

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування конструкційних параметрів агромашини для  
передпосівної культивуації під дрібнозернові культури»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Осадчий Є.А.  
(Прізвище, ініціали)

Група:

\_\_\_\_\_

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Мікуліна М.О.  
(Прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** \_\_\_\_\_

**керівник роботи:** \_\_\_\_\_,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

№ \_\_\_\_\_

2. **Строк подання здобувачем роботи:** “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року.

3. **Вихідні дані до роботи:** \_\_\_\_\_

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** \_\_\_\_\_

**6. Консультанти розділів роботи:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційного проекту на 51 с машинописного тексту, 18 рис., 7 табл., 20 літературних джерел, \_\_ додаток(ки).

ПЕРЕДПОСІВНА КУЛЬТИВАЦІЯ, ДРІБНОЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ, КОМБІНОВАНІ АГРЕГАТИ, МОДУЛЬНІ ВУЗЛИ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОРГАНІЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

Об'єктом дослідження є агромашина для передпосівної культивуації під дрібнозернові культури.

Предметом дослідження є вдосконалення конструкційних параметрів цієї агромашини з метою забезпечення оптимального обробітку ґрунту та підготовки до посіву дрібнозернових культур.

В результаті дослідження було розроблено модульні вузли комбінованих агрегатів, які відповідають вимогам оптимального обробітку ґрунту для даного типу культур. Ці вузли враховують ширину захоплення стріли, діаметр диска, ширину дискової батареї та інші параметри для досягнення ефективності та точності роботи.

Наведено: Приклади сучасних вітчизняних комбінованих агрегатів; Розрахункова схема комбінованого агрегату; Розрахункова схема профілю стрільчастої лапи; Розрахункова схема до обґрунтування профілю робочої поверхні стрільчастої лапи; Аналітично обґрунтована і прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант№ 1); Прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант№ 2); Економічна ефективність роботи.

Впровадження розробленої конструкції може позитивно вплинути на існуючу технологію передпосівної культивуації, забезпечуючи кращу якість обробітку ґрунту та збільшуючи ефективність роботи агромашини. Таке вдосконалення може сприяти збільшенню врожайності дрібнозернових культур та зменшенню витрат часу та ресурсів на обробку поля.

Розроблені заходи з охорони праці.

Проведено аналіз економічної доцільності.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ</b>	<b>6</b>
1.1 Огляд технічних засобів механізації сівби дрібнозернових культур	6
1.2 Огляд конструкцій комбінованих культиваторів вітчизняного виробництва	8
1.3 Комбіновані агрегати для умов смугового землеробства	15
1.4 Аналіз робочих органів комбінованих ґрунтообробних агрегатів	17
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ</b>	<b>22</b>
2.1 Обґрунтування загальних конструктивних параметрів агрегату	22
2.2 Обґрунтування конструкції стрілкової лапи	23
2.3 Аналітична модель взаємодії з ґрунтом	26
<b>РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>31</b>
3.1 Програма дослідження	31
3.2 Конструкція комбінованого робочого органу	31
3.3 Експлуатаційні показники агрегату	32
3.4 Умови проведення досліджень	33
3.5 Загальні результати досліджень	35
3.6 Оцінка якості виконання технологічного процесу	35
3.7 Експериментальне визначення раціональних параметрів компоновки знаряддя	36
3.8 Тяговий опір пропонованого агрегату та продуктивність	37
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>39</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>42</b>
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>46</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>48</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>51</b>

## ВСТУП

Впровадження передових технологій у сільське господарство сьогодні набуває все більшої важливості. Одним із ключових аспектів є оптимізація агромашин та їхніх конструкційних параметрів для ефективної передпосівної культивуації під дрібнозернові культури. Це вимагає глибокого розуміння фізичних та біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті та рослинах під час культивуації, а також вміння враховувати індивідуальні потреби кожного типу культури.

Дослідження в галузі агромашинобудування та агроінжинірингу відіграють критичну роль у пошуку оптимальних рішень. Вони дозволяють не лише розробляти нові конструкції агромашин, але й вдосконалювати вже існуючі, забезпечуючи їхню високу ефективність та економічність в процесі виробництва та використання. Обґрунтовані конструкційні параметри агромашин стають основою для розробки сучасних технологічних рішень, спрямованих на підвищення врожайності та зменшення витрат у сільському господарстві.

Вивчення та проведення досліджень у цій області сприяють не лише науковому прогресу, але й практичному впровадженню інновацій. Вони дозволяють забезпечити збалансований підхід до вирішення проблем сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів, збереження ґрунтового покриву та підвищення якості продукції. Таким чином, дослідження в області обґрунтування конструкційних параметрів агромашин для передпосівної культивуації під дрібнозернові культури є необхідною передумовою для створення ефективних та стійких до викликів часу агротехнічних систем.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ

Для дрібнонасіньєвих культур, до яких належать різні овочі, олійні, багаторічні злакові та бобові культури, необхідна дрібнозерниста структура ґрунту в насінньєвому шарі. На досягнення такої структури має бути спрямована передпосівна підготовка ґрунту. У зв'язку з цим обробіток ґрунту повинен бути спрямований на створення сприятливих умов для роботи сільськогосподарських машин під час сівби, догляду за посівами і збирання врожаю. Інженери-агротехніки повинні задовольняти регіональні вимоги, що стосуються сільськогосподарських культур, щоб створити оптимальні умови для проростання насіння та росту рослин.

Умови, які регулюють практику органічного землеробства, вимагають модифікації певних технологічних процесів, зокрема пов'язаних з обробітком ґрунту та сівбою. Відмінною характеристикою сошників, які використовуються для дрібнонасіньєвих культур, є їх несприятлива реакція на рослинні рештки, довжина яких пропорційна ширині відстаней сівалки.

Провівши дослідження різних літературних джерел, встановлено, що оптимальний приведений діаметр грудок при вирощуванні дрібнонасіньєвих культур коливається від 2 до 10 міліметрів. Крім того, було встановлено, що довжина рослинних залишків при зазначеному вирощуванні не повинна перевищувати 50 міліметрів для досягнення оптимальних результатів.

#### **1.1 Огляд технічних засобів механізації сівби дрібнозернових культур**

Більшість дрібнонасіньєвих культур підпадають під класифікацію овочєвих культур і традиційно висаджуються вручну. Але для механізації цього процесу компанія «РОСТА» створила ручну сівалку (рис. 1.1). Примітно, що ця сівалка не має сошників і натомість просто викладає насіння на поверхню поля. Наступним етапом є боронування, щоб закопати насіння в ґрунт. Посівний

механізм котушки приводиться в рух опорними колесами і найкраще підходить для невеликих плантацій із добре підготовленим ґрунтом. Ця конструкція особливо корисна в смуговому землеробстві та дозволяє регулювати ширину рядків, пропонуючи додаткові переваги.



Рисунок 1.1 - Сівалка дрібнозернових культур СМК - 5 (ВМС27 - 10/4) ROSTA

Сівалка ROSTA була розроблена з унікальним підходом, який відрізняє її від конкурентів. На відміну від звичайних сівалок, сівалка ROSTA не призначена для створення насіннєвого ложа, розміщення насіння в борозні або закладення насіння. Завдяки такому характерному дизайну, він найчастіше використовується для посадки трави, особливо в контексті спортивних споруд.

Щоб досягти точного однонасіннєвого посіву дрібнонасінних культур на меншу глибину, сівалка повинна виконувати дуже делікатну і точну роботу з насінням. Сівалка Тетро (рис. 1.2) — сучасна сівалка, яка відповідає цій вимозі. До її складу входять захоплююче колесо з підвіскою, загортаюче колесо з можливістю регулювання робочого кута та висівний пристрій із решіткою.



Рисунок 1.2 – секція сівалки Темро

Даний агрегат може бути використаний в умовах точного землеробства.

## **1.2 Огляд конструкцій комбінованих культиваторів вітчизняного виробництва**

Щоб належним чином підготувати ґрунт для сівалки Темро, одного агрегату недостатньо. Таким чином, технологічний процес зумовлює необхідність впровадження комбінованих агрегатів. Одним із таких агрегатів є комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-3 (див. рис. 1.3), виробництва ВАТ «Уманьфермаш».

Завдання пристрою – сприяти розуцільненню маловикористаних ґрунтів із різними механічними властивостями. Він також спрямований на покращення процесу обробки шляхом розбивання купок і блоків дерну, які можуть виникнути після оранки, а також на знищення бур'янів на полях, які залишилися необробленими після збирання основних сільськогосподарських культур. Апарат також обладнаний для подрібнення рослинних залишків і ефективного прикочування розпушеного ґрунту.



Рисунок 1.3 - Агрегат комбінований АКГ-3

Агрегат складається з кількох основних вузлів, а саме рами, коліс, робочих органів, гідравлічної системи та механізму, що полегшує переведення агрегату як у транспортне, так і в робоче положення, а також буксирного пристрою.

