

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку**

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

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Ефективність використання техніки при  
вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням  
агрегату для основного обробітку ґрунту**

**Виконав:** студент 4 курсу, групи АІ-2-21  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Булаш Денис Андрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Макаренко Дмитро Олександрович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«      »                                  2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ СТУДЕНТУ

Булашу Денису Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Ефективність використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням агрегату для основного обробітку ґрунту

керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«07» травня 2025 року № 964

2. **Строк подання студентом роботи** 05.06.2025 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Статистичні дані щодо виробництва зерна кукурудзи. Аналіз зернового експортного ринку України. Огляд основних технологій вирощування кукурудзи на зерно, які застосовуються в Україні. Література технічних рішень щодо удосконалення конструкцій плугів для підвищення їх ефективності використання.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз виробництва кукурудзи на зерно в Україні та особливостей технології її вирощування. 2. Розробка складових технологічної карти вирощування кукурудзи на зерно. 3. Удосконалення конструкції плуга ПЛН-3-35. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка проекту.

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

1. Аналіз вирощування кукурудзи на зерно (А1). 2. Аналіз технічних рішень з обраної тематики (А1) 3. Технологічна карта виробництва кукурудзи на зерно (А1) 4. Плуг ПНЛ-3-35М (роторний) (А1). 5. Ротор (складальне креслення) (А2) 6. Вал (А4). 7. Стержень (А4) 8. Робочий елемент (А4). 9. Шарнір кріплення робочого елементу (А4). 10. Техніко-економічна оцінка проекту(А1).

## 6. Консультанти розділів проєкту

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| нормоконтроль | Макаренко Д.О., доцент                    |                |                  |

7. Дата видачі завдання: 20.02.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Оглядовий                       | до 27.03.2025 р.              | виконано |
| 2     | Розробка технології вирощування | до 22.04.2025 р.              | виконано |
| 3     | Удосконалення конструкції       | до 12.05.2025 р.              | виконано |
| 4     | Охорона праці                   | до 23.05.2025 р.              | виконано |
| 5     | Економічна частина              | до 29.05.2025 р.              | виконано |
| 6     | Графічна частина                | до 05.06.2025 р.              | виконано |

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Булаш Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Макаренко Д.О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

## АНОТАЦІЯ

Булаш Д.А. Ефективність використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням агрегату для основного обробітку ґрунту / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

В дипломному проєкті проаналізовано сучасний стан вирощування кукурудзи на зерно в Україні. Розглянуто особливості технологій вирощування даної культури. Обґрунтовано вибір технології вирощування та перелік технологічних операцій виробництва кукурудзи на зерно. Розроблено операційну технології основного обробітку ґрунту. Запропоновано удосконалення конструкції плуга шляхом встановлення роторів-розпушувачів в зону сходження ґрунту з відвалу. Виконані інженерно-технічні розрахунки конструкції ротора. Розглянуто заходи з безпеки при виконанні обробітку ґрунту. Виконано техніко-економічну оцінку проєкту.

*Ключові слова:* кукурудза на зерно, обробіток ґрунту, плуг, ротор-розпушувач, операційна технологія, оранка.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                                | <b><u>7</u></b>  |
| <b>1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УКРАЇНІ ТА<br/>ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ ЇЇ<br/>ВИРОЩУВАННЯ.....</b> | <b><u>10</u></b> |
| 1.1 Місце кукурудзи на зерно в структурі вирощування продукції<br>сільського господарства .....                  | <u>10</u>        |
| 1.2 Огляд технологій вирощування кукурудзи на зерно .....                                                        | <u>15</u>        |
| 1.3 Оцінка впливу обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи .....                                                | <u>20</u>        |
| 1.4 Обґрунтування теми дипломного проєкту .....                                                                  | <u>22</u>        |
| <b>2. РОЗРОБКА СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ<br/>ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО .....</b>                        | <b><u>25</u></b> |
| 2.1 Обґрунтування складових плану механізованих робіт виробництва<br>кукурудзи на зерно .....                    | <u>25</u>        |
| 2.2 Розробка технологічної карти на вирощування кукурудзи .....                                                  | <u>27</u>        |
| <b>3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГА ПЛН-3-35.....</b>                                                          | <b><u>32</u></b> |
| 3.1 Аналіз відомих технічних рішень щодо удосконалення конструкції<br>плугів .....                               | <u>32</u>        |
| 3.2 Інженерно-технічні розрахунки .....                                                                          | <u>40</u>        |
| 3.3 Розробка операційної технології основного обробітку ґрунту .....                                             | <u>43</u>        |
| <b>4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>                                                                                    | <b><u>50</u></b> |
| <b>5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ .....</b>                                                                | <b><u>52</u></b> |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>                                                                                    | <b><u>58</u></b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>                                                                           | <b><u>60</u></b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>                                                                                              | <b><u>63</u></b> |

## ВСТУП

Вирощування кукурудзи на зерно є важливою складовою зернового господарства України в умовах сучасного агропромислового виробництва. Нині надзвичайно актуальним є питання забезпечення стабільного зернофуражного балансу, який не має альтернатив у системі продовольчої безпеки держави. Кукурудза істотно впливає не лише на розвиток тваринництва, а й на всю зернову галузь економіки в цілому. Останніми роками кукурудза посідає провідні позиції на світовому ринку зернових культур.

Завдяки високій врожайності кукурудзи та її конкурентоспроможності на ринку зерна, посівні площі цієї культури в Україні останніми роками стрімко зростають. У степових районах її частка може сягати 40–50%, а в загальній структурі посівів кукурудза на зерно має становити щонайменше 20–25%. Сьогодні одним із ключових завдань є створення та впровадження високопродуктивних сівозмін із обмеженим набором культур, що мають високий попит на ринку, відповідають оптимальній структурі посівних площ і водночас не виснажують родючість ґрунтів.

Якісне зерно кукурудзи, що відповідає встановленим стандартам, є важливою сировиною для харчової, переробної, медичної, мікробіологічної, а також паливно-енергетичної промисловості. Завдяки високій енергетичній цінності зерно кукурудзи використовується для виробництва біоетанолу та інших видів альтернативного палива. Сьогодні, із продуктів переробки кукурудзи одержують біо розкладні екологічні безпечні пластики, зокрема PLA. Їх застосування має вагоме значення у забезпеченні, як предметів харчової промисловості так і в сфері машинобудуванні.

Природно-економічні умови України дозволяють, не лише повністю задовольнити внутрішній попит на цю культуру, але й суттєво розширити експортний потенціал. У 2024 році площі вирощування кукурудзи на зерно становили майже 4,1 млн. га. За результатами 2023-24 маркетингового року обсяг експорту кукурудзи досяг 29,3 млн. т., при тому що виробництво даної культури

в попередньому році склало 29,6 млн. т. Одержана виручка від реалізації даної культури у 2023-24 МР склала 4,7 млрд. \$ та була найбільшою з експорту серед всіх сільськогосподарських культур.

Посівні площі та врожайність даної культури в попереднє десятиліття суттєво відрізнялося. Однією з причин цього є несприятливі погодні умови та проблеми із забезпеченням необхідного живлення (висока вартість добрив). Важливим стримувальним фактором залишалися також економічні труднощі, зокрема порушення цінового паритету між продукцією сільського господарства і засобами виробництва, що унеможливлювало навіть мінімальне відтворення виробничого процесу в багатьох господарствах.

Вирощування даної культури потребує обрання оптимальних технологій вирощування, попередників, районованих гібридів (адаптованих до конкретних природньо-кліматичних вимог) та комплексу операцій з догляду та підживлення даної культури. Одним із найважливіших комплексів технологічних операцій вирощування кукурудзи на зерно є системи обробітку ґрунту. Саме за рахунок її оптимізації можна одержувати значно вищу врожайність або меншу собівартість. Все залежить від завдань та фінансових можливостей господарства. Це можливо реалізувати за рахунок розробки технологічних карт на вирощування кукурудзи, з врахування вище вказаних вимог.

Тому, метою дипломного проєкту є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно шляхом оптимізації технологічних процесів.

Для досягнення даної мети необхідно виконати такі завдання:

1. Аналіз виробництва кукурудзи на зерно в Україні та особливостей технологій її вирощування;
2. Розробити перелік технологічних операцій та технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно;
3. Проаналізувати конструктивні рішення щодо удосконалення конструкції плуга. Запропонувати технічне рішення по удосконалення агрегату

для основного обробітку ґрунту. Навести перевірочні розрахунки елементів запропонованої конструкції;

4. Розглянуті вимоги безпеки при виконанні обробітку ґрунту;
5. Провести техніко-економічної оцінку проєкту.

## **1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УКРАЇНІ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ**

### **1.1 Місце кукурудзи на зерно в структурі вирощування продукції сільського господарства**

Сьогодні одним із ключових завдань є створення та впровадження високопродуктивних сівозмін із обмеженим набором культур, що мають високий попит на ринку, відповідають оптимальній структурі посівних площ і водночас не виснажують родючість ґрунтів. Економічна та виробнича стабільність аграрного підприємства значно зростає за рахунок широкого спектра високоліквідної продукції, яку воно виробляє. Орієнтація на сучасні ринкові вимоги та залежність господарств від результатів комерційної діяльності призвели до звуження асортименту культур і зосередження уваги на найбільш рентабельних.

