

**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:

**Впровадження мостового землеробства з розробкою культиватора  
з активними робочими органами**

**Виконав:** студент 4 курсу, групи МС-4-20 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Коцюбенко Максим Дмитрович

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

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2023

**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)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

Коцюбенку Максиму Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Впровадження мостового землеробства з розробкою культиватора з активними робочими органами

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«8» травня 2023 року № 820

**2. Строк подання студентом роботи** 12.06.2023 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Огляд стану питання підвищення ефективності землеробства шляхом впровадження мостових машин з активними робочими органами. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Характеристика господарства. Аналіз техніко-технологічних рішень в землеробстві. 2. Аналіз конструкцій культиваторів з активними робочими органами. 3. Конструктивно-технологічні розрахунки. 4.

Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробленого культиватора з активними робочими органами. Загальні висновки. Література.

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

1. Аналіз господарської діяльності (A1). 2. Процес прополювання в мостовому землеробстві (A1). 3. Аналіз культиваторів з активними робочими органами (A1). 4. Мостова машина в агрегаті з культиватором (A1). 5. Схема керування гідроприводом активних робочих органів (A1). 6. Культиватор з активними робочими органами (A1). 7. Рама (A3). 8. Кришка (A4). 9. Фланець приводу (A4). 10. Опорний вал (A4). 11. Фланець сапи (A4). 12. Шайба (A4). 13. Сапа (A4). 14. Техніко-економічні показники проекту(A1).

**6. Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Деркач О.Д., доцент		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцентка		

**7. Дата видачі завдання:** 8.05.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	8.05.23-12.05.23	
2	Технологічний	13.05.23-19.05.23	
3	Конструкційний	20.05.23-29.05.23	
4	Охорона праці	30.05.23- 31.05.23	
5	Економічний	1.06.23-2.06.23	
6	Графічна частина	3.06.23-11.06.23	

**Студент**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Коцюбенко М. Д.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Бойко В.Б.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Коцюбенко М.Д. Впровадження мостового землеробства з розробкою культиватора з активними робочими органами / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності мостового землеробства шляхом розробки культиватора з активними робочими органами.

Запропонована розробка дозволить виконувати до 98 % обробіток ґрунту (прополювання), що дозволить відмовитися від застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами, та зменшить хімічне навантаження в землеробстві.

Для реалізації поставлених задач в першому розділі проведено аналіз перспективних технологій в землеробстві.

В другому розділі проведено аналіз конструкцій активних робочих органів встановлено їх переваги та недоліки.

Враховавши проведений аналіз в третьому розділі розроблено конструкцію та проведено конструктивно-технологічні розрахунки культиватора з активними робочими органами для мостового землеробства.

Розроблено питання з охорони праці при експлуатації мостової машини та культиватора з активними робочими органами. Виконано економічне обґрунтування запропонованого культиватора з активними робочими органами для мостового землеробства.

Ключові слова: Мостове землеробство, координатно-транспортна система, культиватор з активними робочими органами, тягове зусилля, гідропривод, точне землеробство.

## ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАНЬ	9
1.1 Характеристика господарства	9
1.1.1 Загальні відомості	9
1.1.2 Характеристика рослинництва	10
1.1.3 Характеристика тваринництва	16
1.1.4 Економічні показники	17
1.2 Сучасні засоби механізації овочівництва відкритого ґрунту	19
1.3. Висновки	24
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	25
2.1 Особливості процесу обробітку ґрунту в мостовому землеробстві	25
2.2 Аналіз культиваторів з активними робочими органами	27
2.3. Висновки	33
Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	34
3.1 Конструктивна схема та опис активного робочого органу культиватора для мостового землеробства	34
3.2 Розрахунок активного робочого органу	36
3.3 Розрахунок на міцність кріплення активного робочого органу	38
3.4 Розробка та розрахунок гідروприводу активного робочого органу	39
3.4.1 Вибір робочого тиску	41
3.4.2. Вибір робочої рідини	42
3.4.3 Вибір гідромотора	43
3.4.4 Визначення витрати робочої рідини в гідросистемі	45
3.4.5 Вибір гідроапаратів і допоміжних пристроїв	46

3.4.6	Визначення втрат тиску в гідравлічному тракті ОГП	47
3.4.7	Вибір насоса, визначення частоти обертання його валу	52
3.4.8	Потужність приводного двигуна, ККД гідроприводу	53
3.4.9	Вибір регульованого гідродроселя	54
3.4.10	Розрахунок гідробака	55
3.5	Висновки	56
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		57
4.1	Організація охорони праці в господарстві	57
4.2	Заходи з охорони праці під час експлуатації активного культиватора в агрегаті з мостовою машиною	58
4.3	Оцінка впливу мостового землеробства на навколишнє середовище	60
4.4	Висновки	60
Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ		61
Висновки		65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		66
ЛІТЕРАТУРА		67
ДОДАТКИ		69

## ВСТУП

Сільське господарство являється важливою і трудомісткою сферою народного господарства України. Ефективність його діяльності завжди визначалася розвитком науково-технічного прогресу, використанням передових досягнень науки, техніки досвіду набутого протягом тривалого виробництва продукції.

В сучасних реаліях виробники сільськогосподарської продукції наштовхуються на труднощі, які пов'язані з фінансуванням діяльності сільськогосподарських підприємств, збутом продуктів виробництва господарств. Досить важким для землеробів являється весняний період, коли за короткі терміни виконується великий обсяг весняно-польових робіт. Це і підготовка полів до посіву (закриття вологи, культивація, внесення добрив), і сам посів насіння сільськогосподарських культур. При цьому необхідно використовувати різні варіанти технологій з технічним забезпеченням.

Стрімко ввійшло в наше життя поняття «система точного землеробства», «автоматизовані технології», GPS – технології.

Автоматизовані технології точного землеробства дозволяють точно визначити необхідну кількість технологічних матеріалів, дозувати їх при внесенні, вносити технологічні матеріали в конкретно визначену точку поля, виконувати технологічні операції в певно визначені терміни.

Точне землеробство – це один із кроків у розвитку сільськогосподарського виробництва, оптимального використання можливостей сучасної комп'ютерної техніки, сільськогосподарських машин та технологічних матеріалів, що визначає і рівень і культуру землеробства. Але процесом виробництва керує людина, вона приймає рішення, а система управління технологічними операціями – це лише інструмент, який дозволяє швидко, зручно і достовірно розробляти альтернативи для прийняття відповідних рішень.

Агротехнічні ідеї мостового землеробства майже 150 років, їй без сумніву належить майбутнє. Суть її полягає в переміщенні енергетичного засобу з

набором сільськогосподарських знарядь по постійній транспортній колії при обробітку різних культур. Реальне втілення цієї ідеї сільськогосподарське виробництво почалось лише в середині 80-х років минулого століття.

Перевагами такого землеробства являється зменшення негативного впливу рушіїв на агротехнічну зону де здійснюється вирощування культур, можливість автоматизації основних технологічних процесів, зменшення витрат на паливно-мастильні матеріали за рахунок використання електроприводів.

**Метою роботи** є підвищення ефективності мостового землеробства розробкою культиватора з активними робочими органами для догляду за сільськогосподарськими культурами в рядку. Застосування активних робочих органів дозволить відмовитися від застосування гербіцидів за рахунок обробки до 98 % поверхні поля, що в свою чергу позитивно позначиться на собівартості та екологічності виробленого продукту. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз сучасних засобів механізації овочівництва відкритого ґрунту;
- розглянути особливості процесу обробітку ґрунту в мостовому землеробстві;
- провести аналіз культиваторів з активними робочими органами;
- розробити конструкцію активного робочого органу культиватора для мостового землеробства;
- провести конструктивно-технологічні розрахунки культиватора з активними робочими органами та його гідравлічного приводу;
- розробити заходи з захисту навколишнього середовища та вимоги з охорони праці під час експлуатації мостової машини та культиватора з активними робочими органами;
- провести економічне обґрунтування проєкту.

## Розділ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАНЬ

### 1.1 Характеристика господарства

#### 1.1.1 Загальні відомості

ТД «Agro Demetra» знаходиться в селі Степове Дніпровського району Дніпропетровської обл. Відстань від господарства до обласного центру м. Дніпропетровськ 35 км. На даний час господарство займає площу під орними землями – 351 га. Основний напрямок господарства це товарне виробництво зернової продукції і овочівництво.

Дане господарство було засновано в 2015 р. і спеціалізувалося на вирощуванні овочів. В 2017 році господарство ефективно розпочало займатися товарним виробництвом посівного матеріалу зернових культур. Було взято в оренду приміщення на 400 голів ВРХ колишнього колективного господарства «Аврора», які згодом було переобладнано під складське приміщення і приміщення для утримання 100 голів дійних корів.

Щоб мати уявну картину про виробничу діяльність господарства розглянемо організаційно-виробничу структуру керування

Очолює господарство Смольнюк Ольга Вікторівна допомагає в організації роботи на виробничих ділянках головний агроном та головний інженер. Господарство забезпечує робочими місцями 12 робітників в сезон робіт ця цифра зростає до 20 осіб.

З кожним роком чисельність робітників по найму зростає. Це пов'язано по-перше з досить непоганою стабільною оплатою праці, по-друге з розширенням господарчої діяльності ТД «Agro Demetra».

Клімат помірно-теплий з жарким літом і помірно-холодною зимою. Середньорічна температура повітря  $12,1^{\circ}\text{C}$ . Середня температура самого холодного місяця складає  $-15^{\circ}\text{C}$ , а самого спекотного  $+30 - +33^{\circ}\text{C}$ . Без морозний період складає 160 діб. Середньорічна кількість опадів складає 420 мм. Можна замітити нерівномірність випадання опадів в різні роки.

За початок зими приймаємо середню дату встановлення мінусової середньодобової температури повітря, котра приходиться на 6...10 грудня. Тривалість періоду з мінусовою температурою сягає 114 днів. Зима помірно-холодна з відлигами, не стійкими морозами і снігами.

Промерзання ґрунту в середньому на глибину до 60 см. Середня кількість опадів з сніговими хуртовинами становить 68 днів.

Тривалість періоду з температурою вище  $10^{\circ}\text{C}$  становить 175–185 діб. Це забезпечує умови для проростання теплолюбних культур. Тривалість без морозного періоду в середньому 195 днів з коливаннями від 155 до 230 днів.

В період активного росту (травень-вересень) випадає 248 мм опадів.

Випаровування води з ґрунту на території району перевищує суму випадаючих опадів. Усе це говорить про впровадження в системі землеробства нових технологій по збереженню вологи в ґрунті

Вітри переважно північного напрямку, зимою приносять значне похолодання, а літом нестерпну спеку. Значні перепади температури літом викликають велику кількість ураганів та бурь, що негативно впливає на рослинництво господарства.

### **1.1.2 Характеристика рослинництва**

Основним ресурсом рослинництва являється земля. Поля господарства мають родючі ґрунти це чорноземи звичайні від легкосуглинкових до легкоглинистих зустрічаються і супісчані ґрунти. Господарство періодично проводить моніторинг родючості ґрунтів та виконує комплекс заходів по її відновленню. Одним із таких заходів являється дотримання раціональних сівозмін. Це забезпечить найбільш дієвий агротехнічний захід для боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур. Також дотримання сівозмін збереже ґрунти від ерозії, забезпечить ефективне використання техніки і підвищення продуктивності праці. В господарстві підтримується сівозмінна за п'ятипільною схемою.

Чорний пар – Озима пшениця – Кукурудза – Ячмінь – Соняшник

Отримані статистичні дані по продуктивності сівозмін свідчать про доцільність насичення їх зерновими культурами пшеницею, ячменем і кукурудзою. Структуру посівних площ господарства наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад і структура с/г угідь 2020–2022р.

Культури	2020		2021		2022	
	Площа		Площа		Площа	
	га	%	га	%	га	%
Кукурудза на зерно	60	18,0	61	17,94	52	14,81
Ярий ячмінь	56	16,8	60	17,65	61	17,38
Сонях	64	19,2	56	16,47	60	17,09
Озима пшениця	61	18,3	52	15,29	64	18,23
Чорний пар	52	15,6	64	18,82	56	15,95
Багаторічні трави	20	6,0	22	6,47	24	6,84
Кукурудза на корм	10	3,0	10	2,94	16	4,56
Овочі	10	3,0	15	4,41	18	5,13
Всього	333	100	340	100	351	100

Аналіз даних наведених в (табл. 1.1) свідчить попостійну зміну посівних площ основних культур, що пов'язано з дотриманням сівозмін. В останні роки збільшилася площа під посіви овочів з 10 га до 18 га, що пов'язано з поширенням попиту на овочеві культури. Збільшилися посіви багаторічних трав – на 8 га, та кукурудзи на корм на 6 га це пов'язано з забезпечення необхідної кормової бази тваринницької ферми.

В перший же рік користування землею господарство провело заходи по боротьбі з бур'янами, більше половини с/г угідь було оброблено гербіцидами, за рахунок чого урожайність сільськогосподарських культур підвищилася на 30%. Аналізуючи стан справ в видно, що підприємство в більшому обсязі займається зерновими культурами. Рослинництво господарства має досить стабільний стан. Урожайність сільськогосподарських культур, що вирощуються в господарстві наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Урожайність культур в період 2020-2022 рр. (ц/га)

Культура	2020 р	2021 р	2022 р
Кукурудза на зерно	45	41	67
Ярий ячмінь	32	28	37
Соняшник	15,6	18,6	21
Озима пшениця	41	38	45
Томати	350	330	380
Капуста	270	320	380

В середньому за три роки врожайність основних культур має тенденцію до росту. Це пов'язано з вдало підбраною сівозміною та виконанням всіх агротехнологічних заходів по підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

З метою поліпшення використання землі в ТД «Аgro Demetra» проводяться комплекси заходів по боротьбі з водяною ерозією, вдосконалення методів обробки землі, впроваджується технологія нульового обробітку землі, внесення органічних та мінеральних добрив, поліпшується робота по боротьбі з бур'янами, хворобами сільськогосподарських рослин та шкідниками. В даний момент на ринкові України з'явилося велика кількість хімічних засобів за допомогою, яких можливо вирішити ці питання.

*Механізація рослинництва* В ТД «Agro Demetra» особливу увагу приділяють механізації основним технологічним процесам.

Механізація рослинництва дає змогу підвищити продуктивність праці знижує собівартість продукції скорочує терміни виконання основних операцій підвищує культуру виробництва. Рівень механізації рослинництва в господарстві наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Рівень механізації робіт в рослинництві, %

Найменування робіт	%
Сівба культур	97
Формування густоти рослин	78
Скошування рослин	100
Основний обробіток	100
Заготівля сіна, соломи	63
Завантажувальні роботи	96
Прополювальні роботи	72
Збирання овочів	58
Внесення добрив	92

Аналіз даних таблиці 1.3 свідчить про низький рівень овочівництва так як такі операції, як прополювання, проріджування сходів, збирання урожаю виконуються з залученням ручної праці працівників. Рівень механізації заготівлі кормів теж низький, що пов'язано із складністю технології даного процесу та відсутності сучасних засобів механізації.

Підвищення рівня механізації основних технологічних операцій сільськогосподарського виробництва, можливо реалізувати шляхом впровадження сучасних засобів механізації. В таблиці 1.4 наведено наявний склад системи машин в господарстві.

Таблиця 1.4 – Система машин в рослинництві

Перелік техніки	Кількість одиниць, шт.
Комбайни	
Дон 1500Б	2
Трактори	
МТЗ- 892 Беларус	3
ХТЗ-150	1
ЮМЗ-8040	1
Автомобілі	
КаМАЗ - 55102	2
ГАЗ-САЗ-53	3
Навантажувач	
Balkancar	1
Борони	
БПС-6,3	2
АГД-2.8Н	1
БЗСС–1,0	26
Оприскувачі	
BADILLI PLUS 1000 л 18М	2
Сіялки	
УПС-12 (Весна-12)	1
СЗ-3,6	2
ORietta Gaspardo	1
Тюкові прес-підбирачі	
Sirma	1
Плуг	
ПЛН-3-35	2
ПНБ-5-40	2
Культиватори	
КРН-4,2	2
КПС–4	4
Косарка	
КРН-1,65	3
Граблі	
Вомет «Сонечко»	3

Аналіз даних наведених в таблиці 1.4 свідчить про добре технічне забезпечення господарства. Це дозволить своєчасно виконати заплановані операції згідно технологічних карт на вирощування культур.