Зварна конструкція складається з труб прямокутного перетину. Рама служить основною опорою для всіх інших компонентів і деталей пристрою. Ці елементи кріпляться до рами за допомогою болтових з'єднань.

Механічна конструкція колісної гусениці складається з чотирьох коліс, які виконують подвійну функцію підтримки та приводу агрегату. Передні колеса наділені гвинтовими механізмами для регулювання висоти коліс відносно рами, що в свою чергу контролює глибину ходу лап стріли. Задні колеса кріпляться до важелів поворотного вала, який шарнірно з'єднаний з основною рамою. Відповідно, поворотний вал має багатофункціональні важелі; один кріпиться до гідроциліндра, який переводить агрегат з робочого положення в транспортне і навпаки. З іншого боку, інший важіль кріпиться до жорсткої стяжки, яка ефективно фіксує агрегат у транспортному положенні.

Елементами, з яких складаються механізми функціонування агрегату, є стрілоподібні лапи, сферичні диски, рифлені ролики. Стояки ніжок стріли кріпляться до рами через пружинно-демпферні пристрої, які пом'якшують вплив динамічних навантажень на ноги під час його експлуатації. Сферичні диски мають постійний кут атаки і стояки, які міцно кріпляться болтами до спеціально

приварених кронштейнів на рамі. Глибину дисків можна регулювати, переставляючи їх стояки вертикально по відношенню до кронштейнів. Рифлені ролики надійно закріплені в задній частині рами, і їхнє положення у вертикальній площині можна змінювати, суміщаючи відповідні отвори на опорних кронштейнах роликів підшипників з отворами на віддалених кронштейнах рами.

Причипний пристрій складається зі стяжки, яка кріпиться до рами через шарнір у вертикальній площині. Крім того, існує пристрій, який дозволяє регулювати положення стяжки відносно поверхні землі. Коли агрегат перетинає сільськогосподарське поле, лапи стріли контактуватимуть із ґрунтом, що призведе до його розпушування. Потім сферичні диски почнуть подрібнювати будь-який залишковий рослинний матеріал, остаточно поєднуючи його з верхнім шаром ґрунту.

Стратегічне розташування лап в ешелонному порядку, із загальною кількістю 15 лапами, розташованими в чотири ряди, полегшує їх установку на станині машини на значній відстані одна від одної. Така конструкція забезпечує достатньо простору між лапами в кожному ряду, розміром 800 мм, а також між кожним рядом, розміром 630 мм. Така конфігурація сприяє безперешкодному переміщенню робочих органів по ґрунту під час технологічного процесу.

Щоб регулювати глибину ходу лап, можна регулювати підняття або опускання передніх опорно-ходових коліс і рифлених роликів. З іншого боку, сферичні диски можна регулювати, змінюючи їх висоту відносно рами. Ці два методи служать для точного й ефективного контролю руху та позиціонування лап.

У сфері сільськогосподарської техніки рифлені катки виконують важливу функцію, крім основного призначення подрібнення грудок ґрунту. Ці катки також служать для вирівнювання та стиснення верхнього шару ґрунту, тим самим зменшуючи втрату цінної вологи, яка інакше могла б призвести до зниження

продуктивності. Зокрема, під час роботи цього агрегату транспортувальні колеса, розташовані ззаду, залишаються піднятими, таким чином уникаючи будь-якого надмірного тиску на оброблену поверхню поля.

Агрегат змішаний дисковий Power CUTT-4, розроблений ВАТ «Хмільниксільмаш», призначений для екологічно чистого та економічного обробітку ґрунту за один прохід на будь-яких сільськогосподарських угіддях. Незалежно від наявності бур'янів, стерні різних культур, значної кількості органіки, росту кукурудзи чи соняшнику агрегат здатний обробляти та сіяти. Блок диска складається з двох окремих компонентів.

Дискові батареї закріплені на усічених квадратних валах для забезпечення оптимальної жорсткості загальної конструкції та рівномірного розподілу сил. Щоб зберегти довговічність центруючих підшипників, вони розроблені з високим терміном служби приблизно 2-3 тисячі гектарів. Захисний механізм був реалізований для запобігання зносу під час глибокої обробки. Крім того, була розроблена нова дискова система очищення, яка забезпечує якісну обробку ґрунту навіть у негоду. Гарантія надійності в поєднанні з будь-яким типом трактора гарантується завдяки використанню імпортованих гідравлічних і колісних систем вищого рівня.



Рисунок 1.4 - Агрегат комбінований дисковий Power CUTT - 4

З метою підвищення ефективності обробітку ґрунту розроблено універсальний комбінований напівнавісний агрегат ЛКП-4,4 виробництва ВАТ Львівський завод фрезерних верстатів. Цей пристрій особливо корисний при застосуванні на післяжнивних полях, стерні з розсіяною соломною або після скошування інших культур. Використовуючи цей комбайн, можна швидко та ефективно підготувати землю до посіву та посадки.

Використовуючи складні комбінаторні механізми, стає можливим одночасно виконувати декілька типів операцій.

У сільськогосподарській практиці вісь симетрії спільного лемеша є фокусною точкою дисків із пазами, які прорізають ґрунт. Цей ріжучий механізм не тільки сприяє зменшенню тягової сили трактора, але також ефективно розбиває бур'яни та пожнивні рештки, присутні на полі.

Леміш зі стрілоподібними лапами ефективно розпушує ґрунт і прорізає як стерню, так і бур'яни. Крім того, він виконує важливу функцію обробітку ґрунту, забезпечуючи його важливими поживними речовинами, які сприяють зростання сільськогосподарських культур.

У процесі підготовки сільськогосподарських угідь поширеною практикою є використання дисків. Ці інструменти працюють шляхом змішування та подрібнення землі, яка потім використовується для створення стерні, соломи та бур'янистого покриву на полі. Крім того, поле вирівнюється, щоб забезпечити рівну поверхню для посадки та росту.

У процесі підготовки ґрунту до посіву шар ґрунту піддається подрібненню та ущільненню за допомогою здвоєних котків. Кінцевою метою цієї операції є створення оптимального посівного ложа, яке характеризується підвищеними властивостями утримання вологи.

Культиватор ЛКП-4,4 комплектується з тракторами типу ХТЗ-17221, спеціально для ґрунтів меншої щільності. З іншого боку, для ґрунтів з більшою щільністю рекомендуються трактори з мінімальною вихідною потужністю 200 кінських сил.

Агрегати АК-4 та АК-6, розроблені ВАТ «Калинівське РП Агромаш», створені спеціально для виконання подвійних функцій розпушування та підготовки необроблених і ущільнених ґрунтів до посіву за один прохід. Ці агрегати здатні також готувати ґрунти до сівби в попередньо розпушений (розпушений або розпушений без повороту полозів) ґрунт з частково подрібненими пожнивними рештками на поверхні, а також проводити паровий обробіток ґрунту в степу, лісостепу та поліссі. зонах України на ґрунтах різного механічного складу.

Композитний пристрій АК-4 містить міцну раму, групу обертових дисків, що живляться від внутрішньої батареї, транспортувальний механізм зі стрілою, циліндричний ролик для маніпулювання стрижнем, вирівнювальний компонент і круговий ролик із прямозубою передачею.

Один блок виконує загалом п'ять різних операцій за один прохід.

Процес обробки ґрунту включає в себе використання сферичних дисків, які делікатно зрізають і подрібнюють верхній шар ґрунту. Цей метод призначений для того, щоб структура ґрунту залишалася непорушеною в процесі обробки.

У процесі культивації було помічено, що посівний ґрунт можна обробляти на глибину 20 см за допомогою використання трьох рядів стрілчастих лап.

На початковому етапі обробки ґрунту передовий ряд фрезерних барабанів виконує первинне подрібнення частинок ґрунту.

У сфері підготовки ґрунту котки використовуються для виконання двох важливих функцій: подрібнення та ущільнення посівного шару. Зокрема, котки відповідають за кінцеві етапи підготовки ґрунту, забезпечуючи міцне стиснення та подрібнення насіннєвого шару до оптимальної текстури.

Процес впровадження технології виконується в кілька етапів. По-перше, для зрізання верхнього шару ґрунту використовується батарея дисків. Після цього три ряди стрілчастих лап зрізають і розпушують шар ґрунту. Згодом стрижневий коток і вирівнювач беруться за шліфування та вирівнювання поверхні поля. Нарешті, кільчасто-шпоровий коток використовується для повного подрібнення грудок, що залишилися, і ущільнення ґрунту на бажану глибину для посіву.

Комбінований агрегат АК-6 — універсальний ущільнений культиватор, який виконує чотири різні операції та має широкий спектр використання. Використовується як для поверхневого, так і для інтенсивного обробітку, і має здатність ретельно змішувати пожнивні рештки на глибину від 5 до 25 см. Висока рама та відстань між стійками забезпечують рівномірне змішування пожнивних решток навіть у найскладніших умовах.

Під час однієї ітерації пристрій виконує наступний набір процедур:

Перший ряд «ромашок» дисків складається зі сталі 65G, яка пройшла спеціальну обробку для забезпечення довговічності та мінімальних витрат на обслуговування. Ці диски ефективно подрібнюють будь-яке сміття, що залишилося після збору врожаю, плавно змішуючи його з верхнім шаром ґрунту.