Вирощування кукурудзи на зерно є важливою складовою зернового господарства України в умовах сучасного агропромислового виробництва. Нині надзвичайно актуальним є питання забезпечення стабільного зернофуражного балансу, який не має альтернатив у системі продовольчої безпеки держави. Кукурудза істотно впливає не лише на розвиток тваринництва, а й на всю зернову галузь економіки в цілому.

Якісне кукурудзяне зерно, що відповідає встановленим стандартам, є важливою сировиною для харчової, переробної, медичної, мікробіологічної, а також паливно-енергетичної промисловості. Завдяки високій енергетичній цінності зерно кукурудзи використовується для виробництва біоетанолу та інших видів альтернативного палива. Сьогодні, із продуктів переробки кукурудзи одержують біо розкладні екологічні безпечні пластики, зокрема PLA. Їх застосування має вагоме значення у забезпеченні, як предметів харчової промисловості так і в сфері машинобудуванні. Так як даний матеріал є відновлюваним із продукції природного походження, то це стає актуальним

щодо вирішення завдання зменшення використання викопних джерел нафтового походження.

Останніми роками кукурудза посідає провідні позиції на світовому ринку зернових культур [1, 2]. Природно-економічні умови України дозволяють, не лише повністю задовольнити внутрішній попит на цю культуру, але й суттєво розширити експортний потенціал. При цьому, шлях до формування стабільного та ефективного виробничого середовища, супроводжується численними труднощами, пов'язаними як з агротехнологічними, так і з організаційно-економічними чинниками, зокрема – недостатньо розвиненою інфраструктурою зернового ринку. Сучасний стан пов'язаний із повно масштабною війною росії проти України та логістичних проблем, що виникли внаслідок цього.

Посівні площі та врожайність даної культури в попереднє десятиліття суттєво відрізнялося. Однією з причин цього є несприятливі погодні умови та проблеми із забезпеченням необхідного живлення (висока вартість добрив). У попередні періоди виробництво кукурудзи мало здебільшого екстенсивний характер через обмеженість у ресурсах: сільськогосподарській техніці, добривах та що не менш важливо доступність засобів захисту посівів. Важливим стримувальним фактором залишалися також економічні труднощі, зокрема порушення цінового паритету між продукцією сільського господарства і засобами виробництва, що унеможливлювало навіть мінімальне відтворення виробничого процесу в багатьох господарствах.

Останні декілька років вирощування кукурудзи на зерно вийшло на досить високий рівень, як за обсягами, так і за технологічністю. Сучасні технології вирощування із високоякісними комплексами машин та засобів захисту дозволяють одержувати високі врожаї даної культури в будь якій зоні України.

Завдяки високій врожайності кукурудзи та її конкурентоспроможності на ринку зерна, посівні площі цієї культури в Україні останніми роками стрімко зростають. У степових районах її частка може сягати 40–50%, а в загальній структурі посівів кукурудза на зерно має становити щонайменше 20–25%.

Проаналізувавши посівні площі під сільськогосподарські культури в 2024 році [3], очевидним є, що кукурудза поступається за обсягом тільки соняшнику та пшениці озимій (рис. 1.1).

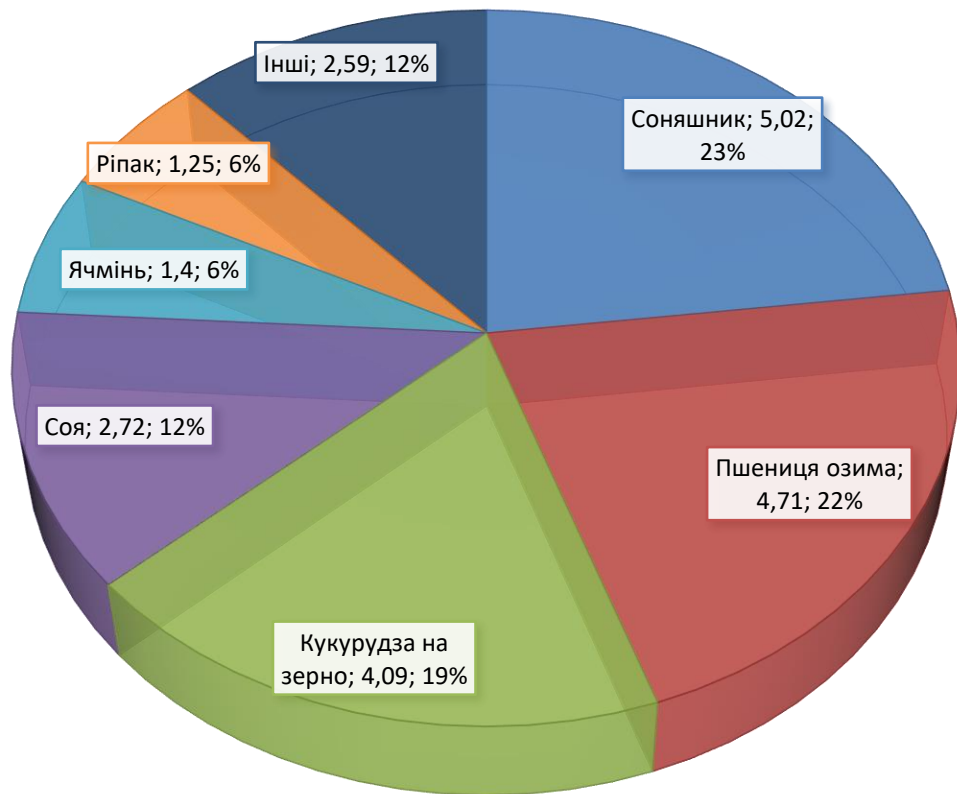


Рисунок 1.1 – Посівні площі (млн. га) та відсотковий вклад у загальній структурі сільськогосподарських культур в Україні у 2024 році (створено автором на основі даних [3])

Пояснити це можна постійним попитом на зерно кукурудзи на світовому ринку, так як воно є основою для виробництва продукції тваринництва.

Посівні площі під кукурудзу на зерно за останні 3 роки суттєво не змінювалися та становили щороку не менше 4 млн. га (рис. 1.2).

Q, тис. га

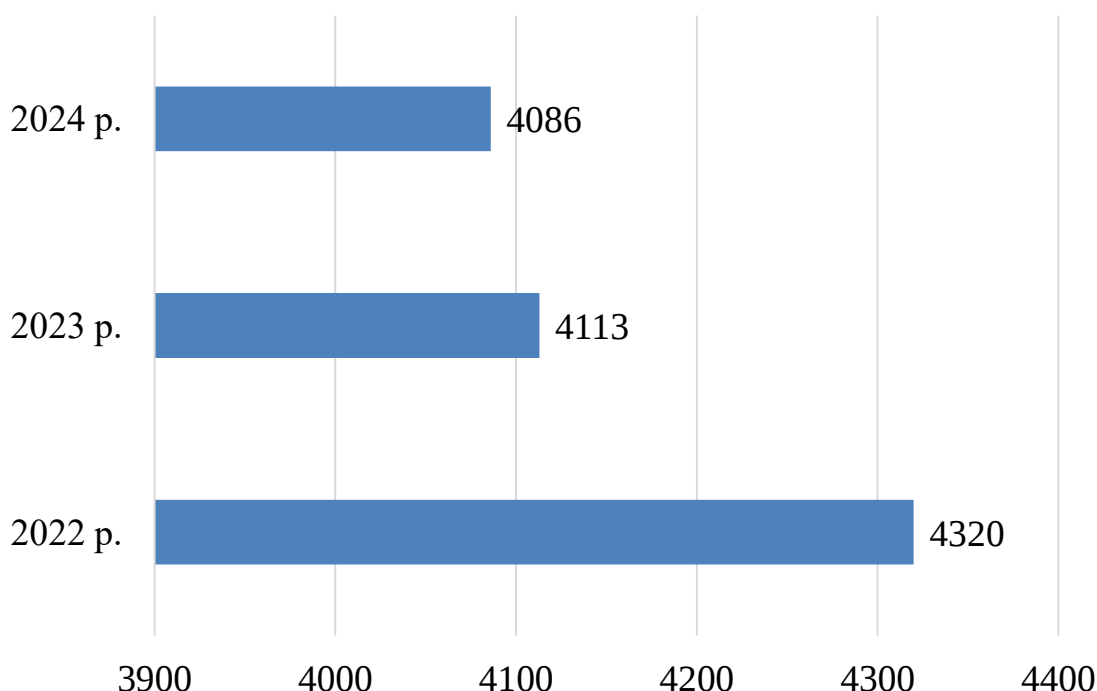


Рисунок 1.2 – Динаміка посівних площ в Україні під вирощування кукурудзи на зерно (створено автором на основі даних [3])

Незначне зниження посівних площ у 2023-24 рр. пов'язано із військовими діями у південних та східних областях України та загальним зменшенням посівних площ.

