

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому  
землеробстві з розробкою копача**

**Виконав:** студент 3 курсу, групи АІС-1-21 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Інгор Іван Сергійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Бойко Владислав Борисович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Інгору Івану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві з розробкою копача

керівник роботи Бойко Владислав Борисович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«6» травня 2024 року № 984

**2. Строк подання студентом роботи** 12.06.2024 р.

**3. Вихідні дані до проекту** Дослідження та розробки фахівців кафедри ТСГМ за даною тематикою. Дані господарства де буде впроваджено мостове землеробство.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності. 2. Технологічна частина. 3. Конструктивно-технологічні розрахунки. 4. Охорона праці та навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проекту. Висновки. Література.

## 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Характеристика господарства (А1).
2. Аналіз конструкцій активних робочих органів (А1).
3. Загальний вигляд копача в агрегаті з агромоном (А1).
4. Кінематична схема копача (А1).
5. Копач (А1).
6. Привідна зірочка (А3).
7. Головний важіль (А3).
8. Лопата-вила (А3).
9. Корируюча куліса (А4).
10. Корируючий важіль (А4).
11. Економічні показники проекту (А1).

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Бойко В.Б., доцент		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцентка		

7. Дата видачі завдання: 6.05.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	6.05.24-10.05.24	
2	Технологічний	11.05.24-17.05.24	
3	Конструкційний	18.05.24-27.05.24	
4	Охорона праці	28.05.24- 29.05.24	
5	Економічний	30.05.24-1.06.24	
6	Графічна частина	2.06.24-12.06.24	

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Інгор І.С.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Бойко В.Б.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

№	№	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка
				Текстові документи		
A			52.ДП.041.000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	76	
				Графічні матеріали		
A	1		52.ДП.041.000.000.A	Характеристика	1	
A	2		52.ДП.041.000.000.A	Аналіз конструкцій		
				робочих органів	1	
A	3		52.ДП.041.100.00ВЗ	Загальний вигляд		
				агрегаті з агромоном	1	
A	4		52.ДП.041.000.000ТХ	Кінематична схема	1	
A	5		52.ДП.041.101.000.СК	Копач	1	
A	6		52.ДП.041.101.002	Головний важіль	1	
A	7		52.ДП.041.101.009	Лопата-вила	1	
A	8		52.ДП.041.101.010	Привідна зірочка	1	
A	9		52.ДП.041.101.006	Коригуюча куліса	1	
A	10		52.ДП.041.101.007	Коригуючий важіль	1	
A	11		52.ДП.041.000.000.ПЕ	Економічні показники	1	

Підп. і дата
Взам. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № підп.

52.ДП.041.000.000.ПД				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Інгор І.С.		
Перев.		Бойко В.Б.		
Т. контр.				
Н. контр.		Золотовська		
Затв.		Теслюк Г.В.		
Відомість дипломного проекту			Літ	Лист
				3
			Листів	
			76	
			ДДАЕУ	
			АІС-1-21	

## АНОТАЦІЯ

Інгор І.С. Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві з розробкою копача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві шляхом розробки активного робочого органу копача.

Розроблений активний копач дозволяє підвищити ефективність мостового землеробства за рахунок реалізації основного обробітку ґрунту енергоощадливими робочими органами.

В першому розділі виконано аналіз діяльності господарства де буде впроваджено мостове землеробство.

В другому розділі виконано аналіз ґрунтообробних машин з активними робочими органами. За результатами проведеного аналізу розроблено конструкцію копача який має активні робочі органи. Конструкція копача адаптована для роботи в агрегаті з агромостом.

В третьому розділі проведено основні розрахунки конструктивних та технологічних параметрів. Виконано розрахунок на міцність активного робочого органу копача.

В четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці при експлуатації мостової машини з копачем.

Виконано економічне обґрунтування проведеного удосконалення.

Ключові слова: агроміст, мостова машина, активний робочий орган, копач, тяговий опір машини.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Природно-кліматичні умови	10
1.3 Характеристика рослинництва	10
1.4 Характеристика тваринництва	15
1.5 Нафто-господарство підприємства	16
1.6 Економічні показники господарства	18
1.7 Висновки та обґрунтування задач дипломного проекту	21
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Аналіз сучасних засобів механізації землеробства	22
2.2 Постановка задачі дипломного проекту	30
2.3. Літературний та патентний пошук	31
2.4. Висновок	37
Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	38
3.1 Розробка конструкції копача для мостового землеробства	38
3.2 Обґрунтування ріжучого робочого органу копача	42
3.3 Розрахунок чотириланкового механізму копача	44
3.4 Розрахунок частоти обертання кривошипа копача	49
3.5 Розрахунок енергетичних показників копача	50
3.6 Розрахунок валу кривошипа на міцність	52
3.7 Висновки	54
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	55
4.1 Техніка безпеки при експлуатації мостової машини	55
4.2 Техніка безпеки при роботі з електрообладнанням	58
4.3 Гігієна праці і виробнича санітарія	59

4.4 Заходи по поліпшенню охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	60
4.5 Висновки	64
Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	65
Висновки	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
ЛІТЕРАТУРА	75
ДОДАТКИ	77

## ВСТУП

Сільське господарство це важлива та трудомістка галузь народного господарства України. Ефективність сільського господарства завжди залежить від розвитку науково-технічного прогресу та досягнень науки [1, 2].

В сучасних досить складних умовах конкуренції виробнику сільськогосподарської продукції досить складно вирішувати питання збуту виробленої продукції. Це стосується господарств, що знаходяться як поруч з великими містами так і віддалених. Але не зважаючи на це аграрії продовжують вирощування зернових, бобових, олійних та овочевих культур.

Весняний період являється одним з найбільш відповідальних в аграрному виробництві. Це період коли за короткий термі необхідно виконати досить велику кількість технологічних операцій (закриття вологи, культивація, посів, підживлення та ін.). Застосування новітніх технологій та засобів механізації дозволяє забезпечити вчасне виконання технологічних операцій.

Поняття точне землеробство з'явилося ще на початку восьмидесятих років минулого століття з появою перших кроків автоматизації основних технологічних операцій в сільському господарстві.

Точний підхід в вирощуванні сільськогосподарських культур дозволяє аграріям зменшити витрати посівного матеріалу, добрив як органічних так мінеральних, гербіцидів і т.д. [3, 4].

По своїй суті точне землеробство дозволяє наблизити можливість реалізації автоматизованих процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур де машини працюють в безпосередній близькості з культурними рослинами розміщеними на ділянці поля. Поєднання сучасних комп'ютеризованих систем та робочих органів сільськогосподарських машин дозволило досить точно позиціонувати робочі органи останніх відносно біологічних об'єктів (рослин). Але людину виключити повністю з даного ланцюжка не можливо, вона програмує машини на виконання необхідних операцій та періодично здійснює контроль виконання їх автоматизованими машинами [5].



Агротехнічні ідеї мостового землеробства більше 130 років, подальше майбутнє автоматизації основних технологічних процесів в рослинництві безпосередньо пов'язане з мостовим землеробством [1, 2]. Перевагами такого землеробства являється можливість координації мостових машин та робочих органів сільськогосподарських машин, які з ними агрегатуються без використання складних навігаційних систем завдяки постійним коліям для переміщення мостової машини. Використання мостових машин усуває вплив рушії на родючу частину поля на якій відбувається вирощування сільськогосподарських культур, зниження витрат на експлуатаційні (паливо, мастило) матеріали завдяки використанню електродвигунів та їх приводів в якості енергетичних машин.

**Мета роботи** – удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві шляхом розробки копача з активними робочими органами.

## Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

### 1.1 Загальні відомості

СФГ «Аврора» знаходиться в селі Новопетрівка Магдалинівського району Дніпропетровської обл. СФГ «Аврора» розташовується за 70 кілометрів від обласного центру м. Дніпро. Станом на тепер фермерське господарство здійснює господарювання на площі в 334 гектара. Основними напрямками являється зернова галузь та овочівництво.

СФГ «Аврора» розпочало свою діяльність в 2008 році з вирощування томатів та іншої овочевої продукції. З 2009 року розширено діяльність за рахунок зернового напрямку та тваринництва завдяки взятій в оренду ферми розрахованої на 380 голів великої рогатої худоби, яка належить Новопетрівській громаді, один корпус якої згодом облаштували, як приміщення для зберігання збіжжя а інший залишили для утримання близько 200 голів дійних корів.

Проаналізуємо структуру організації виробничих процесів в господарстві.

На чолі господарства знаходиться голова сім'ї, всі питання, які виникають в результаті діяльності господарства вирішуються на сімейній раді. В умовах господарства це оптимальна форма правління виробництвом .

Загальна чисельність працівників господарства становить 12 працівників на постійній основі та 20 осіб в період сезонних робіт.

Розширення з кожним роком господарської діяльності зумовлює кожний рік приріст робочих рук. Одним із критеріїв підвищення продуктивності праці являється гідна зарплатня працівників. На чолі кожного підрозділу знаходиться відповідальний кваліфікований керівник, а саме в підрозділі рослинництва керування належить головному агроному, в відділі механізації головному інженеру. За тваринництво відповідає сам керівник СФГ «Аврора». За рахунок ефективної комунікації кожного з підрозділів досягається хороша ефективність роботи, кожного із них.

## 1.2 Природно-кліматичні умови

Кліматична ситуація в господарстві має помірний характер з теплим літом та помірно-холодною зимою. Значення середньої річної температури навколишнього повітря становить  $13,4^{\circ}\text{C}$ . Самим холодним місяцем являється січень значення середньої температури становить  $-14,8^{\circ}\text{C}$ . Самим спекотним місяцем являється липень з середньою температурою близько  $26^{\circ}\text{C}$ . Загальний період без морозів становить 182 дні. Значення середньорічної кількості опадів становить 380 мм.

Зима розпочинається з мінусовою температурою, що припадає на кінець грудня. Період з морозами триває в середньому близько 183 днів. В цілому зима малосніжна з частими дощами. Переважний напрямок вітрів південний.

Загальна глибина промерзання ґрунтів не перевищує 60 см. Значення вологості повітря за мінусової температури складає 74%. Всього в зимовий період випадає до 35 відсотків від загальної річної кількості опадів..

## 1.3 Характеристика рослинництва

За результатами проведеного обстеження ґрунтів Дніпровською філією Укрземпроект, в господарстві переважна кількість ґрунтів це чорноземи, також на другому місці поширені важко-суглинкові ґрунти та пісчані. Ґрунти полів, що розташовані ближче до річки Дніпро важко-суглинкові механічний склад здебільшого середньо - або легкосуглинковий, а в окремих полях зустрічаються і супісчані ґрунти. Врахувавши отримані дані розроблено заходи по відновленню родючості на проблемних ґрунтах.

Основними агротехнічними заходами по збереженню родючості ґрунтів являються сівозміни.

До кінця 2024 року в планах господарства зниження посівних площ відведених під озимі культури, таке рішення дозволить забезпечити культури

необхідними попередниками згідно схеми сівозмін. Розподілення основних культур на землях господарства наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розподіл основних вирощуваних культур

Культури	2021	2022	2023
	Площа, га	Площа, га	Площа, га
Кукурудза на зерно	60	83	80
Ярий ячмінь	56	62	72
Сонях	64	40	37
Озима пшениця	61	53	48
Чорний пар	20	22	25
Багаторічні трави	20	22	24
Кукуруза на корм	10	20	31
Овочі	10	15	17
Всього	301	317	334

Проаналізувавши дані наведені в (табл. 1.1) в період з 2021-2023 р. відбулися наступні зміни в структурі посівних площ збільшився умовний важіль таких культур, як кукурудза на зерно – на 20 га, багаторічні трави – на 4 га, ярий ячмінь – 16 га, овочі – на 7 га, зменшився умовний важіль таких культур, як озима пшениця та сонях – це пов’язано з відведенням земель для забезпечення необхідної кормової бази тваринницької ферми, з кожним роком зростає площа під пар. Площа для вирощування зернових залишається сталою.

З метою раціонального користування землею в господарстві прийняті такі сівозміни

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. Чорний пар    | 5. Ячмінь        |
| 2. Озима пшениця | 6. Озима пшениця |
| 3. Кукурудза     | 7. Соняшник      |

Таблиця 1.2 – Розподіл урожайності основних культур  
в період 2021-2023 рр. (ц/га)

Культура	2021 р	2022 р	2023 р
Кукурудза	45	65	67
Ячмінь	21	36	37
Соняшник	11	18,6	21
Озима пшениця	41	53	57
Помідори	35	42	43
Пізня капуста	27	41	43

Згідно проведеного аналізу встановлено що основний напрямок господарства сконцентровано на вирощуванні зерновими культур. В цілому рослинництво в господарстві має досить хороші виробничі показники.

Як ми бачимо з таблиць з кожним роком відбувається приріст врожайності, що пов'язано з кваліфікованим вирішенням питань сівозміни та інших агрозаходів і не в останню чергу сприятливих погодних умов.

В господарстві постійно проводяться роботи по захисту ґрунтів від водних ерозій, по накопиченню вологи шляхом застосування технологія нульового обробітку ґрунту також ведеться робота по боротьбі з бур'янами.

Виходячи з природно-кліматичних умов господарства, на його землях необхідно проводити такі заходи :

- обробку поперек схилу на схилах крутизною більше ніж 3<sup>0</sup>:
- чизельну обробку під кукурудзу, соняшник, чорний пар, контурно-меліоративного землеробства – в польових сівоборотах:
- нульовий обробіток під посіви – зернових культур, кукурудзи на силос, багаторічних трав, зелений корм:
- плоскорізний обробіток під кукурудзу на зерно після стерньових представників:
- сівба сівалками з гідно вибраної технології обробітку ґрунту:
- луцення ерозійно небезпечних ділянок:
- проводити снігозатримання.

В СФГ «Аврора» механізації рослинництва постійно тримається на контролі в головного інженера та директора господарства. За першої можливості відбувається заміна старої техніки на більш продуктивну нову, яка забезпечить зниження собівартість продукції та строки виконання технологічних операцій. Загальний рівень механізації основних операцій наведено в табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Механізації основних процесів в рослинництві, %

Найменування робіт	%
Основний обробіток ґрунту	100
Посів сільськогосподарських культур	97
Внесення добрив	96
Проріджування рослин	78
Прополювання бур'янів	72
Заготівля кормів	63
Навантажувальні роботи	96
Збирання врожаю овочів	62

Аналіз таблиці 1.3, що такі операції, як прополювання, збирання урожаю, формування густоти розміщення в рядку рослин не можливо на даному етапі повністю механізувати на вирощуванні овочів. Дані операції і зараз вимагають до 25-30 відсотків ручної праці. Основні машини задіяні в рослинництві представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Система машин в рослинництві

Перелік техніки	Кількість одиниць, шт.
1	2
Комбайн КЗС-9-1 Славутич	2
Трактор ЮМЗ- 8244	4
Трактор ХТЗ-172	1
Трактор МТЗ-1532	1
Автомобілі	
MAN – TGX	1
ЗІЛ-130	2
Fiat Doblo Cargo	1
Навантажувач	
Balkancar	1
Борона БПС-6,3	2
Борона АГД-2.8Н	1
Борона БЗСС–1,0	26
Оприскувач John Deere 4830	1
Сівалка СУПН-8	2
Сівалка Клен-1,8	1
Сівалка Optima 8R	1
Сівалка Gaspardo ROMINA	1
Тюкові прес-підбирачі	
ПРП-80	1
ПРП-1,6	2

продовження табл. 1.4

1	2
Плуг	
ПНО-5-40 «Добриня»	2
ПЛН-3-35 «Козак»	2
Культиватори	
КРН-4,2	3
КРН-5,4	4
КПС-4	4
КПС-4	2
Косарка	
КС-2,1	3
Граблі-ворушилки	
Граблі «Господар»	3

Згідно виконаного аналізу доведено, що господарство має добре забезпечення машинами для виконання основних технологічних операцій вчасно та в повному обсязі згідно технологічних карт.