**Нафто-господарство підприємства.** Щорічно в господарстві на сільськогосподарські роботи витрачається 18,7 т дизельного палива, 5,3 т бензину та 208 кг мастильних засобів. Продукція закупляється на базі нафтопродуктів, яка знаходиться в м. Дніпро. Зберігання та видача паливо-мастильних матеріалів здійснюється на території господарства. Схема пункту зберігання та видачі нафтопродуктів наведено на рис 1.1.

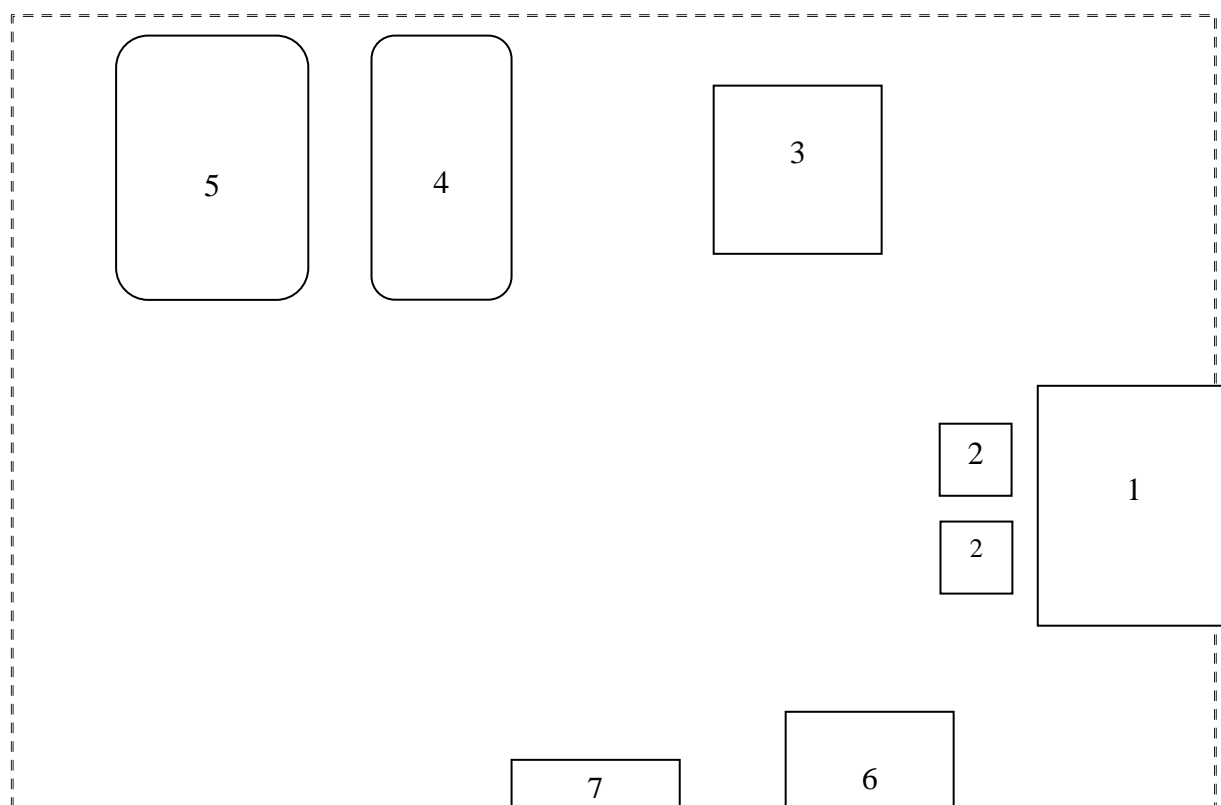


Рисунок 1.1 – Схема пункту зберігання та видачі нафтопродуктів  
 1 – місце розташування диспетчера; 2 – колонка видачі пального;  
 3 – пункт заміни та зберігання мастил; 4 – резервуар для зберігання бензину; 5 – резервуар для зберігання дизельного пального; 6 – куточок протипожежної безпеки; 7 – в'їзд, виїзд

### 1.1.3 Характеристика тваринництва

В ТД «Agro Demetra» тваринництво розвивається в молочному напрямі. На даний час працює молочно-товарна ферма. На фермі знаходиться великої рогатої худоби - 148 голів: дійні корови - 100 голів; корови сухостійні – 12 голів; нетелі – 18 голів; телята від 1 до 6 місяців – 18 голів. Загалом на фермі можна розмістити до 200 корів, зараз заповнення становить на 74 %.

Утримання тварин в господарстві відбувається з використанням стійлово-вигульного та прив'язного способу. Роздача кормів організована у господарстві з використанням механізації, за допомогою мобільних кормороздавачів. Поїння худоби здійснюється за допомогою поїлок ПА-1 розрахованих для однієї тварини, на два стійла. Видалення гною реалізовано з використанням скребкових транспортерів. Забезпечення водою з здійснюється з використанням підземного та наземного способів. Дотримання карантинних заходів забезпечує добру епізоотичну ситуацію. Обладнання, яке використовується на тваринницьких фермах господарства представлено в таблиці 1.5. Механізація тваринницької ферми дозволила зменшити кількість ручної праці та затрат часу на виконання основних операцій.

Таблиця 1.5 – Обладнання тваринницької ферми

Марка машини	2020	2021	2022
Melasty ТЖК 1-РК	5	5	5
Транспортер для видалення гною ТСН – 3Б	1	1	1
Кормороздавач КТУ – 10А	1	1	1
Навантажувач «Карпатець»	1	1	1
Водопостачання «Каскад»	1	1	1
Бокси для телят віком від першого дня до 6 місяців	-	14	20

### 1.1.4 Економічні показники

Протягом останніх років в ТД «Агро Деметра» спостерігається ріст виробництва, як в рослинництві так і в тваринництві.

Зокрема, в 2022 році порівняно з 2021 роком валовий збір зернових в цілому збільшився на 4,3 тис. ц. (з 6,37 до 10,8 тис. ц.) на 40 %, овочів на 461 ц або на 63 % за рахунок збільшення площі та урожайності. Дані валового збору наведено в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Валові показники ТД «Агро Деметра»

Культури	2020	2021	2022
	Валовий збір, ц	Валовий збір, ц	Валовий збір, ц
Кукурудза на зерно	3700	3395	5360
Ярий ячмінь	1176	2232	2664
Озима пшениця	2501	2809	2736
Всього зернових	6377	10436	10760
Сонях	704	744	777
Овочі	270	615	731

Результати аналізу свідчать про те, що в групі зернових культур найдешевшим є виробництво зерна кукурудзи. В рослинницькій галузі ця важлива продовольча культура забезпечує найвищий рівень рентабельності виробництва. Так, по даним річної звітності за 2022 рік цей показник при вирощуванні кукурудзи становив 57 %, а ярих зернових колосових – 16,3 %, озимої пшениці – 22,1 %.

Вивчення рівня собівартості виробництва зернових культур в 2022 році порівняно з минулим роком також показало, що виробництво кукурудзи на зерно є найбільш ефективним. При цьому, незважаючи на те, що виробничі затрати в розрахунку на 1 га зросли майже в 2 рази собівартість виробництва зерна цієї культури була дешевшою на 8,3 %. Це було обумовлено станом її продуктивності. Тобто більш високі виробничі затрати коштів на одиницю площі ефективніше окупалися за рахунок випереджаючого зростання врожайності. Основні показники господарської діяльності ТД «Аgro Demetra» наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Основні показники господарської діяльності

Найменування показників	2020	2021	2022
Кредиторська заборгованість за товари, роботи, послуги, тис.грн.	16170	24344	9877
Рівень рентабельності на вирощуванні, %:			
Озима пшениця	19,1	21,6	22,1
Кукурудза на зерно	61	55	57
Соняшник	121	111	120
Ярий ячмінь	11	11,7	16,3
Рівень рентабельності овочівництва, %	88	101	90,2
Рівень рентабельності тваринництва, %	21,5	24,1	24
Середньомісячна зарплата одного працівника, грн.	9781	9155	10232
Чисельність працівників, чол.	14	18	20

Останнім часом керівництво господарства звернуло свою увагу на попит, яким користуються овочеві культури зокрема помідори та пізня капуста аналізуючи дані таблиці 1.7 дані культури мають досить високу рентабельність наближену до рентабельності соняху. Але в порівнянні з соняхом овочеві не

мають негативний вплив на родючість ґрунтів. В таблиці 1.8 наведено прямі затрати праці на виробництві продукції рослинництва на 1 га посівів люд.–год.

Таблиця 1.8 – Прямі затрати праці на виробництві продукції рослинництва на 1 га посівів люд.–год.

Назва культура	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Озимі зернові	100	104	101
Ярові зернові	158	149	148,5
Кукурудза на зерно	88	82	81
Соняшник	45	43	43
Овочі	490	486	469

Аналізуючи дані наведені в таблиці 1.8 основним недоліком овочівництва являється низький рівень механізації основних операцій виробництва.

## 1.2 Сучасні засоби механізації овочівництва відкритого ґрунту

Поява двигунів внутрішнього згорання прискорила механізацію аграрного виробництва. Це прискорило розвиток тракторобудування, що в свою чергу призвело до витіснення гужової тяги з системи обробітку ґрунту. Негативний вплив рушіїв масивних тракторів (рис. 1.2) [1] на родючий шар ґрунту не стримує розвиток нової концепції вирощування сільськогосподарських культур з застосуванням машин, що переміщуються по полю. Пріоритет в даній ситуації був наданий підвищенню продуктивності праці.

За останні сто років дана концепція землеробства практично не зазнала суттєвих змін і на даному етапі свого розвитку прийшли до фази насичення і вичерпала можливості подальшого удосконалення. З'являється все більше проблем екологічного, енергетичного та соціального характеру пов'язаних з

впровадженням прогресивних технологій в галузі рослинництва. Зростання механічних та агрохімічних чинників призводить до глобально погіршення здорового стану ґрунтів. В зв'язку з цим наприкінці 20 століття поширюється новий підхід в вирощуванні сільськогосподарської продукції з застосуванням принципів покладених в органічному землеробстві.

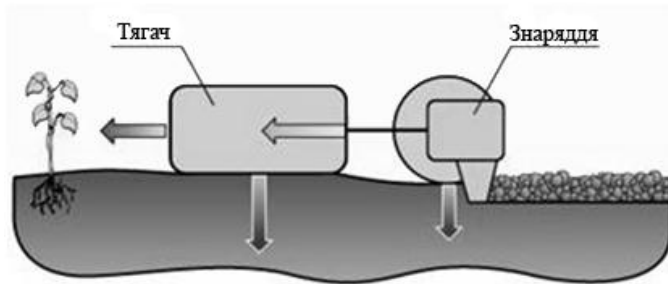


Рисунок 1.2 – Негативний вплив рушіїв на родючий шар ґрунту

Персоніфіковане вирощування – це новий напрям у вирощуванні рослин, який розглядає кожну рослину на полі як окремий біологічний об'єкт. Під час вегетації періодично проводиться контроль за рослинами в межах поля, складаються карти стану рослин. За даними спостережень проводяться операції догляду за рослинами. Індивідуальний підхід до кожної рослини дає можливість зменшити витрату хімпрепаратів та підвищити середню урожайність культури.

Піонерами в реалізації автоматизованого точного землеробства виступають науковці Данії, Англії, Німеччини, Австралії, США та інших країн, наукові роботи яких пов'язані з розробкою автоматично діючих машин для догляду за рослинами. Розглянемо деякі з них.

В Англії для проведення дослідів розроблено спеціалізоване автоматичне шасі (рис. 1.3, а) [2]. Встановлена камера з фільтром «Kalman» забезпечує збір даних про вегетацію кожної рослини та появу бур'янів (рис 1.3, б). За результатами спектрального аналізу складається карта розташування бур'янів та стану рослин на полі.

Основна мета розробки – забезпечення точної координації робочих органів відносно рослин, яка дозволить розширити зону міжрядного обробітку і тим самим зменшити застосування гербіцидів.



а

б

Рисунок – 1.3. Автономне шасі для проведення моніторингу та виконання операцій догляду за рослинами

За допомогою телекамери і комп'ютерної системи можливо відслідковувати розташування рослин в рядках і синхронізувати роботу машин по догляду за рослинами.

В Данії науковці інституту сільськогосподарських наук завершили роботу над створенням роботизованої машини для персоніфікованого вирощування овочів рис. 1.4 [3]. Мета роботи підвищення культури виробництва та реалізації автоматизованого овочівництва.

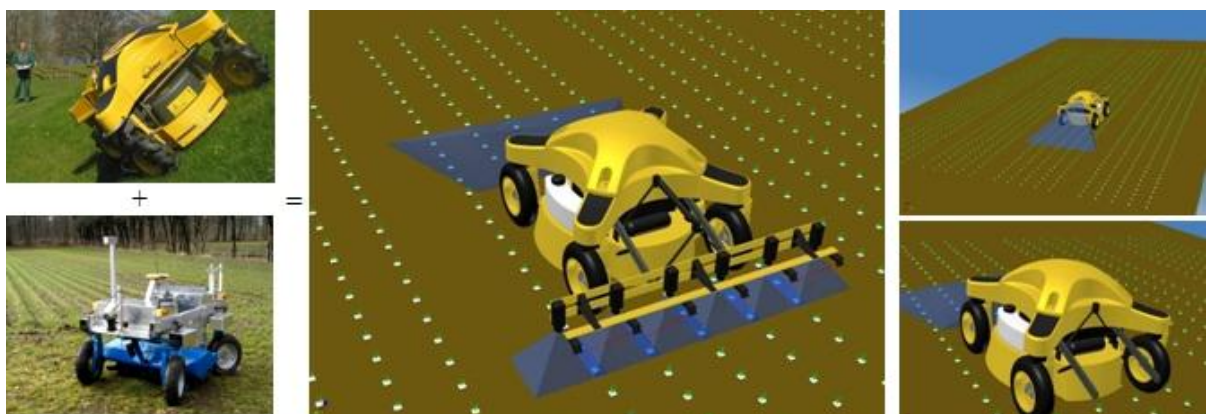


Рисунок 1.4 – Роботизований модуль «Hortibot»

Привід робота організовано від двигуна внутрішнього згорання, але як варіант може використовуватися і електропривод з живленням від батарей. Додатково на модулі встановлюються панелі сонячних батарей. Керування здійснюється в двох режимах ручному та автоматичному. В автоматичному режимі машина рухається з використанням GPS навігації та сенсорних дитчиків.

Модуль дозволяє виконувати роботи по посіву, догляду та збиранню овочевих культур. За результатами проведених досліджень на полі по вирощуванню салатів «Hortibot» отримав сертифікат придатності.

Розглянуті вище наукові розробки зробили прорив в реалізації персоніфікованого підходу вирощування рослин. Впровадження новітніх технологій особливо являється актуальним в такій галузі, як овочівництво, що займає друге місце після садівництва по застосуванню пестицидів.

Крім вирішення питань агрохімічного навантаження на ґрунти необхідно враховувати і чинники механічного характеру, що створюють рушії енергетичних засобів переміщуючись по полю.

Зменшити механічний вплив можливо за рахунок обмеження пересування енергетичних засобів по виробничій частині поля.

Закордонні фахівці вирішують проблеми, які створюють рушії застосуванням мостових тракторів, що рухаються по постійним коліям.

В 1975 році Девід Доулер збудував перший мостовий трактор рис. 1.5 з шириною прольоту 12 метрів та чотирма керованими колесами (поворот коліс на  $90^{\circ}$ ) для забезпечення високої маневреності [4].