Вирощування кукурудзи на зерно потенційно може дати врожай на рівні до 100 ц/га. В реальних умовах на значних площах досягнути цього складно. Обумовлено це вимогливістю культури до обробітку ґрунту на наявності запасів ґрунтової вологи.

Врожайність даної культури протягом останніх років мала значні коливання (рис. 1.3). У 2022 році низька врожайність пов'язана із початком повно масштабної війни та втратою частини посівів за рахунок окупації територій. 2023 рік показав один із найбільших середніх показників щодо врожайності кукурудзи на зерно – більше 78 ц/га.

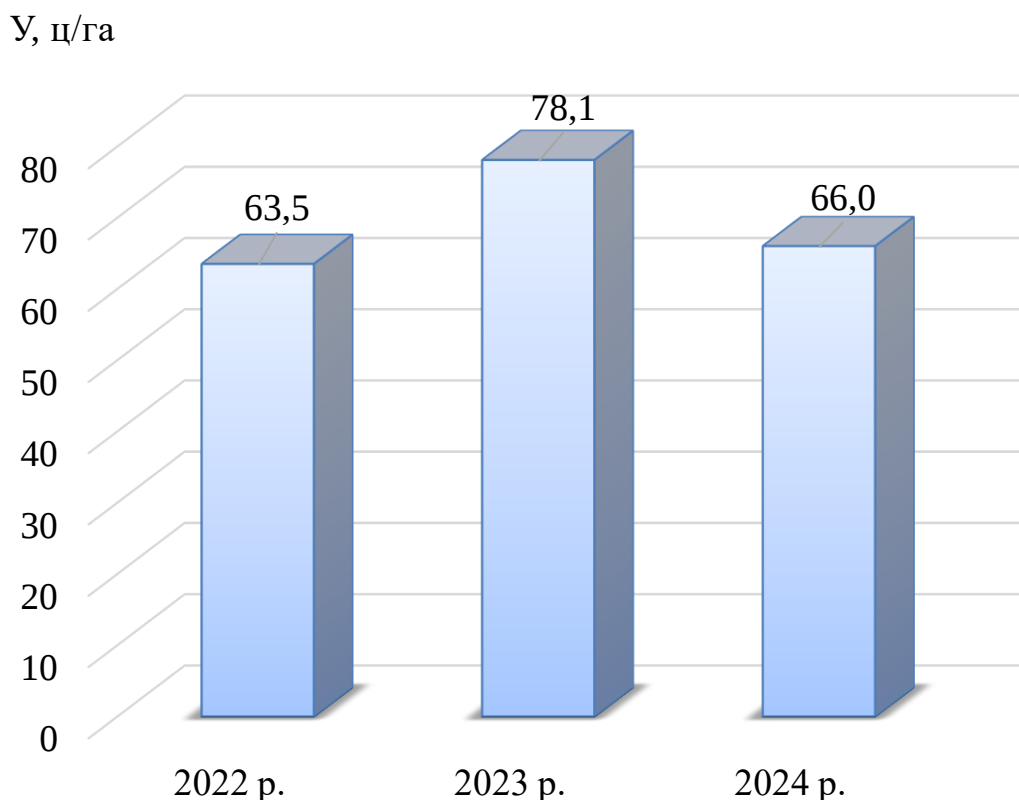


Рисунок 1.3 Врожайність кукурудзи на зерно протягом 2022-2024 рр.  
(створено автором на основі даних [4])

Очевидно причиною суттєвого зниження врожайності даної культури у 2024 році (рис. 1.3) стала аномальна спека та найменші обсяги опадів за період вегетації посівів за останні десятиліття. Всі ці фактори суттєво вплинули на врожайність цієї культури. В деяких підприємства кукурудзу збирали на корм для тварин, так як формування качанів майже не відбувалося. Така проблема в основному була зафіксована у південних областях України. В той час в центральних та західних областях врожаї були відносно стабільні.

Обсяги експорту кукурудзи на зерно останні роки постійно перебував у трійці лідерів серед зернових культур. Так, у 2023 році дана культура стала основною за обсягом експорту – 26,2 млн. т. (рис. 1.4).

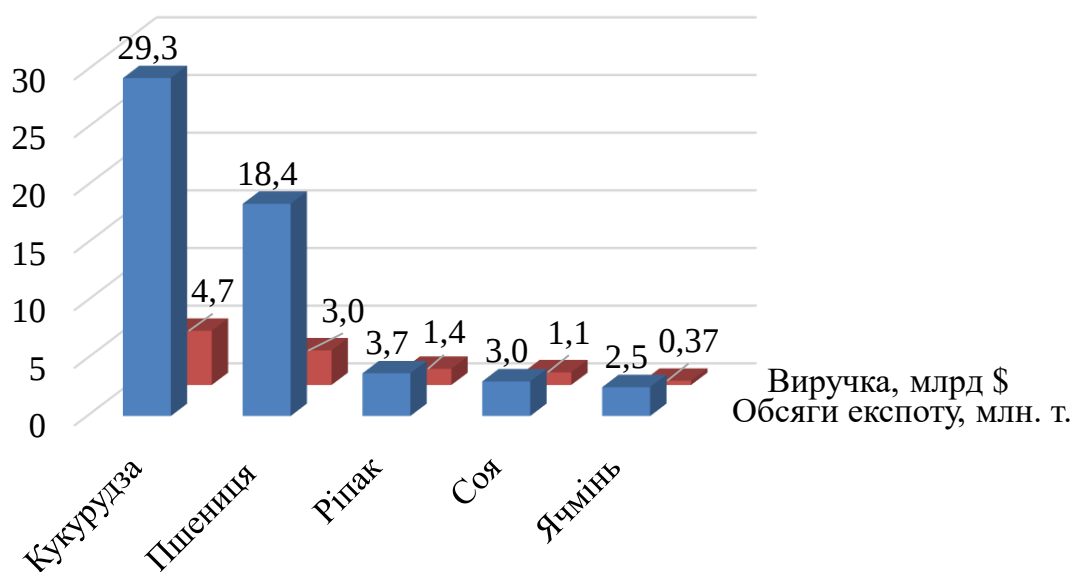


Рисунок 1.4 – Обсяги експорту зернових та технічних культур та одержана виручка за результатами 2023-24 маркетингового року (створено автором на основі інформації з [5])

За результатами 2023-24 маркетингового року (МР) обсяг експорту кукурудзи досяг 29,3 млн. т., при тому що виробництво даної культури в попередньому році склало 29,6 млн. т. Одержана виручка від реалізації даної культури у 2023-24 МР склала 4,7 млрд. \$ та була найбільшою з експорту серед всіх сільськогосподарських культур. Саме тому, вирощування даної культури є актуальним завданням сьогодення.

## 1.2 Огляд технологій вирощування кукурудзи на зерно

Найкращими попередниками для кукурудзи на зерно є так звані коротко ротаційні сівоzmіни, коли використовують всього дві-три культури. В сівоzmінах є зернобобові, особливо соя; задовільними вважаються – ярі зернові культури й

навіть сама кукурудза. Вона добре може переносити повторне вирощування протягом навіть трьох-чотирьох років. Гнучке регулювання концентрації зернових і технічних культур у сівозмінах допускає широкий діапазон, співвідношення зернових та зернобобових може бути 1:3, 1:1 та навіть 3:1., залежно від спеціалізації господарства. Оптимальним вважається співвідношення ярих культур у зернових посівах у пропорції 1:1, однак вибір культур, та їх пропорції можуть змінюватися, відповідно до виробничого профілю підприємства.

Для досягнення зазначених цілей необхідно не лише збільшити площі під бобовими культурами, а й підвищити їхню продуктивність шляхом впровадження спеціалізованих коротко ротаційних сівозмін на основі кукурудзи та сої. Доведено, що соя є провідною зернобобовою культурою для забезпечення стабільного рівня виробництва рослинного білка. Завдяки здатності до фіксації атмосферного азоту, соя покриває до 80 % своїх потреб у цьому елементі самостійно, а також може накопичити в ґрунті до 70...80 кг/га азоту, що робить її цінним попередником.

Підвищення ефективності вирощування кукурудзи пов'язане з удосконаленням гібридного складу та впровадженням адаптованих до конкретних умов агротехнічних заходів. Адаптивна технологія має комплексно поєднувати всі чинники, що забезпечують стійкість агроценозу до погодних викликів. Такі системи можливі лише за умови науково обґрунтованого добору попередників, підтримання вмісту органічної речовини в ґрунті за рахунок використання побічної продукції, зокрема органічного добрива, правильного співвідношення культур у сівозміні, оптимізації захисту рослин та оптимізації системи обробітку ґрунту в залежності від зони вирощування та гібриду.