Крім того, глибина, на якій працюють диски, є контрольованою та може плавно змінюватися від 3 до 12 сантиметрів. Дисковий масив є універсальним і пропонує три можливі типи дисків (гладкий, «маргаритка», sulteg), а також можливість регулювати три кути атаки.

Культиватор АК-6 складається з нерухомої рами з чотирма рядами лап. Лапи призначені для безперервного обробітку під рівнем дисків, з метою розпушування ґрунту та підрізання бур'янів. Кут проникнення для кожної лапи встановлюється в діапазоні 10-15 градусів.

Використання барабана зі сталевими решітками для розбивання грудок і вирівнювання ґрунту є звичайною практикою після того, як лапи культиватора пройшли по полю.

Основний компонент робочої рами складається з набору важких котків, які подрібнюють і стискають землю.

У посушливих середовищах ущільнення є вирішальним елементом. Його призначення подвійне: сприяти одночасному та швидкому проростанню залишків рослин і насіння бур'янів, а також створювати бар'єр для вологи, який запобігає випаровуванню.

Комбінований агрегат АК-6 працює з точністю та ефективністю, використовуючи ріжучі диски для ретельного змішування різноманітних органічних і мінеральних добрив, а також соломи, сидератів та інших поживних залишків із самим верхнім шаром ґрунту, який охоплює від 0 до 6 сантиметрів у глибину.

### **1.3 Комбіновані агрегати для умов смугового землеробства**

Сучасним трендом серед аграріїв є використання технології «стріп-тілл», або смугового обробітку ґрунту, що є не просто модою, а можливістю суттєво підвищити рентабельність. Смуговий обробіток — це економічна технологія обробітку ґрунту, яка передбачає мінімальне порушення ґрунту. При цьому ґрунт

прогрівається і підсушується, розпушуються ущільнені шари, вносяться мінеральні добрива. Потім культивація проводиться тільки в смугах, де буде проводитися посів, шириною 20-30 см і глибиною до 30 см. Ця технологія особливо ефективна при підготовці ґрунту до посіву орних культур. Оскільки наша робота стосується дрібносієних посівів, зокрема на городах, застосування смугового обробітку ґрунту є перспективним. При цьому унікальність технології полягає в тому, що рослинні рештки не подрібнюються, а виносяться за межі смуги, що здійснюється за допомогою комбінованої установки АСОГ-8 (рис. 1.5), спеціально призначеної для підготовки смуги до посіву за допомогою смуги. - технологія тіла. Пристрій, про який йде мова, має робочу ширину 5,6 метра і складається з восьми окремих секцій. Ці секції розташовані з рівними інтервалами в 70 сантиметрів і прикріплені до рами за допомогою паралелограмного шарніра. Ця конструкція дозволяє секціям опускатися рівномірно, коли вони виконують відповідні завдання обробки в межах кожної смуги рядків. Всього кожна секція виконує п'ять різних технологічних операцій.



Рисунок 1.5 - Комбінований агрегат смугового землеробства АСОГ - 8

Спочатку диск спрацьовує, видаляючи залишки рослин з поля. Згодом очисник, який складається з двох дисків, працює, щоб звільнити рядок від будь-яких залишків рослинного матеріалу. Розпушувач призначений для

розпушування ґрунту на глибину до 30 см і внесення мінеральних добрив. Пара обгортаючих дисків використовується для запобігання розсіюванню ґрунту між рядами та створення гряд. Ця гряда сприяє збереженню тепла ґрунту та утриманню вологи. Після цього процесу каток використовується для завершення підготовки ґрунту до посіву, його функція полягає в утриманні вологи, видаленні грудок і оптимізації стану смуги. Примітно, що під час зимової обробки не рекомендується використовувати катки.

Даний агрегат додатково доступний у модифікованому варіанті, який оснащений механізмом дозування мінеральних добрив. Ця додаткова функція робить пристрій ще більш багатофункціональним, як показано на малюнку 1.6.



Рисунок 1.6 – Комбінований агрегат смугового землеробства АСОГ-8 обладнаний механізмом внесення добрив.

#### **1.4 Аналіз робочих органів комбінованих ґрунтообробних агрегатів**

При дослідженні різних конструкцій дисків було помічено, що більшість відомих конструкцій дисків використовуються в поєднанні з іншими блоками як компоненти дискових батарей, так і як окремі кріплення. Проте наш розроблений пристрій не враховує інтеграцію сферичних дисків, тому їх конструкція не включена в цей огляд. По суті, базова версія нашого агрегату передбачає використання стандартних плоских дисків, розташованих у конфігурації батареї з єдиним валом. Однак варто зазначити, що батарею можна оснастити дисками різного дизайну (рис. 1.7).

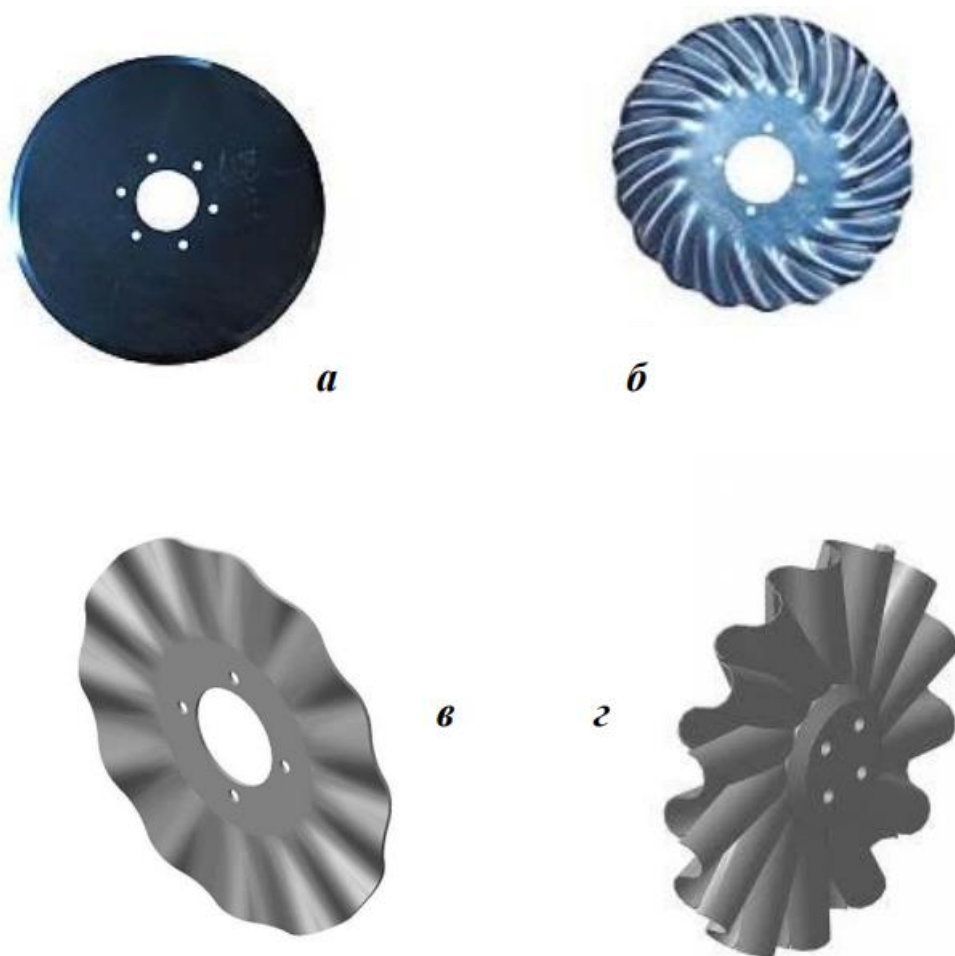


Рисунок 1.7 - Варіанти виконання дисків для комплектації розробленого комбінованого агрегату: а) Плоский диск Bellota; б) в) г) – турбодиски Great Plains

Вибір бажаного диска є проблемою, оскільки кожен із представлених дисків продемонстрував свою ефективність у багатьох конструкціях. В результаті

всі вони можуть бути включені в базову конфігурацію машини, що розробляється.

Використання ніжок стріл у традиційних конструкціях є звичним явищем у більшості комбінованих одиниць. Ці ніжки широко доступні, недорогі з точки зору масового виробництва та легко придбані завдяки спільним зусиллям. Однак деякі виробники обирають спеціально виготовлені лапи (рис. 1.8) у своїх підрозділах, незалежно від відповідних витрат. Такі органи мають параметри, які добре підходять для роботи в режимі різання підвищеної повзучості з ковзанням або з метою підвищення надійності. Незважаючи на високі витрати на виробництво і, як наслідок, відпускні ціни, попит на ці лапи залишається високим.