Рисунок 1.5 – Мостовий агрегат Доулера

Результати досліджень з мостовим трактором Доулера в Австралії і Великобританії показали зниження вартості витрати на паливо на посівах культур знижується на 35 %, економія енергії при обробці ґрунту сягає 45%

З 1996 року в Ізраїлі експлуатується мостовий трактор з шириною прогінної частини 5,8 м та висотою прогінної частини 1,8 м з чотирма ведучими колесами рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Мостовий трактор з шириною прольоту 5,8 метра

В Швеції розробкою мостових тракторів займається компанія «ТЕС» і «Biovelor AB». Це трактори з чотирма ведучими керуючими колесами рис. 1.7 призначені для точного землеробства з переміщенням по технологічним коліям і системою глобального позиціонування GPS



Рисунок 1.7 – Мостовий трактор фірми ТЕС

Дана концепція землеробства дає можливість виключити вплив рушіїв на родючий шар ґрунту за рахунок створення постійних технологічних колій по яким переміщуються робочі модулі. За такої технології поле розділяється на виробничу та технологічну частину. Використання електроприводу мостових модулів дозволить автоматизувати робочі процеси, скоротить використання рідких палив та поліпшить екологічне становище.

### 1.3 Висновки

1. Аналізуючи стан справ в господарстві, ми прийшли до висновку, що рослинництво господарства має досить стабільний стан справ, урожайність сільськогосподарських культур з кожним роком підвищується за рахунок прогресивних технологій їх вирощування та системи заходів боротьби з бур'янами. Завдяки доброму технічному забезпеченню операції по догляду за рослинами проводяться вчасно.

2. Основною метою господарства є покращення умов праці для робітників, збільшення продуктивності та зменшення затрат на виробництво продукції.

3. Перспективним напрямком, що дозволить автоматизувати основні процеси в рослинництві та знизити залежність від енергоресурсів нафтового походження являється мостове землеробство. Господарство запланувало впровадження пілотного проекту мостового землеробства на вирощування овочевих культур.

4. З метою підвищення ефективності мостового землеробства в даній кваліфікаційній роботі розроблено активні робочі органи культиватора для агрегування з мостовою машиною. Дана розробка дозволить реалізувати прополювання 98 % площі вирощування рослин і відмовитися від застосування гербіцидів.

## Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Особливості процесу обробітку ґрунту в мостовому землеробстві

Впровадження мостового землеробства дозволяє реалізувати автоматизацію основних технологічних операцій в рослинництві. Жорстка прив'язка мостової машини до оброблюваної ділянки забезпечує досить точну координацію робочих органів технологічних машин без використання складних навігаційних систем. Використання електроприводів в енергетичній складовій мостових машин зменшує витрати на нафтові палива, які на даний час являються основним джерелом теплових енергетичних установок тракторів, автомобілів та інших сільськогосподарських машин.

Точна координація забезпечує реалізацію локального догляду за рослинами на полі. Це дозволяє зменшити витрати, як засобів захисту рослин так і витрати на добрива, які використовуватимуться персоніфіковано для кожної культури, що вирощується на полі. Мостове землеробство дозволяє підвищити ефективність точного землеробства, що набуває все більшого поширення в сільськогосподарських підприємствах. Ґрунтообробні операції в мостовому землеробстві виконуються локально з використанням активних робочих органів, як в міжряддях так і в рядку це суттємо скорочуючи частку ручної праці та застосування гербіцидів.

Сутність мостового землеробства полягає в поділі поля на зони вирощування культур (агротехнічні) та технологічні (транспорті та технологічні доріжки). Зони для вирощування рослин називаються загінками ширина яких залежить від довжини ферми мостової машини. Транспорті і технологічні доріжки складають координато-транспортну систему (КТС). По цим доріжкам відбувається переміщення мостової машини та транспорту забезпечення для підвезення необхідних матеріалів (посівний матеріал, добрива, рідини для захисту рослин та ін.) та вивезення збіжжя. На рисунку 2.1 приклад плану земельної ділянки, спроектованої для впровадження мостового

землеробства.

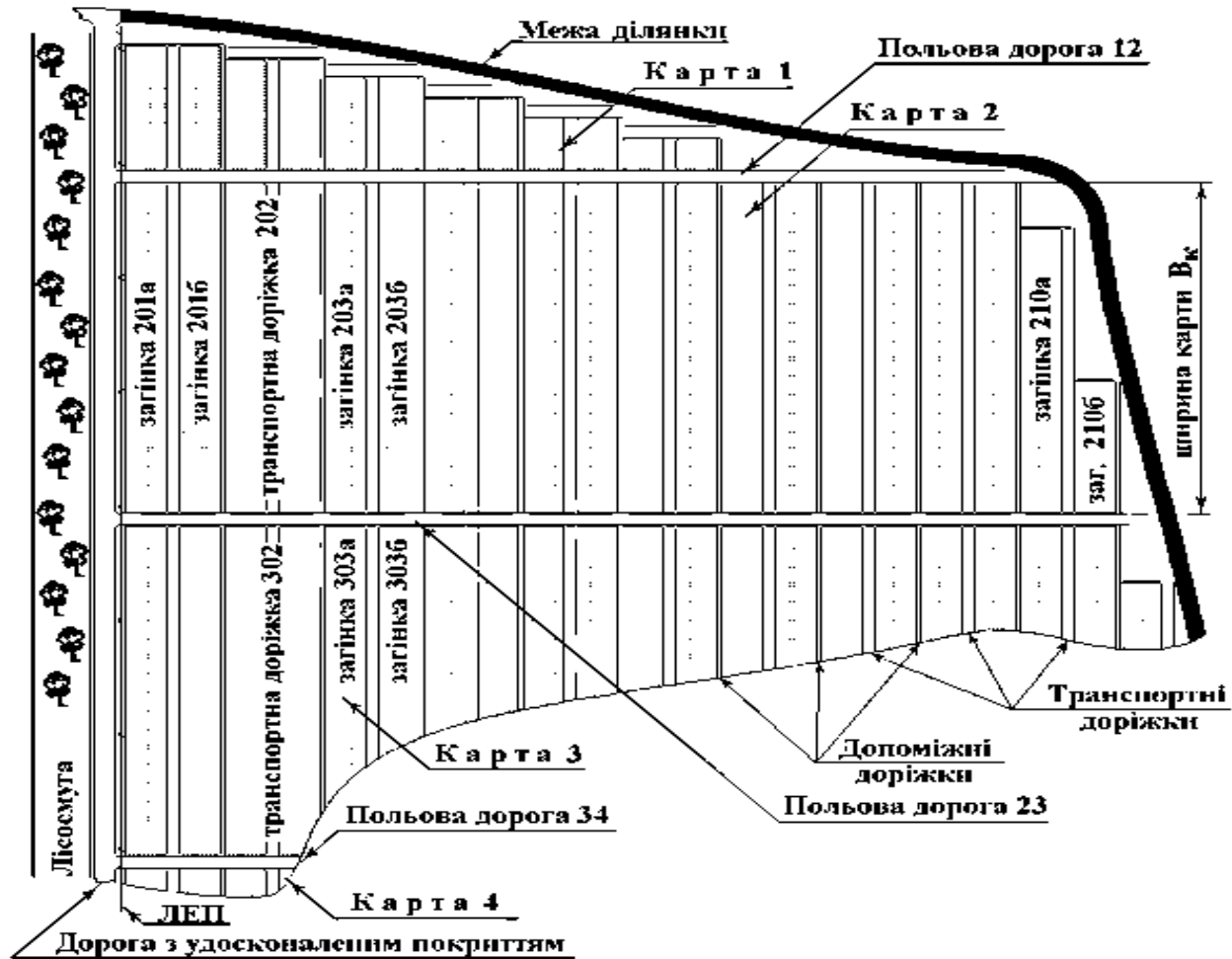


Рисунок 2.1 – Схема поля облаштованого під мостове землеробство [1]

На рисунку 2.2 представлено схему роботи культиватора з активними робочими органами в агрегаті з мостовою машиною. Жорстка прив'язка мостової машини до опорних точок дозволяє забезпечити точну координацію робочих органів. Активні робочі органи за рахунок точної координації можуть виконувати розпушування, як в міжрядді так і в рядках – це дозволить забезпечити обробку до 98 % поверхні поля і зменшити хімічне навантаження на ґрунт.

Формування рядків на полі задається мітками на опорних рейках ходової частини. Розміщення рослин в рядку (посів) задаємо встановленням міток (магнітні задатчики) на опорних балках ферми мостової машини – це дозволяє суттєво спростити виконання наступних операцій (прополювання, полив, підживлення, захист від шкідників) по догляду за рослинами з досить високою

точністю.

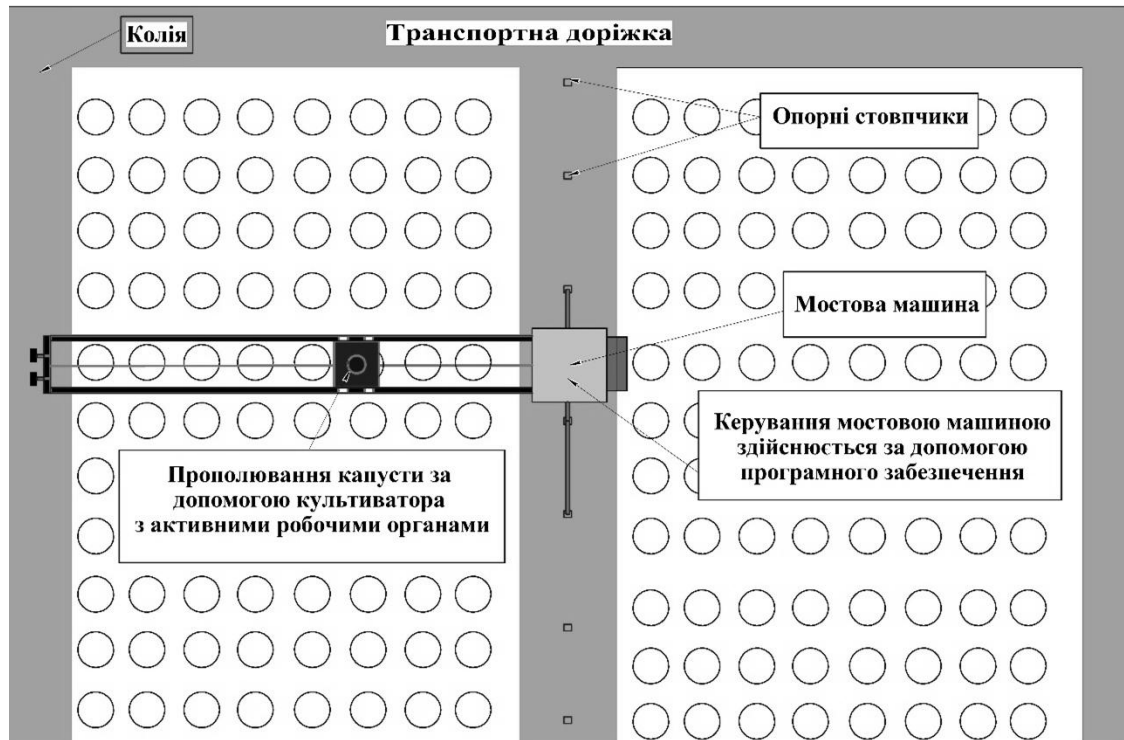


Рисунок 2.2 – Прополування овочевих культур за допомогою культиватора з активними робочими органами в мостовому землеробстві

Виконання операцію прополування культиватором з активними робочими органами здійснюється з мінімальною захисною смугою в межах 2...2,5 см, яке не можливо досягти при тракторній технології. Для реалізації задекларованого принципу роботи необхідно провести аналіз існуючих машин та патентний пошук культиваторів з активними робочими органами.

## 2.2 Аналіз культиваторів з активними робочими органами

Тривалий час англійською компанією Garford Farm Machinery ведеться робота по розробці та удосконаленню активних робочих органів культиваторів з розробкою систем по координації їх відносно рослин. Результатом роботи стало створення культиватора «Robocrop» з активними робочими органами. Культиватор дозволяє проводити прополування не тільки в міжрядді а і рядку. Розроблена компанією система координації робочих органів полегшує керування трактором зменшуючи концентрацію та напруження водія під час

виконання точних технологічних операцій [5].



Рисунок 2.3 – Культиватор «Robocrop»

а – міжрядний обробіток рослин; б – рядковий обробіток рослин.

Керування активними робочими органами культиватора здійснюється за допомогою інтелектуального електронного блоку та камери, яка відслідковує розміщення культурних рослин в рядку. Інформацію від камери надходить на опрацювання на блок керування після чого задається необхідна частота обертання активних робочих органів. Електронний блок також вираховує бокове положення робочих органів відносно рядків і коректує їх розташування за допомогою механізму зміщення робочих органів культиватора, встановленого на навісці трактора.

Активно такі культиватори застосовується на доглядах за посівами селери салатів, капусти, томатів з мінімальним інтервалом розміщення рослин в рядкові 15...20 см. Культиватори «Robocrop» виконують прополювання 98 % поверхні поля, що дозволяє відмовитися від використання гербіцидів на посівах овочів. Швидкодія культиватора складає 2 рослини за секунду.

Використовуючи можливості датчиків, які розпізнають культурні рослини, німецькі та датські науковці проводять роботу по створенню та

впровадженню модульного робота «Unkrautbekämpfung» (рис. 2.4 ) [6] з «інтелектуальним» робочим органом для видалення бур'янів. Основна мета розробки – забезпечення точної координації робочих органів відносно рослин, яка дозволить розширити зону міжрядного обробітку і тим самим зменшити застосування гербіцидів.

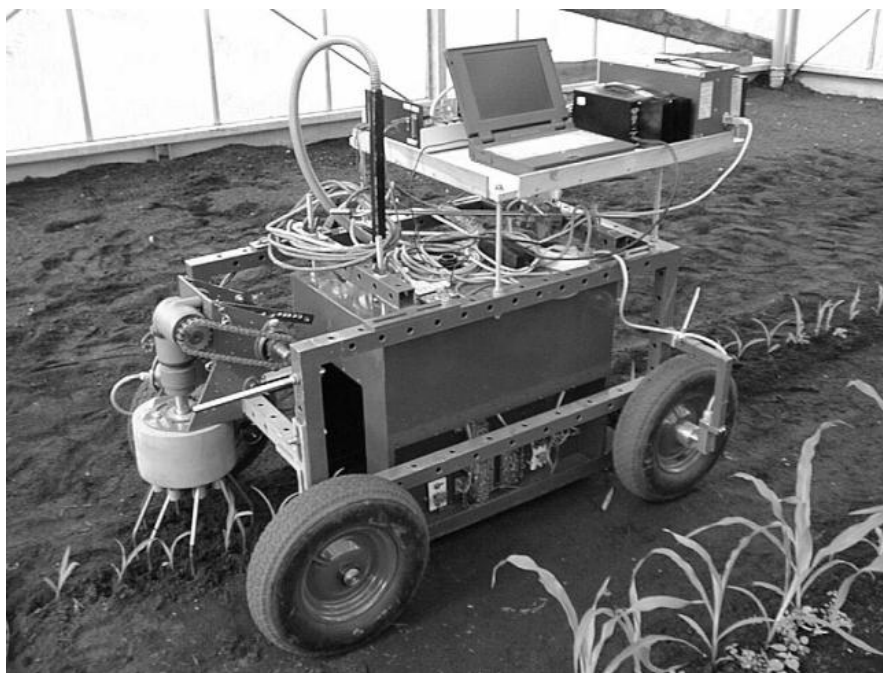


Рисунок 2.4 – Автономний польовий робот видалення бур'янів  
«Unkrautbekämpfung»

Автономний модуль реалізовано на основі попередньо проведених наукових робіт «Система сенсорного керування робочим органом видалення бур'янів», «OPTOMAIZER – система керування модульним транспортним засобом». Робот «Unkrautbekämpfung» працює наступним чином. Орієнтування модуля відносно рядка здійснюється комбіновано системою GPS та системою OPTOMAIZER. Під час переміщення модуля система керування робочим органом за допомогою сенсорів розпізнає культурні рослини і забезпечує рух активних елементів робочого органу по за межами захисних зон рослин.