Проте в багатьох господарствах урожайність кукурудзи на зерно залишається низькою. Основна причина цього є засміченість полів і висока потенційна забур'яненість. Без чіткого визначення місця кукурудзи в сівозміні, неможливо ефективно застосовувати відповідні агротехнічні заходи. Чітке чергування культур з різними особливостями кореневої системи та поглинанням

поживних речовин, забезпечує більш повне й рівномірне використання вологи й елементів живлення. Крім сівозміни особливу увагу необхідно приділяти й технологіям вирощування кукурудзи. Самі ж технології краще обирати на основі комплексу факторів, а саме: зона вирощування, обсяг опадів, сумарні температури, щільність та механічний склад ґрунту та ін.

В Україні для вирощування кукурудзи на зерно застосовують такі технології як: інтенсивна (вона ж класична), середньоінтенсивна, екстенсивна, strip-till, mini-till та no-till [6-8]. Кожна із вказаних технологій може бути використана в Україні, в залежності від природньо кліматичних особливостей місцевості та характеристик ґрунту.

Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи орієнтована на досягнення максимальної врожайності за рахунок високих агротехнічних та економічних затрат. Вона передбачає використання високопродуктивних гібридів із потенціалом урожайності 10–15 т/га, які вирощуються за точних умов: ретельний обробіток ґрунту (зазвичай глибока оранка або чизелювання на глибину до 30 см), якісна передпосівна підготовка та сівба сівалками точного висіву з густотою стояння рослин до 80...85 тис. на гектар.

Така технологія часто застосовується у великих та середніх агропідприємствах із відповідною технічною базою та фінансовими можливостями. Головною особливістю є високий рівень інвестицій, що включає якісне насіння, повний комплекс добрив, системний захист рослин і часто зрошення.

Система використання добрив пов'язана з внесенням повного комплексу макроелементів (азоту, фосфору та калію) у досить високих дозах – наприклад, 90–60–60 кг діючої речовини на гектар, а також мікроелементів (цинк, бор, марганець) у вигляді позакореневого підживлення. Обов'язковим є застосування гербіцидів для контролю бур'янів, а також інсектицидів та фунгіцидів – за потреби, з урахуванням фітосанітарного стану посівів. У посушливих регіонах важливу роль відіграє зрошення. Зрошення рекомендується застосовувати у південних регіонах та може забезпечує приріст урожайності до 50 %. Такий

підхід забезпечує високі врожаї, але потребує значних інвестицій у техніку, насіння, добрива та ЗЗР.

Високі затрати та значна кількість технологічних операцій при інтенсивній технології вирощування стає вагомою перешкодою для підприємств в сучасних умовах. Тому, найпоширенішою технологією вирощування даної культури стала середньо інтенсивна або інколи її називають традиційною.

Комплекс операцій з обробітку ґрунту включає стандартну оранку або чизелювання з наступним вирівнюванням і виконанням передпосівної культивуації. Густота стояння рослин трохи нижча, ніж для інтенсивної технології, зазвичай 60...70 тис./га. Система удобрення містить операції з внесенням добрив при сівбі та підживлення протягом вегетації. Загальний обсяг добрив складає в межах 45...55 кг д.р./га для кожного із макродобрив. При цьому найбільший обсяг складає азот, інші макродобрива на одному рівні. Комплексна система захисту включає використання базових гербіцидів та, у разі потреби, інсектицидів і фунгіцидів. Така система менш чутлива до погодних коливань і вимагає менше технічних ресурсів порівняно з інтенсивною.

Екстенсивна технологія передбачає мінімальні витрати на вирощування кукурудзи й орієнтована на малоресурсне господарювання. Часто застосовується в особистих селянських господарствах або в умовах обмеженого бюджету. Використовуються прості, адаптовані сорти або старі гібриди з потенціалом урожайності 4–6 т/га. Обробіток ґрунту виконується зазвичай за спрощеною схемою та містить операції з поверхневого дискування або мінімальної оранки. Добрива часто не вносяться або використовуються лише в мінімальній кількості – до 20 кг д.р./га, як і засоби захисту рослин. Сівба здійснюється в більшості випадків простими сівалками без можливості точного контролю норми. Через низький рівень агротехніки, захисту та живлення така технологія забезпечує стабільно невисоку врожайність, але має низьку собівартість продукції.

Ресурсозберігаючі технології (зокрема mini-till і no-till) [8] все частіше впроваджуються в умовах обмеженої вологи, дефіциту пального та бажання зберегти структуру ґрунту. Mini-till передбачає поверхневий обробіток без перевертання пласта, що дозволяє зменшити втрати вологи та знизити витрати на обробіток. No-till взагалі виключає механічну обробку ґрунту – сівба здійснюється спеціальними сівалками прямо у необроблений ґрунт, часто з залишками попередника. Удобрення при цих технологіях адаптоване: частина вноситься локально під час сівби, частина – в рядки або позакоренево. Захист рослин базується на широкому застосуванні гербіцидів (особливо гліфосату), а сівозміна та мульчування залишками попередника допомагають зменшити забур'яненість і зберегти ґрунтову вологу. Урожайність при правильному підході може бути не нижчою, ніж за традиційної технології, однак потрібна наявність спеціальної техніки та чіткого дотримання всіх агро строків виконання операцій.

Технологія strip-till або смугова технологія вирощування кукурудзи на зерно – це один із сучасних варіантів ресурсозберігаючого землеробства, який поєднує елементи традиційної, no-till та глибокої локальної обробки ґрунту. Фактично це технологія, яка є симбіозом позитивних технологічних прийомів всіх існуючих технологій. Ця технологія набуває популярності особливо в умовах посушливого клімату та зон із значними ерозійними процесами ґрунтів.

Strip-till передбачає, що ґрунт обробляється тільки вузькими смугами (рядками), де буде висіватися насіння, а міжряддя залишається необробленим і часто вкрите рослинними рештками. Ширина обробленої смуги зазвичай 15–20 см, а міжряддя 70 см. У таких смугах одночасно вносяться добрива (іноді – з осені), а навесні проводиться сівба кукурудзи. Дана технологія дозволяє зберегти вологу, зменшити затрати на пальне, зменшити ущільнення ґрунту, оптимізувати внесення добрив та зниження ерозії ґрунту за рахунок шару мульчи. Крім цього забезпечуються оптимальні умови для проростання, так як смуга розпушена й швидше прогрівається, у порівнянні із міжряддям.

Окрім значного переліку переваг, дана технологія вирощування кукурудзи на зерно має такі недоліки: необхідність у спеціальному обладнанні (розпушувачі, сівалки), складність роботи таких машин при значній кількості рослинних решток та необхідні адаптації та організації роботи господарства до вказаної технології. Ця технологія ідеально підходить для фермерських господарств середнього й великого масштабу, які хочуть зменшити виробничі витрати, зберегти ґрунти й забезпечити стабільну врожайність навіть за умов кліматичних ризиків.

Із наведеного огляду стає очевидним, що система обробітку ґрунту та догляду (за однакових обсягів опадів), є основними факторами, що впливають на врожайність кукурудзи.

### **1.3 Оцінка впливу обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи**

Розглянемо вплив обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи на зерно. У роботі [9] наведені результати дослідження врожайності кукурудзи на зерно гібриду Фуріо 350 в залежності від термінів та способів обробітку ґрунту (рис. 1.5). Найменший досліджуваний показник врожайності – 6,06 т/га, зафіксовано при застосуванні поверхневого обробітку ґрунту дисковими знаряддями на глибину до 18 см. Комбінація дискування та культивації дозволила збільшити врожайність орієнтовно на 10 %, у порівнянні із застосуванням тільки дискування.