#### **1.4 Характеристика тваринництва**

Господарство розвиває молочний напрямок тваринництва. В господарстві функціонує молочно-товарна ферма розрахована на 200 голів. В даний час на фермі розміщено 190 голів ВРХ з них дійних корів - 154 голів, нетелей 20 і телят 16 голів.

Тварини на фермі утримуються за стійлово-вигульним способом. Технологічні процеси а саме доїння, годівля, прибирання гною, поїння на фермі повністю механізовано. Роздача кормів здійснюється мобільним кормороздавачем КТУ-10А з використанням навантажувача «Карпатець». В



господарстві водопостачання виконується централізовано з використанням системи «Каскад» та водонапірної башти ВБР-15.

Основне обладнання, яке використовується на тваринницькій фермі представлено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Засоби механізації тваринницької ферми

Марка машини	Кількість
Доїльний агрегат АДМ-8А- 2	1
Машина для роздачі кормів КТУ – 10А	1
Видалення гною, ТСН – 160Б	1
Навантажувач «Карпатець»	1
Поїння тварин ПА-1	100
Установка «Каскад» для водопостачання	1
Утримання телят, бокси	22

Впровадження механізації в тваринництві дозволило підвищити продуктивність праці та знизити затрати часу на виконання технологічних операцій.

### **1.5 Нафто-господарство підприємства**

Нафтогосподарство є важливою складовою СФГ «Аврора», забезпечуючи безперервну роботу сільськогосподарської техніки. У фермерському

господарстві організовано систему зберігання і видачі паливо-мастильних матеріалів, що включає дизельне паливо, бензин та мастильні засоби. Продукція закупається на спеціалізованій нафтобазі розміщеній в місті Дніпро та транспортується на територію господарства, де облаштовані відповідні сховища. Правильне зберігання та своєчасна видача паливно-мастильних матеріалів забезпечують ефективну роботу техніки, зменшують витрати та підвищують продуктивність сільськогосподарських робіт.

В середньому на рік господарство використовує до 16 тон дизельного палива та близько 4,5 тон бензину частка мастильних матеріалів складає близько 180 кілограмів. На рисунку 1.1 представлено пункт зберігання та видачі нафтопродуктів.

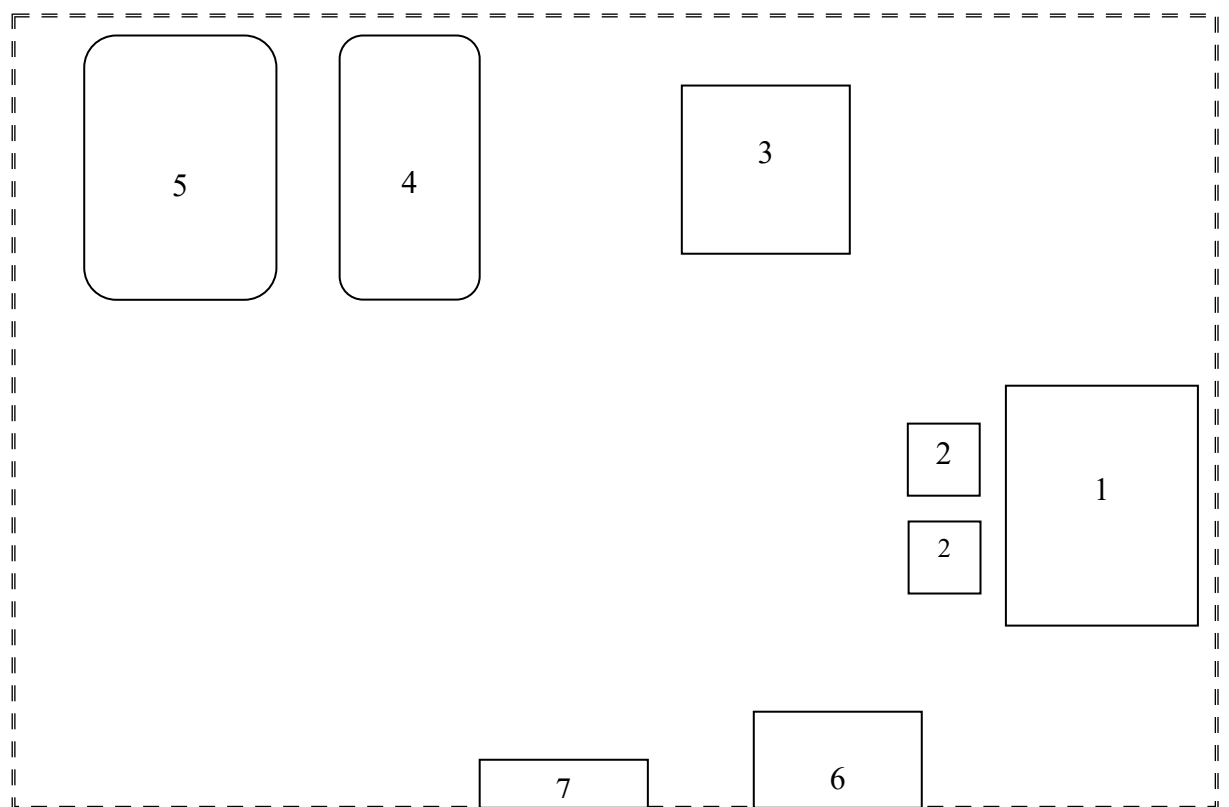


Рис 1.1. Пункт зберігання та видачі нафтопродуктів

- 1 – пункт диспетчера; 2 – заправочна колонка;
- 3 – місце заміни експлуатаційних рідин; 4, 5 – резервуари для пального;
- 6 – пункт пожежної безпеки; 7 – виїзд та в'їзд,

## 1.6 Економічні показники господарства

В СФГ «Аврора» кожний рік приносить приріст виробничої діяльності як в рослинництві так і в тваринництві завдяки чіткій та злагодженій роботи команди керівників, не в останню чергу відіграє роль в підвищенні ефективності господарювання і вибрана стратегія та запровадження новітніх технологій в виробничому процесі. Ефективність господарювання по галузі рослинництва приведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Валові показники СФГ «Аврора»

Культури	2021	2022	2023
	Валовий збір, ц	Валовий збір, ц	Валовий збір, ц
Ярий ячмінь	1274	2321	2678
Озима пшениця	2532	2712	2821
Кукурудза на зерно	2659	5341	5461
Овочі	270	615	731
Сонях	712	781	789

Аналіз показав, що серед зернових культур виробництво кукурудзяного зерна є найдешевшим. У рослинницькій галузі ця важлива продовольча культура демонструє найвищий рівень рентабельності виробництва. Згідно з річною звітністю за 2023 рік, рентабельність вирощування кукурудзи становила 57%, тоді як для ярих зернових колосових цей показник був 16,3%, а для озимої пшениці – 22,1%.

В таблиці 1.7 наведено основні показники діяльності СФГ «Аврора» за звітний період з 2021 року по 2023 рік

Таблиця 1.7 – Значення основних показників господарчої діяльності СФГ «Аврора»

Найменування показників	2021	2022	2023
Рівень рентабельності по культурам, %:			
Кукурудза на зерно	62	53,2	64,2
Ярий ячмінь	21	21,7	27,13
Озима пшениця	29,1	31,6	32,5
Соняшник	108,5	121,2	125,2
Рівень рентабельності овочівництва, %	88,2	105,4	107,3
Рівень рентабельності тваринництва, %	31,5	34,1	34
Заборгованість по кредитах, тис.грн.	16173	24213	101712
	8	0	
Середня зарплата одного працівника за рік, грн.	12214	12631	129128
	4	4	
Середньомісячна зарплата одного працівника, грн.	14786	15231	16124
Чисельність працівників, чол.	27	28	28

Згідно проведеного аналізу таблиці 1.7 можна зробити наступні висновки:

Рентабельність більшості культур і галузей показує тенденцію до зростання, що свідчить про підвищення ефективності виробництва.

Значне зниження кредитної заборгованості в 2023 році вказує на покращення фінансового становища господарства.

Зарплата працівників стабільно зростає, що може позитивно впливати на мотивацію та продуктивність праці.

Чисельність працівників залишається стабільною з незначним збільшенням, що вказує на оптимізацію робочої сили.

Враховуючи високу рентабельність овочівництва, яка наближається до рентабельності соняху господарство має в планах розшири даний напрямок рослинництва, але одним із недоліків даного напрямку є низький рівень його механізації про що свідчать дані наведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Значення прямих затрат праці в рослинництві на 1 гектар посівів люд.–год.

Назва культура	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Ярові зернові	148	151	146,5
Озимі зернові	98	101	99
Соняшник	46	44	44
Кукурудза на зерно	84	79	78
Овочі	430	395	384

Наведені дані в таблиці 1.8 свідчать про позитивну динаміку зниження прямих затрат праці на виробництво більшості культур, що вказує на покращення технологій, оптимізацію робочих процесів та підвищення ефективності праці в господарстві. Значні затрати праці на овочівництві свідчать про низький рівень його механізації.

## **1.7 Висновки та обґрунтування задач дипломного проекту**

1. В цілому стан справ в господарстві знаходиться на досить хорошому рівні. Господарство дбає про оновлення нової техніки і технологій та покращення умов праці своїх працівників.

2. Встановлено також, що найбільш трудомістким напрямком являється овочівництво тому в планах господарства підвищення рівня механізації овочівництва за рахунок впровадження мостового землеробства, що дозволить автоматизувати основні процеси по догляду за рослинами та механізувати основні процеси вирощування овочів.

Для вирішення поставленої задачі в кваліфікаційній роботі буде розроблено активний копач для удосконалення основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві.

## Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз сучасних засобів механізації землеробства

Розвиток енергетичних засобів дозволив реалізувати механізацію основних технологічних процесів в сільському господарстві. Поява перших тракторів виклала багато питань скептиків стосовно впливу їх рушіїв на родючий шар ґрунту [1]. Але завдяки підвищенню продуктивності виконання технологічних операцій з використанням тракторів гужова тяга досить швидко втратила свою актуальність в системі обробки ґрунту. В даний час досить велика кількість провідних фірм, що займаються виробництвом тракторної техніки мають в своєму арсеналі моделі з потужністю енергетичних установок 500 і більше кінських сил. Негативний вплив ходової частини на родючий шар ґрунту не стримує поширення енергонасичених тракторів повна маса яких перевищує 15 тон. Пріоритетність за даної ситуації була надана підвищенню такого показника, як продуктивність виконання технологічних операцій. Останні сто років не принесли змін в тягову концепцію ведення землеробства (рис. 2.1). Наданий час в тяговій концепції спостерігається стагнація, тобто відбувається дуже повільне подальше удосконалення технології. Від застосування тягової концепції починають виринати на поверхню екологічні, енергетичні та соціальні проблеми [2, 4].

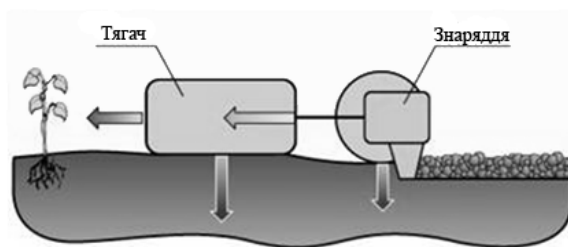


Рис. 2.1 Тягова концепція землеробства

З кожним роком збільшується частка механічної та агрохімічної складової в технологічному процесі вирощування сільськогосподарської продукції. Все це погіршує здоровий стан ґрунтів та створює екологічну небезпеку для навколишнього середовища. Все частіше наприкінці минулого століття дані проблеми почали виноситися на загальне рівне, з'явилися технології, які впроваджували принципи покладені в органічному землеробстві.

Ще одним із напрямків, який зменшує навантаження механічної та агрохімічної складової, що з'явився в останні роки є персоніфіковане землеробство [1]. За персоніфікованого землеробства кожна рослина на полі розглядається, як окремий біологічний об'єкт поява якого в заданій точці на полі здійснюється завдяки посіву за попередньо розробленою картою. Подальший догляд також здійснюється за даними розташування рослини на полі. Такий підхід дозволяє суттєво знизити витрати засобів захисту та підживлення рослин, збільшити врожайність рослини.

Першими в поширенні та реалізації персоніфікованого точного землеробства виступають аграрії та науковці Великої Британії, Німеччини, США, Франції, Данії, Австралії, та ін. Розглянемо результати такої роботи на прикладі спеціалізованого автоматичного шасі PhenoBob (Німеччина) (рис. 2.2, а) [6] для проведення моніторингу розвитку культурних рослин та бур'янів. Використання камери «Kalman» дозволяє реалізувати спектральний аналіз стану розвитку рослин (рис 2.2, б) з картографуванням всіх отриманих даних.

Використовуючи RTK станцію GPS-навігації відслідковується розташування кожної окремої рослини на полі.

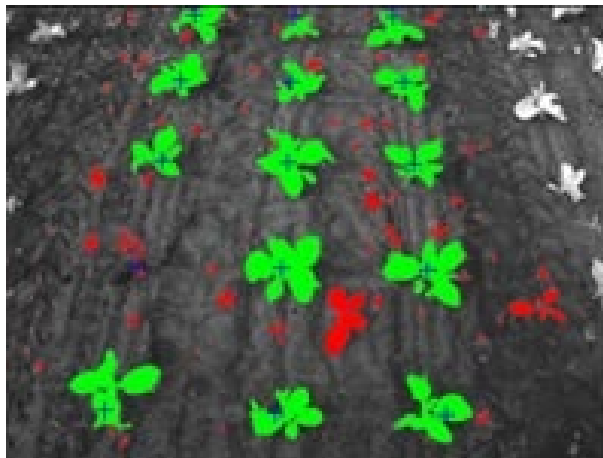
Переміщуючись по полю кольорові камери та камери ближнього інфрачервоного діапазону передають зображення до інтелектуальної системи їх обробки та послідуочого картографування.

При повторних проходах PhenoBob знаходить кожену рослину на полі та аналізує зміни в її вегетаційному розвитку. Використовуючи штучний інтелект відбувається автоматичне розрізнення культурних рослин і бур'янів за заданим алгоритмом від моменту появи перших сходів до фази 6 листків.





а



б

Рис. 2.1. Автономне шасі для проведення моніторингу PhenoBob:

а – загальний вигляд шасі б – зображення з спектральних камер

Використовуючи дані з телекамери можливо забезпечити синхронізацію роботи робочих органів для догляду за рослинами.

В Франції виробником роботів NAÏO-Technologies розроблено автономний робот BlueBob (рис. 2.3) [7] для прополювання сільськогосподарських культур з метою зниження використання гербіцидів для боротьби з бур'янами.

Використання робота здійснюється від появи сходів на полі до збирання урожаю. Використовуючи інтелектуальну систему контролю розміщення культурних рослин та бур'янів робот надійно їх відрізняє та видаляє останні використовуючи активні робочі органи (мотики) (рис. 2.4) [8].



Рис. 2.3 Загальний вигляд робота BlueBob [7]

Використання даного робота усуває пригнічення розвитку культурних рослин яке спостерігається при використанні гербіцидів. Використання активних робочих органів забезпечує добру аерацію ґрунтів та підвищує доступність поживних речовин.



Рис. 2.4. Загальний вигляд активних робочих органів мотик агроробота

Переміщення робота здійснюється згідно попередньо складених карт посіву сільськогосподарських культур. Завдяки інтелектуальній системі та встановленим спектральним камерам він самостійно розрізняє рядки від міжрядь

автономно переміщається надійно орієнтуючись визначає кінець рядків та точно виконує розворот для заходу на необроблене міжряддя.