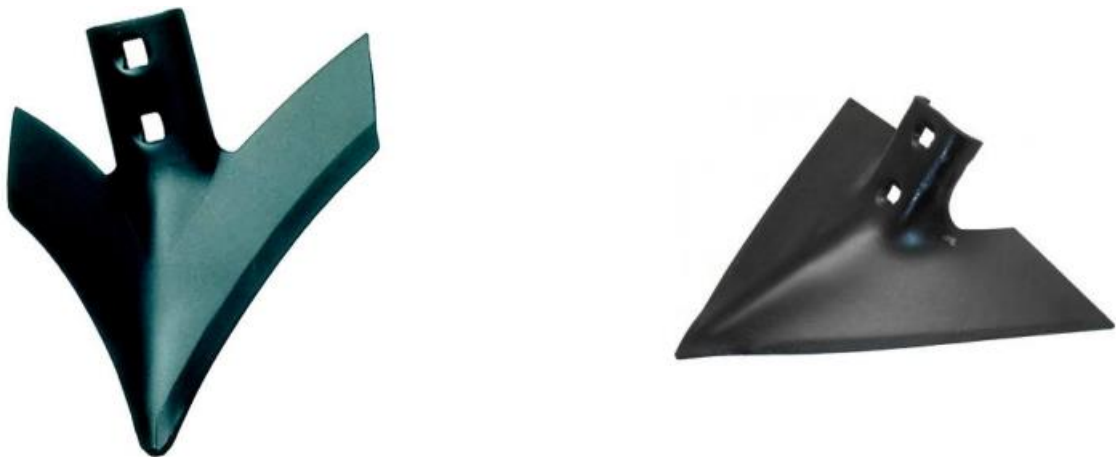


Рисунок 1.8 – приклади конструкцій інноваційних лап

Як правило, комбіновані ґрунтообробні агрегати оснащуються або валками-подрібнювачами, або використовуються як автономний агрегат. Доступні два типи подрібнювачів: барабан (як показано на малюнку 1.9) і диск (як показано на малюнку 1.10).

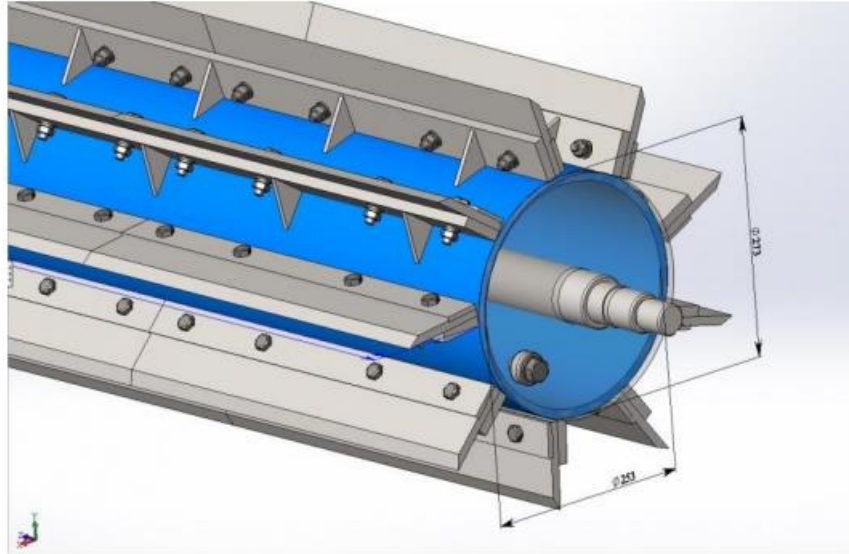


Рисунок 1.9 – Конструктивна схема типового катка-подрібнювача барабанного типу



Рисунок 1.10 – каток-подрібнювач дискового типу

Виходячи з досвіду аграріїв, використання катків є вдалим прийомом. Як у стоячій, так і в скошеній версіях катки демонструють гарні показники у вирівнюванні поверхні та видаленні рослинних залишків. Особливо вигідним є застосування катків на агросередовищі з грубими стеблами.

***Висновки.***

Процес обробітку ґрунту для культур із дрібним закладанням насіння значно відрізняється від традиційних методів обробітку ґрунту, які використовуються для більшості інших культур. Основними лімітуючими факторами є якість подрібнення, ступінь подрібнення рослинних решток, повнота зрізання кореневої системи культури-попередника. Задовольнити всі вищезазначені вимоги за допомогою однієї операційної установки практично неможливо.

В даний час одноопераційні ґрунтообробні агрегати застаріли і втратили свою актуальність. Зараз оператори віддають перевагу комбінованим агрегатам, які пропонують більш ефективний і комплексний підхід. У основному незмінним залишився склад комбінованих агрегатів, до складу яких входять стрілчасті лапи, дискові батареї, вальці-подрібнювачі. Варто відзначити, що компоновка цих комбінованих агрегатів відрізняється ешелонованим розташуванням робочих органів, які для максимальної ефективності зібрані в технологічні групи.

У сфері органічного землеробства використання комбінованих агрегатів демонструє відмінні характеристики, які впливають із недостатнього ущільнення ґрунту та великої кількості рослинних решток в обробленому шарі. Як наслідок, перевага віддається непідкріпленим ріжучим робочим органам.

Ефективне розгортання стрілчастих лап і дискових робочих органів вимагає ретельної синхронізації їх відповідних конструктивних параметрів і взаємного розташування.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ

#### 2.1 Обґрунтування загальних конструктивних параметрів агрегату

У попередньому дослідженні [6] було запропоновано проект компактної уніфікованої машини (як показано на рис. 2.1).

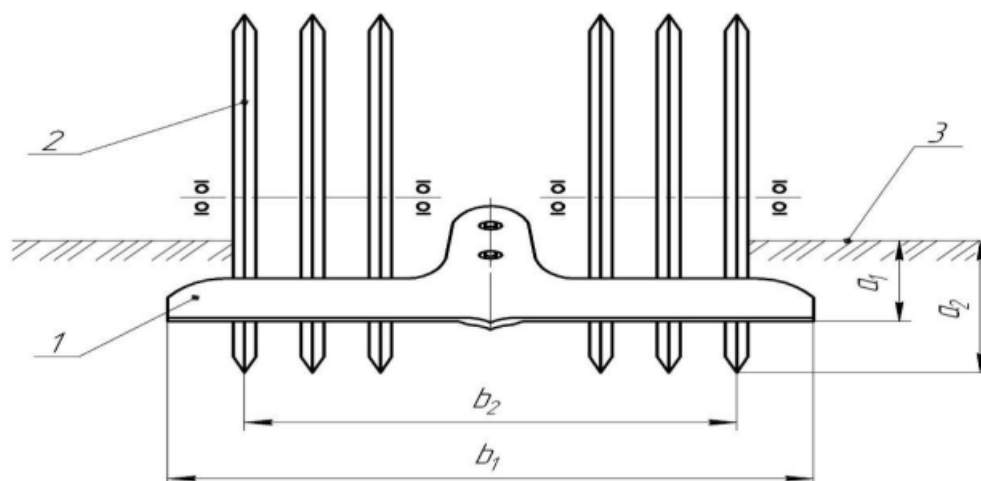


Рисунок 2.1- Розрахункова схема комбінованого агрегату [6]: 1) лапа стрільчаста; 2) дискова батарея; 3) рівень денної поверхні

Пропоноване конструктивне розташування робочого органу таке: По-перше, робочий орган повинен ефективно видаляти бур'яни. Встановлено, що ніжка стріли є найефективнішою для видалення бур'янів, але вона може працювати лише в умовах опорного різання, тому її слід розміщувати першою. Якщо цього не зробити, дискова батарея послабить поверхневий шар без підтримки. Слідом за стрілкою лапа дискова батарея може приступити до подрібнення грудок, зрізання рослинних решток і кореневої системи бур'янів. Якщо розташувати під кутом до напрямку руху, рослинні залишки будуть частково заорані в поверхневий шар, що є бажаним результатом в органічному землеробстві. У попередньому дослідженні [6] аналітично обґрунтовано оптимальні конструкції стрілової лапи та дискової батареї за умови їх спільної роботи.

## 2.2 Обґрунтування конструкції стрілкової лапи

Попереднє дослідження представляє унікальну лапу у формі стріли, яка була розроблена після обширних аналітичних досліджень. Метою цієї інноваційної конструкції є гарантія відповідності агротехнічним вимогам, які були визначені раніше.

Аналітичне обґрунтування профілю лапи стріли полягало в тому, що вона походить від чорноморського ската, який вважався біологічним еквівалентом. Геометричну модель лапи стріли було розроблено з використанням параметрів тіла тварини, а потім числову модель. Це призвело до отримання рівняння поверхневої регресії (рис. 2.2). Поверхня була розбита на окремі елементарні ділянки, кожна з яких отримала рівняння підпірної стінки Цітовича [21]. Аналізуючи систему рівнянь тягового опору, отриману для кожної елементарної ділянки, отримано раціональний інтегральний профіль поверхні. Очікувалося, що такий профіль забезпечить необхідний рівень подрібнення ґрунту і, що важливо, відокремлення кореневої системи стерні рослинних решток від загальної маси ґрунту з виносом її в один день з поверхнею.