У, т/га

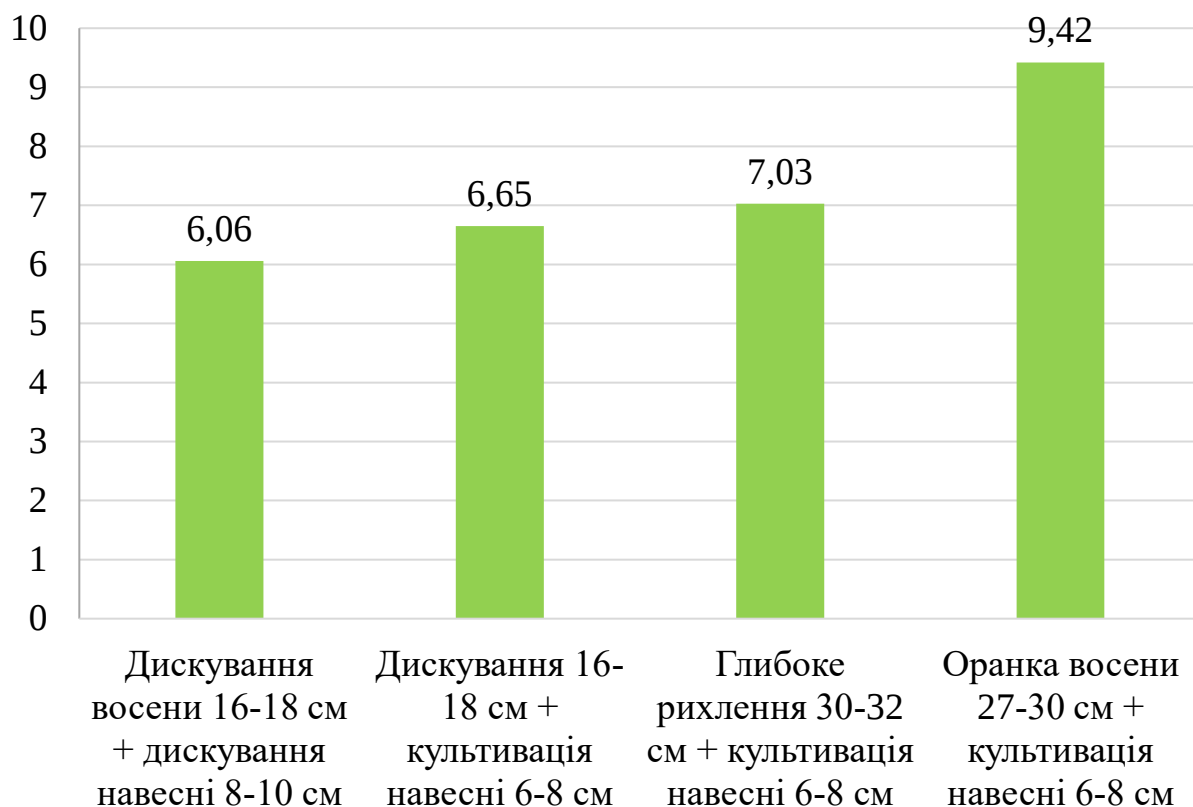


Рисунок 1.5 Вплив обробітку ґрунту на врожайність гібриду Фуріо 350  
(розроблено автором на основі даних [9])

Найбільше значення врожайності гібриду Фуріо 350 зафіксовано при проведенні восени оранки на глибину 27-30 см та виконанні весняної культивування на глибину 6-8 см. Зростання врожайності за такого способу обробітку ґрунту становить більше 55 %, що є суттєвим приростом.

В роботі [10] доведено (рис. 1.6), що система обробітку ґрунту має суттєвий вплив на врожайність кукурудзи на зерно гібриду КРАБАС (ФАО 300). У випадку проведення оранки на 26 см, весняного боронування зубовими боронами та передпосівного обробітку ґрунту врожайність вказаного гібриду становила 8,8 т/га. Застосування обробітку ґрунту дисковими знаряддями з аналогічною передпосівною культивування призводить до зменшення врожайності вдвічі.

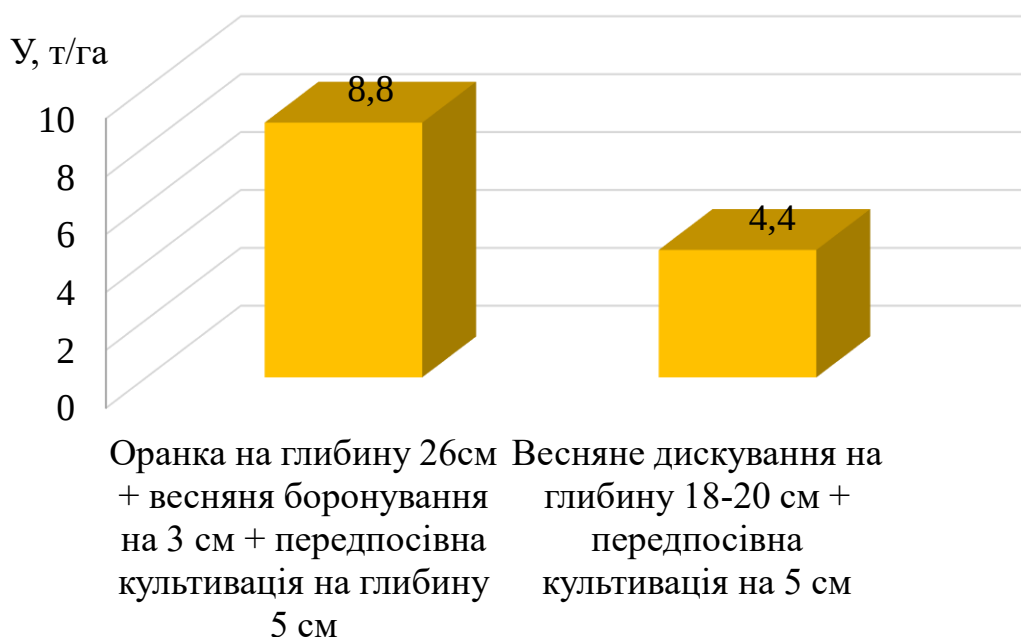


Рисунок 1.6 – Вплив системи обробітку ґрунту на врожайність гібриду кукурудзи КРАБАС (ФАО 300) (розроблено автором на основі даних [10])

Вибір способу обробітку ґрунту повинен ґрунтуватися не тільки на особливостях зони вирощування, а й враховувати адаптованість гібридів до системи обробітку ґрунту, що рекомендовано селекціонерами.

#### 1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи

Кукурудза на зерно є стратегічною культурою в аграрному виробництві України. Вирощування кукурудзи на зерно є однією з ключових ланок зернового господарства України в умовах сучасного агропромислового виробництва. На сьогодні надзвичайно актуальним залишається питання формування стабільного зернофуражного балансу, що є основою продовольчої безпеки держави та не має альтернатив за рівнем ефективності в системі забезпечення кормовими й продовольчими ресурсами.

Кукурудза відіграє важливу роль не лише у розвитку тваринництва, а й у функціонуванні всієї зернової галузі економіки. Якісне кукурудзяне зерно, що

відповідає встановленим стандартам, виступає цінною сировиною для багатьох галузей: харчової, переробної, фармацевтичної, мікробіологічної, а також паливно-енергетичної промисловості. Завдяки високій енергетичній цінності зерна, кукурудза широко використовується для виробництва біоетанолу та інших видів альтернативного палива.

У сучасних умовах переробка кукурудзи охоплює також отримання біорозкладних та екологічно безпечних матеріалів, зокрема полілактиду (PLA). Цей полімер, отриманий з поновлюваної сировини, використовується в харчовій промисловості, медицині, упаковці та машинобудуванні. Його застосування має стратегічне значення з точки зору зниження залежності від викопних джерел енергії та розвитку сталих технологій, спрямованих на мінімізацію техногенного навантаження на довкілля.

Вирощування даної культури потребує обрання оптимальних технологій вирощування, попередників, районованих гібридів (адаптованих до конкретних природньо-кліматичних вимог) та комплексу операцій з догляду та підживлення даної культури. Одним із найважливіших комплексів технологічних операцій вирощування кукурудзи на зерно є системи обробітку ґрунту. Саме за рахунок її оптимізації можна одержувати значно вищу врожайність або меншу собівартість. Все залежить від завдань та фінансових можливостей господарства. Це можливо реалізувати за рахунок розробки технологічних карт на вирощування кукурудзи, з врахування вище вказаних вимог.

Тому, метою дипломного проекту є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно шляхом оптимізації технологічних процесів.

Для досягнення даної мети необхідно виконати такі завдання:

1. Аналіз виробництва кукурудзи на зерно в Україні та особливостей технологій її вирощування;
2. Розробити перелік технологічних операцій та технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно;

3. Проаналізувати конструктивні рішення щодо удосконалення конструкції плуга. Запропонувати технічне рішення по удосконалення агрегату для основного обробітку ґрунту. Навести перевірочні розрахунки елементів запропонованої конструкції;
4. Розглянуті вимоги безпеки при виконанні обробітку ґрунту;
5. Провести техніко-економічної оцінку проєкту.

## **2. РОЗРОБКА СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО**

### **2.1 Обґрунтування складових плану механізованих робіт виробництва кукурудзи на зерно**

Аналіз технологій вирощування дозволив встановити, що основний вплив на врожайність кукурудзи має комплексна система обробітку ґрунту. Для одержання максимальної біологічної врожайності необхідно виконувати оранку ґрунту на глибину мінімум 25...27 см або глибоке рихлення на глибину 27 см та більше. Основною причиною зростання врожайності при застосуванні вказаних агрегатів для обробітку ґрунту є створення умов для накопичення вологи восени та взимку. Для кукурудзи, що має потужну наземну будову та основну частину коренів, що залягають в орному шарі, значні запаси доступної вологи в процесі вегетації дозволяють добре сформувати качани та забезпечити їх розвиток.

Крім обробітку ґрунту, особливу увагу необхідно зосередити на підживленні культури, в певні періоди вегетації, необхідними добривами (як макро елементів так і мікро).

В роботі планується розробити технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно на основі системи обробітку ґрунту, як для інтенсивної технології, а систему догляду розробити на основі мінімізації затрат. Досягнути мінімізації затрат на догляд за посівами кукурудзи на зерно можна шляхом внесення як макро так і мікро добрив позакореневими підживленнями та боротьбою з бур'янами та шкідниками внесенням пестицидів.

