недолік існуючих моделей взаємодії робочих органів з ґрунтовим середовищем полягає в тому, що вони працюють з приведеними вихідними даними. Такий підхід значно спрощує саму модель, але вимагає значної кількості спрощень і припущень, що зменшує точність отримуваних результатів розрахунків. В запропонованій нами моделі виконана деталізація складових елементів конструкції, що відкидає необхідність введення більшості припущень. До переваг моделі можна віднести те, що вона використовує більшість елементів загальновідомих моделей, що надає можливість використовувати вже відпрацьований математичний апарат.

5. Раціональне значення діаметру описаного кола планок 350 мм в разі роботи по агрофону рослинних решток кукурудзи Ексцентриситет повинен дорівнювати 20-25 мм що є раціональним з точки збудження коливань.

6. Експериментальні дослідження в цілому підтвердили адекватність розробленої математичної моделі і вірність обраного конструктивного рішення. Коефіцієнт структурності шару ґрунту по сліду модернізованої машини  $K_{СТ} = 0,23$ , що на 10-15% краще за серійний зразок. Раціональні конструктивні параметри знаряддя: ексцентриситет 10 мм; ширина планки 150 мм., що забезпечує Ступінь подрібнення на рівні 4,18.

7. Виконаний техніко-економічний аналіз показує хорошу ефективність від впровадження розробленої конструкції у виробництво, в порівнянні з інтенсивної технологією у «нульової» технології менші витрати праці у 2,78 разу, витрати палива – в 1,28 разів, витрати на заробітну платню – в 3,5 разів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1	Аппроксимация функции одной переменной: онлайн калькулятор/ электронный ресурс/ код доступа <a href="https://planetcalc.ru/5992/">https://planetcalc.ru/5992/</a>
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	Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981.- 263 с.
4	Землеробська механіка/ Кобець А.С., Сокол С.П., Пагач А.М., Дирда В.І., Волик Б.А., Тищенко С.С., Гаврильченко О.С. – Дніпро, Пороги,2022 - 408 с.
5	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.
6	Коновий А.В.,Волик Б.А. Обґрунтування конструкції катка-подрібнювача для роботи по агрофону рослинних решток грубостеблових культур./ Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали І Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-24 квітня 2020 р.) / ТДАТУ:- Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – С.167-171.
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	Колеуш С.І. Обґрунтування конструкції і режиму роботи подрібнювача рослинних решток грубостеблових культур / С.І. Колеуш – Дипломна робота ступеня магістр за спеціальністю №208 «Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2018 – 74 с.
9	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.

10	Механико-технологические свойства стеблей сельскохозяйственных культур. Приборы и методы их изучения/Электронный ресурс ; код доступа; <a href="https://mehanik-ua.ru/lektsii-po-mtsskhm/183-tekhnologicheskie-svoystva-steble.html">https://mehanik-ua.ru/lektsii-po-mtsskhm/183-tekhnologicheskie-svoystva-steble.html</a>
11	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.
12	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.
13	Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
14	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.
15	Писаренко В.М. Система органічного землеробства агроєколога С.С. Антонця / В.В. Писаренко, А.С. Антонєць, Г.В. Лук'яненко, П.В.Писаренко. – <a href="https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3483/sistemaorganichnogozemlerobstvaantontsya.pdf">URL: https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3483/sistemaorganichnogozemlerobstvaantontsya.pdf</a>
16	Степанець О.І. Обґрунтування параметрів і конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату, побудованого на принципах біоніки: дипломна робота на звання магістр / Степанець Олександр Іванович – Дніпро: ДДАЕУ, 2019. – 74с.
17	Теслюк Г. Ґрунтообробний 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.
17	Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для



	вузов сільськогосподарського машинобудування / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах.]; под ред. Е. С. Босого. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. –
18	Третяк І.Л. Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи катка-подрібнювача для роботи в умовах органічного землеробства/І.Л.Третяк – Дипломна робота ступеня магістр за спеціальністю №208 «Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2018 – 70 с.
19	Эффективность мульчирования в полеводстве/ URL : <a href="http://www.kaicc.ru/otrasli/rasteniievodstvo/effektivnost-mulchirovaniya-v-polevodstve">http://www.kaicc.ru/otrasli/rasteniievodstvo/effektivnost-mulchirovaniya-v-polevodstve</a>
20	Цилюрик Я. Поверхневий обробіток і рослинні рештки / Електронний ресурс/URL: <a href="https://www.zerno-ua.com/journal/2019/may-2019-god/poverhneviy-obrobitok-i-roslinni-reshtki">https://www.zerno-ua.com/journal/2019/may-2019-god/poverhneviy-obrobitok-i-roslinni-reshtki</a>
21	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.
22	Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція. Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <a href="https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text">https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text</a>
23	ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів.
24	Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К: Урожай, 1991 – 472 с.