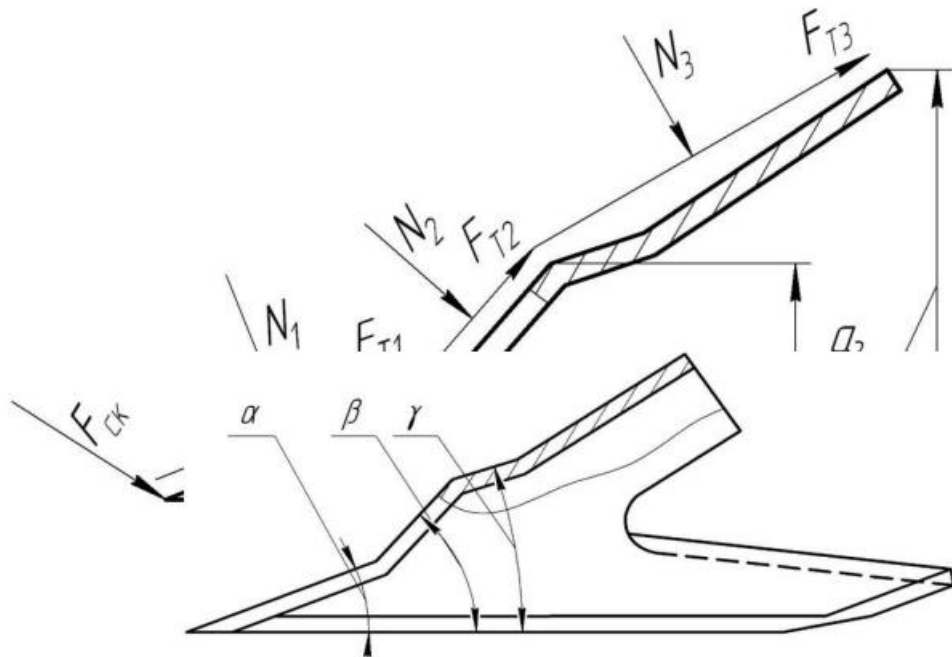


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема профілю стрілкової лапи

Очікувані результати аналітичної моделі не були повністю підтверджені реальністю. Натурні випробування технологічного процесу наштовхнулися на численні технологічні недоліки, що призвело до необхідності вдосконалення конструкції. Спостереження показали, що в реальних умовах ґрунту різкі вигини поверхні спричиняли накопичення рослинних залишків, що вимагало більш нахиленої поверхні. Щоб досягти цього, ми рекомендуємо використовувати метод найменших квадратів [22] для випрямлення поверхні, зберігаючи первинні кутові параметри та лінійні розміри (як показано на малюнку 2.3).

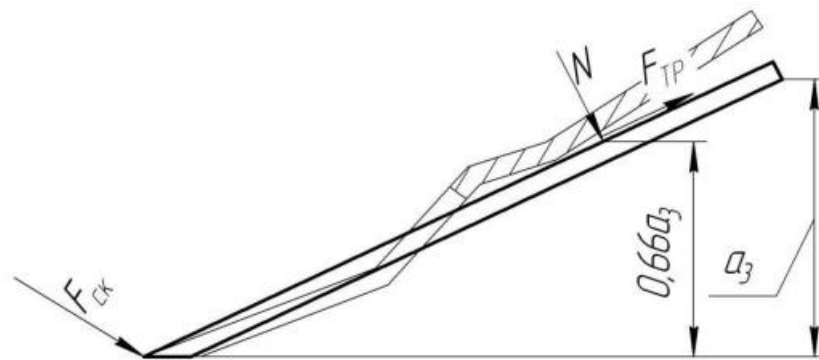


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема до обґрунтування профілю робочої поверхні стрільчастої лапи

Ми повинні визнати, що наданий профіль вирівнюється з поперечним перерізом лапи стріли вздовж її осі. Це означає, що крила лапи можуть мати стандартні структурні параметри, які були широко розроблені в попередніх конструкціях, тоді як вісь обґрунтовано нашими дослідженнями. Рисунок 2.4 ілюструє потенційну ітерацію цього дизайну.



Рисунок 2.4 – Аналітично обґрунтована і прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант № 1)

З даних видно, що центральна осьова складова опукла. Примітно, що відмінною рисою крил лапи в даному екземплярі можуть служити зяброві плавці істоти. Таким чином, ми сформулювали альтернативний підхід, який передбачає коригування розмірів крил, щоб вони були більш співмірними із загальним масштабом конструкції, відповідно до пропорцій аналога.



Рисунок 2.5 – Прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант № 2)

Основні параметри конструкції однаково прийняті з метою досягнення уніфікації конструкції, подібної до прототипу.

- ширина захвату стрільчастої лапи  $b = 330$  мм
- діаметр диска  $d = 350$  мм
- ширина захвату дискової батареї  $B = 240$  мм
- кількість дисків в батареї – 5
- відстань між дисками в батареї  $a = 60$  мм

Був використаний інтуїтивно-аналітичний метод, за допомогою якого ніжки стріли були вперше виготовлені експериментально. Після цього на основі цих фізичних зразків були побудовані геометричні та числові моделі, які зрештою стали основою для наступних схем розрахунку.

### **2.3 Аналітична модель взаємодії з ґрунтом**

Традиційний підхід до розуміння взаємодії між ґрунтообробним обладнанням і ґрунтом включає математичну модель, яка оцінює тяговий опір у зв'язку з різними факторами, такими як структурні параметри конструкції, режим кінематичної роботи та механічні та технологічні властивості ґрунту. Історично теоретичною основою для проведення досліджень з даної теми була теорія взаємодії ґрунту з робочим органом довільної геометричної форми, сформульована А.М. Панченко.

У зв'язку з тим, що в конструкції стрілчастих лап немає аналітичного обґрунтування схем їх розрахунку, необхідною є розробка аналітичної моделі їх взаємодії з ґрунтом. Ця модель повинна базуватися не на математичних рівняннях профілів робочих поверхонь і периметра різання, а на точних числових значеннях структурних параметрів для точного визначення тягового опору лапи стріли.

Для проведення аналітичного порівняння моделей роботи ніжок стріли з різними геометричними формами, включаючи стандартну серійну модель, представлену в [6], і обидві моделі, запропоновані в цій кваліфікаційній роботі, необхідна уніфікована аналітична модель взаємодії ґрунту та конструкції. Після ретельного аналізу конструктивних характеристик усіх зазначених вище лап

стріли було зроблено висновок, що запропонована базова розрахункова схема для визначення складових тягового опору може бути прийнята як основна розрахункова схема для моделі.

Ми можемо спостерігати відокремлення призми від загального масиву ґрунту в лобовій частині лапи. Під час руху цієї призми на її поверхню діють сили нормального тиску і тертя. Тяговий опір можна визначити як проекцію на напрямок руху всіх діючих сил. Розглянемо ці сили послідовно, оскільки є три відомі моделі для розгляду.

Наше дослідження базується на різних моделях, першу з яких ми проаналізували у першому розділі. Ця конкретна модель враховує виключно силу сколу. Однак при дослідженні сил, що діють на периметр різання довільної геометричної форми, було виявлено, що сила сколювання становить приблизно 80-90% від загальної сили опору, що знижує точність вищезгаданої моделі на 10-20%. Друга модель враховує як сили тиску, так і сили тертя ґрунту, але працює зі зменшеними значеннями конструктивних параметрів, що робить її нездатною враховувати конструктивні особливості лапи стріли. Третя модель відрізняється тим, що вона ділить процес сколювання призми на елементарні нескінченно малі області, які для цілей розрахунку вважаються плоскими. Це дозволяє застосовувати рівняння підпірної стінки А.М. Цитовича та теорію внутрішньої напруги Панченка. Однак ця модель спочатку не враховує сили тиску та тертя, припускаючи, що вони менші, ніж сили сколювання.

Результати дослідження показують, що більшість авторів не визнають впливу тиску та тертя. З огляду на те, що розроблений нами заповнювач призначений для застосування в умовах недостатньо ущільненого ґрунту, це припущення можна вважати досить виправданим.

За основу аналітичних досліджень ми обрали розрахункову схему (рис. 2.6). Відповідно до моделі, сколювання ґрунту відбувається лише від ріжучої кромки долота, без участі інших елементів робочої поверхні, таких як крила.

Однак унікальні конструктивні особливості пропонованих лап стріли вимагають певних змін у цьому припущенні. Зокрема, перехідну ділянку стулок можна вважати частиною долота і, таким чином, відіграє певну роль у формуванні сколюючої призми. Наша модель враховує це явище. Важливо відзначити, що будь-яка частина крила, розташована вище лінії відколу від долота, не сприяє відколу. Щоб вирішити цю проблему, ми вводимо в нашу модель концепцію зменшеної глибини різання (aPR).