Технологія виробництва зерна кукурудзи містить такі основні технологічні операції. Після збирання попередника – пшениці озимої чи сої виконується лущення стерні в один слід на глибину 6...8 см за допомогою дискових лущильників. Наступною технологічною операцією в системі основного обробітку ґрунту є виконання оранки на з глибиною обробітку до 27 см. Для цього пропонується використовувати незначні за продуктивністю МТА на основі

3-х корпусного плуга та трактора класу 1,4, але ті що не задіяні в цей період часу на виконанні інших технологічних операцій.

Сезон весняних робіт починається із виконання однієї з важливих технологічних операцій, що сприяє підвищенню врожайності кукурудзи – закриття вологи шляхом боронування. Для цього пропонується використовувати МТА на основі трактора ХТЗ-150К-09 та пальцевої борони БЗП-24. Даний агрегат має високу продуктивність – більше 110 га/зм при незначній витраті палива, всього 1,2 кг/га.

Для створення оптимального запасу поживних речовин у ґрунті пропонується виконати внесення аміачної селітри з нормою 150 кг/га поверхневим внесенням розкидачем РМД-1200 в агрегаті з трактором МТЗ-892, з наступним загортанням добрив при виконанні передпосівної культивуації. Аміачна селітра – це азотне добриво, що має значний термін дії та поступово перетворюється в доступні форми для рослин. Тому, за фінансової можливості такі добрива рекомендується вносити для одержання максимального врожаю.

Передпосівну культивуацію виконують за допомогою культиватора TERRA 3 PRO 840 з шириною захвату 8,4 м, та глибиною, що відповідає глибині сівби – 6...8 см.

Сівбу планується виконувати гібридами Піонер, Монсанто, Лімагрей та ін. із нормою 74...88 тис. шт./га. Вибір конкретного гібриду повинен бути виконаний на основі зони вирощування, системи обробки ґрунту та системи захисту рослин. При виконанні сівби внесення добрив не планується. Для забезпечення якісної сівби необхідно використовувати сівалки точного висіву. В дипломному проєкті запропоновано застосовувати сівалку Kinze 3600.

Першочерговим етапом в системі догляду за посівами є виконання технологічних операцій, що спрямовані на захист від бур'янів. Тому, через 7...10 днів після сівби необхідно виконати внесення робочого розчину гербіциду Майстер з нормою д.р. 150 г/га. Обсяг робочого розчину становить 150 л/га. Для підвезення води використовується вантажний автомобіль з бочкою в кузові.

Через деякий час необхідно виконати повторне підживлення аміачною селітрою з дещо меншою нормою – 100 кг/га. Після чого потрібно виконати позакореневе підживлення Плантафором (15:15:15) – 260 г/га та Тегафолом – 200 г/га. Позакореневе підживлення дозволяє протягом короткого терміну доставити поживні речовини до окремих частин рослини не завіюючи при цьому кореневу систему.

Збирання кукурудзи виконують на початку жовтня та може тривати до кінця листопада, інколи навіть в грудні. Все залежить від погодній умов та стиглості (вологості) зерна кукурудзи. Виконують дану технологічну операцію самохідними комбайном Case 2366 обладнаним приставкою Case 1083. Перевезення зерна виконується автопотягами вантажними автомобілями КамАЗ-55102 та причепа ГКБ-8532.

## **2.2 Розробка технологічної карти на вирощування кукурудзи**

Послідовність створення плану виконання механізованих робіт для вирощування будь якої культури має певну типову послідовність. Він містить 23 колонки із основною інформацією щодо строків виконання робіт, їх обсягу, складу агрегатів та основні показники їх роботи [11].

Перші шість стовпців технологічної карти заповнюються наступним чином: у хронологічному порядку зазначаються назви технологічних операцій, вимоги до їх виконання, одиниці виміру виконаних робіт та загальний обсяг робіт, який необхідно реалізувати.

На наступному етапі визначається склад машинно-тракторних агрегатів (МТА) для виконання кожної операції. Вибір техніки здійснюється на основі наявних ресурсів господарства або, у разі створення нового підприємства, орієнтовного переліку техніки, яку планується придбати. Вказані дані щодо складу МТА вносимо до стовпців 9-11.

Після цього обираються основні техніко-експлуатаційні показники роботи агрегатів, зокрема норма виробітку та затрата палива з врахуванням на одиницю

роботи. Вказану інформацію можна взяти із даних господарства (норм встановлених для кожної технологічної операції) або на основі типових норм виробітку, що розроблені науково-дослідними інститутами [12-15]. Обрані нормативні дані записуємо до колонок 14 та 19 відповідно. Для визначення даних інших колонок використовуємо стандартні методики [11, 16].

Наведемо розрахунок щодо визначення всіх вказаних вище даних для однієї з технологічних операцій при вирощуванні кукурудзи на зерно. В якості такої операції обираємо технологічну операції оранки ґрунту у складі такого МТА: трактор МТЗ-892, плуг ПЛН-3-35.

Нормативне значення продуктивності МТА за годину змінного часу розраховуємо за формулою:

$$W_{\text{год}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}} \quad (2.1)$$

де  $W_{\text{год}}$  – обсяг роботи виконаної за одну годину часу зміни, га/год (т/га);

$T_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, год. Обирається в залежності від змінності роботи підприємства або особливостей виконання технологічної операції. Для більшості технологічних операцій приймаємо – 7 год, а для операцій, що пов'язані із використанням хімічних засобів захисту або мінеральних добрив – 6 год.

$W_{\text{зм}}$  – обсяг роботи виконаний МТА за зміну, га/зм (т/зм). Приймаємо МТА у складі трактор МТЗ-892 та плуга ПЛН-3-35 – 5,3 га/зм.

Отже, отримаємо при виконанні оранки:

$$W_{\text{год}} = \frac{5,35}{7} = 0,76 \text{ га/год}$$

Обсяг роботи виконаної МТА за добу (добова продуктивність, колонка № 15) визначаємо за виразом:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

де  $W_{\text{доб}}$  – обсяг роботи (виробіток), виконаної МТА за добу, га/доб. або для транспортних операцій та операцій з навантаження або розвантаження – т/доб.;

$T_{\text{доб}}$  – час виконання технологічної операції протягом доби (вказується в колонці № 8), год.

З врахування цього, отримаємо:

$$W_{\text{доб}} = 0,76 \cdot 14 = 10,7 \text{ га/доб.}$$

Визначаємо загальну кількість МТА, необхідну для виконання операції відповідно до встановлених агротехнологічних нормативів, використовуючи наступний вираз::

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot Dp} , \quad (2.3)$$

де  $n$  – кількість агрегатів, що потрібна для своєчасного проведення технологічних операцій, од;

$Q$  – обсяг роботи, який необхідно виконати при вирощуванні кукурудзи на зерно (обирається відповідно до завдання та вноситься в стовпчик №5), га або т., приймаємо площу вирощування кукурудзи на зерно – 180 га.;

$Dp$  – встановлені агротехнічні строки проведення технологічної операції, діб. Для оранки приймаємо – 10 днів.

З врахування вказаних даних, маємо:

$$n = \frac{180}{10,7 \cdot 10} = 1,68 \text{ од.}$$

Отже, приймаємо кількість МТА для оранки рівним – 2 од.

Потребу в механізаторах та допоміжному персоналі визначають з урахуванням кількості змін протягом доби та специфіки виконання кожної операції. Потреба в допоміжних працівниках може виникнути при технологічному обслуговування посівного агрегату.

Нормативні значення витрат палива, на одиницю виконаної роботи, встановлюються на основі нормативів, що діють у господарстві. У разі їх відсутності, можна використовувати типові норми витрат палива для основних сільськогосподарських операцій. Для нових складів МТА, доцільно провести хронометражні дослідження робочого часу зміни та витрат пального для цього агрегату. Вибране значення витрати палива на одиницю роботи, вносять до плану механізованих робіт у колонку за №19. Найоптимальнішою одиницею обліку

витрати палива при виконанні технологічних операцій в рослинництві є облік за масою.

Якщо витрата палива вказані у одиницях об'єму ( в л), то для її переведення в одиниці маси потрібно застосовувати такий вираз:

$$g = g_1 \cdot \rho, \quad (2.4)$$

де  $g$  – витрата палив в одиниця маси у розрахунку на одиницю роботи, кг/га;

$g_1$  – нормативне значення затрат палива в одиниця об'єму, л/га.

Приймаємо з [16-18] або на основі нормативів господарства, приймаємо – 17 л/га;

$\rho$  – густина дизельного палива,  $\rho = 0,83$  кг/л.

З рахування даних, отримаємо:

$$g = 17 \cdot 0,83 = 14,1 \text{ кг/га}$$

Обсяг палива (колонка 20), яке потрібне для виконання операції на всій площі вирощування визначається за виразом:

$$G = g_1 \cdot \rho \cdot Q, \quad (2.5)$$

де  $G$  – загальна кількість пального, що необхідна для виконання певної технологічної операції на всій плановій площі вирощування кукурудзи на зерно, кг.