Робот обладнано двигуном внутрішнього згорання від якого приводиться електрогенератор, який живить мотор колеса та систему керування. Використовуючи GPS навігацію та прив'язку до реперної точки на території господарства інтелектуальна система керування здійснює точну навігацію робота відносно оброблювальної ділянки з швидкістю переміщення 2 км/год.

Реалізація розглянутих наукових проектів наблизила можливість реалізації персоніфікованого підходу в вирощуванні сільськогосподарських рослин. Особливо актуальним являється впровадження розглянутої технології на вирощуванні овочевих культур де використання хімічних засобів посідає друге місце після садівництва [9].

Але не слід на ряду з хімічними чинниками забувати про вплив чинників механічного характеру, які створюють ходові частини (рушії) тракторів та інших енергетичних засобів рухаючись по полю задіяних в вирощуванні та збиранні продукції рослинництва.

Вирішити дані проблеми можливо використовуючи переміщення енергетичних засобів по постійним доріжкам [10]. Першим хто створив мостовий трактор вважається англійський винахідник Девід Доулер. ще в далекому 1975 році було збудовано перший прототип мостового трактор з шириною прогінної частини 12 метрів [11]. На початку свого створення трактор використовувався як оприскувач в подальшому було розроблено шлейф машин для виконання всіх технологічних операцій по вирощуванню сільськогосподарських культур.

На даний час існують більше 10 виробників такої техніки а саме мостових тракторів чи модулів. Найбільш відомий із них це мостовий трактор NEXAT (рис. 2.5) [12] україно-німецький проект під егідою німецької компанії Kalverkamp Innovation. Даного типу трактор виконує весь комплекс технологічних операцій від посіву до збирання урожаю завдяки змінному навісному обладнанню.



Рис. 2.5. Мостовий трактор NEXAT

Ширина в робочому положенні мостового трактора становить 14 м а при переїздах в транспортному положенні 3,5 м. Трактор обладнано двома дизелями по 550 к.с. Використовуючи гідропривід можна встановлювати необхідний кліренс, виніс кабіни. Для покращення оглядовості кабіна може обертатись до 240 градусів, положення елементів ходової частини коліс або гусениць можна змінювати до 90 градусів. Максимальна швидкість переміщення в транспортному режимі становить 40 км/год.

Порівнюючи із трактором Доулера, цей трактор має високу прохідність та більшу стійкість за рахунок використання гусеничних блоків. Так при роботі з оприскувачем загальна ширина захвату агрегату становить 70 м. Для збирання збіжжя на трактор встановлюється комбайнова пристав з 14 метровою жаткою та об'ємом бункера в 22 м<sup>3</sup>.

За результатами досліджень проведених в Україні, Німеччині Австралії і Великобританії при використанні мостових тракторів встановлено, що вартість посівів культур знижується на 43 %, економія енергії при обробці ґрунту досягає 52%.

Ще одним напрямком по персоналізованому вирощуванню та зниженню ущільнення ґрунту являється мостове землеробство, яке засноване на використанні агромістів. Агроміст – це потужний с.-г. агрегат, який переміщується по напрямних, прокладених уздовж поля (рис. 2.6) [1, 2].

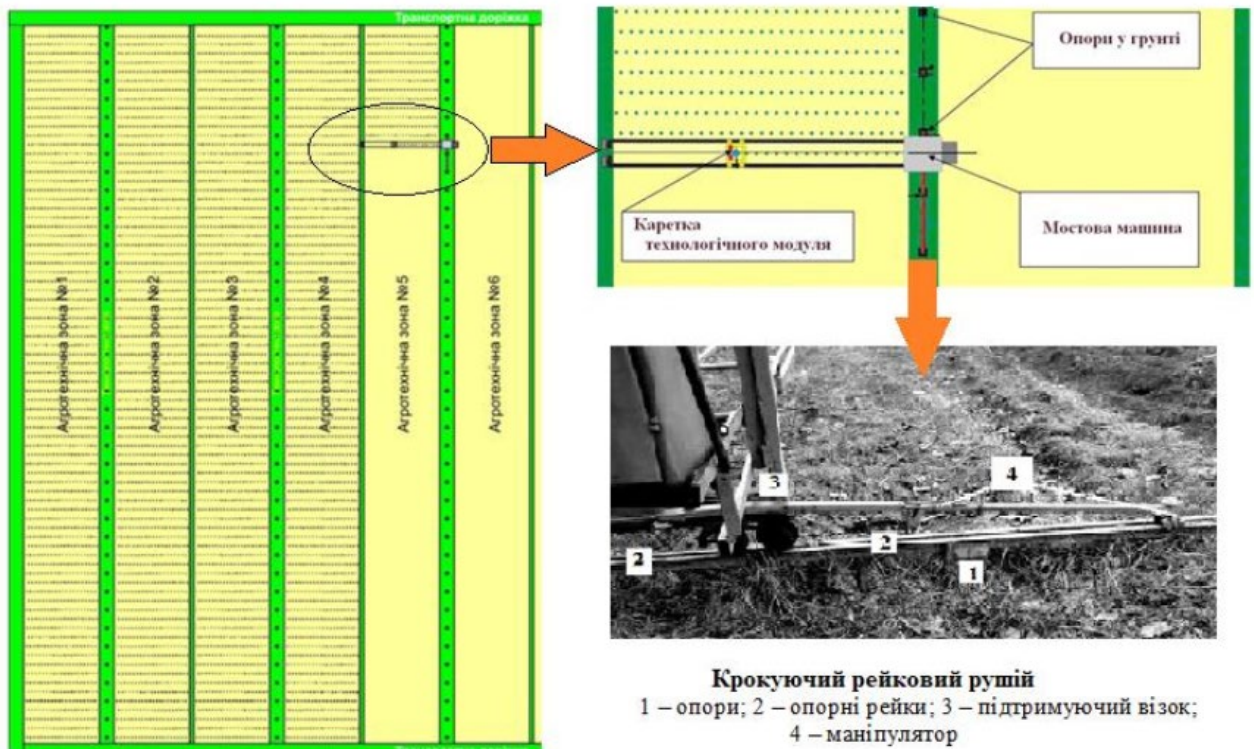


Рис. 2.6 Облаштування поля під мостове землеробство

Вперше землеробські агрегати з'явилися у Південно-Західній Азії (В'єтнам, Філіппіни), де вони використовувалися на вирощуванні рису. В Європі подібні агрегати вперше з'явився у 1860-х роках, коли Генри Крафтон запропонував покласти на два гусеничних паровика 15-ти метрову балку, до якої підвішували сільськогосподарські знаряддя.

Передумови широкого впровадження агрегатів полягають в наступному:

- ґрунт не піддається впливу збоку ходової частини мостового агрегату, що практично виключає будь-яке його ущільнення;
- продуктивність роботи значно зростає із-за збільшення ширини захвату, швидкості руху, стійкого додержання прямолінійного переміщення, можливості цілодобової роботи;
- створюється можливість автоматизації всіх технологічних операцій з вирощування с.-г. культур в оптимально агротехнічні строки;
- виникають умови для ефективного впровадження програмування урожаїв з їх підвищенням до максимального біологічного порогу за рахунок координатного посіву і догляду за рослинами.

Коллективом кафедри «Трактори і сільськогосподарські машини», Дніпровського аграрного університету, розроблено експериментальну установку агромоста (рис. 2.7) з довжиною ферми 9-12 м.

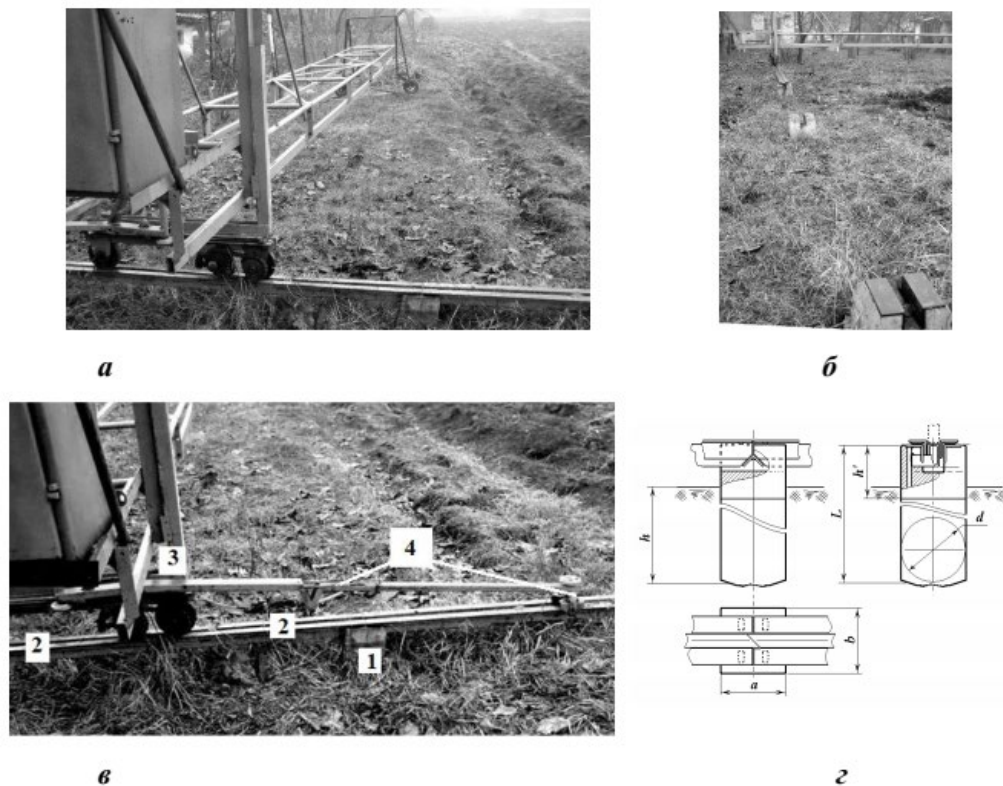


Рис. 2.7. Дослідна установка агромоста ДДАЕУ

Сумарна потужність запропонованої конструкції складає близько 2 кВт. Запропонована конструкція дозволяє виконувати весь комплекс технологічних операцій по вирощуванню сільськогосподарських культур в автоматичному режимі. Найбільший ефект від впровадження мостового землеробства спостерігається на вирощуванні овочів.

Запропонована концепція колійного чи мостового землеробства виключає вплив ходових частин енергетичних засобів на поверхневий найбільш родючий шар ґрунту за рахунок переміщення рушіїв по створеним постійним технологічним коліям для переміщення агромостів. Використовуючи таку технологію землеробства поле розділяємо на технологічні та виробничі частини. Використання електричних двигунів з приводами в якості енергетичних установок дозволяє вирішити питання з автоматизацією основних процесів та знизити залежність від плаив нафтового походження.

## 2.2 Постановка задачі дипломного проекту

В селянсько-фермерському господарстві «Аврора» на вирощуванні овочів заплановано пілотний проект по впровадженню мостового землеробства на площі до 6 гектар.

Для реалізації наміченого буде використано одноконсольну конструкцію агромоста рис. 2.8 довжиною прогінної частини 24 м [1, 2].

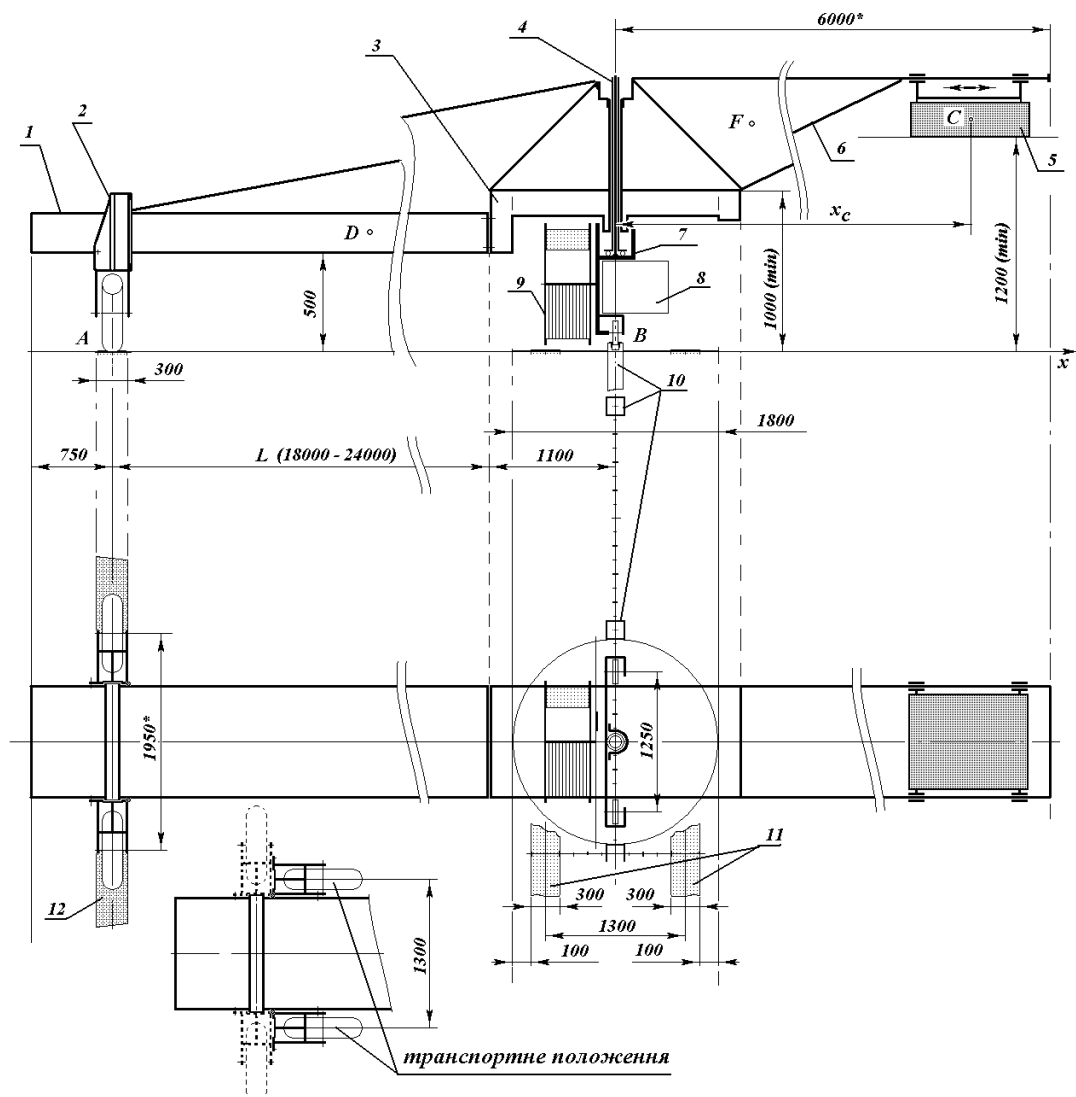


Рис. 2.8. Одноконсольна конструкція агромоста:

1 – ферма агромоста; 2 – підтримуючий візок; 3 – центральна секція ферми агромоста; 4 – поворотна вісь; 5 – врівноважуючий баласт; 6 – врівноважуюча секція ферми; 7 – основний опорно-ходовий візок; 8 – простір для розміщення маніпулятора; 9 – кабельний барабан; 10 – опори в ґрунті; 11 – колії транспортної доріжки; 12 – допоміжна доріжка

Поле буде облаштоване за координатно-транспорпортною схемою рис.2.6.

Основною метою роботи являється удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві шляхом розробки копача з активними робочими органами. Використання активних робочих органів дозволить знизити витрату енергії на виконання операції по основному обробітку ґрунту. Для реалізації поставленої мети проведемо літературний та патентний пошук по даній тематиці.