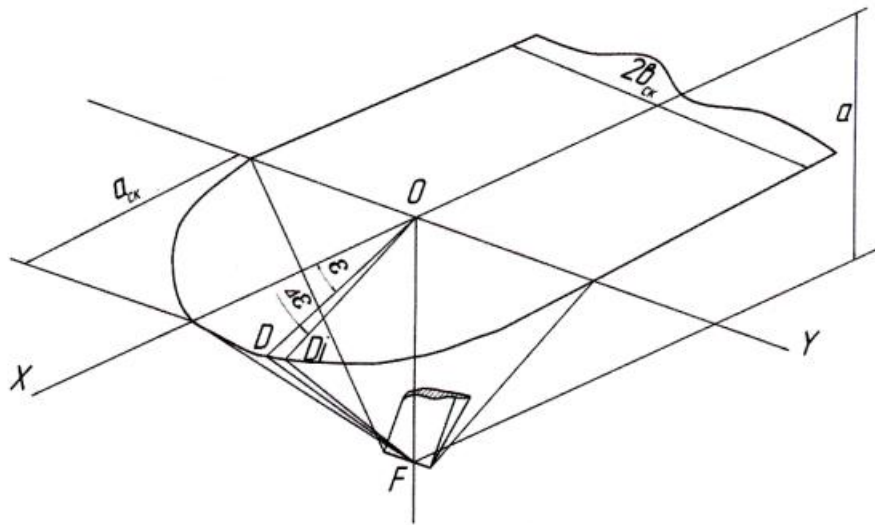


Рисунок 2.6 Розрахункова схема до визначення сили сколу призми ріжучою кромкою носка стрільчастої лапи

Відповідно до висновків у посиланні [15], сила відколу може бути виражена наступним чином:

$$P_{СК} = a^2 \cdot C_{ПІТ} \cdot \int_0^{0.5\pi} \sqrt{[tg(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [tg \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2} \cdot \sqrt{[tg(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [tg \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2 + 1} \, d\varepsilon, \quad (2.1)$$

$$a_{ПР} = a + b \cdot \cos \gamma \cdot tg \beta,$$

Чисельний метод інтегрування представляє себе як простий розв'язок рівняння. Враховуючи положення крила відносно лінії сколу від долота, дуже важливо переконатися, що визначена глибина, на якій починається утворення тріщин, знаходиться нижче поверхні крила.

Після застосування математичних операцій рівняння (2.1), матиме наступну структуру:

$$P_{СК} = [a + b \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta]^2 \cdot C_{\text{пит}} \cdot \int_0^{0,5\pi} \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2} \cdot \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2 + 1} \cdot d\varepsilon \quad (2.2)$$

Згідно з моделлю, представленою в посиланні [6], передбачається, що диск зазнає вертикального спуску через вагу агрегату. У результаті, враховуючи недостатнє ущільнення ґрунту, можна зробити висновок із достатньою точністю, що тяговий опір заповнювача можна визначити через сили тертя між ґрунтом і бічними поверхнями диска.

$$F_B = 12 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot R \cdot \int_0^{\pi} [a - R \cdot (1 - \cos \varepsilon)]^2 \cdot d\varepsilon,$$

Сума всіх сил, які протидіють руху агрегату вперед, називається сумарним тяговим опором цього агрегату.

$$12 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot R \cdot \int_0^{\pi} [a - R \cdot (1 - \cos \varepsilon)]^2 \cdot d\varepsilon, \quad (2.3)$$

У розділі 3 цієї роботи ми представляємо результати обчислень, отриманих на основі вказаної моделі. Потім ці висновки порівнюються з результатами практичних досліджень з метою порівняння.

### ***Висновки.***

Після ретельного вивчення встановлених математичних моделей, що стосуються взаємодії ґрунту з використаними компонентами об'єднаного блоку, стає очевидним, що ці моделі побудовані на основі порівнянних схем і базуються на майже ідентичних припущеннях. Однак точність розрахункових значень тягового опору, виробленого цими моделями, становить лише до 20%, що не відповідає необхідним стандартам для проектних розрахунків.

Наш розроблений комбінований агрегат був оптимізований для роботи в умовах органічного землеробства, зокрема, на недостатньо ущільненому ґрунті.

Варто зазначити, що запропонована нами конфігурація агрегату є мінімалістичною, але вона допускає потенційне розширення шляхом включення додаткових робочих механізмів, таких як борони та катки.

На відміну від попередніх моделей, запропонована нами структура взаємодії між робочими компонентами машини та ґрунтом відрізняється використанням нескінченно малих вимірювань, що зрештою призводить до підвищеної точності обчислювальних результатів. Основною характеристикою цієї моделі є її основа на специфічному зчепленні частинок, яка служить всеохоплюючим, когезійним показником механічних і технологічних властивостей ґрунту.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Раціональним рішенням можна вважати впровадження смугової технології вирощування дрібнонасінневих культур. Для сприяння цьому розроблений комбінований агрегат повинен першочергово проводити підготовку ґрунту до посіву в цих умовах. Принцип смугоутворення повинен ґрунтуватися на раціональному підході, при якому положення смуг і міжсмугової зони змінюється щорічно. Для цього агрегат повинен містити такі функції, як ефективно зрізання кореневої системи попередньої культури, точне подрібнення решти кореневої системи та формування структури ґрунту, яка відповідає показникам осипання та розпушування.

#### **3.1. Програма дослідження**

Програма пропонує ряд положень:

Перевірити структурну цілісність конструкції на її функціональну життєздатність.

Вивчення кореляції між ефективністю подрібнення ґрунту та структурними властивостями системи за нормальних умов експлуатації.

Вивчення ефективності обрізки кореневої системи та ступеня подрібнення рослинних решток.

Аналіз кореляції між тяговим опором і структурними параметрами даної конструкції, використовуючи тензометричний візок як основний інструмент для дослідження.

Перевірка достатності сформульованої аналітичної моделі також є обов'язковою.

Оцінка техніко-технологічної надійності конструкції.

#### **3.2 Конструкція комбінованого робочого органу**

Робоча конструкція механізму складається з витонченої стрілкової лапи з двома різними пристосуваннями та батареї дисків, розташованої симетрично. Для безперебійної роботи лапа стріли потребує опорного різання, тому встановлюється перед дисковими батареями.

Оригінальна конструкція лапи вимагає виготовлення спеціалізованого обладнання для її виробництва в промислових умовах. Ця вимога не може бути виконана в рамках кваліфікаційної роботи, тому було зроблено компроміс. Лапа стріли ТД «Корсунь» була використана як прототип і вручну доопрацьована до потрібної форми. Після тестування лапа пройшла ковальську обробку, а потім проаналізовано її хімічний склад. За результатами зазначеного аналізу виявлено склад, близький до 60-65Г. Конструкція оптимізована під мотоблок МБ-12, який є продуктом ПАТ «Мотор-Січ».

Приватні методи дослідження призначені для визначення якісних показників продуктивності конкретного агрегату в різноманітних ґрунтових умовах, залежно від його заявлених цілей. Для забезпечення точності висновків експериментально визначено лише ті показники, які були використані в математичній моделі та які мають найбільш суттєвий вплив на ріст висадженого врожаю.

### **3.3 Експлуатаційні показники агрегату**

Щоб з'ясувати швидкість, з якою відбувається поступовий рух агрегату, було проведено оцінювання. Це було досягнуто шляхом вимірювання тривалості, необхідної для проходження агрегатом контрольних ділянок. Для проведення цієї оцінки була розмічена лінія проходу, а контрольні ділянки довжиною 10 метрів були визначені за допомогою дерев'яних стовпів. За допомогою секундоміра фіксували точний час проходження агрегату через контрольні ділянки вздовж осі заднього моста трактора. За цими результатами була визначена фактична робоча швидкість.

Рівень продуктивності на погодинній основі оцінювався з використанням методології, викладеної в посиланні [17]. Для визначення ефективності проведених досліджень порівнювали серійну машину з розрахунковими результатами.

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \times B_p \times V_p \times \tau,$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату;

$V_p$  – робоча швидкість;

$\tau = T_p / T_{\text{зм}}$  – коефіцієнт використання робочого часу зміни;

де  $T_p$  – час чистої роботи, визначався шляхом хронометрування робочого процесу,  $T_{\text{зм}}$  – час зміни.

### **3.4 Умови проведення досліджень**

Польові дослідження мають унікальну характеристику в тому, що його агрегат спеціально розроблений для роботи з мотоблоком, де робоча швидкість залежить від фізичних можливостей оператора, який йде поруч із трактором і спостерігає за його роботою. За вимірюваннями нашої команди швидкість пішохода в польових умовах коливалась від 4-5 км/год, що в перекладі становить 1,1-1,4 м/с. Проведений аналітичний модельний аналіз показників ефективності показав, що зміни швидкості в цьому діапазоні істотно не впливають на технологічний процес. Таким чином, моніторинг контрольованих параметрів щодо робочої швидкості не був необхідним.