Виходячи з даних (додаток А1), отримаємо:

$$G = 14,1 \cdot 180 = 2538,0 \text{ кг}$$

При плануванні роботи сільськогосподарського підприємства вагоме значення має трудомісткість або питомі витрати часу на виконання операцій. Даний показник можна визначити за формулою:

$$z_n = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.6)$$

де  $m_{\text{мех}}, m_{\text{доп}}$  – кількість працівників, що задіяні на виконання операції на одному агрегаті в одну зміну, механізаторів та допоміжних працівників відповідно.

Для обраної технологічної операції оранки, маємо:

$$З_n = \frac{1}{0,76} = 1,315 \text{ люд-год/га}$$

Загальні затрати часу працівників (колонка №22) на виконання операції розраховуються за формулою:

$$З_n = 1,315 \cdot 180 = 235,5 \text{ люд-год.}$$

Одним із загальних показників для оцінки використання техніки при вирощуванні с.-г. культур є обсяг робіт в номативних одиницях – нормо-змінах. Розраховується даний показник за формулою:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{год}} = \frac{Q}{W_{зм}}, \quad (2.7)$$

де  $H_{зм}$  – обсяг змін нормативного часу, які необхідно для виконання певної технологічної операції на всій площі вирощування культури, нормо-змін;

Для обраної технологічної операції оранку ґрунту при вирощуванні кукурудзи маємо:

$$H_{зм} = \frac{180}{5,35} = 33,64 \text{ нормо-зміни}$$

Відповідно до наведеної методики виконуються розрахунки для всіх технологічних операцій, що заплановані при вирощуванні кукурудзи на зерно. Одержані результати формуємо у вигляді загальної таблиці – плану механізованих робіт на виробництво кукурудзи на зерно на площі 180 га да вносимо у додаток А пояснювальної записки.

**Висновки по розділу.** Обґрунтовано перелік основних технологічних операцій на виробництво кукурудзи на зерно на площі 180 га. На основі обраних операцій розроблено план механізованих робіт та виконані розрахунки всіх його складових. Розрахунками встановлено, що витрати палива на одиницю площі за розробленою технологією становить 46,8 кг/га. Загальний обсяг пального, який необхідно для виконання всіх технологічних операцій вирощування кукурудзи на зерно на площі 180 га складає 8981,3 кг. Затрати плаці у розрахунку на одиницю роботи становить 3,92 люд.-год/га. Загальний обсяг часу на виконання всіх робіт становить 84,6 нормо-змін.

### 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГА ПЛН-3-35

#### 3.1 Аналіз відомих технічних рішень щодо удосконалення конструкції плугів

Відоме технічне рішення за патентом України UA (11) 31573 [17], в якому корисна модель стосується удосконалення машин для основного обробітку ґрунту.

Плуг ПЛН-4-35 складається з основних компонентів: корпусів у кількості чотирьох одиниць, передплужників, дискового ножа, металевого опорного колеса з гвинтовим механізмом та рами [18]. Серед недоліків цієї моделі можна виділити обмежені можливості обробки різних типів ґрунтів, недостатню якість рихлення та значні витрати енергії. Завданням корисної моделі є розробка конструкції, здатної знизити енергоспоживання, поліпшити якість обробітку та підвищити ефективність виконання технологічних операцій. Для досягнення поставленої мети в конструкції плуга з вібраційною підвіскою, який має раму з розміщеними корпусами з передплужниками, дисковий ніж та опорне колесо, передбачено використання активного вібраційного елемента. Він складається з польової дошки та гідроциліндра, з'єднаних шарнірним способом, а також вібраційного гідронасоса, що приводиться в дію від валу відбору потужності трактора.

На рис. 3.1а представлено загальний вигляд плуга, 3.1б – схема приводу робочого органу (польової дошки), та на рис. 3.1в – схема гідроприводу плуга. Конструкція плуга включає раму 1, чотири корпуси 3 з польовими дошками 8, чотири передплужники 2 та привід гідроциліндрів 2. Система приводу містить гідронасос 6, який через гідропровід подає імпульсний тиск робочої рідини до гідроциліндра 7 (3.1, в).

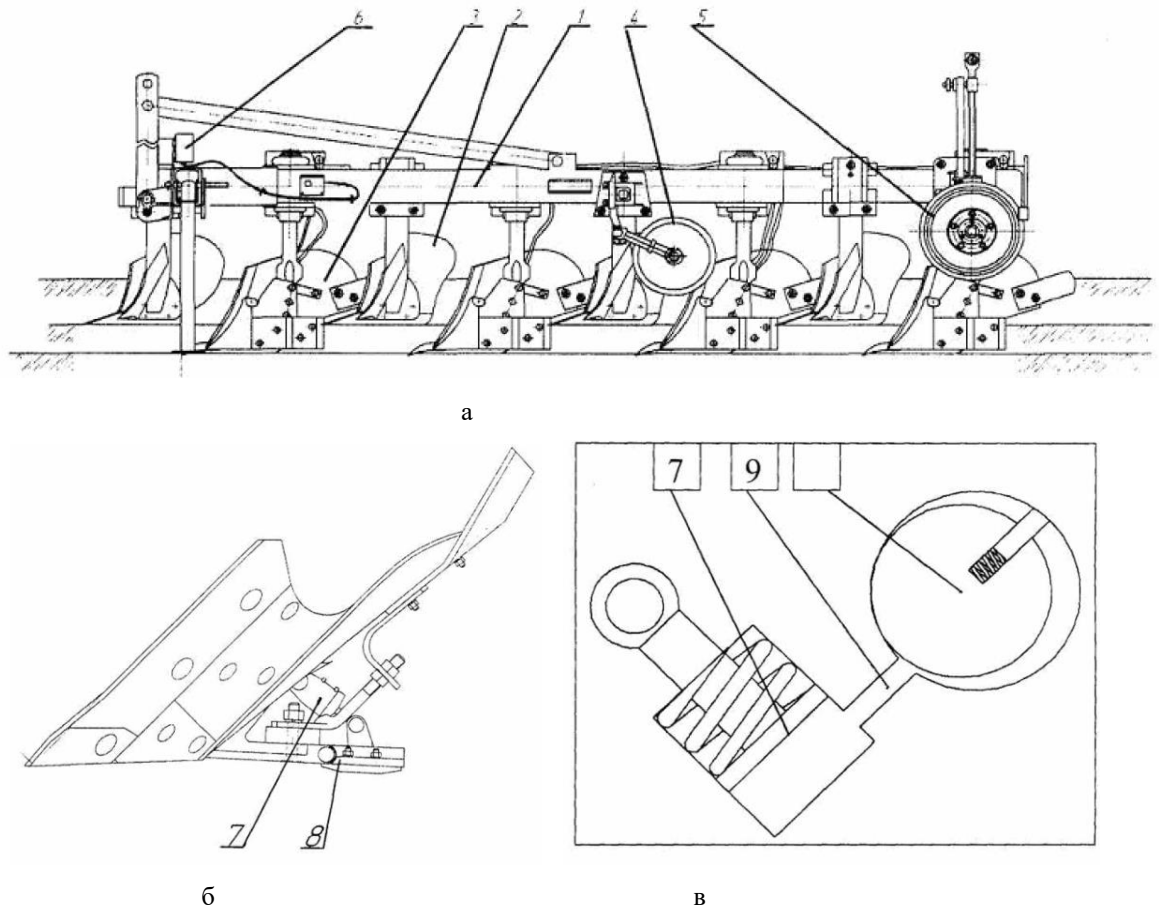


Рисунок 3.1 – Загальний вид удосконаленого плуга та його складових

Процес роботи плуга з вібраційною підвіскою відбувається таким чином. Під час руху агрегату трактор-плуг крутний момент від валу відбору потужності (на схемі не вказано) передається на гідронасос 6. Він подає робочу рідину через гідропровід до гідроциліндра 7, який забезпечує високочастотний зворотно-поступальний рух штока. Частота руху відповідає параметрам сколювання ґрунту, що спричиняє резонанс. Польова дошка 8, з'єднана шарнірно зі штоком гідроциліндра 7, починає вібрувати. Оскільки дошка закріплена на стійці корпусу, вібрація частково передається на корпус, створюючи додаткову активну силу, яка впливає на ґрунт. Це сприяє інтенсивнішому кришенню та сколюванню, покращуючи якість обробітку та знижуючи енергозатрати. При цьому, дана розробка має й суттєві недоліки, зокрема збільшення маси знаряддя та необхідність суттєвих додаткових капітальних вкладень на модернізації конструкції плуга.

Технічне рішення запропоноване авторами у патенті України UA31573 [17] направлене на вирішення завдання щодо підвищення рівномірності обробітку ґрунту з одночасним зменшенням тягового опору знаряддя. Конструкція плуга складається з рами з причіпним пристроєм, розкосу, корпусів, передплужників та опорного колеса з гвинтовим механізмом (рис. 3.2). Причіпний пристрій кріпиться до рами через шарнір, виконаний у вигляді дворухомої обертальної кінематичної пари та додатково з'єднаний із рамою за допомогою гідроциліндра.