### 2.3. Літературний та патентний пошук

Дванадцятирічна робота англійської компанії «Garford Farm Machinery» сумісно з компанією «ТНТ» по координації робочих органів сільськогосподарських машин відносно рослин завершилася успіхом і створенням технології «Robocrop» [13] для координації сільськогосподарських машин під час міжрядного (рис. 2.9, а) та рядкового обробітку (рис. 2.9, б). Запропонована технологія знижує психо-емоціональне напруження тракториста під час керування трактором.



а

б

Рис. 2.9. Технологія «Robocrop» для забезпечення координації



Координація робочих органів відбувається наступним чином. Камера встановлена на машині, що виконує обробіток розглядає рядки розташовані попереду і передає зображення інтелектуальний блок керування робочими органами. Штучний інтелект вираховує необхідну частоту обертання активної сапи (рис. 2.10), щоб виключити пошкодження нею культурних рослин в рядку. Корегування положення культиватора відносно рядків також здійснюється за допомогою штучного інтелекту.



Рис. 2.10. Траєкторія руху сапи

Використання активних сап, що заходять в рядок дозволяє відмовитися від використання гербіцидів за рахунок обробки ними до 98 відсотків поля. Проведеними випробуваннями культиватора на посівах селери з інтервалом розміщення в рядку близько 20 см довели працездатність машини. Продуктивність культиватора становила 3 рослини в секунду з обробкою ґрунту до 97,8 відсотка. Недоліком такої машини являється тільки велика вартість близько 90 тис. євро.

Завдяки поєднання електричного приводу та імітації рухів за допомогою механічних зв'язків, що використовує людина при основному обробітку ґрунту словенським винахідником розроблено активний робочий орган для реалізації основного обробітку ґрунту за допомогою агромоста кругової дії (рис. 2.11) [14].

Загальна площа, що обробляється за даною технологією складає два гектара, для цього використовуються 3 мостові машини з прогінною частиною 18 м. Одна із частин агромоста шарнірно закріплена в центрі ділянки інша приводиться за допомогою електричного моторредуктора потужністю 1,5 кВт. Дана концепція дозволяє відмовитися від вартісного навігаційного обладнання за рахунок жорсткої прив'язки в центрі поля. Рух робочих органів виконується по спіралі.



а



б

Рис. 2.11. Мостова машина кругової дії з активними робочими органами для основного обробітку ґрунту

а – загальний вигляд мостової машини; б – активні робочі органи

Імітуючи рухи людини при копанні ґрунту активний робочий орган копача досить інтенсивно виконує підкопування та рихлення. Привід копача організовано від мотор-редуктора потужністю 0,75 кВт. Продуктивність такої ґрунтообробної машини становить 0,2 га/год. Технологічний процес виконується самостійно в автоматичному режимі задача оператора тільки спостерігати за роботою основних вузлів мостової машини в агрегаті з робочими органами. До недоліків такої машини можна віднести різну швидкість переміщення по спіралі. На початку спіралі лінійна швидкість буде більше ніж в її кінці. І ще одним

недоліком такої технології являється не ефективно землевикористання в зонах примикання кругових ділянок.

Науковцями з Харківського технічного університету сільського господарства запропоновано конструктивне рішення активного робочого органу для обробки ґрунту (рис. 2.12) захищене патентом UA №97072 [15].

Поставлена задача вирішується за рахунок використання ротаційної фрези, яка розрихлює ґрунт за рахунок активного обертання робочих органів розміщених під кутом в  $4-15^\circ$ , разом з активною фрезою обертаються зовнішні диски з розміщеними на них підпружиненими зубів (круглого, три і чотири граного) перерізу. Привід активних робочих органів забезпечує гідромотор потужністю 20-30 кВт, з кутовою швидкістю  $40-140 \text{ с}^{-1}$ . Активна фреза працює на глибину 60-150 мм за швидкості переміщення машино-тракторного агрегату 1,3-3,5 м/с.

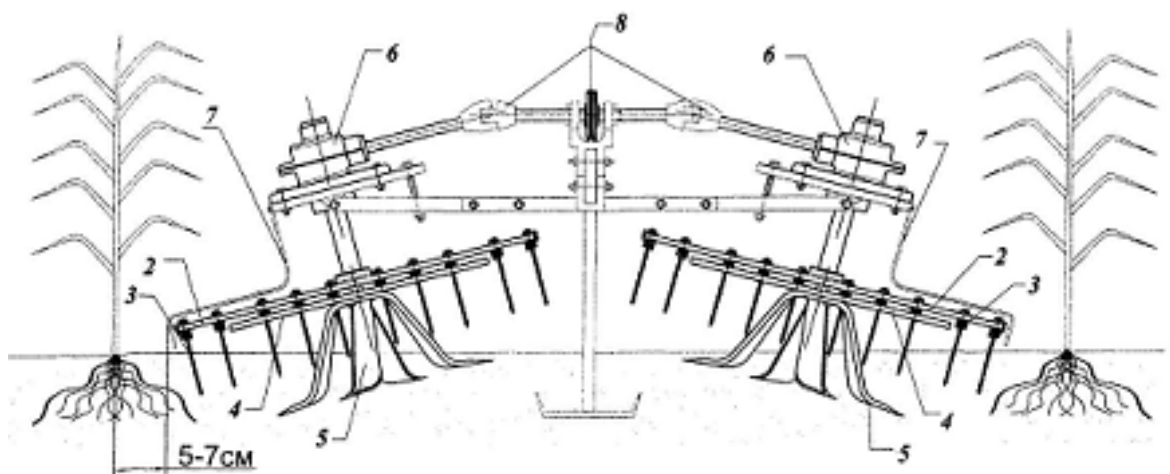


Рис. 2.12. Ротаційна фреза №97072

1 – вісь, 2 – зовнішній диск; 3 – робочі елементи зубці; 4 – внутрішній диск; 5 – робочі елементи фрези; 6 – редуктор; 7 – захисний кожух; 8 – тяги

Недоліком такого технічного рішення являється відсутність систем позиціонування робочих органів за малої захисної зони 5-7 см водій повинен досить точно керувати машино-тракторним агрегатом, що викликає досить швидко втому водія.

Винахідниками з Угорщини запропоновано ротаційну мотику рис. 2.13. [16] Метою даного винаходу є усунення недоліків відомих рішень, а саме, створення удосконаленої ротаційної мотики для розпушування ґрунту та прополювання. Особливістю запропонованої мотики являється не змінність ширини обробки та частоти обертання при зміні кута нахилу робочого органу.

Під час роботи, тобто, при виконанні ґрунтообробних робіт, ротаційна мотика, підвішена до машини з механічним приводом 3, переміщається в напрямку, показаному стрілкою 8. В робочому положенні, ротор, тобто, голчастий диск 12 ротаційної мотики, встановлений з нахилом назад та убік у такий спосіб, щоб його площина обертання та поверхня оброблюваного ґрунту 9 утворювали кут, що має значення в інтервалі  $5-70^\circ$ . Під час буксирування ротаційної мотики машиною з механічним приводом голчастий диск мотики 6 починає обертатися через те, що частина нахиленого голчастого диска мотики 6 знаходиться у примусовому контакті з ґрунтом; внаслідок цього, зубці 14 голчастого диска мотики 6 врізаються в ґрунт. З іншого боку, зубець 14, який фактично пересікається з напрямком переміщення, починає рухатися по ґрунту. Таким чином, робочий елемент 4 є здатним виконувати свої спеціальні агротехнічні функції шляхом відносного просторового переміщення зубців 14.

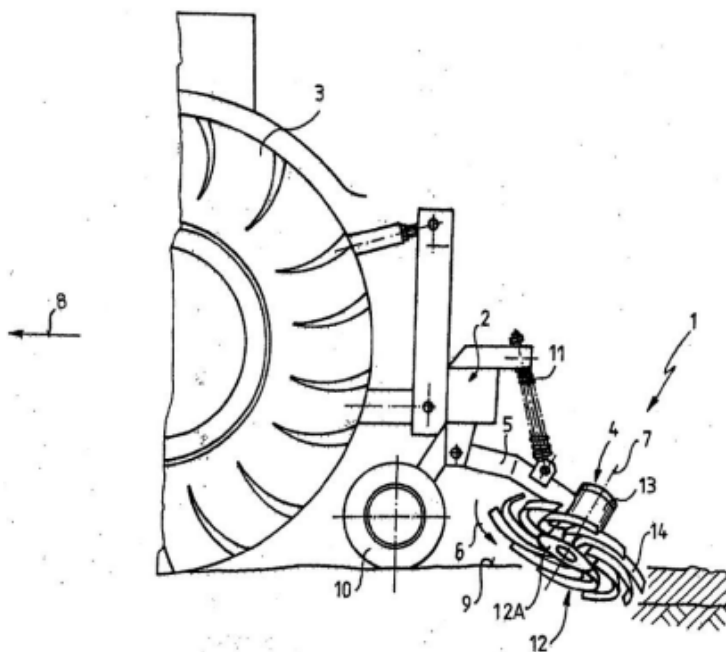


Рис. 2.13. Ротаційна мотика UA №99873

Кут відносно площини обертання голчастого диска мотики 12 та поверхні 9, ширину та поперечний переріз зубців 14, і відносне кутове положення голчастого диска мотики 12 завжди можна вибрати в залежності від агротехнічних задач, поставлених для ротаційної мотики.

Головною перевагою регульованої ротаційної мотики відповідно до винаходу є те, що вона може бути застосована універсально для усіх робіт з поверхневої обробки ґрунту при дуже високій якості роботи.

Відомі фрезерні та копальні машини, що застосовуються для основного обробітку ґрунту замість плугів (рис. 2.14, а [2]), що дозволяють виконувати роботу легким енергонасиченим трактором. Київським заводом «Київтрактородеталь» розроблено навісний лопатковий копач для трактора малого тягового класу Т-25 (рис. 2.14, б). Копання здійснюється шістьма лопатками на глибину до 20 см при загальній ширині захвату 1,5 м та швидкості руху 1,39 км/год. Ґрунтообробна машина тягової концепції із шириною захвату 1,5 м та глибиною обробітку ґрунту 20 см має агрегатуватися з трактором класу 14...20 кн. Лопаткові машини для обробки ґрунту в порівнянні з іншими знаряддями мають додаткові переваги, важливі для мостового землеробства – можливість зменшення матеріаломісткості остова агромоста за рахунок його розвантаження від тягових зусиль.

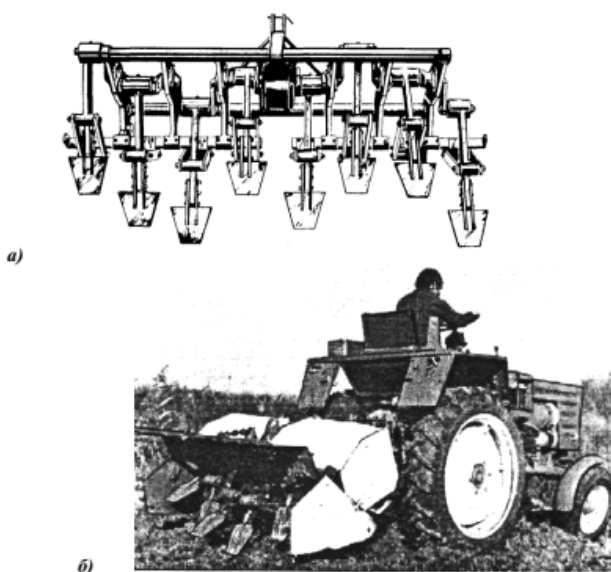


Рис. 2.14 Навісний лопатковий копач

## 2.4. Висновок

1. Підвищення ефективності рослинництва залежить від обраної технології землеробства, якісного посівного матеріалу стійкого до хвороб та кліматичних умов.

2. Сучасні технологічні рішення дозволяють досить точно здійснювати посів та послідуочі операції з догляду за сільськогосподарськими культурами. Перши в реалізації персоніфікованого землеробства являються науковці з Англії, Німеччини, Франції, Австралії, Голландії, Данії та інших країн.

3. Не останню роль в реалізації персоніфікованого землеробства відіграє мостове землеробство яке дозволяє реалізувати автоматизацію вирощування сільськогосподарських культур.

4 Основною метою роботи являється удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві шляхом розробки копача з активними робочими органами. Використання активних робочих органів дозволить знизити витрату енергії на виконання операції по основного обробітку ґрунту. Для реалізації поставленої мети проведемо літературний та патентний пошук по даній тематиці.

За результатами проведеного аналізу активних робочих органів буде розроблено конструкцію копача для реалізації основного обробітку в мостовому землеробстві.

## Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка конструкції копача для мостового землеробства

Врахувавши розглянуті конструктивні рішення активних робочих органів, актуальним буде розробка конструкції копача, який повторюватиме природні рухи людини при виконанні операції копання. Перевагами такого способу обробітку ґрунту є поява реактивної складової в момент скидання скиби з робочого органу копача, яка полегшуватиме переміщення модуля агромоста з встановленим на ньому копачем.

Для реалізації вказаних рухів в конструкції копача використано чотириланкову схему механізму приводу робочих органів копача зображену на рисунку 3.1. До механізму входять наступні ланки 1, 2 і 3, які шарнірно закріплені на корпусі (четверта ланка) у опорах 4 та 5, механізм обладнано коригуючими елементами до яких відноситься куліса 6 та важіль 7, до якого закріплено тулійку 8 лопати 9.

Запропонована конструкція що представляє багатоланковий шарнірний механізм, який можна розглядати, як два окремі чотириланкові механізми, що мають дві спільні ланки: механізм з ланок 1-2-3-корпус та механізм з ланок 2-3-6-7. Ланки 2 та 3 є спільними для обох механізмів, що визначає наявність лише одного ступеня свободи та однозначність залежності положення всіх ланок від положення вхідної ланки – кривошипа 1.

Для досягнення бажаної траєкторії руху лопати, схожої на рухи людини при копанні, кінематика механізму відпрацьовувалась масштабною прорисовкою всіх його положень [17]. Масштабна прорисовка показала, що прямолінійність руху вихідної ланки 7, необхідна для здійснення другої фази роботи – занурення прямої лопати у ґрунт, може бути наближено реалізована лише на незначній ділянці траєкторії, недостатній для копання на значну глибину. Складена також математична модель копача з коригуючими ланками.

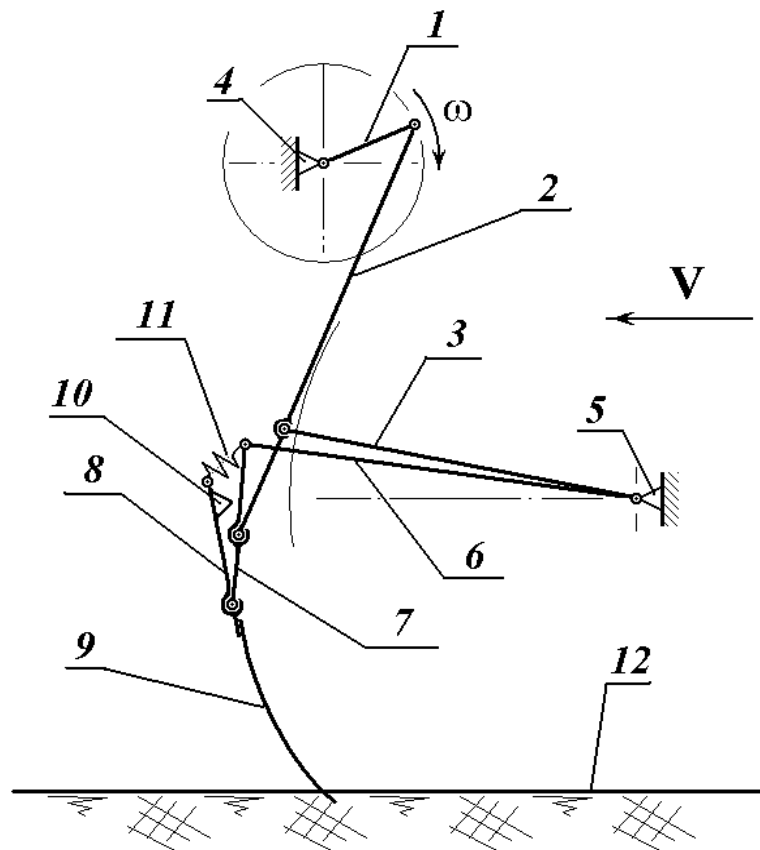


Рис. 3.1. Чотириланковий механізм копача з коригуючими елементами:

1 – кривошип; 2 – головний важіль; 3 – головна куліса; 4, 5 – шарніри на корпусі; 6 – коригуюча куліса; 7 – коригуючий важіль; 8 – тулійка; 9 – лопата; 10 – упор; 11 – пружина; 12 – поверхня ґрунту.