За основу проведення польових дослідів послужила вологість ґрунту, яка відповідає нормі, яку показує прилад (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Визначення пенетрометром стиглості ґрунту за вологістю

Таблиця 3.1 - Питоме зчеплення часток ґрунту (СПИТ) і межа несучої спроможності (К')

№, контрольної ділянки	Кількість ударів ДорНДІ (С)	Середнє С	СПИТ, кН/м <sup>2</sup>	К', кН/м <sup>2</sup>
1	24	25,9	6,1	1420
	27			
	23			
2	28			
	28			
	25			
3	25			
	26			
	27			

Таблиця 3.2 – Питома кількість рослин на ділянці

№ контрольної ділянки	Питома кількість рослин, г/см <sup>2</sup>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Середнє
	11	13	10	9	14	12	11	8	10	10,9

У затверділому стані кут внутрішнього тертя становить 56 градусів.

У затверділому стані сталь має кут зовнішнього тертя 52 градуси.

### **3.5 Загальні результати досліджень**

За весь час технічних відхилень не спостерігалось. Однак важливо зазначити, що певні технологічні збої можуть виникати через надмірну кількість рослинних залишків на поверхні поля, що перевищує середньостатистичне. Пристрій сконструйовано для зручності керування, повідомлень про поперечне рихлення також не було. Лінійність ходу та постійність робочої швидкості залишаються стабільними для багатьох конфігурацій лап стріли. Візуально ступінь подрібнення та розпушення вважається задовільним.



Рисунок 3.2 – Типовий загальний вид борозни після одиночного проходу агрегату

### **3.6 Оцінка якості виконання технологічного процесу**

Виконання технологічного процесу можна оцінити за допомогою якісних показників на основі варіантів конфігурації зі стрілочними ніжками. Ці варіанти включають: 1) ногу, що відповідає прийнятому прототипу, 2) лапу для серійного виробництва та 3) експериментальний зразок, зображений на малюнку 2.4. Крім

того, другий експериментальний зразок також доступний для оцінки, як показано на малюнку 2.5.

Показник	Варіант виконання стрільчастої лапи			
	1	2	3	4
Коефіцієнт структурності ґрунту	0,65	0,69	0,67	0,70
Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів	0,62	0,66	0,68	0,63
Глибина підрізання кореневої системи	1,23	1,25	1,26	1,28
Гребнистість поверхні	1,05	1,07	1,03	1,02
Комковатість поверхні	0,21	0,22	0,19	0,17

### 3.7 Експериментальне визначення раціональних параметрів компоновки знаряддя

Прийнятою мірою раціональності в цьому контексті є відношення технологічних відмов до тривалості робочого періоду.

Відповідно до рисунка 2.5 в таблиці 3.4 наведено тривалість робочого ходу до початкової технологічної несправності для варіанту стрільчастої лапи.

Показник	Відстань від обрізу крила лапи до осі дискової батареї			
	250	270	300	320
Довжина робочого ходу, м	27	22	35	38

Дані, наведені в таблиці 3.5, ілюструють тривалість робочого ходу до початкової технологічної несправності для версії стрільчастої лапи, як показано на рисунку 2.5.

Показник	Відстань від обрізу крила лапи до осі дискової батареї			
	250	270	300	320
Довжина робочого ходу, м	36	41	49	58

Аналізуючи дані, наведені як у таблиці 3.4, так і в 3.5, видно, що оптимальною конфігурацією робочого органу є виконання лапи стріли згідно з рисунка 2.5. Довжина робочого ходу між технологічними збоями, яка визначається як засмічення простору між стрілочною лапою та дисковою батареєю ґрунтом і рослинними рештками, вважається допустимою при обробці стерні зернових і овочевих решток на відстані між робочими органами 250 мм. Однак дані щодо використання розробленого агрегату на грубоствольних культурах і сидератах не збиралися, оскільки це малоімовірний сценарій.

### 3.8 Тяговий опір пропонованого агрегату та продуктивність

За різними показниками можна зробити висновок, що конфігурація агрегату зі стрілочною лапою на рис. 2.5 є більш вдалим варіантом. Таким чином, ця збірка вважається основним варіантом для подальшого аналізу. Визначення тягового опору проводилося спеціально для цієї конфігурації, використовуючи дослідницьку установку, як описано в посиланні [18]. Важливо відзначити, що питоме зчеплення частинок ґрунту виявилось 1,2 кН/м<sup>2</sup>.

Розраховане значення тягового опору, кН

стрільчаста лапа – 0,415

дискова батарея – 0,113

агрегат в цілому – 0,528

Замірне значення тягового опору, кН

Агрегат в цілому - 0,611

$$W_{\text{год}} = 0,1 \times 0,330 \times 4,8 \times 0,76 = 0,12 \text{ га/год}$$

Лапа нашої стріли по своїй формі точно відповідає візуальному зображенню, представленою на малюнку 2.5.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою будь-якої сфери діяльності, включаючи агромашинобудування. В контексті обґрунтування конструкційних параметрів агромашин для передпосівної культивації під дрібнозернові культури, безпека праці стає пріоритетною задачею. Цей розділ присвячений аналізу та обґрунтуванню заходів з охорони праці, які необхідно враховувати під час розробки та експлуатації агромашин.

Передпосівна культивація під дрібнозернові культури включає в себе використання різноманітних агромашин, що може призвести до ризику виникнення різноманітних небезпечних ситуацій для працівників. Серед потенційних небезпек можуть бути:

1. Травматичні ураження: Використання рухомих частин агромашин, таких як різальні елементи або приводні механізми, може призвести до травматичних ушкоджень при неправильному використанні або несправності обладнання.

2. Отруєння та інтоксикація: Робота з агрохімікатами та іншими хімічними речовинами вимагає дотримання відповідних заходів безпеки для запобігання отруєнням та інтоксикаціям.

3. Потенційні аварії: Експлуатація агромашин на нерівних або м'яких ґрунтах може спричинити їх перекидання або інші аварійні ситуації, що загрожують життю та здоров'ю працівників.

Для забезпечення безпеки працівників у сфері агромашинобудування та використання агромашин для передпосівної культивації під дрібнозернові культури необхідно вживати наступні заходи:

1. Проведення навчання та підготовки: Працівники повинні мати достатні знання та навички щодо безпечного використання агромашин, включаючи правила експлуатації, управління, та роботу з хімічними речовинами.

2. Регулярна перевірка та технічне обслуговування обладнання: Всі агромашини повинні регулярно перевірятися та обслуговуватися, щоб уникнути виникнення технічних несправностей, які можуть стати причиною аварій.

3. Використання засобів індивідуального захисту: Працівники повинні використовувати відповідний захист, такий як захисний одяг, окуляри, маски, тощо, для запобігання травмам та інтоксикаціям.

Ці заходи допоможуть забезпечити безпеку та здоров'я працівників у сфері агромашинобудування та використання агромашин для передпосівної культивуації під дрібнозернові культури.

Розробка та впровадження стандартів безпеки є ключовими аспектами забезпечення охорони праці в агромашинобудуванні. Необхідно розробляти документацію з інструкціями з безпеки для кожного типу агромашини та проводити навчання працівників з їх використання. Також важливо встановлювати стандарти безпеки щодо виробництва та обслуговування обладнання, щоб уникнути травматичних ситуацій та аварій.

Постійний моніторинг безпеки праці дозволяє вчасно виявляти потенційні небезпеки та ризики та вживати відповідні заходи для їх усунення. Це може включати аналіз інцидентів, інспекції обладнання та робочого місця, а також збір інформації від працівників щодо потенційних небезпек та проблем безпеки.

Важливо залучати працівників до процесу безпеки, забезпечуючи їхню участь у розробці та впровадженні заходів з охорони праці. Це може включати проведення навчання та тренінгів, створення системи зворотного зв'язку, а також встановлення механізмів заохочення та винагородження за дотримання правил безпеки.

Охорона праці є динамічним процесом, тому важливо постійно вдосконалювати систему безпеки на основі нових знань, технологій та досвіду. Це може включати регулярне оновлення інструкцій з безпеки, впровадження

нових технологій та обладнання для підвищення безпеки, а також аналіз інцидентів та впровадження заходів для їх попередження у майбутньому.

### ***Висновки***

Забезпечення охорони праці в агромашинобудуванні та використанні агромашин для передпосівної культивуації під дрібнозернові культури є важливим завданням, яке потребує комплексного підходу та постійного контролю. Шляхом розробки та впровадження стандартів безпеки, моніторингу та аналізу безпеки праці, залучення працівників до процесу безпеки та постійного вдосконалення системи безпеки можна забезпечити безпечні умови праці та запобігти виникненню травматичних ситуацій та аварій.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Техніко-економічні показники розраховуються відносно стандартної робочої платформи, а саме мотоблока МБ-12, з метою оцінки його продуктивності. Однією з ключових відмітних особливостей машини є оптимізація її конструктивних параметрів, що призвело до зниження тягового опору. Це вдосконалення дозволяє машині працювати на вищій швидкості, таким чином підвищуючи загальну продуктивність агрегату.