Науковці ХНТУСГ запропонували свій варіант активного робочого органу по догляду за рослинами UA №97072 [7] (рис.2.5). Конструктивне рішення стосується машин для прополювання та вичісування бур'янів його задача підвищити ефективність цих процесів. Розробка дозволяє також

реалізувати одночасно розпушування ґрунту, автоматичне регулювання захисних зон для усунення пошкодження культурних рослин

Всі ці задачі можливо реалізувати використанням робочого органу ротаційного типу. Робочий орган активного культиватора складається з жорстких підпружинених зубів 3 з круглим перерізом або тригранним, внутрішнього диску 4 з вертикальними ножами 5. Роторна частина приводиться від гідромотора через редуктор 6 з кутовою швидкістю  $40 \dots 135 \text{ с}^{-1}$ . Активні робочі органи культиватора працюють на різній глибині в межах  $35 \dots 75 \text{ мм}$  виконуючи підрізання бур'янів з одночасним вичісуванням. Захисна зона знаходиться в межах  $28 \dots 55 \text{ мм}$  за швидкості переміщення культиватора  $1,23 \dots 3,35 \text{ м/с}$ . Використання захисних щитків 7 запобігає пошкодження розвинутої вегетаційної маси рослин.

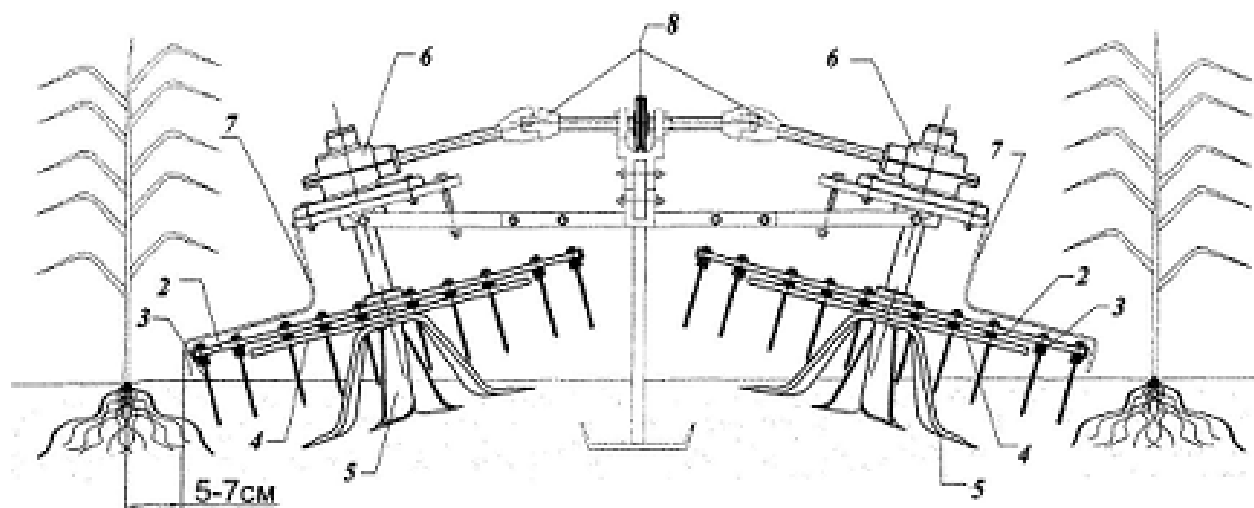


Рисунок 2.5 – Ротаційний культиватора №97072

1 – вісь; 2 - зовнішній диск; 3 – вичісувальні зуби; 4 – внутрішній диск  
5 – ножі вертикальної фрези; 6 – редуктор; 7 – захисні щитки; 8 – карданний привід

Автори стверджують, що запропонована конструкція роторного культиватора здатна забезпечити прополювання бур'янів до  $95,7 \%$  від загальної площі поля.

Винахідниками з Угорщини запропоновано ротаційну мотилу рис. 2.6. [8] Мета даного винаходу створення ротаційної мотики для розпушування та прополювання ґрунту. Прополювання чи розпушування відбувається за

постійної ширини обробітку при змінному куті атаки та частоті обертання активного робочого органу.

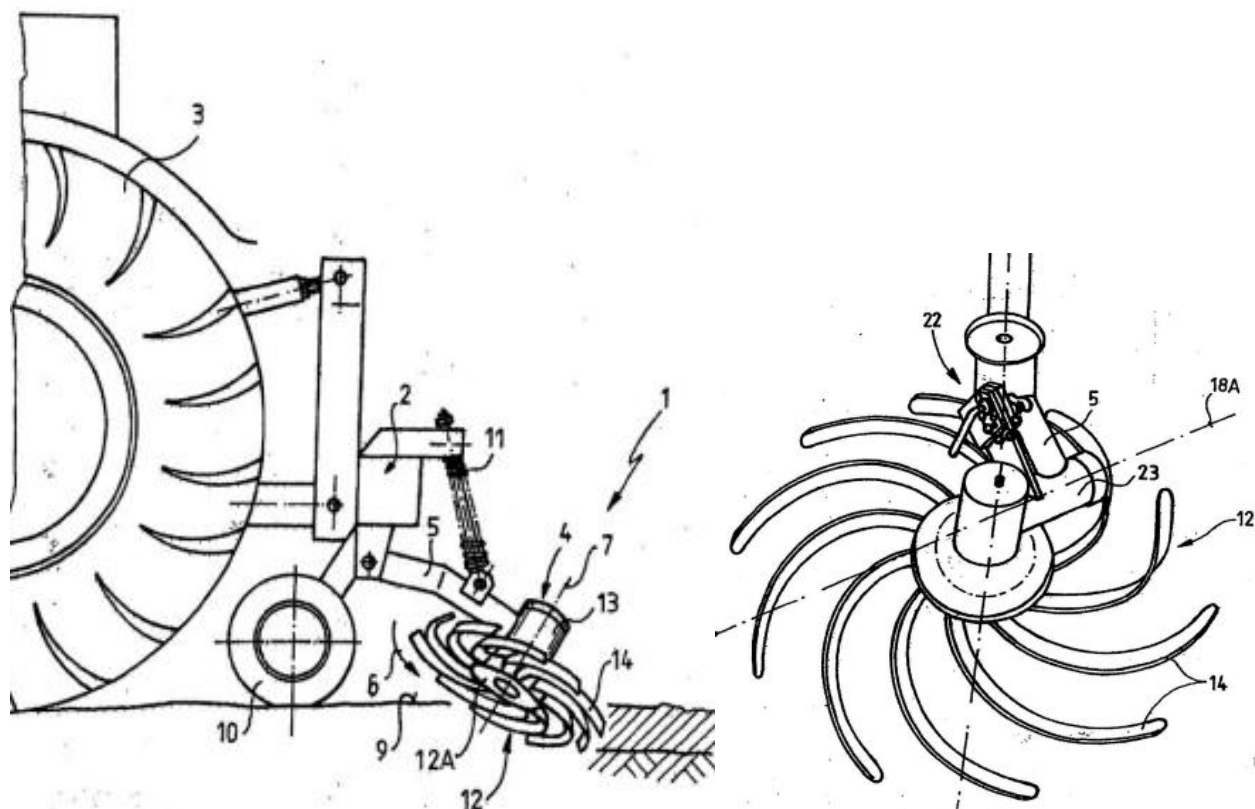


Рисунок 2.6 – Ротаційна мотика UA №99873 [8]

Ротаційна мотика під час роботи розміщується під кутом величина якого може змінюватися в межах від 5 до 70 градусів відносно поверхні ґрунту. Напрямок обертання показано стрілкою 6. Приводиться мотика за допомогою механічного привода з опорною частиною 13. Робочий орган голчастий диск 12 складається з голок серповидної форми з деяким закругленням в вертикальній площині. Конструкція мотики спирається на опорні колеса 10. Під час переміщення ротаційної мотики контактуючи з ґрунтом голчасті елементи 14 диска 12 вриваються в ґрунт та створюють обертовий момент ротаційної мотики. Змінюючи кут атаки змінюється глибина обробітку ґрунту та частота обертання активного робочого органу.

До основних переваг ротаційної мотики можна віднести універсальність тобто її можна застосовувати як для прополювання так і для розпушування ґрунту.

Відомо також інноваційне рішення для прополювання бур'янів в рядку

запропоноване компанією Ferrari під назвою автоматичний культиватор-полільник Remoweed (рис. 2.7) [9].

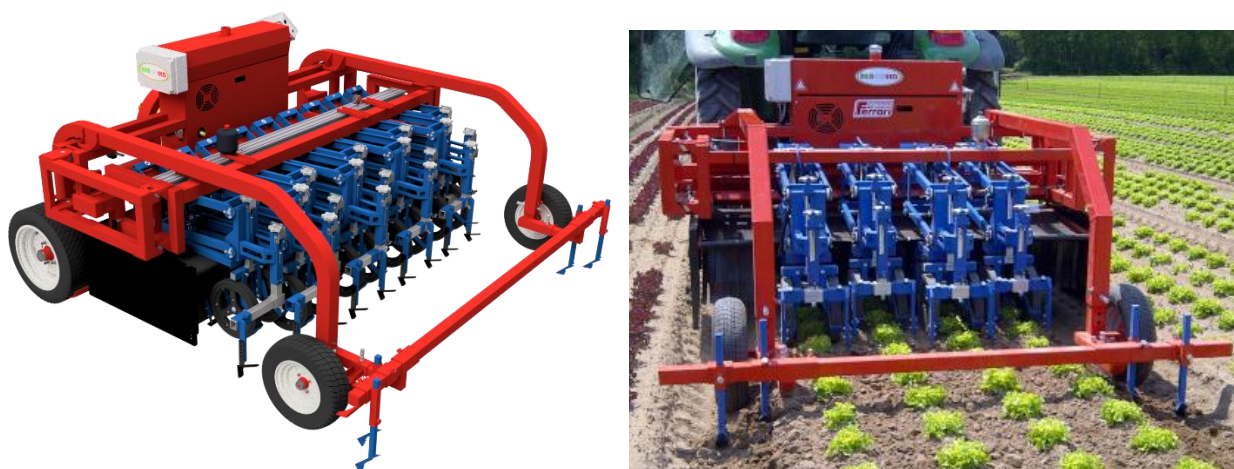


Рисунок 2.7 – Автоматичний культиватор-полільник Ferrari Remoweed [9]

Автоматичний культиватор-полільник дозволяє реалізувати прополювання в міжрядді, а також і між рослинами. За один прохід культиватора виконуються дві операції – рихлення ґрунту і підрізання бур'янів.

Машина складається з шарнірної рами піднімання якої реалізовано за допомогою гідравлічної системи. Культиватор комплектується прополювальними секціями по кількості рядів в загінці, але не більше чотирьох секцій на один культиватор. В залежності від потужності трактора, можна встановити від одного до трьох культиваторів, тобто до 12 рядків за один прохід може обробити такий машино-тракторний агрегат. Кожна секція обладнана інфрачервоним оптичним датчиком, який дозволяє визначити розташування культурних рослин в рядку. Робочі елементи культиватора (леза) приводяться в рух за допомогою гідроприводу. Захисна зона між лезами робочих елементів та рослинами становить 1 см. Контроль роботи кожною секцією здійснюється незалежно за допомогою материнської плати, що дозволяє точно керувати розташуванням лез.

Керування культиватором REMOWEED здійснюється за допомогою сенсорної панелі розташованої на робочому місці оператора (в кабіні). Робота з інтерфейсом досить проста, піктограми досить інформативні та зрозумілі.

Використання культиватора дозволяє реалізувати органічне землеробство в господарстві без використання гербіцидів та зменшити витрати на ручну працю.

### **2.3 Висновки**

1. Підвищення ефективності овочівництва залежить від якісного посівного матеріалу з високою продуктивністю, стійкістю до кліматичних умов, хвороб та шкідників. Розвиток механізації також грає ключову роль в зниженні трудомісткості основних виробничих процесів овочівництва. Завдяки технічному прогресу розвиток даної галузі суттєво прискорився. Робота, яка проводиться науковцями із Австралії, Англії, Голландії, Данії та інших країн наближає можливість персоніфікованого, автоматизованого виробництва овочевих культур. Не одну з останніх ролей в розвитку овочівництва грає і мостове землеробство.

2. Для підвищення ефективності мостового землеробства проведено аналіз активних робочих органів для виконання прополювальних та розпушувальних робіт в овочівництві. Розглянуто актуальні конструктивні розробки вітчизняних виробників та закордонних, а також проведено патентний пошук по даній тематиці.

3. Врахувавши переваги і недоліки кожної із розробок в наступному розділі буде розроблено конструкцію активного робочого органу адаптованого для агрегування з мостовою машиною.

## Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 3.1 Конструктивна схема та опис активного робочого органу культиватора для мостового землеробства

Враховавши переваги та недоліки розглянутих конструкцій культиваторів з активними робочими органами розроблено конструктивну схему культиватора з активними робочими органами адаптованого для агрегування з мостовою машиною рис. 3.1.

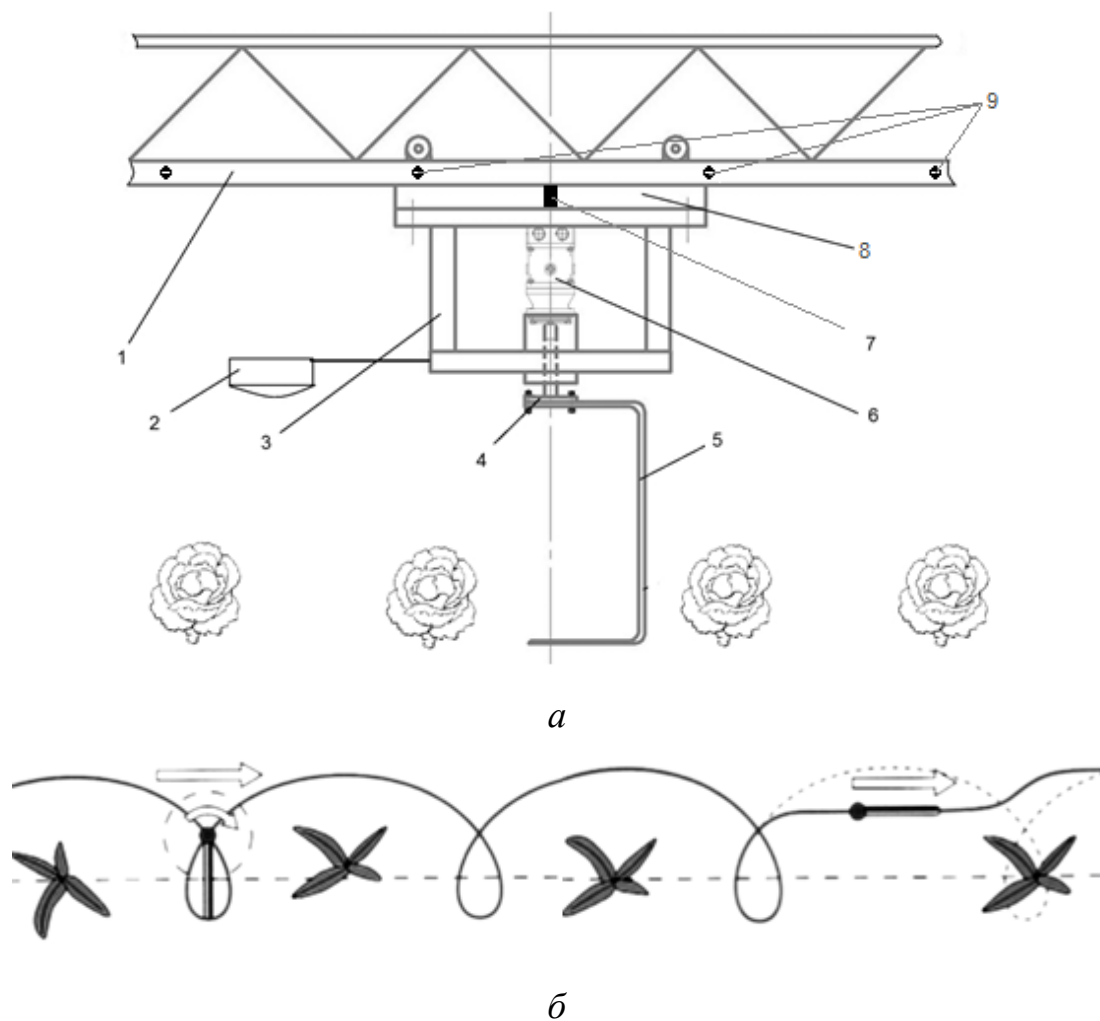


Рисунок 3.1 – Культиватор з активними робочими органами для мостового землеробства:

*a* – Загальний вигляд культиватора; *б* – траєкторія руху активного робочого органу

В основу конструкції поставлено задачу: створити такий активний робочий орган, що забезпечує якісне зрізання з наступним видаленням бур'янів в міжрядді та рядкові, одночасно забезпечується розпушування ґрунту. Конструкція культиватора дозволяє регулювати глибину та ширину робочої зони, кутову швидкість активних робочих органів [10, 11].