Узгодження траєкторії руху вихідної ланки механізму з траєкторією занурення лопати може бути здійснено підбором кривизни поверхні лопати. Для гарантування реалізації задекларованого принципу (занурення лопати у ґрунт по шляху найменшого опору) з'єднання тулійки 8 лопати 9 з вихідною ланкою – важелем 7 – здійснено за допомогою шарніра, упору 10 та пружини 11. За умови перевищення швидкості поступального руху  $V$  над швидкістю переміщення кінця лопати шарнірне з'єднання дозволяє лопаті змінювати своє положення і занурюватися у ґрунт по траєкторії найменшого опору. При цьому пружина 11 розтягується а упор 10 не перешкоджає повороту тулійки з лопатою навколо шарніра, що усуває занурення лопати у ґрунт з підвищеним тертям.

Згідно з розробленою схемою розроблено конструкцію копача адаптованого для агрегування з модулем агромоста рис. 3.2.



На копачі розміщується два однакових робочих органи (лопати або вила для копання) з спільним приводом, які працюють у протифазі. Це зменшує коливання навантаження на опори та вирівнює споживання електроенергії приводним двигуном 11. Глибина копання регулюється шляхом зміни положення опори 5 відносно корпуса важелями 12.

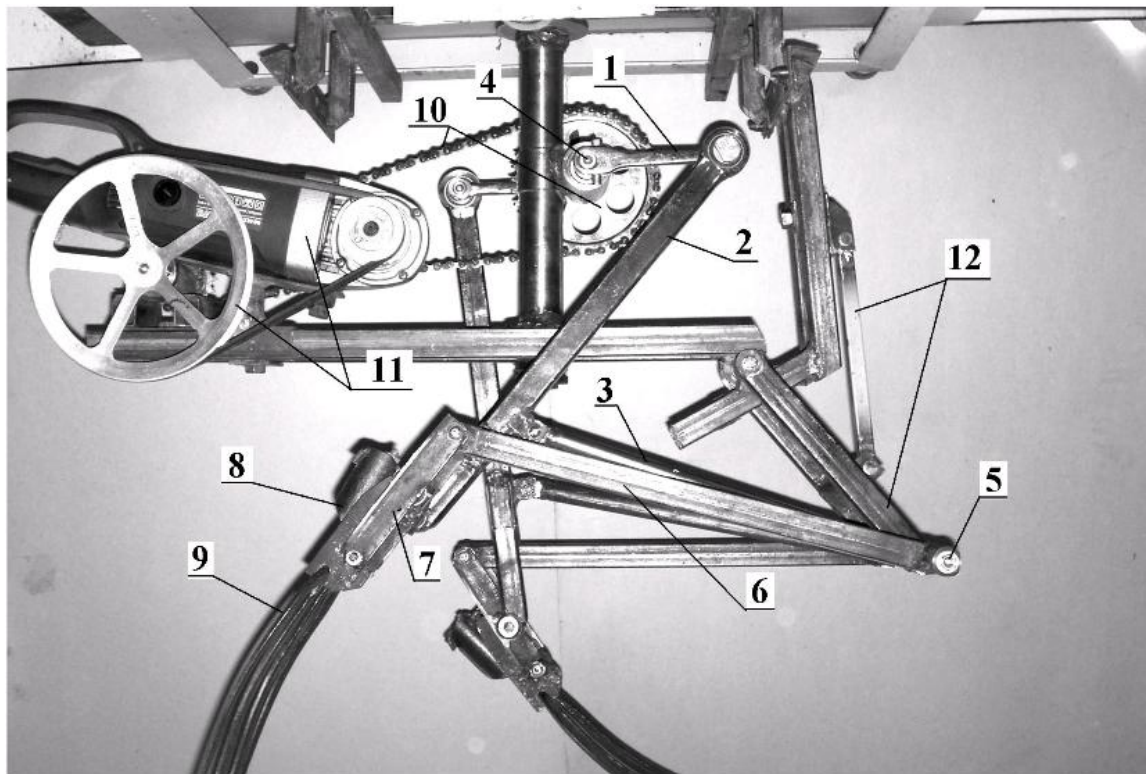


Рис. 3.2. Чотириланковий механізм копача з коригуючими елементами:  
 1 – кривошип; 2 – головний важіль; 3 – головна куліса; 4, 5 – шарніри на корпусі; 6 – коригуюча куліса; 7 – коригуючий важіль; 8 – тулійка; 9 – вила; 10 – ведуча зірочка та привідний ланцюг; 11 – вузли приводу; 12 – механізм регулювання глибини копання.

У якості приводу використано однофазний електродвигун змінного струму. Використання частотного перетворювача дозволяє плавно регулювати частоту обертання приводу копача за рахунок зміни частоти струму. На вихідний вал двигуна встановлено шків, який через пасову передачу обертає ведучу зірочку ланцюгової передачі приводу вхідної ланки чотириланкового механізму копача – кривошипів 1. Розрахункова глибина копання становить 22 см. Механізм

підвішено на вертикальній осі, що дозволяє здійснити розворот в кінці рядка для копання в зворотному напрямку. Передбачено підйом робочих органів у транспортне положення пневмоциліндром (на рисунку відсутній).

При створенні ґрунтообробних робочих органів для мостового землеробства необхідно домагатися реалізації принципів енергозбереження, які можуть досягатися різними шляхами, але повинні мати спільні загальні риси. При формулюванні вимог до процесу та знарядь механізації обробітку ґрунту в системі мостового землеробства необхідно врахувати наступні міркування.

Для виконання розрахунків конструктивно технологічних параметрів копача в таблиці 3.1 наведено основні дані.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку копача

Показник	Значення
Довжина мостової машини, м	24
Довжина гону, м	18
Тягове зусилля на каретці, кН	2
Ширина захвату копача, м	0,4
Кількість лопат, шт	2
Швидкість руху каретки з копачем, м/с	0,5
Глибина обробітку ґрунту, м	0,22
Питомий опір ґрунту, Па	$4 \cdot 10^4$
Ширина лотка лопати, м	0,16
Ширина крила лопати, м	0,02
Кут тертя рослинних решток кореневищ по ріжучій кромці лопати, град.	45
Кут повороту кривошипа за одне викопування ґрунту, град.	360
Щільність ґрунту, кг/ м <sup>3</sup>	1100

### 3.2 Обґрунтування ріжучого робочого органу копача

В якості робочого органу копача можна використовувати лопату або вила. Задача яких підкопувати шар ґрунту та розпушувати його. Дана операція дозволяє знизити щільність та покращити газо та волого обмін ґрунту. Обираємо для нашої конструкція в якості робочого органу обираємо лопату. Лопата повинна забезпечити зрізання смужки ґрунту з мінімальним прикладанням зусилля. Для цього лопата повинна мати гостре лезо ріжучої частини її поверхня повинна бути виконана з матеріалу з найнижчим коефіцієнтом тертя за достатньої міцності. Також необхідно обрати форму ріжучої частини лопати з найліпшими показниками роботи. Вирішити поставлені умови можливо обравши робочий орган лопати лемішного типу з активним підрізанням шару ґрунту. Ріжучу частину робочого органу виконано в формі клину, який забезпечує лобове підрізання шару ґрунту (рис. 3.3).

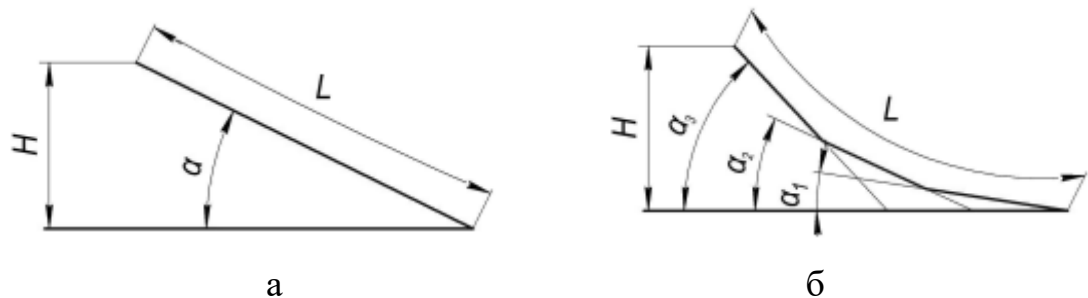


Рис. 3.3. Схеми роботи ріжучого органу

а - з постійним кутом; б – з змінним кутом

Деформація ґрунту безпосередньо залежить від кута підрізання, кришення  $\alpha$  робочим органом. Зниження цього кута дозволяє зменшити витрати енергії на підрізання шару ґрунту, але при цьому повинна забезпечуватися умова виносу шару ґрунту на потрібну висоту  $H$ . Використання активного ріжучого органу копача дозволяє забезпечити підрізання ґрунту за мінімальних значень кута  $\alpha$  при цьому буде забезпечено надійний виніс ґрунту з наступним його кришінням. На рисунку 3.4 представлено оптимально обрану форму робочого органу копача, яка забезпечить мінімальні витрати енергії на виконання операції копання.



Рис. 3.4 Обрана форма ріжучого органу копача

Згідно прийнятого способу підрізання робочий орган копача переміщується по параболі при цьому кут  $\alpha$  змінюється від максимального значення  $\alpha_3 = 18^\circ$  до мінімального  $\alpha_1 = 5^\circ$ , така умова забезпечує зниження зусилля, яке прикладається майже в двічі в порівнянні з класичним способом різання за постійного кута  $\alpha$ .

Враховуючи глибину роботи копача 0,22 м. Довжину лопати  $L$  та відстань відхилення  $H$ , врахувавши проведений аналіз конструкцій копачів приймаємо  $L=0,24$  м,  $H=0,074$  мм. На рисунку 3.5 наведено жолобоподібну форму лопати

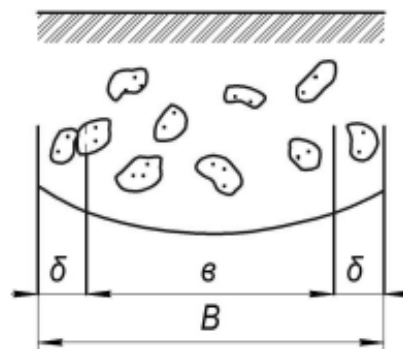


Рис. 3.5. Загальний вигляд перерізу лопати копача

Значення ширини лопати копача визначимо за рівнянням:

$$B = b + 2\delta = 0,16 + 2 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ м}, \quad (3.1).$$

де  $b$  – ширина лотка лопати, м;

$\delta$  – ширина крила лопати, м.

Для реалізації надійного підрізання рослинних решток в ґрунті (рис. 3.6) визначимо кут ріжучої кромки лопати:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi_p = \frac{180}{2} - 45 = 45^\circ, \quad (3.2)$$

де  $\varphi_p$  – кут тертя рослинних решток кореневищ по ріжучій кромці лопати, град.

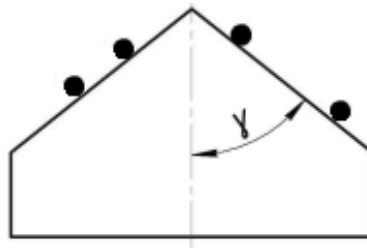


Рис. 3.6. Схема підрізання рослинних решток та кореневищ

### 3.3 Розрахунок чотириланкового механізму копача

Розрахунок копача виконаємо згідно кінематики роботи його основних вузлів представленої на рисунку 3.7.

Чотириланковий механізм складається з кривошипа АС та коромисла ВD, закріплених за допомогою шарнірів на корпусі в точках А і В, відповідно, та шарнірно з'єднаних між собою тягою СD. Кривошип АС обертається навколо точки А під дією приводного механізму. При його обертанні під дією тяги СD куліса ВD коливається навколо точки В.

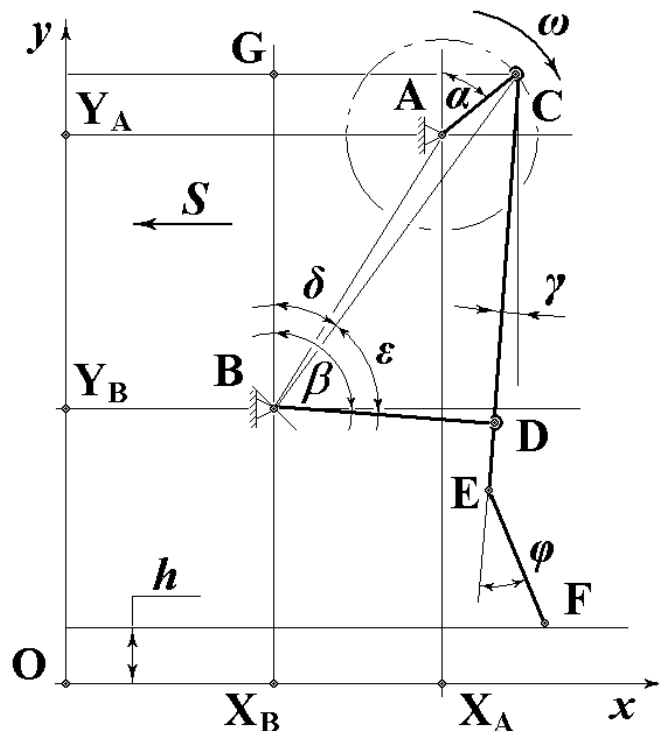


Рис. 3.7. Розрахункова схема чотириланкового механізму копача

На продовженні тяги CD з вильотом DE під кутом  $\varphi$  до осі тяги (черешка лопати) закріплено робочий орган копача – лопату EF. Лопата при обертанні кривошипа здійснює складний рух, який нагадує рухи людини при копанні, і періодично заглиблюється у ґрунт, поверхня якого знаходиться на рівні  $h$  над віссю абсцис.

Для нормальної роботи механізму необхідно витримувати співвідношення:

$$\begin{aligned} AB + AC &< BD + DC \\ AB + BD &> AC + DC \end{aligned} \quad (3.3)$$

Положення всього механізму визначається положенням його характерних точок, які будемо визначати в проекціях на осі  $Ox$  та  $Oy$ . Точка C кривошипа AC при його обертанні навколо точки A з кутовою швидкістю  $\omega$  здійснює коловий рух і її координати  $X_C$ ,  $Y_C$  змінюються:

$$\begin{aligned} X_C &= X_A + AC \cdot \sin \alpha \\ Y_C &= Y_A + AC \cdot \cos \alpha, \end{aligned} \quad (3.4)$$

де  $X_C$  та  $Y_C$  координати точки С;

$\alpha = \omega t$  – кут повороту кривошипа АС відносно вертикального положення;

$t$  – поточне значення часу;

$\omega = \pi n/30$  – кутова частота обертання  $\omega$  у 1/с при обертах кривошипа  $n$  хв<sup>-1</sup>.