Таблиця 5.1 представляє стислий підсумок попередніх даних, які будуть використані для наступних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	5	5
2	Продуктивність	га/год	0,1	0,15
3	Витрати ПММ	кг/га	8,25	7,10
4	Вартість:	Грн		
	- мотоблоку		19700	19700
	- машини		1100	1200
	- Всього		20800	20900
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

Кількісне визначення нормо-годин, що входять до параметрів обсягу роботи:

Базовий

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{5}{0,1} = 50,0 \text{ год}$$

Проект

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{5}{0,15} = 33,33 \text{ год}$$

Витрати, понесені при експлуатації підрозділу:

Базовий

Проект

$V_{\Pi} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 50,0 \cdot 1 = 50,0$  год       $V_{\Pi} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 33,33 \cdot 1 = 33,33$  год,  
де  $n = 1$  - кількість обслуговуючого персонала.

Заробітна плата:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.1)$$

де  $C_T = 59,5$  - тарифна ставка, грн/год;

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

$K_2 = 2,2$  – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

Проект

$$\Pi = \frac{59,5}{0,1} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 2,2 = 1570,8 \text{ грн/га} \quad \Pi = \frac{59,5}{0,15} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 2,2 = 1047,20 \text{ грн/га}$$

Розглядаючи рівень амортизації сільськогосподарського обладнання, важливо зазначити, що як трактори, так і ґрунтообробні машини за рік в середньому демонструють зниження вартості на 15%.

Базовий

Проект

$$\text{М: } A_{\text{ТР}} = \frac{19700 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 0,1} = 19,06 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{ТР}} = \frac{19700 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 0,15} = 12,71 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{1100 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 0,1} = 2,84 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = \frac{1200 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 0,15} = 2,07 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 19,06 + 2,84 = 21,9 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 12,71 + 2,07 = 14,78 \text{ грн/га}$$

Витрати на ремонт, обслуговування та зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{год}}} \cdot K, \quad (5.2)$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 1570,8 + 21,9 + 231 + 798,72 = 2622,42 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 1047,20 + 14,78 + 198,8 + 802,64 = 2063,42 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 2622,42 \cdot 5 = 13112,1 \text{ грн} \quad E_{\Sigma} = 2063,42 \cdot 5 = 10317,1 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

$$K_B = 3940 + 220 = 4160 \text{ грн/га}$$

$$K_B = 3940 + 240 = 4180 \text{ грн/га}$$

Результати розрахунків представлено у табл. 5.2

Таблиця 5.2. Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Поверхневий обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	5	5
3	Склад агрегата: Мотоблок Машина	БМ-12 Робочий орган	БМ-12 Робочий орган М
4	Продуктивність, га/год	0,1	0,15
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	50,0	33,33
6	Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
7	Витрати праці, люд.·год/га	50,0	33,33
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	59,5	59,5
10	Норма витрати пального, кг/га	8,25	7,10
11	Балансова вартість, грн: - мотоблока - машини	19300 1100	19300 1200
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	28	28

13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі:	2622,42	2063,42
	а. Основна і додаткова заробітна плата	1570,8	1047,20
	б. Амортизаційні відрахування	21,9	14,78
	в. Витрати на ПММ	231	198,8
	г. Витрати на ТО, ТР, зберігання	798,72	802,64
14	Капітальні вкладення, грн/га	4160	4180
15	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	3246,42 16232,1	2690,42 13452,1
16	Річний економічний ефект, грн	-	2780
17	Строк окупності, років	-	0,1

#### Висновок

Основні техніко-економічні показники комбінованого агрегату значно підвищилися за рахунок його модернізації, про що свідчать розрахунки. Виходячи з цих розрахунків, очікуваний щорічний економічний прибуток становить 2780 грн, враховуючи обсяг робіт 5 га.

## ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи літературні джерела, встановлено, що для дрібнонасінневих посівів оптимальний зменшений діаметр грудки повинен становити 2-10 мм, довжина рослинних решток – до 50 мм. Однак досягти такого рівня обробітку ґрунту одноопераційним агрегатом неможливо. Тому необхідне використання комбінованих агрегатів. Проаналізовано конструкції провідних заводів-виробників для визначення основних робочих органів, необхідних для комбінованих ґрунтообробних агрегатів, до яких відносяться стрілчасті лапи та диски різної конструкції. Якщо на більшості підприємств для спрощення спільної роботи використовується ешелонне розташування робочих органів, то модульне устаткування конструктивно більш вигідне, але вимагає адаптації робочих органів для ефективної роботи.

2. У даній кваліфікаційній роботі запропоновано проектування модульних вузлів комбінованих агрегатів. Аналітичні дослідження демонструють правомірність конструктивної реалізації проектних параметрів:

- Ширина захоплення стріли  $b = 330$  мм
- Діаметр диска  $d = 350$  мм
- Ширина дискової батареї  $B = 240$  мм
- Кількість дисків в акумуляторі 5 шт
- Відстань між дисками в батареї  $a = 60$  мм

3. В ході експериментальних досліджень отримано ряд позитивних техніко-експлуатаційних результатів. Рекомендується використовувати машину в парі з мотоблоком, якщо вона використовується в системі смугового землеробства. Таким чином, точність розробленої математичної моделі була перевірена під час експериментального процесу. Розбіжність між розрахунковими та експериментально визначеними показниками тягового опору не перевищувала 20%, результат є цілком задовільним. Обладнання гарантує отримання структурного коефіцієнта від 0,68 до 0,75, а також коефіцієнта

дроблення структурованих заповнювачів від 56 до 72, при твердості ґрунту обробленого шару до 2,5 МПа.

4. Розроблена нами конструкція комбінованого пристрою максимально адаптована до роботи в умовах органічного землеробства, тобто в умовах недостатнього закріплення ґрунту. Слід зазначити, що конфігурація запропонованого нами агрегату є мінімальною з можливих, але це не виключає подальшого розвитку конструкції шляхом додавання інших робочих механізмів, таких як катки та борони.

5. Проведені конструктивні зміни не погіршили стан охорони праці та навколишнього середовища. Проведені розрахунки підтвердили хорошу ефективність впровадження розробленої конструкції у виробництво. Розрахунковий річний економічний ефект становить 2780 грн. Завантаження 5 га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Труханська, О. О. (2020). Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102)-С. 52-61.*
2. Домуші, Д. П., Яковенко, А. М., Осадчук, П. І., Ліпін, А. П., Житков, С. С., & Павлішин, П. М. (2020). РЕМОНТ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ: навч. посібн.: у 2-х кн.–Кн. 1.
3. Барабаш, Р. І. (2021). *Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ* (Doctoral dissertation, Львівський національний аграрний університет).
4. Борисюк, Д. В., & Зелінський, В. Й. (2017). Методика розрахунку економічної ефективності впровадження технічного діагностування тракторів. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*, (5), 135-142.
5. Аулін, В. В., & Замота, О. М. (2017). *Економічна ефективність системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування* (Doctoral dissertation, ТНТУ).
6. Василенко, М. О., Шаповал, Л. І., & Соколенко, О. М. (2017). Обґрунтування строків проведення ремонтно-обслуговуючих робіт мобільної сільськогосподарської техніки з використанням стратегії адаптивного технічного обслуговування і ремонту. *Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах*, 245-255.
7. Устюянов, П. Д., Домуші, Д. П., Супрунюк, В. П., & Гуславський, А. В. (2022). ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ТЕХНІКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та*, 309.

8. Бакляк, І. В. (2021). ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*, 465.

9. Лесюк, В. С., & Калініченко, О. В. (2020). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 274.

10. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Троханяк, О., & Чорна, Т. (2023). Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 101(5), 57-64.

11. Товстенко, В. (2021). Удосконалення технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні фермерського господарства «Славутич» Веселівського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр.

12. Грицаєнко, Г. І., & Грицаєнко, І. М. (2020). РОЗВИТОК АГРАРНОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНИ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 105.

13. Іванов, Б. О., & Тітова, Л. Л. (2022). СТАН СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НАДІЙНІСТЬ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ. *Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro–2022». 8-9 лютого 2022 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Промислова безпека», Державна служба України з питань праці. Київ. 2022. 186 с., 119.*

14. Галич, І. В. (2019). Аналіз джерел вібрацій та коливань елементів машинно-тракторного агрегату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (30), 72-79.

15. Антощенко, Р. В., & Антощенко, В. М. (2016). Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів. *Інженерія природокористування*, (2), 105-112.

16. Антощенко, Р. В., Лебедев, А. Т., & Антощенко, В. М. (2017). Керування енергетичними витратами машинно-тракторного агрегата. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів»*, (7), 172-179.

17. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Кюрчев, В., & Камінський, В. (2022). Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 100(10), 29-36.

18. Сіренко, Ю. В., & Сілюченко, В. М. (2022). ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-25 листопада 2022 р.)/ТДАТУ: ред. кол., СВ Кюрчев, ВМ Кюрчев, ВТ Надикто, ОГ Скляр [та ін.]– Запоріжжя: ТДАТУ, 2022.–239 с. У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної, 56.*

19. Адамчук, В., Камінський, В., Булгаков, В., & Надикто, В. (2022). Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 57-63.

20. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., & Skibchyk, V. (2020). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, (24), 77-82.

## ДОДАТКИ

Додаток А