Поставлена задача вирішується використанням ротаційного активного робочого органу, що містить ротаційну сапу 5, частота обертання якої задається гідромотором 6 встановленим на рамі 3 закріпленій на рухомій каретці 8 мостового модуля 1. Робочий елемент ротаційної сапи занурюється в ґрунт на 35-60 мм і обертаючись з частотою 60-300 хв<sup>-1</sup> підрізає, та виносить бур'яни. Захисна зона в рядкові становить 45...55 мм, при прямолінійній швидкості руху 1-2 м/с. Пошкодження надземної частини рослин запобігає встановлений блок 2 сенсорного розпізнання культурних рослин.

Працює активний робочий орган наступним чином. Під час руху каретки 8 гідромотор приводить ротаційну сапу в рух траєкторія якого представлена на (рис. 3.1, б). Обертаючись робочий елемент сапи заходить в рядок підрізаючи та розпушуючи ґрунт. Координація робочого органу здійснюється за допомогою контрольних точок 9 та сенсорного блока розташування рослин. Під час переміщення датчик положення каретки 7 реагує на контрольні точки 9 та коректує частоту обертання роторної сапи, щоб виключити проходження робочого органу по захисній зоні розміщення рослин. Додатково переміщення робочого органу корегується за допомогою сенсорного блока 2.

Розробка конструкції даного типу стала можливою завдяки розвитку сенсорних технологій та гідроприводів малої механізації.

Використовуючи вихідні дані наведені в додатку А проведемо основні конструктивні розрахунки культиватора з активними робочими органами.

### 3.2 Розрахунок активного робочого органу

В процесі роботи активні робочі органи культиватора піддаються постійним навантаженням. Для забезпечення тривалої та надійної роботи культиватора проведемо розрахунок стійки активного робочого органу (ротаційної сапи) на згин (рис.3.2) [12, 13].

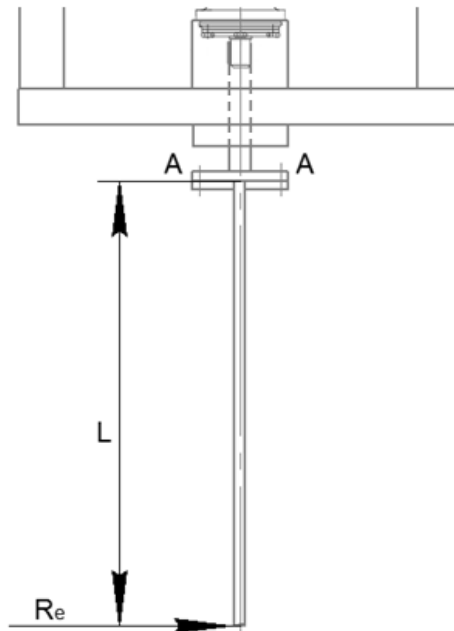


Рисунок 3.2 – Ротаційна сапа

В розрахунок приймаємо умову, що стійку зацмлену в перерізі А-А.

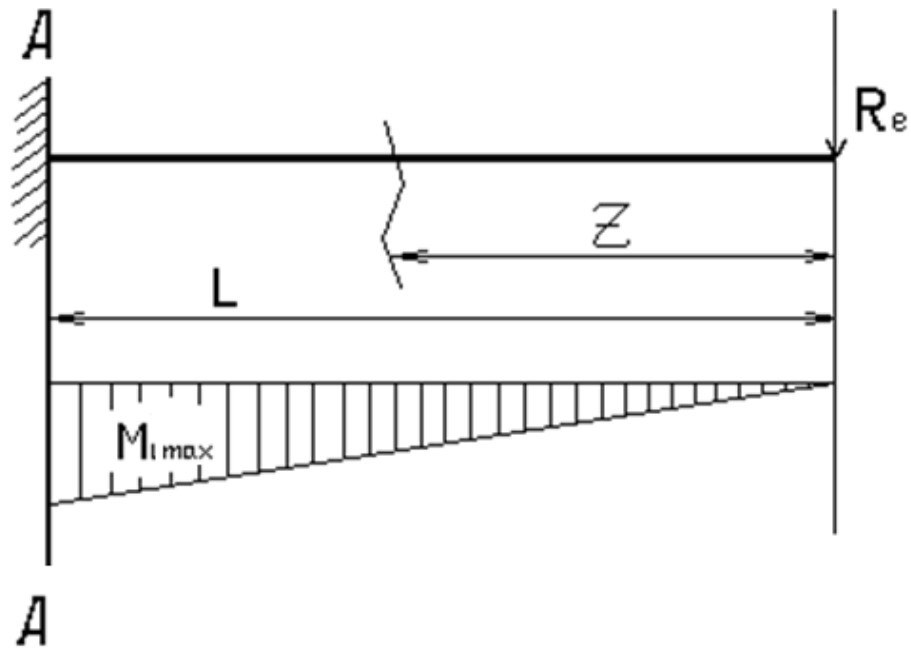


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

Згинаючий момент залежатиме від сили  $R_e$  [12, 14]:

$$M_z = R_e \cdot Z, \text{ Нм}; \quad (3.1)$$

$$0 \leq Z \leq L$$

Визначимо максимальний згинаючий момент в перерізі А-А за рівнянням:

$$M_{imax} = R_e \cdot L, \text{ Нм}; \quad (3.2)$$

де  $R_e$  – тяговий опір ротаційної сапи, приймаємо  $R_e = 0,160$  кН;

$L$  – відстань від точки прикладення сили  $R_e$  до точки защемлення стійки, м;

Значення  $L$ , приймаємо з урахуванням конструктивних розмірів стійки, отже  $L = 500$  мм;

тоді

$$M_{imax} = 160 \cdot 0,5 = 80 \text{ Нм.}$$

Розмір перерізу стійки визначиться з умови міцності на вигинання[14]:

$$[\sigma_u] = \frac{M_{imax}}{W}, \quad (3.3)$$

де  $[\sigma_u] = \sigma_T / n$ ;  $\sigma_T = 200 \text{ Н/мм}^2$  – межа текучості для сталі Ст-3;

$n = 3$  – коефіцієнт запасу міцності при знакоперемінному навантаженні;

$W$  – момент опору перерізу;

тоді 
$$[\sigma_u] = \frac{200}{3} = 67 \text{ Н/мм}^2;$$

Звідки

$$W = \frac{M_{imax}}{[\sigma_u]} = \frac{80 \cdot 10^3}{67} = 1194,03 \text{ мм}^3;$$

Параметри перерізу стійки визначаємо з виразу моменту опору для прямокутника (перерізу стійки):

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (3.4)$$

де  $b$  - ширина прямокутного перерізу, мм;

$h$  - довжина прямокутного перерізу, мм.

Параметр  $b$  приймаємо рівним 18 мм, параметр  $h$  визначаємо з рівняння моменту опору перерізу 3.4.

Тоді

$$h = \sqrt{\frac{W \cdot 6}{b}} = \sqrt{\frac{1194,03}{18}} = 19,95 \text{ мм}. \quad (3.5)$$

З урахуванням діаметрів отворів для кріплення стійки і забезпечення достатньої міцності стійки при короткочасно виникаючих в процесі роботи перевантаженнях приймаємо ширину стійки ротаційної сапи  $h=20\text{мм}$ .

### 3.3 Розрахунок на міцність кріплення активного робочого органу

Стійка кріпиться до фланця привода за допомогою болтів. Болт працює на зріз по одній площині та зминання фланцями привода та стійки робочого органу (ротаційної сапи) [15].

Кругове зусилля на відстані  $L$  від ріжучого леза сапи, зрізаюче болти визначимо за рівнянням:

$$F_3 = \frac{M_{imax}}{L} = \frac{0,8}{0,5} = 0,4 \text{ кН}; \quad (3.6)$$

Загальна площа зрізу болта буде дорівнює

$$A_{cp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot k = \frac{0,8}{0,5} = 0,4 \text{ кН}; \quad (3.7)$$

де  $d$  – діаметр перерізу пальця;

$k=1$  – число площин зрізу болта.

З урахуванням цих значень з умови міцності на зріз отримуємо:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_3}{\pi \cdot k \cdot [\tau]_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{75 \cdot 10^5 \cdot 3,14}} = 0,068 \text{ м}; \quad (3.8)$$

де  $[\tau]_{cp}$  - допустиме напруження зрізу стержня болта приймаємо згідно [15]. Отримане значення діаметра болта округляємо до нормального розміру:  $d=8$  мм приймаємо болт з метричною різьбою М8.

### 3.4 Розробка та розрахунок гідроприводу активного робочого органу

Структура принципової гідравлічної схеми об'ємного гідроприводу ОГП, кількість і вид використовуваних гідроапаратів і допоміжних пристроїв розробляються з урахуванням технологічних вимог до привода і умов експлуатації привода [16].

Технологічні вимоги визначають характер руху вала гідромотора (необхідність регулювання швидкості, необхідність реверсування напрямку

обертання, «жорстка» зупинка приводиться механізму або можливість вибігу по інерції тощо) і мають бути враховані при розробці принципової гідравлічної схеми включенням відповідних направляючих і регулюючих гідроапаратів.

Умови експлуатації приводу враховуються включенням в принципову гідравлічну схему відповідних допоміжних пристроїв (фільтрів, теплообмінників, гідроаккумуляторів тощо).

Для захисту приводу від перенавантажень у схему включаються запобіжні клапани. При розробці принципової гідравлічної схеми ОГП обертального руху може використовуватися як замкнута, так і розімкнена схеми циркуляції робочої рідини.

За замкнутою схемою циркуляції робочої рідини виконуються приводи, які повинні забезпечувати регулювання частоти обертання виконавчого механізму і (або) реверсування напрямку його обертання. Кожен гідромотор приводиться від окремого насоса.

Розімкнена схема циркуляції робочої рідини (рис. 3.4) характерна для гідроприводів, у яких від одного насоса приводяться як один, так і декілька гідромоторів, а також для приводів з дросельним регулюванням частоти обертання вала гідромотора, що актуально для нашого випадку.

Схеми з розімкнутою циркуляцією робочої рідини конструктивно простіші схем з замкнутою циркуляцією. Необхідна частота обертання вала гідромотора  $M$  встановлюється за допомогою регулюючого дроселя  $D$ , яким керує виконавчий механізм.

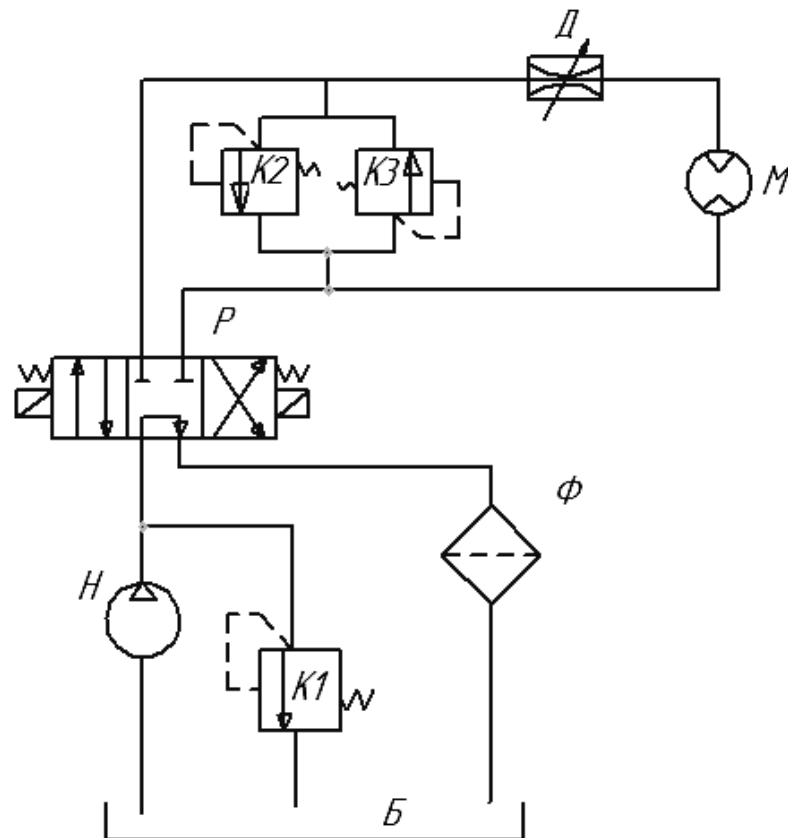


Рисунок 3.4 – Схема гідроприводу активного робочого органу  
культиватора

При використанні гідророзподільника Р з закритими в нейтральній позиції лініями нагнітання і зливу гідромотора (рис. 3.4) необхідно встановлювати запобіжні клапани К2 і К3, які захищають ці лінії від підвищення тиску із-за інерційності виконавчого механізму при зупинці приводу. Даний тип розподільника забезпечить миттєву зупинку робочого органу після обертання тобто виключить інерційність робочого органу, а відповідно не контролювану його роботу. Для захисту насоса від перевантажень використовується запобіжний клапан К1, настроєний на тиск спрацьовування трохи більше, ніж клапани К2 і К3.

Гідравлічний привід активних робочих органів культиватора повинен забезпечувати задану частоту обертання робочого органу і захист гідросистеми від можливих перевантажень. Режим роботи приводу - тривалий з постійним навантаженням при обох напрямках обертання. Вибіг вала гідромотора при

зупинці приводу не допускається. Всі гідролінії виконані металевими трубопроводами. У напірній гідролінії є 4 повороти типу «сверлений косинець» і 2 плавних повороти на  $90^\circ$ , в зливній гідролінії відповідно 4 крутих і 2 плавних повороти на  $90^\circ$ .

Гідропривід розташовується на поверхні, і контактує з зовнішнім середовищем. Діапазон температур експлуатації приводу від 0 до  $+40^\circ\text{C}$ .

Вихідні дані для розрахунку активного робочого органу наведено в додатку А.

### **3.4.1 Вибір робочого тиску**

Збільшення робочого тиску дозволяє отримати необхідну потужність приводу при менших витратах робочої рідини, і відповідно, при малих габаритах і масі насоса, гідромотора і приводу в цілому. Тому приводи з високим робочим тиском мають малу інерційність і забезпечують високу швидкодію. Але при цьому істотно зростають вимоги до параметрів стану робочої рідини, застосовуваним матеріалам, ущільнень, фільтрам і вартості експлуатації приводу. З іншого боку, для забезпечення великої потужності ОГП при малих (до 10 МПа) робочих тисках необхідно збільшувати витрату через гідромотор, що призводить до збільшення габаритів, маси та інерційності приводу, ємності гідробака. Тому в кожному конкретному випадку робочий тиск проектного ОГП вибирається з урахуванням призначення приводу і номінальних значень тисків, що використовуються у сільськогосподарському машинобудуванні насосів, гідромоторів, гидроапаратів і допоміжних пристроїв. Робочі тиски від 1,6 до 6,3 МПа характерні для допоміжних приводів.

Робочі тиски від 6,3 до 10 МПа застосовуються в приводах стаціонарних установок і навісних систем мобільних машин, а також в ОГП причіпних машин, що живляться від насоса тягача. У гідроприводах робочих органів, механізмів пересування, подачі та інших подібних силових приводах робочий

тиск 16-25 МПа, при жорстких вимогах до габаритів і маси до – 32 МПа. Робочий тиск  $p$  вибирається зі стандартного ряду номінальних тисків [16, 17], для нашого випадку приймаємо –  $p_1=10$  МПа.