Відстань між шарнірами кріплення механізму до корпусу АВ визначається як:

$$AB = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (3.5)$$

Відстань ВС:

$$BC = \sqrt{(X_B - X_C)^2 + (Y_B - Y_C)^2} \quad (3.6)$$

Кут  $\delta$  визначимо за рівнянням:

$$\delta = \arctg = \arctg[(X_C - X_B)/(Y_C - Y_B)] \quad (3.7)$$

Скориставшись теоремою косинусів визначимо кут  $\varepsilon$  для трикутника ВСD:

$$\cos \varepsilon = (BC^2 + BD^2 - CD^2)/(2 \cdot BC \cdot BD), \quad (3.8)$$

$$\varepsilon = \arccos \varepsilon. \quad (3.9)$$

Кут  $\beta$  визначимо за рівнянням:

$$\beta = \delta + \varepsilon. \quad (3.10)$$

Координати точки D:

$$X_D = X_B + BD \cdot \cos(\beta - \pi/2) = X_B + BD \cdot \sin\beta, \quad (3.11)$$

$$Y_D = Y_B - BD \cdot \sin(\beta - \pi/2) = Y_B + BD \cdot \cos\beta. \quad (3.12)$$

Кут  $\gamma$  визначимо за рівнянням:

$$\gamma = \text{arctg} \gamma = \text{arctg}[(X_D - X_C)/(Y_D - Y_C)]. \quad (3.13)$$

Визначимо координати точки E за рівнянням:

$$X_E = X_C - CE \cdot \sin\gamma, \quad (3.14)$$

$$Y_E = Y_C - CE \cdot \cos\gamma, \quad (3.15)$$

Координати точки F визначимо за рівнянням:

$$X_F = X_E + EF \cdot \sin(\varphi - \gamma), \quad (3.16)$$

$$Y_F = Y_E - EF \cdot \cos(\varphi - \gamma). \quad (3.17)$$

Поступальний рух машини  $S$  у горизонтальному напрямку вздовж осі  $x$  пов'язаний з обертанням кривошипа через приведений радіус  $\rho$  кочення ведучого колеса (на рисунку не показано):

$$x_{\Pi} = x_0 - S, \quad (3.18)$$



де  $x_{п}$  та  $x_0$  – поточне та початкове положення механізму, відповідно;

$S = \alpha r$  – переміщення механізму за час повороту кривошипа AC на кут  $\alpha$ .

Отримані рівняння (3.3)...(3.18) дозволяють визначати координати всіх характерних точок та положення ланок механізму для довільного моменту часу. За цими рівняннями складено програму для ЕОМ, яка з заданим кроком дозволяє провести розрахунки та графічно побудувати траєкторії характерних точок та положення робочого органу відносно ґрунту (рис. 3.8) і дозволяє візуально дослідити вплив співвідношень розмірів ланок механізму на його взаємодію з ґрунтом. За результатами проведених розрахунків на ЕОМ отримано основні конструктивні розміри ланок копача та характерні значення кутів положення його робочих органів. Результати розрахунків за отриманими рівняннями наведено в таблиці 3.2.

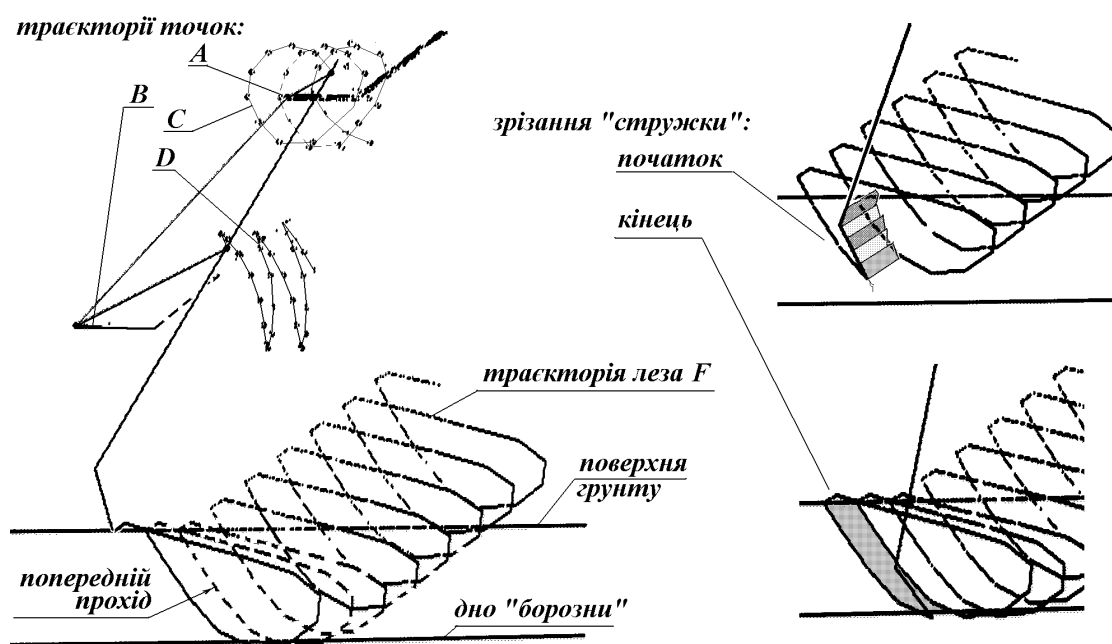


Рис. 3.8. Переміщення робочого органу копача у ґрунті

Таблиця 3.2 –Результати розрахунку чотириланкового механізму копача

Параметр	Значення
Відстань ВС, м	0,22
Відстань АВ між шарнірами кріплення механізму до корпусу, м	0,68
Довжина тяги CD, м	0,72
Довжина куліси BD, м	0,50
Величина вильоту механізму DE, м	0,14

### 3.4 Розрахунок частоти обертання кривошипа копача

Частота обертання кривошипа впливає на продуктивність скопування ґрунту та на якість розпушування ґрунту. Врахувавши агровимоги до технологічного процесу скопування ґрунту швидкість переміщення машини з активними робочими органами повинна знаходитися в межах 0,3-5 км/год. В нашому випадку для копаюча приймаємо максимальне значення швидкості  $v_k=0,1$  м/с (0,36 км/год).

Враховуючи те що за один прохід лопати копач викопує ґрунт на ділянці  $L_k=0,1$  м, тоді кількість викопування на ділянці в 1 м становитиме:

$$n_b = L_d / L_k = 1 / 0,1 = 10 \quad (3.19)$$

де  $L_d$  – довжина ділянки, м.

Визначимо час необхідний для виконання одного викопування:

$$t_k = \frac{L_k}{v_k} = \frac{0,1}{0,1} = 1 \text{ с} \quad (3.20)$$

Тоді кутову швидкість приводу (кривошипа) робочих органів копача визначимо за рівнянням:

$$\omega = \frac{\varphi_{кв} \cdot \frac{\pi}{180}}{t_{к}} = \frac{360 \cdot 0,0174}{1} = 6,28 \text{ рад/с} \quad (3.21)$$

де  $\varphi_{кв}$  кут повороту кривошипа за одне викопування ґрунту, град.

Тоді частоту обертання кривошипа визначимо за рівнянням:

$$n_{кв} = \frac{\omega \cdot 30}{\pi} = \frac{6,28 \cdot 30}{3,14} = 60 \text{ об/хв} \quad (3.22)$$

### 3.5 Розрахунок енергетичних показників копача

Рух робочого органу (лопати) в ґрунті потребує витрат енергії: на подолання сили опору рухові леза, на створення напружень при сколюванні і відокремленні агрегатів, на подолання сил опору тертя між робочим органом і ґрунтом. Проникнення леза в товщу ґрунту потребує зусилля, яке залежить від глибини проникнення і яке у першому наближенні в межах орного шару може вважатися величиною постійною.

Зусилля, що витрачається на занурення та підрізання шару ґрунту з послідуєчим його виносом визначається за формулою:  $\epsilon v$  :

$$P_{к} = k \cdot S + m \cdot g \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_c) + (\rho_r \cdot S + m_c \cdot B) \cdot v_{к}^2, \text{ Н} \quad (3.23)$$

де  $k$  – питомий опір ґрунту, для нашого випадку приймаємо  $4 \cdot 10^4$  Па;

$S$  – площа перерізу шару ґрунту, що підкопуємо,  $\text{м}^2$

$$S = a \cdot B = 0,22 \cdot 0,2 = 0,044 \text{ м}^2 \quad (3.24)$$

$a$  – глибина обробітку ґрунту, м;

$B$  – ширина робочого органу, м;

$m_z$  – маса шару ґрунту, що підкопується, кг;

$$m_z = \rho_r \cdot V_r = \rho_r \cdot S \cdot L_k = 1100 \cdot 0,044 \cdot 0,1 = 4,84 \text{ кг} \quad (3.25)$$

$V_r$  – об'єм підкопаного шару ґрунту, м<sup>3</sup>;

$\rho_r$  – щільність ґрунту, кг/ м<sup>3</sup>

$\alpha$  – максимальний кут підрізання, кришення, 18°;

$\varphi_c$  – кут тертя ґрунту по сталі, приймаємо 24°.

Тоді:

$$P_k = 4 \cdot 10^4 \cdot 0,044 + 4,84 \cdot 9,81 \cdot \text{tg}(18 + 24) + (1100 \cdot 0,044 + 4,84 \cdot 0,2) \cdot 0,1^2 = 2782,9 \text{ Н}.$$

Потужність необхідну для приводу робочих органів копача визначимо за рівнянням:

$$N_{np} = \frac{1,2 \cdot P_k \cdot v_k}{3600} = \frac{1,2 \cdot 2782,9 \cdot 0,1}{1000} = 0,333 \text{ кВт} \quad (3.26)$$

Крутний момент визначимо за рівнянням:

$$M_k = 9550 \frac{N_{np}}{n_k} = \frac{9550 \cdot 0,333}{60} = 53 \text{ Нм} \quad (3.27)$$

.В якості приводу копача обираємо асинхронний трифазний двигун АИР 80 В8 з напругою живлення 220/380 В, потужністю 0,35/0,55 кВт і частотою обертання ведучого валу 750 хв<sup>-1</sup>.

Для передачі крутного моменту від двигуна до копача використовуємо ланцюгову передачу. Значення передаточного числа передачі визначимо за рівнянням:

$$i_{\text{пр}} = n_{\text{д}}/n_{\text{к}}=750/60=12,5 \quad (3.27)$$

де  $n_{\text{д}}$  – оберти двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$n_{\text{к}}$  – оберти кривошипа копача,  $\text{хв}^{-1}$ .

Число зубців ведучої шестерні становитиме  $z_1=16$  і веденої шестерні  $z_2=48$ . З такими параметрами ланцюгова передача дозволяє знизити оберти двигуна втричі. Підтримання необхідної частоти обертання кривошипа копача здійснюємо використовуючи скалярний перетворювач частоти SPLC-ESD-0R7G1 максимальною потужністю 0,7 кВт і з межею регулювання частоти від 1 до 99 Гц.

### 3.6 Розрахунок валу кривошипа на міцність

Для проведення розрахунку на міцність приймемо наступні дані: крутний момент, що передається на вал кривошипа  $M_{\text{к}} = 53 \text{ Нм}$ ; зусилля, прикладене на валу для приведення лопати копача  $P_{\text{к}} = 2782 \text{ Н}$ ; вал виконано із сталі Ст 45 .

На початку виконаємо визначення сумарного згинаючого моменту. Враховуючи конструктивні особливості валу реакції опор представимо на рисунку 3.9.

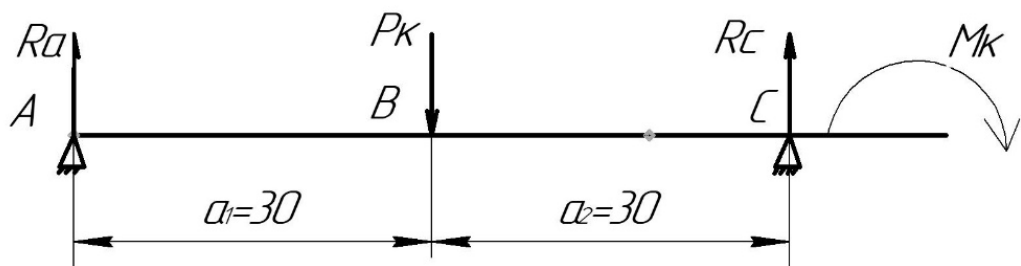


Рис. 3.9 Схема реакцій опор

$$\begin{aligned} \sum M_A &= -P_{\text{к}} \cdot a_1 + R_{\text{с}} \cdot (a_1 + a_2) = 0 \\ \sum M_C &= R_A \cdot (a_1 + a_2) - P_{\text{к}} \cdot a_2 = 0 \end{aligned} \quad (3.28)$$

$$R_A = R_C = \frac{P_{\text{к}}}{2} = \frac{2789}{2} = 1\,394,5 \text{ Н} \quad (3.29)$$

Виконаємо перевірку розрахунків:

$$\begin{aligned}\sum Y &= R_A + R_B - P_K = 0 \\ \sum Y &= 1394,5 + 1394,5 - 2789 = 0\end{aligned}\quad (3.30)$$

Умова виконується.

Виконаємо розрахунок згинаючих моментів та побудуємо епюри в горизонтальній та вертикальній площині:

$$\begin{aligned}M_{AG} &= M_{CG} = 0; M_{AB} = M_{CB} = 0; \\ M_{BG} &= \frac{P_K \cdot (a_1 + a_2)}{4} = \frac{2789 \cdot 0,06}{4} = 41,9 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{BB} &= \frac{P_K \cdot (a_1 + a_2)}{4} = \frac{2789 \cdot 0,06}{4} = 41,9 \text{ Н} \cdot \text{м};\end{aligned}\quad (3.31)$$

Сумарний момент визначимо за формулою:

$$\sum M_{\text{сум}} = \sqrt{M_{BG}^2 + M_{BB}^2} \quad (3.32)$$

$$\sum M_{\text{сум}} = \sqrt{41,9^2 + 41,9^2} = 59,25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Значення крутного моменту на валу кривошипа визначимо за формулою:

Врахувавши отримані результати визначимо діаметр валу кривошипа в небезпечному перерізі за максимального згинаючого моменту. Для цього визначимо значення еквівалентного моменту за формулою:

$$M_e = \sqrt{M_{\text{max}}^2 + M_K^2} = \sqrt{41,9^2 + 53^2} = 67,6 \text{ Нм} \quad (3.33)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{max}}}{0,1 \cdot \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{67,6 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 100}} = 18,9 \text{ мм} \quad (3.34)$$

Округлимо до цілого значення діаметра валу  $d = 20$  мм.

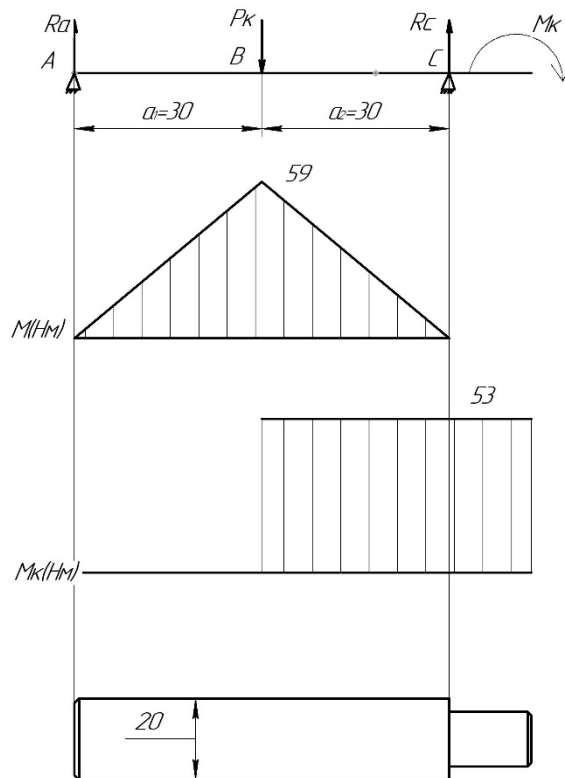


Рис. 3.10. Розрахункова схема валу

### 3.7 Висновки

1. В результаті проведеного аналізу конструкцій активних робочих органів для обробітку ґрунту розроблено схему та конструкцію копача для мостового землеробства.