### 3.4.2. Вибір робочої рідини

Робоча рідина для ОГП вибирається з урахуванням величини робочого тиску, режиму роботи привода і температурних умов експлуатації.

При робочих тисках до 10 МПа рекомендована кінематична в'язкість робочої рідини (при температурі 50 °С)  $\nu = 0,2 \cdot 10^{-4} - 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ; при тисках 10-20 МПа,  $\nu = 0,6 \cdot 10^{-4} - 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Для гідроприводів з важким режимом роботи (частий реверс, зміна навантаження на штоку у часі, дросельний регулювання швидкості) при інших рівних умовах слід вибирати робочу рідину з більшою в'язкістю, ніж для гідроприводів з легким режимом роботи (малі робочі тиски, постійні навантаження). При виборі робочої рідини слід враховувати температурний діапазон експлуатації привода. За нижній температурний режим застосування робочої рідини приймаємо температуру на 10-15 °С вище її температури застигання. При максимальній позитивній температурі робочої рідини в гідробаці (60-70 °С) її в'язкість повинна бути не нижче мінімального значення, при якому ще забезпечується змащення пар тертя без зниження об'ємного ККД.

Для найбільш поширених типів роторних насосів визначені мінімальні і максимальні значення кінематичної в'язкості,  $\text{м}^2/\text{с}$ :

	min $\nu$	max $\nu$
аксіально-поршневі	$(0,06-0,08) \cdot 10^{-4}$	$(18-20) \cdot 10^{-4}$
пластинчаті	$(0,10-0,12) \cdot 10^{-4}$	$(35-45) \cdot 10^{-4}$
шестеренні	$(0,16-0,18) \cdot 10^{-4}$	$(45-50) \cdot 10^{-4}$

Для нашого випадку обираємо робочу рідину марки МГ-15-В – масло мінеральне гідравлічне, кінематична в'язкість 13,5... 16,5  $\text{мм}^2/\text{с}$  при температурі

40 °С, густина рідини при 20°С  $\rho=885 \text{ кг/м}^3$ , за експлуатаційними властивостями призначене для гідравлічних системи з насосами всіх типів, що працюють при тиску вище 25 МПа й температурі робочої рідини в об'ємі більш 90 °С.

### 3.4.3 Вибір гідромотора

При виборі гідромотора слід розглянути два варіанта приводу виконавчого механізму: із з'єднанням через редуктор, який збільшує момент на валу гідромотора до величини  $M_{\text{вм}}$ , або з безпосереднім з'єднанням валів гідромотора і механізму. У першому (основному) варіанті низькомоментні гідромотори призводять виконавчий механізм через редуктор з передаточним числом  $i_p$ .

Розглянемо умову використання редуктора в приводі:

$$\frac{M_{2\text{ном}}}{n_{2\text{ном}}} < 10 \quad (3.9)$$

де  $M_{2\text{ном}}$  – номінальний момент гідромотора, Нм;

$n_{2\text{ном}}$  – номінальна частота обертання вала,  $\text{хв}^{-1}$

$$M_2 = \frac{M_{\text{вм}}}{i_p \cdot \eta_{\text{мр}}} \quad (3.10)$$

а робоча частота вала гідромотора

$$n_2 = i_p \cdot n_{\text{вм}} \quad (3.11)$$

де  $\eta_{\text{мр}}$  – механічний ККД редуктора.

$n_{\text{вм}}$  частота обертання на валу гідромотора,  $\text{хв}^{-1}$

При виборі передавального числа редуктора слід виходити з умови

$M_{2\text{НОМ}} \geq M_2$  з наступною перевіркою отриманої робочої частоти вала гідромотора на виконання умови  $n_{2\text{НОМ}} \geq n_2$ .

У другому варіанті зазвичай використовуються високомоментні гідромотори з  $M_{2\text{НОМ}}/n_{2\text{НОМ}} > 10$ .

Робоча частота  $n_2$  вала гідромотора в цьому випадку дорівнює частоті  $n_{\text{ВМ}}$  виконавчого механізму, крутний момент  $M_2$  на валу гідромотора дорівнює моменту опору  $M_{\text{ВМ}}$ .

Прийнятий типорозмір гідромотора також повинен відповідати умовам  $M_{2\text{НОМ}} \geq M_2$  і  $n_{2\text{НОМ}} \geq n_2$ .

Крім того, необхідна перевірка умови  $n_2 \geq n_{2\text{min}}$ , де  $n_{2\text{min}}$  – мінімально допустима для даного гідромотора стійка частота обертання валу.

Робоча частота гідромотора згідно даним наведеним в додатку А становить  $n_2 = n_{\text{ВМ}} = 120 \text{ хв}^{-1} = 2 \text{ с}^{-1}$ , момент на валу гідромотора  $M_2 = M_{\text{ВМ}} = 12,3 \text{ Нм}$ .

$$\frac{12,3}{120} = 0,102 < 10$$

В нашому випадку частота обертання не висока і як ми бачимо умова 3.9 виконується, привід виконуємо безпосередньо без редуктора. Обираємо аксіально-поршневий гідромотор марки Г-15-22 характеристику якого наведено в додатку Б.

Після вибору гідромотора слід визначити розрахунковий тиск  $p_{1p}$ , який повинен розвивати насос для забезпечення крутного моменту  $M_2$  (Н·м) на валу обраного гідромотора:

$$p_{1p} = \frac{2\pi \cdot M_2}{V_{o2} \cdot \eta_{M2} \cdot \eta_{\Gamma}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 12,3}{18 \cdot 10^{-6} \cdot 0,87 \cdot 0,9} = 5,5 \text{ МПа}, \quad (3.12)$$

де  $V_{o2}$  - робочий об'єм гідромотора  $\text{м}^3$ ;

$\eta_{м2}$  – механічний ККД гідромотора (визначається за наведеними в каталозі значень загального  $\eta_2$  і об'ємного  $\eta_{o2}$  ККД,  $\eta_{м2} = \frac{\eta_2}{\eta_{o2}} = \frac{0,85}{0,97} = 0,87$

$\eta_r$  – попередньо прийняте значення гідравлічного ККД гідропередачі знаходиться в межах 0,90-0,93, приймаємо 0,9.

З урахуванням втрат тиску на подолання опору гідравлічного тракту ОГП оптимальне значення  $p_{1p} = (0,94-0,90)$  від обраного робочого тиску приводу. При менших значеннях  $p_{1p}$  гідромотор буде недовантажений і ККД приводу знизиться.

Отримане значення  $p_{1p}$  порівнюється з прийнятим з стандартного ряду тисків робочим тиском  $p$ . Якщо  $p_{1p} > p$ , то при безпосередньому з'єднанні валів гідромотора і виконавчого механізму слід вибрати наступний типорозмір гідромотора з більшим робочим об'ємом  $V_{o2}$ .

#### 3.4.4 Визначення витрати робочої рідини в гідросистемі

Витрата  $Q_2$  через гідромотор для забезпечення необхідної частоти  $n_2$  обертання вала гідромотора,  $c^{-1}$ :

$$Q_2 = \frac{n_2 \cdot V_{o2}}{\eta_{o2}} = \frac{120 \cdot 18 \cdot 10^{-6}}{0,97} = 0,0022 \text{ м}^3/\text{хв} = 2,22 \text{ л/хв}, \quad (3.13)$$

де  $\eta_{o2}$  – об'ємний ККД гідромотора згідно даних наведених в додатку Б.

Необхідна розрахункова подача насоса з урахуванням втрат в насосі і гідроапаратах

$$Q_{1p} = \frac{Q_2}{\eta_{o1} \cdot \eta_{oa}} = \frac{0,0022}{0,95 \cdot 0,97} = 0,00238 \text{ м}^3/\text{хв} = 2,38 \text{ л/хв}, \quad (3.14)$$

де  $\eta_{o1}$  – попередньо прийнятий об'ємний ККД насоса, приймаємо 0,95;

$\eta_{oa}$  – попередньо прийнятий об'ємний ККД гідроапаратів.

Об'ємні ККД насосів при попередніх розрахунках: шестеренних – 0,75-0,9; роторно-пластинчастих – 0,65-0,8; аксіально-поршневих – 0,94-0,97; радіально-поршневих – 0,7-0,85.

Об'ємний ККД гідроапаратів для попередніх розрахунків  $\eta_{op} = 0,95-0,97$  приймаємо 0,97.

### 3.4.5 Вибір гідроапаратів і допоміжних пристроїв

Необхідні гідроапарати і допоміжні пристрої вибираємо у відповідності з прийнятою принциповою гідравлічною схемою ОГП наведеною в третьому розділі дипломного проекту з врахуванням розрахункової витрати робочої рідини  $Q_{1p} = 2,4$  л/хв. До складу схеми входять: трьохпозиційний розподільник з електромагнітним керуванням, запобіжний клапан, фільтр, бак.

Запобіжні та переливні клапани вибираємо за умовою пропуску розрахункової подачі  $Q_{1p}$  при тиску відкриття  $p_{max}$ .

Вибираємо за [16, 17] трипозиційний золотниковий розподільник 14ПГ73-1 з електромагнітним керуванням, у якого в нейтральному положенні напорна лінія з'єднана з лінією зливу. Номінальна витрата рідини 8 л/хв, номінальний тиск 20 МПа, втрати рідини  $Q_{вт..p} = 0,33$  см<sup>3</sup>/с = 0,020 л/хв, втрати тиску 0,3 МПа.

За умовою витрати подачі на насоса  $Q_1$  при тискові відкриття  $p_{max}$  вибираємо запобіжний клапан ВГ54-22 [17] (загальний вид та характеристику наведено в додаток В) з параметрами: номінальний тиск 0,3-10 МПа, номінальна витрата 18 л/хв., втрати рідини через клапан  $Q_{вт..к} = 0,4$  см<sup>3</sup>/с = 0,024 л/хв.

Типорозмір фільтра вибирається по каталогу з умови, що його номінальна витрата не менше потоку робочої рідини в місці установки фільтра, а номінальна тонкість фільтрації відповідає величині зазорів спряжених деталей гідромашин і гідроапаратів. Для ОГП з робочим тиском до 6,3 МПа (пластинчасті гідромашини) – рекомендована номінальна тонкість фільтрації

$\delta=63-80$  мкм, з робочим тиском до 10 МПа (шестеренні і героторні гідромашини) –  $\delta \leq 80$  мкм. При використанні радіально-поршневих і аксіально-поршневих гідромашин для робочих тисків до 16 МПа  $\delta =25-40$  мкм, більше 16 МПа  $\delta =10-15$  мкм. В нашому випадку застосовуються аксіально-поршневі машини, тому вибираємо сітчастий фільтр ФС-7 з тонкістю фільтрації в межах  $\delta =80$  мкм, пропускна здатність  $Q =7$  л/хв., перепад тиску  $\Delta p_{\phi}=0,25$  МПа.

### 3.4.6 Визначення втрат тиску в гідравлічному тракті ОГП

Уточнена потрібна подача насоса з урахуванням витоків у гідроапаратах

$$Q_1 = Q_2 + \Sigma \Delta Q_{вт} = 2,22 + 0,020 + 0,024 = 2,26 \text{ л/хв.} = 0,038 \text{ см}^3 / \text{с} , \quad (3.15)$$

де  $\Sigma \Delta Q_{вт}$  - сумарні втрати в обраних гідроапаратах і допоміжних пристроях.

Розрахунок втрат тиску виконується на ділянках гідравлічного тракту ОГП. Під ділянкою розуміється частина гідролінії між розгалуженнями, з однаковою витратою та діаметром. Ділянка може представляти собою прямий трубопровід або на ньому можуть бути розташовані різні місцеві опори (коліна, трійники, хрестовини, штуцери і т. п.) і гідроапарати.

Внутрішній діаметр гідролінії вибирається з умови забезпечення необхідного потоку  $Q_1$  робочої рідини з прийнятим значенням середньої швидкості  $v$ .

Рекомендовані швидкості робочої рідини в трубопроводах: для всмоктуючих трубопроводів - 0,5-1,5 м/с; для зливних трубопроводів - 2-3 м/с; для нагнітальних трубопроводів - 3-5 м/с;

Для довгих трубопроводів (з відношенням довжини до діаметра більше 100) ці значення швидкостей зменшуються на 30-50 %.

Для всмоктуючого трубопроводу приймаємо швидкість  $v=1,2$  м/с

$$d_B = \sqrt{\frac{Q_1}{\pi \cdot g}} = \sqrt{\frac{0,038 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,0067 \text{ м} = 6,8 \text{ мм}, \quad (3.16)$$

Приймаємо стандартне значення діаметра трубопроводу  $d_B = 8 \text{ мм}$ .

Для нагнітаючого трубопроводу приймаємо швидкість  $v=3 \text{ м/с}$  при значеннях  $Q_1$  в л/хв і  $v$  в м/с

$$d_H = 4,6 \sqrt{\frac{Q_1}{g}} = 4,6 \sqrt{\frac{2,26}{3}} = 4,3 \text{ мм}, \quad (3.17)$$

Приймаємо стандартне значення діаметра трубопроводу  $d_H = 6 \text{ мм}$ .

Для зливного трубопроводу приймаємо швидкість  $v=2 \text{ м/с}$  при значеннях  $Q_1$  в л/хв і  $v$  в м/с

$$d_3 = 4,6 \sqrt{\frac{Q_1}{g}} = 4,6 \sqrt{\frac{2,26}{2}} = 5,3 \text{ мм}, \quad (3.18)$$

Приймаємо стандартне значення діаметра трубопроводу  $d_3 = 6 \text{ мм}$ .

По отриманим значенням діаметрів трубопроводів отримуємо дійсне значення швидкостей за формулою

$$g = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot d^2} \text{ м/с}. \quad (3.19)$$

Для всмоктуючого трубопроводу:

$$g_B = \frac{4 \cdot 0,038 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,008^2} = 0,75 \text{ м/с}.$$

Для нагнітаючого трубопроводу:

$$g_H = \frac{4 \cdot 0,038 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 1,34 \text{ м/с}.$$

Для зливного трубопроводу:

$$g_3 = \frac{4 \cdot 0,038 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 1,34 \text{ м/с.}$$

Гідравлічні втрати  $\Delta p$  в тракці ОГП складаються з втрат  $\Delta p_T$  на гідравлічне тертя по довжині трубопроводів, втрат  $\Delta p_M$  в місцевих опорах і втрат  $\Delta p_a$  в гідроапаратах і допоміжних пристроях.

Втрати тиску на тертя на  $i$ -тій ділянці

$$\Delta p_T = \lambda \frac{l_i \cdot \rho \cdot g_i^2}{2 \cdot d_i}, \text{ Па,} \quad (3.20)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт опору по довжині;

$l_i$  і  $d_i$  - довжина і діаметр  $i$ -ої ділянки трубопроводу, м;

$v_i$  - середня швидкість на цій ділянці, м/с;

$\rho$  - густина рідини, приймаємо 885 кг/м<sup>3</sup>.

Для обчислення коефіцієнта  $\lambda$  необхідно визначити число Рейнольдса

$$R_e = \frac{d \cdot g}{\nu}, \quad (3.21)$$

де  $\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості робочої рідини, м<sup>2</sup>/с.

Визначаємо число Рейнольдса для всмоктуючої лінії:

$$R_{eB} = \frac{0,75 \cdot 0,008}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 400.$$

Визначаємо число Рейнольдса для нагнітаючої лінії:

$$R_{eH} = \frac{1,34 \cdot 0,006}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 300.$$

Визначаємо число Рейнольдса для зливної лінії:

$$R_{e3} = \frac{1,34 \cdot 0,006}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 300.$$

При ламінарному режимі руху рідини ( $Re < 2300$ ) для металевих трубопроводів

$$\lambda = \frac{75}{R_e}. \quad (3.22)$$

Визначаємо коефіцієнт опору для всмоктуючої лінії:

$$\lambda_B = \frac{75}{400} = 0,187.$$

Визначаємо коефіцієнт опору для нагнітальної лінії:

$$\lambda_H = \frac{75}{300} = 0,25.$$

Визначаємо коефіцієнт опору для лінії зливу:

$$\lambda_3 = \frac{75}{300} = 0,25.$$

За формулою 3.20 визначимо втрати тиску на тертя.

На всмоктуючій лінії:

$$\Delta p_{TB} = 0,187 \cdot \frac{0,5 \cdot 885 \cdot 0,75^2}{2 \cdot 0,008} = 2909 \text{ Па.}$$

На нагнітаючій лінії:

$$\Delta p_{TH} = 0,25 \cdot \frac{2 \cdot 885 \cdot 1,34^2}{2 \cdot 0,006} = 66222 \text{ Па.}$$

На зливній лінії:

$$\Delta p_{T3} = 0,25 \cdot \frac{1,5 \cdot 885 \cdot 1,34^2}{2 \cdot 0,006} = 49659 \text{ Па.}$$

Сумарні втрати на тертя

$$\sum \Delta p_T = \Delta p_{TB} + \Delta p_{T3} + \Delta p_{TH} = 2909 + 66222 + 49659 = 118790 \text{ Па.} \quad (3.23)$$

Втрати тиску від місцевих опорів

$$\Delta p_M = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ Па} \quad (3.24)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору (коефіцієнт втрат).

Коефіцієнти місцевих опорів в відповідності з завданням: для крутого повороту  $\xi_{кр}=0,15$ ; для плавного повороту  $\xi_{пл}=0,12$ ; для сверленого косинця  $\xi_{ск}=2,4$ . Крім того, є місцеві опори: вхід у всмоктуючий трубопровід  $\xi_{вх}=0,5$ , трійник на прохід в місці приєднання запобіжного клапана до напірного трубопроводу  $\xi_{тр}=0,6$  і вихід із зливного трубопроводу  $\xi_{вих}=1$  [4].

Тоді для лінії всмоктування

$$\Delta p_{МВС} = 0,5 \cdot 885 \cdot \frac{0,75^2}{2} = 124,45 \text{ Па}$$

Для лінії нагнітання (на лінії 4 повороти типу «сверлений косинець», 2 плавних повороти на  $90^\circ$ , трійник на прохід в місці приєднання запобіжного клапана до напірного трубопроводу)

$$\Delta p_{МН} = (4 \cdot 2,4 + 2 \cdot 0,12 + 0,6) \cdot 885 \cdot \frac{1,34^2}{2} = 8295 \text{ Па.}$$

Для лінії зливу (на лінії 4 крутих і 2 плавних повороти на  $90^\circ$ , вихід із зливного трубопроводу)

$$\Delta p_{МЗ} = (4 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,12 + 1) \cdot 885 \cdot \frac{1,34^2}{2} = 1461 \text{ Па.}$$

Сумарні втрати на місцевих опорах

$$\sum \Delta p_m = \Delta p_{МВС} + \Delta p_{МЗ} + \Delta p_{МН} = 124,45 + 8295 + 1461 = 9880,45 \text{ Па.} \quad (3.25)$$

Для послідовно з'єднаних ділянок гідравлічного тракту ОГП гідравлічні втрати визначають підсумовуванням втрат тиску на всіх ділянках. При паралельному з'єднанні ділянок втрати розраховуються окремо для кожної паралельної гілки. За розрахункове значення втрат на паралельному з'єднанні приймається найбільша з них.

Сумарні втрати тиску в гідравлічному тракті ОГП

$$\Delta p = \sum \Delta p_T + \sum \Delta p_M + \sum \Delta p_P + \sum \Delta p_\phi, \text{ Па} \quad (3.26)$$

$$\Delta p = 118790 + 9880,45 + 300000 + 250000 = 678670,45 \text{ Па} = 0,678 \text{ МПа.}$$

де  $\sum \Delta p_p$  – втрати тиску в реверсивному розподільнику, 300000 Па;

$\sum \Delta p_\phi$  – втрата тиску на фільтрі, 250000 Па.

### 3.4.7 Вибір насоса, визначення частоти обертання його валу

Дійсний робочий тиск, що розвивається насосом:

$$p_1 = p_{1p} + \Delta p = 5,48 + 0,678 = 6,15 \text{ МПа} \quad (3.27)$$

Уточнене значення гідравлічного ККД

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{\Delta p}{p_1} = 1 - \frac{0,678}{6,15} = 0,89 \quad (3.28)$$

За відомим значенням потрібної подачі  $Q_1$  насоса і дійсного робочого тиску  $p_1$  вибирається з каталогу насос з найбільш близьким до робочого тиску  $p_1$  номінальним тиском  $p_{1\text{ном}} \geq p_1$  і номінальною подачею  $Q_{1\text{ном}} \geq Q_1$ .

За відомих значень необхідної подачі насоса  $Q_1 = 2,26$  л/хв і дійсного робочого тиску  $p_1 = 6,15$  МПа з каталогу вибираємо насос з найбільш близьким до робочого тиску номінальним тиском  $p_{1\text{н}} \geq p_1$  і номінальною подачею  $Q_{1\text{н}} \geq Q_1$ .

Вибираємо [5] насос пластинчастий типу Г10-12, у якого:  $p_{1\text{н}} = 10$  МПа,  $Q_p = 10$  л/хв, робочий об'єм  $V_{o1} = 10$  см<sup>3</sup>/об, загальний ККД  $\eta = 0,85$ , об'ємний ккд  $\eta_{o1} = 0,92$ , номінальна частота обертання вала насоса 1000 хв<sup>-1</sup>.

Робоча частота обертання вала насоса  $n_1$  в с<sup>-1</sup> (при  $Q_1$  в м<sup>3</sup>/с і робочому обсязі  $V_{o1}$  в м<sup>3</sup>), при якій буде забезпечена задана частота обертання  $n_2$  вала гідромотора:

$$n_1 = \frac{Q_1}{V_{o1} \cdot \eta_{o1}} = \frac{0,038 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,92} = 4,13 \text{ с}^{-1} = 248 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.29)$$

Робоча частота не повинна перевищувати номінальну частоту  $n_{1\text{н}}$ .

Умова виконується  $1000 \text{ хв}^{-1} \geq 248 \text{ хв}^{-1}$ , отже насос вибрано правильно.

### 3.4.8 Потужність приводного двигуна, ККД гідроприводу

Потужність, споживана насосом:

$$N_1 = \frac{p_1 \cdot Q_1}{1000} = \frac{6,15 \cdot 10^6 \cdot 0,038 \cdot 10^{-3}}{1000} = 0,233 \text{ кВт.} \quad (3.30)$$

Корисна потужність, що розвивається гідромотором:

$$N_2 = \frac{M_2 \cdot \omega_2}{1000} = \frac{2\pi \cdot n_2 \cdot M_2}{1000} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 12,3}{1000} = 0,154 \text{ кВт.} \quad (3.31)$$

де  $\omega_2$  – кутова швидкість вала гідромотора, рад/с;

$n_2$  – частота обертання вала гідромотора в  $\text{с}^{-1}$ .

Коефіцієнт корисної дії об'ємної гідропередачі

$$\eta_{III} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{0,154}{0,233} = 0,66 \quad (3.32)$$

При визначенні потужності приводного двигуна для насоса необхідно врахувати його робочий режим, виходячи з характеру навантаження гідроприводу. Можна виділити три режими роботи гідроприводів:

- тривалий – робота з постійним навантаженням протягом тривалого часу, співставного з постійною часу нагрівання двигуна або з постійної часу навантаження, повторюється часто;

- короткочасний – робота з короткочасним дією пікового навантаження, при якій розвивається насосом тиск більше номінального; час роботи вхолосту або зі значно меншим навантаженням або час стоянки набагато більше часу роботи та постійної часу навантаження;

- повторно-короткочасний – робота з повторно-короткотимчасовим навантаженням, чергування порівнянних за часом періодів навантаження і роботи вхолосту.

Двигун приводу з тривалим режимом роботи слід вибирати по номінальному режиму, що визначається максимально необхідною подачею насоса при максимальному тиску нагнітання насоса.

Потужність двигуна в цьому випадку визначають за формулою

$$N = 2\pi \cdot M_{дв} \cdot n_{дв} = \frac{k \cdot Q_1 \cdot p_1}{\eta_1} = \frac{1,1 \cdot 0,038 \cdot 10^{-3} \cdot 6,15 \cdot 10^6}{0,92 \cdot 1000} = 0,28 \text{ кВт.}, \quad (3.33)$$

де  $M_{дв}$  – момент на валу двигуна, Нм;

$n_{дв}$  – частота обертання двигуна,  $c^{-1}$ ;

$k = 1,0-1,1$  – коефіцієнт запасу;

$Q_1$  – подача насоса,  $m^3/c$ ;

$p_1$  – тиск нагнітання насоса, Па;

$\eta_1$  – ККД насоса.

Якщо насос приводиться через проміжну передачу, то потужність приводного двигуна

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta_{пр}} = \frac{0,28}{0,99} = 0,282 \text{ кВт.}, \quad (3.34)$$

де  $\eta_{пр}$  - ККД передачі від приводного двигуна до насоса приймаємо 0,99.

Загальний коефіцієнт корисної дії гідроприводу

$$\eta = \frac{N}{N_{дв}} = \frac{0,154}{0,282} = 0,55 \quad (3.35)$$

### 3.4.9 Вибір регульованого гідродроселя

Для регулювання швидкості переміщення робочих органів шляхом зміни витрати рідини використовують регульовані гідродроселі двох типів: кранові та золотникові. Вибір дроселя здійснюється за витратою робочої рідини  $Q_1 \geq Q_d$  та робочого тиску  $p_1 \geq p_d$ . Приймаємо гідродросель золотниковий Г55-22Б [17] з витратою  $Q_{д\text{мін}} = 0,11$  л/хв  $Q_{д\text{мак}} = 20$  л/хв., та номінальним тиском  $p_d = 12,5$  МПа.

### 3.4.10 Розрахунок гідробака

Визначаємо кількість виділюваної в ОГП теплоти  $G$  з урахуванням режиму роботи привода:

$$G = N_1 \cdot k_n \cdot (1 - \eta) = 0,233 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,55) = 31,5 \text{ Вт.} \quad (3.36)$$

де  $k_n = 0,3$  – коефіцієнт, що враховує тривалість роботи привода під навантаженням [16].

Приймаємо сталу температуру робочої рідини рівній рекомендованій експлуатаційній температурі:  $t_y = 70$  °С. Перепад температур на стінці бака

$$\Delta t = t_y - t_n = 70 - 20 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.37)$$

де  $t_n = 20$  °С – температура навколишнього повітря:

Достатній для охолодження робочої рідини корисний об'єм гідробака

$$V = \sqrt{\left(\frac{G}{a \cdot k_{np} \cdot \Delta t}\right)^3} = \sqrt{\left(\frac{31,5}{0,065 \cdot 15 \cdot 50}\right)^3} = 0,51 \text{ дм}^3, \quad (3.38)$$

де  $a=0,065$  – емпіричний коефіцієнт [16];

$k_{np}=15$  – коефіцієнт теплопередачі через стінку бака від робочої рідини до навколишнього середовища.

Повний геометричний об'єм прямокутного гідробаку з умови його наповнення на 0,8 висоти складає

$$V_\sigma = \frac{V}{0,8} = \frac{0,51}{0,8} = 0,65 \text{ дм}^3, \quad (3.39)$$

Приймаємо найближче стандартне значення об'єму гідробака 0,7 дм<sup>3</sup>.

### **3.5 Висновки**

1. Врахувавши переваг та недоліки конструктивних рішень розроблено культиватор з активними робочими органами адаптований для агрегування з мостовою машиною

2. За результатами розрахунків на міцність отримано значення геометричних розмірів стійки ротаційної сапи культиватора та елементів її кріплення.

3. Врахувавши особливості технологічного процесу роботи культиватора розроблено схему гідравлічного приводу активних робочих органів (ротаційної сапи). Проведено розрахунки та обрано основні елементи гідроприводу.

## **Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **4.1 Організація охорони праці в господарстві**

В ТД «Agro Demetra» за охорону праці відповідає керівник підприємства, своїм наказом створив служби охорони праці та поклав відповідальність за стан охорони праці на структурні підрозділи: тваринництва – зоотехнік, рослинництва – головний агроном, механізації – головний інженер, який додатково виконує обов'язки інженера з охорони праці.

Охорона праці організована відповідно до положень Конституції України, статей Кодексу законів про працю та положень Закону «Про охорону праці» [24, 25].

Персонал з охорони праці підрозділу контролює та доповідає про обстановку на робочих місцях, що підтверджується їх журналом реєстрації та відповідними документами. Робочі підрозділи обладнані куточками охорони праці з відповідним обладнанням. Інженер з охорони праці здійснює періодичний контроль стану обладнання та засобів захисту на шкідливих ділянках.

Виробничі підрозділи ферм забезпечені куточками з охорони праці та засобами пожежогасіння, медичними аптечками (аптечками) та інструкціями на виробництві.

На території господарства розміщений медичний пункт де організовано щоденний огляд водіїв перед початком зміни.

Відповідальним за охорону праці механізованих робіт являється головний інженер. На механізованій бригаді організовано кабінет та куточок з охорони праці. В приміщеннях ремонтних боксів та обслуговування машин функціонує

належне освітлення та вентиляція. Вся територія механізованої бригади має достатнє зовнішнє освітлення та обладнана громовідводами.

Пункт видачі паливо-мастильних матеріалів має відповідно куточок пожежної безпеки та обладнано громовідводами.

На території головної садиби господарства, де розташовується головна майстерня і будинок механізатора з їдальнею, знаходиться санітарний вузол

з душовими кімнатами, який містить 5 умивальників до яких підведена холодна і гаряча вода. Також в приміщенні майстерні знаходиться гардероб. В усіх санітарних вузлах є засоби для миття і спеціальні рідини, для застосування при більш складних забрудненнях.

В цілому по господарству стан охорони праці знаходиться у задовільному стані. В товаристві, колективним Договором 100% передбачено фінансування охорони праці.

#### **4.2 Заходи з охорони праці під час експлуатації активного культиватора в агрегаті з мостовою машиною**

Всі енергетичні процеси мостової машини та навісних механізмів виконуються з використанням електроприводів. Мостова машина експлуатується в умовах підвищеної запиленості та агресивного впливу опадів на конструктивні елементи машини. Відповідно всі елементи машини та робочих органів навісного обладнання повинні мати ступінь захисту IP44.

Робота машини дозволяється тільки за умови заземлення робочої конструкції мостової машини. До роботи з мостовою машиною допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли первинний інструктаж з охорони праці, інструктаж з експлуатації мостової машини при роботі з активним культиватором.

Перед початком роботи необхідно оглянути мостову машину та активний культиватор, щоб переконатися, що всі деталі та елементи справні та надійно з'єднані. Перевірити та підготувати робочу ділянку для виконання безпечної культивації:

- оглянути оброблену ділянку, видалити сміття, тверді або гострі предмети;
- перевірити наявність аптечки та вогнегасника.

В процесі роботи необхідно стежити за виконанням технологічного процесу мостовою машиною з активним культиватором. Після проходження першої смуги необхідно перевірити глибину обробки ґрунту, при необхідності провести регулювання, активного робочого органу культиватора елемента. Обслуговування, ремонт та очищення проводити при вимкненому приводі.

При роботі з культиватором **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**:

- передавати керування обладнання стороннім особам;
- експлуатувати пристрій без захисних пристосувань;
- працювати з обладнанням босоніж або у відкритих сандалях;
- наближати руки чи ноги до рухомих частин мостової машини з активним культиватором;
- працювати з обладнанням під впливом наркотиків, алкоголю, ліків.

Після виконання роботи зупинити роботу мостової машини, вимкнути активний культиватор та перевести його в транспортне положення. Очистити робочі поверхні мостової машини та культиватора і оглянути елементи і вузли на наявність пошкоджень. Прибрати культиватор в спеціально відведене, сухе, добре провітрюване місце.

Вразі виникнення надзвичайної, аварійної ситуації поломки пристрою, нещасного випадку на виробництві: негайно зупинити роботу мостової машини, повідомити про поломку чи нещасний випадок керівництво. При отриманні травми чи проблем зі здоров'ям, негайно припинити виконання

роботи, та повідомити про це керівника. За необхідності звернутися до медичного пункту.