2. За результатами проведених розрахунків отримано значення конструктивно-технологічних параметрів копача.

3. В результаті проведеного розрахунку на міцність валу кривошипа встановлено значення діаметру валу, що забезпечить його тривалу та надійну роботу.

## Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

При експлуатації мостових машин обслуговуючий персонал повинен досконало знати і неухильно виконувати вимоги з охорони праці, слідкувати і не допускати роботу мостової машини в аварійному режимі. Також виконувати протипожежні заходи, дотримуватися гігієни праці, використовувати захисний одяг. При роботі мостової машини керуватися положеннями викладених в «Правилах техніки безпеки і виробничої санітарії для ремонтних підприємств, колгоспів, радгоспів та інших організацій сільського господарства», «Правила техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціальних машинах» та «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» [ 26, 27].

#### **4.1 Техніка безпеки при експлуатації мостової машини**

##### *Загальні положення*

Керування мостовою машиною здійснюється особами, яким виповнилося 18 років, що пройшли стажування пройшли виробниче стажування і не мають протипоказань з боку здоров'я, пройшли вступний та на робочому місці інструктажі.

Відповідальними за безпечну експлуатацію мостової машини є головний інженер. Щорічно виконується комісійний контроль справності мостової машини з проведенням статичних і динамічних випробувань.

Статичні випробування проводяться шляхом навантаження мостової ферми вантажем, що на 25 відсотків важчий за допустиме навантаження на навісному механізмі каретки агромоста. Вантаж розміщують в середній частині ферми агромоста використовуючи лінійку через 5 хвилин вимірюємо прогиб ферми агромоста. Після цього знімаємо вантаж за умови що ферма відновила свою геометрію мостова машина допускається до експлуатації.



Динамічні випробування дозволяють перевірити точність спрацювання основних датчиків та надійність привідного тросу.

Перший пуск механізмів після монтажу необхідно проводити кожен окремо, короткими періодами включення на протязі всього переміщення каретки.

Дата випробувань реєструється в реєстраційному журналі головним інженером з підписом всіх членів комісії.

Заземлення мостової машини здійснюється через напрямні рейки, при цьому опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом.

#### *Вимоги безпеки праці перед початком роботи*

Перед початком робочого процесу виконується перевірка справності вузлів мостової машини та сівалки. Перевірити наявність інструменту для виконання обслуговувань та регулювань основних вузлів мостової машини та сівалки точного висіву.

На початку зміни перевіряємо наявність всіх захисних кожухів, фартуків, надійність кріплення основних складових мостового агрегату та сівалки. Перевірте надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів,

На шляху переміщення машини необхідно прибрати зайві предмети.

На початку процесу посіву виконується холостий запуск приводів агромошта виконується контроль появи сторонніх шумів, коливань, люфтів, вібрацій.

Пневматична система висівного апарату повинна мати надійну герметичність. Втрати тиску в ресивері не повинні перевищувати 0,045 МПа на протязі 30 хвилин.

Завантаження насіння до бака сівалки точного висіву здійснюється за умови знеструмлення мостової машини.

Виконавши передбачені перевірки після усунення виявлених несправностей приступаємо до виконання технологічного процесу.

### *Вимоги безпеки праці під час роботи*

Робочий процес розпочинаємо після того, як пересвідчилися в відсутності сторонніх людей та предметів в зоні переміщення агромоста.

Оператору мостової машини необхідно постійно моніторити роботу всіх вузлів і механізмів. При появі сторонніх звуків негайно зупинити роботу агромоста до моменту виявлення їх походження та усунення проблеми.

Категорично заборонено втручання в роботу вузлів і механізмів під час виконання технологічного процесу посіву.

Ремонти і обслуговування виконуються тільки за умови знеструмлення машини. На вимикачах вивіщується табличка «Не вмикати-працюють люди».

В кінці робочої зміни при зупинці машин, слід прибрати пил і бруд з конструкцій мостової машини та висівного апарата. Періодично робити огляди рухомих елементів машини та висівного апарата. Слідкувати за ізоляцією електродротів.

По завершенню технологічного процесу посіву сівалка переводиться в транспортне положення.

Категорично забороняється залишати без нагляду працюючу мостову машину.

### *Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях*

При виникненні аварійної ситуації (поява не характерного шуму в роботі механізмів і вузлів, іскрінні в вузлах та мережі електрообладнання, збільшення навантаження в роботі електроприводу агромоста) – негайно виконати зупинку машини та усунути несправність за потреби викликати допомогу.

При отриманні травмування працівника що обслуговує машину чи інших осіб задіяних в виконанні технологічної операції посіву, негайно попередити відповідального по підрозділу та керівника господарства. За потреби надати першу невідкладну допомогу та викликати швидку

За виникнення пожежі відключити агроміст від електромережі, та приступити до ліквідації осередку полум'я.

#### *Вимоги безпеки праці після закінчення роботи*

Після виконання технологічного процесу посіву перевести сівалку точного висіву в транспортне положення. Вимкнути мережу живлення агромоста та прибрати основні частини машини від пилу та бруду.

Після зупинки очистити машину і робоче місце від пилу і бруду, оглянути машину і усунути виявлені недоліки. Донести інформацію до керівника підрозділу про несправності мостової машини якщо такі з'явилися в процесі роботи.

Віддати забруднений одяг в прання та прийняти душ.

#### **4.2 Техніка безпеки при роботі з електрообладнанням**

До роботи з установкою допускаються працівники з відповідною групою допуску не нижче третьої – робота з мережами до 1000 в.

Робота установки допускається за вологості не більше 70 % за умови надійного заземлення всієї конструкції.

Всіх робітники повинні бути захищені спецодягом чітко підігнаним за розміром без звисання його елементів.

Виконання обслуговуючих та ремонтних операцій на висоті здійснюється з використанням надійних помостів, які надійно спираються на опорну поверхню.

Категорично заборонено експлуатацію мостової машини без захисних кожухів та огорожень.

Всі роботи по обслуговуванню та ремонту машини виконуються при її знеструмленні.

Вразі виявлення іскріння чи вогню на електрообладнанні та мережах живлення і керування потрібно негайно знеструмити машину. Гасіння пожежі виконувати сухим піском чи за допомогою вуглекислотного вогнегасника.

### **4.3 Гігієна праці і виробнича санітарія**

Основною метою дотримання гігієни праці та виробничої санітарії, являється запобігання захворюваності робітників.

Проведення робіт в полі виконується тільки в захисному одязі, що захистить працівників від сонячних опіків та травм в процесі пуско-налагоджувальних робіт мостової машини та копача.

При виконанні робіт на відкритому повітрі в літню спеку слід прикривати голову капелюхом для запобігання сонячних та теплових ударів.

Робота за температур вище  $+30^{\circ}\text{C}$  категорично забороняється. Виконання робіт в запилених умовах здійснюється в захисних окулярах з використанням респіраторів «Пелюстка».

По завершенню роботи брудний одяг здається в прання, працівники приймають душ.

#### 4.4 Заходи по поліпшенню охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Проведений аналіз стану охорони праці на підприємстві дозволив виявити недоліки які необхідно усунути виконавши наступні заходи:

- облаштувати кабінет медичного працівника для забезпечення контролю стану працівників перед початком роботи на енергетичних засобах чи контролю за ними;
- поновити куточки з охорони праці та замінити вогнегасники на виробничих підрозділах, які не пройшли контроль;
- забезпечити необхідним інструментом ремонтні пости майстерні та індивідуальними засобами захисту усіх працівників;
- поновити інструкції з охорони праці на робочих місцях.

Враховавши тему кваліфікаційної роботи, розробимо технічні заходи для захисту обслуговуючого персоналу під час роботи мостової машини з розробленим копачем, а саме проведемо розрахунок заземлення мостової машини [28, 29].

Контур заземлення пропонується спорудити безпосередньо під транспортною доріжкою мостової машини. Враховуючи, що довжина агротехнічної зони складає більше 300 м, то задля зменшення металоемкості установки заземлення, пропонується розробити заземлення довжиною 30 м у п'яти рівносторонніх точках під кожною транспортною доріжкою. Це також забезпечить використання транспортної доріжки в якості шини, яка буде з'єднувати всі контури заземлення. В якості вертикальних заземлювачів приймаємо електроди діаметром 18 мм , довжиною 3 м, котрі будуть занурені у ґрунт. Верхні кінці електродів розмістимо на глибині 0,3 м від поверхні землі. До них приварюються горизонтальні електроди з тієї ж сталі, що і вертикальні електроди. Вихідні дані до розрахунку наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку заземлення

Найменування	Одиниці виміру	Позначення	Значення
Номінальний опір розтіканню струму в землю	Ом	$R_H$	10
Питомий опір верхнього шару ґрунту	Ом·м	$\rho_1$	50
Питомий опір нижнього шару ґрунту	Ом·м	$\rho_2$	80
Діаметр стержня	м	$d$	0,018
Довжина вертикального заземлювача	м	$L$	3
Товщина верхнього шару ґрунту	м	$H$	2
Глибина залягання горизонтального заземлення	м	$t_{\text{полоси}}$	0,3
Відстань від поверхні землі до середини заземлювача	м	$t$	1,8
Кліматичний коефіцієнт для вертикальних електродів	-	$k_1$	1,8
Кліматичний коефіцієнт для горизонтальних електродів	-	$k_2$	4
Ширина сталюї полоси	м	$b$	0,05
Відстань між вертикальними стержнями, м	м	$l_c$	5

Розрахунок занулення виконуємо в наступній послідовності. На початку визначимо значення питомого коефіцієнту опору двохшарового ґрунту, скориставшись рівнянням:

$$\rho = \frac{(\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L)}{(\rho_1 \cdot (L - H + t_{\text{полоси}}) + \rho_2 \cdot (H - t_{\text{полоси}}))}, \text{ Ом} \cdot \text{ м} \quad (4.1)$$

де:  $\rho_1$  – значення питомого опору верхнього шару ґрунту;

$\rho_2$  – значення питомого опору нижнього шару ґрунту;

$L$  – значення довжини вертикального заземлювача;

$H$  – значення товщини верхнього шару ґрунту;

$t_{\text{полоси}}$  – значення глибини залягання горизонтального заземлення;

$$\rho = \frac{(50 \cdot 80 \cdot 3)}{(50 \cdot (3 - 2 + 0,3) + 80 \cdot (2 - 0,3))} = 57,55 \text{ Ом} \cdot \text{ м}.$$

Наступним етапом розрахунку буде визначення опору розтікання на одному вертикальному електроді:

$$r_B = \frac{0,366 \cdot k_1 \cdot \rho}{L} \cdot \left( \lg \left( \frac{2 \cdot L}{0,95 \cdot d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right) \right), \text{ Ом} \quad (4.2)$$

де:  $k_1$  – значення кліматичного коефіцієнту вертикальних електродів;

$d$  – значення діаметру стержня електрода;

$t$  – значення відстані від поверхні землі до середини заземлювача.

$$r_B = \frac{0,366 \cdot 1,8 \cdot 57,55}{3} \left( \lg \left( \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,018} \right) + \frac{1}{2} \lg \left( \frac{4 \cdot 1,8 + 3}{4 \cdot 1,8 - 3} \right) \right) = 34,32 \text{ Ом}.$$

Тоді приблизну кількість вертикальних заземлювачів визначимо за формулою:

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{в}}}, \text{ шт} \quad (4.3)$$

де:  $R_{\text{н}}$  – значення номінального опору розтіканню струму в ґрунт;

$\eta_{\text{в}}$  – значення коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів.

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{34,32}{10 \cdot 0,66} \approx 6 \text{ шт.}$$

Таблиця 4.2 – Параметри вертикальних і горизонтальних заземлювачів

Найменування	Одиниці виміру	Позначення	Значення
Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів	-	$\eta_{\text{в}}$	0,66
Коефіцієнт використання горизонтальних електродів	-	$\eta_{\text{г}}$	0,36

Виконаємо розрахунок опору горизонтального заземлювача скориставшись рівнянням:

$$r_{\text{г}} = \frac{0,366 \cdot k_2 \cdot \rho}{l_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{г}}} \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot l_{\text{г}}^2}{b \cdot t_{\text{полоси}}} \right), \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де:  $k_2$  – значення кліматичного коефіцієнта для горизонтальних заземлювачів;

$l_{\text{г}}$  – значення довжини горизонтального заземлювача, м;

$t_{\text{полоси}}$  – значення глибини залягання горизонтального заземлювача, м;

$\eta_{\text{г}}$  – значення коефіцієнту використання горизонтальних заземлювачів;

$b$  – значення ширини металевої полоси, мм.



Визначимо значення довжини горизонтального заземлювача

$$l_r = l_c (\eta_{\text{пр}} - 1) = 5(6 - 1) = 25 \text{ м}, \quad (4.5)$$

тоді:

$$r_r = \frac{0,366 \cdot 4 \cdot 57,55}{25 \cdot 0,36} \lg \left( \frac{2 \cdot 25^2}{0,050 \cdot 0,3} \right) = 46,06 \text{ Ом.}$$

Значення повного опору вертикального заземлювача  $R$ , не повинено перевищувати розраховане за формулою:

$$R = \frac{R_H \cdot r_r}{r_r - R_H}, \text{ Ом} \quad (4.6)$$

$$R = \frac{10 \cdot 46,06}{46,06 - 10} = 8,21 \text{ Ом.}$$

З урахуванням повного опору вертикальних заземлювачів, точна кількість вертикальних заземлювачів, з урахуванням з'єднуючої полоси, визначимо за формулою:

$$n = \frac{r_B}{R \cdot \eta_B}, \text{ шт} \quad (4.7)$$

$$n = \frac{34,32}{8,21 \cdot 0,66} \approx 7 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки 7 вертикальних заземлювачів, довжина горизонтального заземлювача 30 м при середній відстані між вертикальними заземлювачами 5 м. Схема конструкції та установки заземлювачів показані в графічній частині кваліфікаційної роботи.

#### 4.5 Висновки

Запропоновані заходи по поліпшенню охорони праці дозволять запобігти травматизму на підприємстві та підвищать рівень працездатності персоналу. В зв'язку з появою в господарстві нової електрифікованої мостової машини проведено розрахунок заземлення для захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом.

## Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Застосування технології агромостового землеробства дозволяє отримати економічний ефект від підвищення врожайності за рахунок зменшення ущільнення ґрунту рушіями та зменшення витрат на експлуатаційні матеріали (паливо, мастила) за рахунок використання електричного приводу.

Розрахунок економічного ефекту від проекту проведемо з використанням стандартних методик [30] на прикладі основного обробітку ґрунту при вирощуванні овочів з базовим застосуванням техніки трактор ДТЗ-404 з плугом ПЛ-2-25 та проектним агроміст в агрегаті з активним копачем КАМ-1. Вихідні дані для виконання розрахунку наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані базового і проектного варіантів

Показники	Базовий	Проектний
Завантаженість агрегату, га	10	10
Машинний агрегат	ДТЗ-404+ ПЛ-2-25	Мостова машина+ КАМ-1
Вид роботи	Основний обробіток ґрунту	Основний обробіток ґрунту
Вартість енергетичного засобу, грн	330000	350000
Балансова вартість с.г. машини, грн	40000	45700
Всього:	370000	395700
Витрати на електроенергію, кВт/га	-	20,5
Продуктивність агрегату, га/год	0,17	0,21
Витрати на паливно-мастильні матеріали, кг/га	14,8	-
Вартість палива, грн/кг	50	50
Вартість електроенергії	2,7	2,7
Кількість працівників, люд	1	1
Тривалість зміни, год	7	7

Визначаємо змінну продуктивність агрегату:

$$W_{зм}^{\sigma} = Q \cdot T_{зм} \quad 0,17 \cdot 7 = 1,19 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{\pi} = Q \cdot T_{зм} \quad 0,21 \cdot 7 = 1,47 \text{ га/зм}$$

де  $Q$  – продуктивність агрегату га/год;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Значення витрат робочого часу агрегату визначимо за рівнянням:

$$B = \frac{m \cdot T_{зм}}{W_{зм}}, \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}} \quad (5.1)$$

де  $m$  – значення кількості робітників, чол;

$$B^{\sigma} = \frac{1 \cdot 7}{1,19} = 5,88 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

$$B^{\pi} = \frac{1 \cdot 7}{1,47} = 4,76 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

Нормативне завантаження агрегату визначаємо за формулою:

$$T_{н} = \frac{W_{р}}{W_{год}}, \text{га} \quad (5.2)$$

$W_{р}$  – значення річної продуктивності агрегату, га

$$T_{н}^{\sigma} = \frac{10}{0,17} = 58,82 \text{ год}$$

$$T_n^n = \frac{10}{0,21} = 47,6 \text{ год}$$

Значення нормативних витрат на технічне обслуговування та ремонти визначимо за рівнянням:

$$T_{ni} = \frac{B \cdot 9,7\%}{T_n \cdot W_{год} \cdot 100\%}, \frac{грн}{га} \quad (5.3)$$

де  $B$  – значення балансової вартості агрегату, грн

$$T_{ni}^6 = \frac{370000 \cdot 9,7}{58,82 \cdot 0,17 \cdot 100} = 3589 \frac{грн}{га}$$

$$T_{ni}^n = \frac{395700 \cdot 9,7}{10 \cdot 0,21 \cdot 100} = 3838,29 \frac{грн}{га}$$

Значення експлуатаційних витрат визначимо за рівнянням:

$$V_{\Sigma e} = 3n + G_{нмм} + T_p, \frac{грн}{га} \quad (5.4)$$

де  $3n$  – значення заробітної платні, грн/га;

$G_{нмм}$  – значення витрат на експлуатаційні матеріали, грн/га;

$T_p$  – значення витрат на ТО, ПР, КР та зберігання, грн/га.

Значення заробітної платні визначимо за рівнянням:

$$3n = \frac{T_c \cdot 1,2 \cdot 2,2}{W_{год}}, \frac{грн}{га} \quad (5.5)$$

де  $T_c$  – значення тарифної ставки, грн/год;

1,2 – значення коефіцієнту додаткової оплати праці;

2,2 – значення коефіцієнту нарахувань на соціальні міроприємства.

Значення тарифної ставки на оплату праці визначимо за формулою:

$$T_c = \frac{W\phi \cdot S_n}{W_n}, \text{ грн} \quad (5.6)$$

де  $S_n$  – оплата за нормований виробіток,  $S_n = 500$  грн

$W$  – нормована змінна продуктивність праці, га/зм.

$$T_c^B = \frac{0,17 \cdot 500}{1,19} = 71,42 \text{ грн}$$

$$T_c^П = \frac{0,21 \cdot 500}{1,47} = 71,42 \text{ грн}$$

$$z_{II}^B = \frac{71,42 \cdot 1,2 \cdot 2,2}{0,17} = 1109,24 \text{ грн/га}$$

$$z_{II}^П = \frac{71,42 \cdot 1,2 \cdot 2,2}{0,21} = 897,95 \text{ грн/га}$$

Значення амортизаційних відрахувань визначимо за формулою:

$$Ai = \frac{B \cdot a \cdot Ai}{T_n \cdot W_{год} \cdot 100} \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де  $a \cdot A_i$  – нормоване відрахування на амортизацію машин, 15 %.

$$A_I^B = \frac{370000 \cdot 15}{58,82 \cdot 0,17 \cdot 100} = 5550 \text{ грн/га}$$

$$A_I^П = \frac{395700 \cdot 15}{47,6 \cdot 0,21 \cdot 100} = 5935,5 \text{ грн/га}$$

Значення витрат на експлуатаційні матеріали визначимо за рівнянням:

$$G_{\text{пмм}} = g \cdot C, \text{ грн/га} \quad (5.8)$$

де  $g$  – значення витрати палива на 1 га, кг;

$C$  – комплексна вартість паливо-мастильних матеріалів, грн/кг

Визначаємо витрати на електроенергію за формулою:

$$E = Q \cdot C_E, \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

де  $Q$  – витрати електроенергії на 1 га, кВт;

$C$  – вартість електроенергії, грн/кВт

$$G_{\text{пмм}}^B = 14,8 \cdot 50 = 740 \text{ грн/га}$$

$$E^n = 12,8 \cdot 2,7 = 56,16 \text{ грн/га}$$

Значення витрат на обслуговування та ремонти визначимо за рівнянням:

$$T_p = \frac{K \cdot T_{\text{ні}}}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га} \quad (5.10)$$

де  $K$  – значення коефіцієнту умовного еталонного трактору,  $K = 0,7$ .

$$T_P^B = \frac{3589 \cdot 0,7}{0,17} = 14778,2 \text{ грн/га}$$

$$T_P^H = \frac{3838,29 \cdot 0,7}{0,21} = 12794,3 \text{ грн/га}$$

Значення сумарних експлуатаційних витрат визначимо за рівнянням (5.4):

$$V_{\Sigma E}^B = 1109 + 5550 + 740 + 14778,2 = 22177,5 \text{ грн/га}$$

$$V_{\Sigma E}^H = 897,9 + 5935 + 56,16 + 12794,3 = 19683,9 \text{ грн/га}$$

Значення експлуатаційних витрат на весь обсяг робіт визначаємо за рівнянням:

$$V_e = V_{se} \cdot W_p, \text{ грн} \quad (5.11)$$

$$V_e^B = 22177,5 \cdot 10 = 221775 \text{ грн}$$

$$V_e^H = 19683,9 \cdot 10 = 196839 \text{ грн}$$

Значення капітальних вкладень на 1 гектар визначимо зарівнянням:

$$K_B^B = \frac{B}{W_p}, \text{ грн} \quad (5.12)$$

$$K_B^B = \frac{370000}{10} = 37000 \text{ грн/га}$$

$$K_B^H = \frac{395700}{10} = 39570 \text{ грн/га}$$

Значення приведених витрат на 1 гектар визначимо за рівнянням:

$$\Pi_{B1} = V_{\Sigma c} + 0,15 \cdot K_B, \text{ грн} \quad (5.13)$$

$$\Pi_{B1}^{\circ} = 22177,5 + 0,15 \cdot 37000 = 27727,5 \text{ грн/га}$$

$$\Pi_{B1}^n = 19683,9 + 0,15 \cdot 39570 = 25619,4 \text{ грн/га}$$

Значення приведених витрат на весь обсяг робіт визначимо за рівнянням:

$$\Pi_{B2} = \Pi_{B1} \cdot W_p, \text{ грн} \quad (5.14)$$

$$\Pi_{B2}^{\circ} = 27727,5 \cdot 10 = 277275 \text{ грн}$$

$$\Pi_{B2}^n = 25619,4 \cdot 10 = 256194 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначимо за формулою:

$$E_p = \Pi_{B2}^{\circ} - \Pi_{B2}^n, \text{ грн} \quad (5.15)$$

$$E_p = 277275 - 256194 = 21080,6 \text{ грн}$$

Значення терміну окупності визначимо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B^n - B^{\circ}}{E_p} = \frac{395700 - 370000}{21080,6} = 1,21 \text{ року} \quad (5.16)$$

Результати розрахунку зведемо в таблицю 5.2



Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

Показники	Варіанти		Проектний варіант в (+/-) до базового
	Базовий	Проектний	
Машинний агрегат	ДТЗ-404+ ПЛ-2-25	Мостова машина+ КАМ-1	-
Вартість агрегату, грн	370000	395700	25700
Обсяг роботи, га	10	10	-
Вид виконаних робіт	Основний обробіток грунту	Основний обробіток грунту	-
Витрати на паливо, грн/га	740	0	-740
Витрати на електроенергію, грн/га	-	56,16	56,16
Витрати на заробітну платню, грн/га	1109,24	897,95	-211,3
Витрати на технічне обслуговування та ремонти, гр/га	14778,2	12794,3	-1983,9
Амортизаційні відрахування, грн	5550	5935,5	385,5
Експлуатаційні витрати, грн/га	22177,47	19683,91	-2493,5
Економічний ефект проекту, грн	21080,6		
Термін окупності проекту, років	1,21		

### Висновки

За результатами проведених техніко-економічних розрахунків доведено ефективність розробленої активної копача для мостового землеробства. Річний економічний ефект на ділянці поля площею в 10 гектар склав 21080, грн, а термін окупності проекту 1,21 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного аналізу господарської діяльності підприємства встановлено, що найбільш трудомістким напрямком являється овочівництво тому в планах господарства підвищення рівня механізації овочівництва за рахунок впровадження мостового землеробства, що дозволить автоматизувати основні процеси по догляду за рослинами та механізувати основні процеси вирощування овочів.

Тому основною метою роботи являється удосконалення механізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві шляхом розробки копача з активними робочими органами. Використання активних робочих органів дозволить знизити витрату енергії на виконання операції по основному обробітку ґрунту. Для реалізації поставленої мети проведено літературний та патентний пошук по даній тематиці.

2. За результатами проведеного аналізу активних робочих органів розроблено конструкцію копача адаптованого для агрегування з агромоном для реалізації основного обробітку ґрунту в мостовому землеробстві.

3. За результатами проведених розрахунків отримано значення конструктивно-технологічних параметрів копача, а саме кутова швидкість робочих органів повинна становити  $\omega=6,28$  рад/с, частота обертання кривошипа  $n=60$  об/хв, швидкість переміщення активного копача повинна знаходитися в межах 0,3-1 м/с, що забезпечить продуктивність машини 0,1-0,21 га/год.

В результаті проведеного розрахунку на міцність валу кривошипа встановлено значення діаметру валу  $d=20$  мм, що забезпечить його тривалу та надійну роботу.

4. Запропоновані заходи по поліпшенню охорони праці дозволять запобігти травматизму на підприємстві та підвищать рівень працездатності

персоналу. В зв'язку з появою в господарстві нової електрифікованої мостової машини проведено розрахунок заземлення для захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом.

5. За результатами проведених техніко-економічних розрахунків доведено ефективність розробленої активної копача для мостового землеробства. Річний економічний ефект на площі в 10 гектар склав 21080, грн, а термін окупності проекту 1,21 року.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень: Монографія Кобець А.С., Теслюк Г.В., Пугач А.М., Надикто В.Т., Улексін В.О., Бойко В.Б., Теслюк Ю.В., Золотовська О.В. – Дніпро: ТОВ «Акцент ПП», 2023. – 340 с.
2. В.О. Улексін. Мостове землеробство. Монографія. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 224 с.
3. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в агропромисловому комплексі. Олді+. – Херсон. 2020. – 220 с.
4. Р. Коваленко, О. Городецький. Системи сучасних інтенсивних технологій. Центр навчальної літератури. – К., 2019. – 64 с.
5. Л. Єрмакова, М. Поліщук, С. Каленська, В. Паламарчук, І. Поліщук. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Видавництво Рогальська І.О. – К. 2015. – 448 с.
6. <https://www.strube.net/unternehmen/innovationen/phenobob>
7. <https://ifarming.ua/novini-i-podii/platformu-farmrobotix-predstavlyat-na-vystavci-dlg-feldtage>
8. [https://www.youtube.com/watch?v=4\\_Wkvc5jKdU](https://www.youtube.com/watch?v=4_Wkvc5jKdU)
9. Г.І. Тараканова і В.Д. Мухіна. Овочівництво - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Колос, 2003
10. Надикто В.Т., Улексін В.О. Колійна та мостова системи землеробства: Монографія. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2008. 270 с.
6. Наукові основи землеробства : підручник / І.Д. Примак та ін. Біла Церква : БДАУ, 2005. 408 с.
11. Chamen W.C.T., Dowler D., Leede P.R., Longstaff D.J. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. Journal of Agricultural Engineering Research 1994, 59: 45–60.
12. <https://traktorist.ua/brands/nexat>
13. <https://garford.com/wp-content/uploads/2018/08/robocrop-inrow-ukraine.pdf>

14. <https://www.agrokruh.sk/en/>
15. Авторське свідоцтво UA №97072. Ротаційна фреза
16. Авторське свідоцтво UA №99873. Ротаційна мотика
17. Лур'є та ін. Моделювання та розробка сільськогосподарських агрегатів. Л.: Колос, 1979. 312 с.
18. Шустік Л., Осіпов Л. Перспективи впровадження системи адресного землеробства / Загально державний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 28. – Кіровоград: КДТУ, 1999.- С. 215...218.
19. Панченко О.М. Теорія та розрахунок сільськогосподарських машин: Лабораторний практикум / Дніпропетр. Держ. Агр. Ун-т. - Дніпропетровськ, 2002. - 396 с.
20. Ломакін В.М., Зубенко Б.І. Автоматизація агропостових систем / Трактори та сільськогосподарські машини – 1991 № 9. – С. 19...23.
21. Зінченко О.І. та ін. Рослинництво: Підручник / О.І Зінченко. В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. – К.: Аграрнаосвіта, 2001. – 591 с.: іл.
22. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
23. В.І. Дирда Деталі машин: Підручник. – Д.: Вид. ПП Авантаж, 2006. – 448 с.
24. Войтюк Д., Аніскевич Л., Волянський М. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства / Збірник наукових праць національного аграрного університету “Механізація сільського виробництва”. Том 13. – Київ: НАУ, 2002.- С. 93...97.
25. Жалнін Е.В., Муфтєєв Р.С. Історія розвитку та перспективи впровадження мостового зелеробства // Трактори та сільськогосподарські машини – 2002, №5, - С. 25-30.
26. Закон України «Про охорону праці». № 2695-ХІІ від 24.11.1992 року
27. «Конституція України», прийнята 28 червня 1996 р.

# ДОДАТОК



Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.																														
				<u>Документація</u>																																
A1			52.ДП.04.101.000.СК	Складальне креслення																																
				<u>Деталі</u>																																
		1		Кривошип	1																															
A3		2	52.ДП.04.1.101.002	Головний важіль	2																															
		3		Головна куліса	2																															
		4		Шарнір кривошипа	2																															
		5		Шарнір коригуючої куліси	2																															
A4		6	52.ДП.04.1.101.006	Коригуюча куліса	2																															
A4		7	52.ДП.04.1.101.007	Коригуючий важіль	2																															
		8		Тулійка	2																															
A3		9	52.ДП.04.1.101.009	Лопата-вила	2																															
A3		10	52.ДП.04.1.101.010	Привідна зірочка	1																															
		11		Механізм регулювання глибини	1																															
52.ДП.04.1.101.000СК																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Зм.</th> <th>Арк.</th> <th>№ докум.</th> <th>Підп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Розроб.</td> <td></td> <td>Інгар ІС</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td>Бойко В.Б.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т. контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td>Золотовська О.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Зат.</td> <td></td> <td>Тесляк Г.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розроб.		Інгар ІС			Перев.		Бойко В.Б.			Т. контр.					Н. контр.		Золотовська О.В.			Зат.		Тесляк Г.В.		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																																
Розроб.		Інгар ІС																																		
Перев.		Бойко В.Б.																																		
Т. контр.																																				
Н. контр.		Золотовська О.В.																																		
Зат.		Тесляк Г.В.																																		
Копач					Літ.	Арк.	Аркуші																													
					ДДАЕУ АІС-1-21																															

Підп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Підп. и дата

Инв. № подл