У разі ураження електричним струмом необхідно:

- відключити живлення об'єкта враження струмом або усунувши джерело впливу від жертви. Робити це слід сухими мотузками, палицями тощо.
- не торкайтеся руками потерпілого під дією електричного струму.
- викликати швидку допомогу;
- огляньте постраждалого, обробіть та перев'яжіть зовнішні пошкодження;
- якщо пульсу немає, зробіть штучне дихання та непрямий масаж серця.
- необхідно вжити заходів до відновлення функцій організму.

#### **4.3 Оцінка впливу мостового землеробства на навколишнє середовище**

Мостове землеробство дозволяє покращити екологічні показники та зменшити екологічне навантаження завдяки використанню в роботі електроприводів, які працюють без викиду в навколишнє середовище токсичних компонентів в порівнянні з двигунами внутрішнього згорання, що широко застосовуються на машино-тракторних агрегатах. Використання запропонованого культиватора для мостового землеробства дозволяє відмовитися від використання гербіцидів за рахунок прополювання до 98 % площі поля. Така можливість виробничого процесу забезпечує вирощування органічних культур. Впровадження мостового землеробства дозволяє реалізувати точне землеробство «Bridge Technology» економити воду та добрива, вносячи їх локально на посівні площі оброблюваної землі. Усунення ущільнення ґрунт у місцях розвитку рослин, дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур до 30-40%.

#### **4.4 Висновки**

В цілому охорону праці в господарстві в задовільному стані. В зв'язку з появою в господарстві нової машини розроблено комплекс заходів з охорони праці при експлуатації активного культиватора в агрегаті з мостовою машиною.

Впровадження мостового землеробства з розробленим культиватором дозволяє відмовитися від використання гербіцидів та забезпечити вирощування органічної продукції.

### **Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ**

Проведеними дослідженнями встановлено, що впровадження технологій мостового землеробства дозволяє отримати зростання валових зборів вирощуваних сільськогосподарських культур до 30-40% за рахунок усунення негативного впливу на ґрунт ходових апаратів. Використання електрифікованих мостових машин дозволяє реалізувати автоматизацію основних технологічних процесів, знизити витрати на паливо-мастильні матеріали. Запропонована конструкція культиватора з активними робочими органами в агрегаті з мостовою машиною дозволяє проводити прополювання бур'янів на 98 відсотках вирощуваної площі, та відмовитися від застосування гербіцидів.

В перший рік впровадження мостової технології спостерігається економічний ефект від заміщення на тягових машинах використання двигунів внутрішнього згорання електродвигунами та можливістю автоматизації основних виробничих процесів. Ефект від усунення ущільнення рушіями спостерігається на першому році використання технології приростом врожаю на 10-20% в наступні роки на 30-40% .

Розрахунок економічного ефекту проведемо на порівнянні двох технологій вирощування капусти на площі 10 гектар з базовим застосуванням техніки та проектним «агромостове землеробство». Вихідні дані для розрахунку наведено в додатку Д.

Визначимо річні експлуатаційні витрати  $p$ . Вони включають в себе витрати на оплату праці, вартість ПММ (або електроенергії, в проектному варіанті), амортизаційні відрахування, витрати на ремонти [26]:

Розрахунок річних експлуатаційних витрат виконаємо за формулою:

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{оп}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \quad (5.1)$$

де:  $B_{\text{оп}}$  – витрати на оплату праці, грн;

$A$  – відрахування на амортизацію, грн;

$T$  – відрахування на ремонти техобслуговування, грн;

$B_{\text{рес}}$  – вартість енергетичних ресурсів, грн;

$IB$  – інші витрати грн.

Витрати пов'язані з оплатою праці:

$$B_{\text{оп}} = Z + H_3, \quad (5.2)$$

де:  $Z$  – фонд оплати праці, грн.;

$H_3$  - нарахування на фонд оплати праці, грн.

$$H_3 = 0,22 \cdot Z. \quad (5.3)$$

Фонд оплати праці визначимо за формулою:

$$Z = N_n \cdot t_{\text{доб}} \cdot D \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.4)$$

де:  $N_n$  - кількість робітників, чол.;

$t_{\text{доб}}$  – час роботи машин, год/добу;

$D$  – час роботи машини на протязі року, днів;

$C_{\text{год}}$  - ставка погодинної оплати, грн.

Відрахування на амортизацію:

$$A = \frac{B_m \cdot \alpha \cdot t_{\text{доб}} \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z \cdot t} \quad (5.5)$$

де:  $B_m$  – вартість машин, грн.;

$\alpha$  – норма відрахування на амортизацію машини за рік, 15 %.

$Z$  – кількість змін за добу.

Витрати на поточні ремонти та техобслуговування:

$$T = \frac{B_m \cdot b \cdot t_{\text{доб}} \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z \cdot t} \quad (5.6)$$

де:  $b$  – річні відрахування на ремонт і техобслуговування, 10 %.

Витрати на енергетичні ресурси:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{пмм}} + B_{\text{елек}}, \quad (5.7)$$

де  $B_{\text{пмм}}$  – витрати на паливо, грн;

$B_{\text{елек}}$  – витрати на електроенергію, грн.

Вартість інших витрат, які складають 5% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{B_{\text{он}} + A + T + B_{\text{рес}}}{100} \cdot 5, \quad (5.8)$$

Річний економічний ефект від зменшення витрат на експлуатацію:

$$E_{EP} = B_{ексБ} - B_{ексП}, \text{ грн}, \quad (5.9)$$

де  $B_{ексБ}$  – експлуатаційні витрати базового варіанту, грн/рік;

$B_{ексП}$  – експлуатаційні витрати проектного варіанту, грн/рік.

Річний економічний ефект з врахуванням приросту врожайності :

$$E_P = (E_{EP} + E_{Bp}), \text{ грн/га}, \quad (5.10)$$

де  $E_{Bp}$  – прибуток від приросту врожайності, грн;

Термін окупності проекту:

$$T_o = \frac{B_m}{E_p}, \quad (5.11)$$

де:  $E_p$  – загальний річний економічний ефект , грн.

Результати проведених розрахунків за двома варіантами базовим та проектним представимо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічна оцінка проекту

Показник	Варіанти		Проектний варіант в грн до базового
	Базовий	Проектний	
Склад агрегату	Енергетичні засоби згідно технологічної карти	Мостова машина та адаптовані с.г. машини	-
Вирощувана культура	Капуста	Капуста	-
Площа вирощування, га	10	10	-
Балансова вартість машин, грн	534923	450400	-84523
Річні експлуатаційні витрати – всього, грн	258947,56	193286,56	-65661
на оплату праці, грн	34979,84	44974,08	+9994,24

амортизаційні відрахування, грн	80238,45	67560	-12678,45
на поточні ремонти та техобслуговування, грн	53492,3	45040	-8452,3
витрати на паливо, грн	71376	9648	-61728
витрати на електроенергію, грн	5913,6	16400,16	10486,56
- інші витрати	12947,37	9664,32	-8452,3
Загальний економічний ефект, грн	163579		
Термін окупності проекту, років	1,72		

### Висновки

Економічний ефект проектного варіанту досягається за рахунок використання мостових засобів механізації енергетична складова яких споживає електричну енергію. Використання електричних приводів дозволяє реалізувати автоматизацію основних технологічних процесів та спростити навігації робочих органів відносно рослин. Впровадження мостового землеробства на вирощуванні овочів з розширенням його можливостей за рахунок розробленого активного культиватора для прополювання бур'янів дозволило підвищити врожайність на вирощуванні капусти з 33,4 т/га до 38,5 т/га. Відповідно отримати загальний річний економічний ефект на площі в 10 га 163579 грн або 16357,9 грн на одному гектарі. Термін окупності проекту за такої ефективності складе 1,72 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного аналізу сучасних засобів механізації овочівництва відкритого ґрунту встановлено, що перспективним напрямком, що дозволить автоматизувати основні процеси в рослинництві та знизити залежність від енергоресурсів нафтового походження являється мостове землеробство.

2. З метою підвищення ефективності овочівництва розглянуто пілотний проект мостового землеробства з розробкою культиватора з активними робочими органами.

3. Для реалізації поставленої задачі проведено аналіз конструкцій культиваторів з активними робочими органами та розроблено конструкцію культиватора адаптованого для роботи з мостовою машиною.

4. Врахувавши особливості технологічного процесу роботи культиватора розроблено схему гідравлічного приводу активних робочих органів (ротаційної сапи). Проведено розрахунки та обрано основні елементи гідроприводу. Розрахунками встановлено, що необхідна потужність для приводу одного активного органу (ротаційної сапи) культиватора повинна становити 0,154 кВт, тяговий опір 0,16 кН, максимальна частота обертання  $120 \text{ хв}^{-1}$ .

5. В зв'язку з появою в господарстві нової машини розроблено комплекс заходів з охорони праці при експлуатації активного культиватора в агрегаті з

мостовою машиною, що дозволить знизити ризики виробничого травматизму при виконанні технологічних операцій. Використання мостових машин з розробленою конструкцією культиватора дозволить відмовитися від використання гербіцидів та реалізувати органічне вирощування овочевих культур.

6. За результатами проведеного розрахунку техніко-економічних показників проекту встановлено, що впровадження мостового землеробства з розширенням його можливостей за рахунок розробленого активного культиватора для прополювання бур'янів дозволило підвищити врожайність на вирощуванні капусти з 33,4 т/га до 38,5 т/га. Річний економічний ефект на площі в 10 га склав 163579 грн . Термін окупності проекту за такої ефективності становить 1,72 року.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. В.О. Улексін. Мостове землеробство. Монографія. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 224 с.
2. <http://www.thtechnology.co.uk/>
3. <http://hortibot.dk/>
4. 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.
5. <http://robocrop.co.uk/>
6. [http:// Unkrautbekämpfung.com/](http://Unkrautbekämpfung.com/)
7. Авторське свідоцтво UA №97072. Ротаційний культиватор
8. Авторське свідоцтво UA №99873. Ротаційна мотика
9. <https://newagri.online/product/propalyvatel-robotizirovannyj-ferrari-remoweed/>
10. Д.Г. Войтюк . Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта, 2004. 544 с

11. В.М. Арендаренко, О.М. Іванов, О.О. Назаренко. Основи дослідження і проектування механізмів і машин. Навчальний посібник – Полтава, 2016. –272 с.
12. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
13. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. 268 с.
14. Штанько П.К., Шевченко В.Г., Дзюба Л.Ф., Пасіка В.Р., Поляков О.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 376 с
15. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков І.Є. Деталі машин: Підручник. – Дніпропетровськ: Авантаж, 2006. – 448 с.
16. О.М. Погорілець. Гідропривід сільськогосподарської техніки. К: Вища освіта, 2004. – 368 с.
17. Гідравліка і гідропривод: довідник / В.Г. Федоров, Н.С. Мамелюк, О.І. Кепко, О.С. Пушка; за ред. В.Г.Федорова. Умань: Видавничополіграфічний центр «Візаві», 2017. – 135 с.
18. Гевко Б.М. Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки : посібник / Б.М.Гевко, С.Г.Білик., А.Ю.Ліник, О.В.Фльонц.– Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 384 с.
19. Г.І. Тараканова і В.Д. Мухіна. Овочівництво - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Колос, 2003
20. Жалнин Э.В., Муфтеев Р.С. История развития и перспективы внедрения мостового растениеводства // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 2002, №5, - С. 23...30.
21. Ковалевський, В.Ф. Довідник з гідроприводів / Ковалевський В.Ф., Желєзняков Н.Т., Бейлін Ю.І. – К.: Надра, 1993. - 504 с.
22. Іванов А.О. Теорія автоматичного керування / А.О. Іванов. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2003. – 250 с.

23. Теоретична механіка / В. М. Булгаков, В. В. Яременко, О. М. Черниш, М. Г. Березовий. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 640 с.

24. «Закон України «Про охорону праці». Закон введено в дію з дня опублікування – 24.11.1992 року N 2695-ХІІ)»

25. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

26. Сичова М.О. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню диплом-них проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі тракторів і автомобілів [Текст] / Дніпр, держ. агр. ун-т.; уклад. М.О. Сичова, Н.О Шевченко. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. -24 с.

**ДОДАТКИ**

## Додаток А

Таблиця А – Вихідні дані для розрахунку активного робочого органу

<b>Показник</b>	<b>Позначення</b>	<b>Значення</b>
Довжина стійки, м	$L_c$	0,5
Ширина активного робочого органу, м	$B_o$	0,15
Тяговий опір ротаційної сапи, кН	$R_e$	0,160
Момент на валу ротора, Нм	$M_{BM}$	12,3

Частота обертання ротора, $\text{хв}^{-1}$	$n_{\text{ВМ}}$	120
Робочий тиск гідроприводу, МПа	$P_n$	10
Довжина лінії всмоктування, м	$l_{\text{В}}$	0,5
Довжина лінії нагнітання, м	$l_{\text{Н}}$	2
Довжина лінії зливу, м	$l_{\text{З}}$	1,5

## Додаток Б



Рисунок Б – Загальний вигляд гідромотора Г-15-22

Таблиця Б – Основна характеристика гідромотора Г-15-22

Параметри	Позначення	Значення
Робочий об'єм, см <sup>3</sup> /об	$V_{o2}$	18
Номінальний тиск, МПа	$p_{2ном}$	10
Номінальний крутний момент, Нм	$M_{2ном}$	12,3
Найбільша частота обертання, хв <sup>-1</sup>	$n_{2ном}$	1000
Найменша частота обертання, хв <sup>-1</sup>	$n_{2мін}$	10
Загальний ККД	$\eta_2$	0,85
Об'ємний ККД	$\eta_{o2}$	0,97
Маса, кг	$m_M$	7

## Додаток В



Рисунок В – Загальний вигляд клапана ВГ54-22

Таблиця В – Технічна характеристика клапана

Показник	Значення
Робочий тиск, МПа	10
Умовний прохід, мм	10
Максимальна витрата, л/мин	20
Вага, кг	1,6

Додаток Г



Рисунок Г – Загальний вигляд вигляд регульованого дроселя ПГ-55-2

Параметри	Значення
Номінальна витрата, л/хв	0,20
Мінімальна витрата, л/хв	0,11
Номінальний тиск, МПа	12,5
Втрати тиску в дроселі, МПа	0,15

### Додаток Д

Таблиця Д – Вихідні дані для проведення економічного розрахунку

Показники	Базовий	Проектний
Площа землі в обробці, га	10	10
Витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га	1487	201
Витрати електроенергії, кВт·год/га	3520	9762
Балансова вартість машин, грн/га	534923	450400

№	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка
		Вартість електроенергії, грн/кВт	1,68 <i>Документація</i>	1,68	
		Вартість дизельного палива, грн/кг	48 <i>Вигляд загальний</i>	48	
		Кількість днів виконання технічним засобом операцій на протязі року, днів	<del>36</del> <i>Складальні одиниці</i>	36	
	1	52.ДП.027.101.000СК	Мостовий модуль	1	
	3	52.ДП.027.103.000СК	Культиватор	1	
	4	52.ДП.027.100.004	Опорні ролики каретки	4	
	5	52.ДП.027.100.005	Активний робочий	2	
	8	52.ДП.027.108.000СК	Каретка мостового	1	
		Врожайність, т/га	33,4	38,5	
		Прибуток від реалізації продукції, грн	<i>Стандартні вироби</i> 723512	821430	
	2		<i>Сенсорний датчик</i> <i>Sensor</i>	1	
	6		<i>Гідромотор Г-15-22</i>	1	
	7		<i>Датчик переміщення</i> <i>герконовий CAMOZZI</i>	1	
	9		<i>Задатчики</i> <i>магнітний N38 ø12x3мм</i>	50	

Пілл. і дата  
Взам. інв. №  
Інв. № двбл.  
Пілл. і дата  
Інв. № пілл.

<b>52.ДП.027.100.000В3</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Коцюбенко		
Перев.		Бойко В.Б.		
Т. контр.				
Н. контр.		Золотовська		
Затв.		Теслюк Г.В.		
<b>Мостова машина в</b>			Літ	Лист
<b>агрегаті</b>				Листів
<b>ДААЕУ</b>				
<b>МС-4-20</b>				