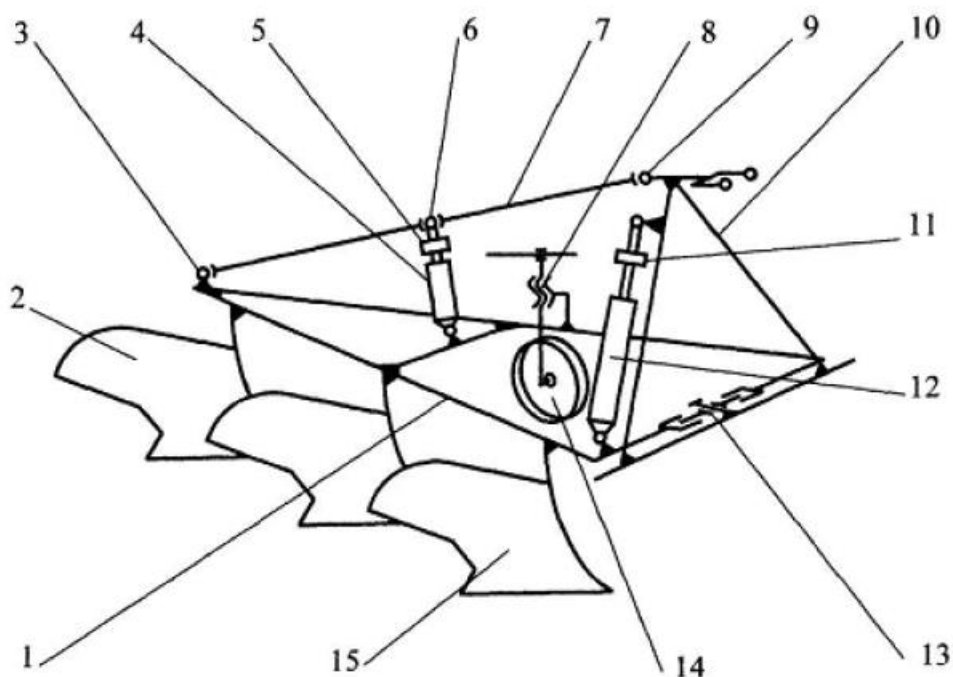


Fig. 1

Рисунок 3.2 – Плуг з гідроциліндрами, за патентом України UA №31573

Основними недоліками відомих конструкцій плугів є висока трудомісткість налаштувань та неможливість їх виконання з місця оператора під час руху агрегату, що обумовлено конструкцією причіпного пристрою.

Прототипом обраний модульний універсальний плуг ПМУ-5-35 [19], що має аналогічну конструкцію. Серед його недоліків – недостатня продуктивність та складність технологічних налагоджень, які потребують зупинки агрегату, вимкнення двигуна та ручного регулювання з використанням інструментів.

Подібні процедури необхідні під час оранки звальних гребенів і розгінних борозен.

«Метою корисної моделі є вдосконалення плуга шляхом оснащення причіпного пристрою гідроциліндрами для виконання налаштувань безпосередньо з місця оператора під час руху агрегату» [17]. Це дозволяє зменшити трудомісткість і підвищити продуктивність. Запропонована конструкція включає раму з причіпним пристроєм, розкіс, корпуси, передплужники та опорне колесо з гвинтовим механізмом. Причіпний пристрій з'єднаний з рамою за допомогою шарніра, що має вигляд дворухомої обертальної кінематичної пари, і додатково оснащений гідроциліндром.

У конструкції розкосу передбачено шарнір однорухомої обертальної пари, який також поєднано з рамою гідроциліндром. Така компоновка дозволяє регулювати глибину ходу переднього та заднього корпусів плуга з місця оператора за рахунок обертання рами навколо поздовжньої та поперечної осей відповідно. Таким чином, здійснення налаштувань у процесі оранки відбувається безпосередньо з кабіни оператора шляхом маніпуляції важелями гідравлічної системи, що знижує трудомісткість і підвищує продуктивність плуга.

Відоме технічне рішення, патент України на корисну модель UA 63591, що направлене на підвищення якості обробітку ґрунту орними агрегатами [20]. У стандартних начіпних плугах загального призначення стійки корпусів кріпляться до рами за допомогою болтових з'єднань [21]. Основним недоліком таких конструкцій є високий тяговий опір.

Прототипом вибрано плуг з вібраційною підвіскою [22], у якого корпус оснащений активним вібраційним елементом. Він включає шарнірно з'єднані польову дошку та гідроциліндр, а на рамі встановлено вібраційний гідронасос, що приводиться в дію від валу відбору потужності. Недоліками цієї конструкції є необхідність використання додаткового джерела енергії, що ускладнює пристрій, підвищує металоємність та створює незручності в експлуатації. Завданням корисної моделі є зменшення тягового опору плуга, зниження енерговитрат при оранці та покращення якості обробітку ґрунту.

Це досягається шляхом застосування наступного рішення: у вібраційному плугу, що включає раму, корпус, стійку, опорне колесо та вібратор, до рами хомутами кріпляться кронштейни. Вони з'єднуються зі стійкою та вібратором шарнірами з гумовими втулками. Вібратор містить золотник і поршень зі штоком, який під кутом  $\alpha$  з'єднується з нижньою частиною стійки корпусу. Вібратор гідравлічно з'єднаний з гідросистемою трактора через регульований дросель, що дозволяє досягти резонансної частоти коливань корпусу плуга та ґрунту.

На рис. 3.3 зображена схема вібраційного плуга із запропонованим удосконаленням конструкції.

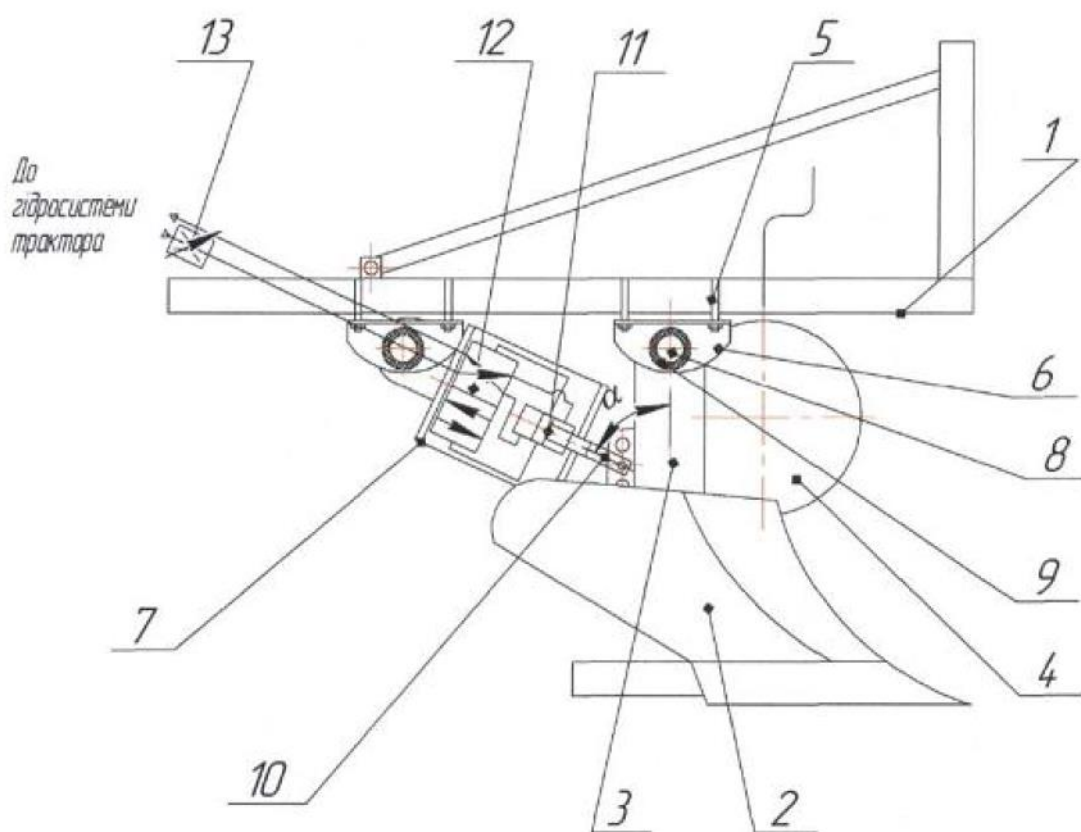


Рисунок 3.3 – Схема удосконаленої конструкції вібраційного плуга

Для регулювання кута  $\alpha$  та амплітуди коливань у нижній частині стійки корпусу передбачено отвори. Під час оранки вібрація корпусу плуга спричиняє утворення хвильових процесів у ґрунті, що переводить його до крихкого стану.

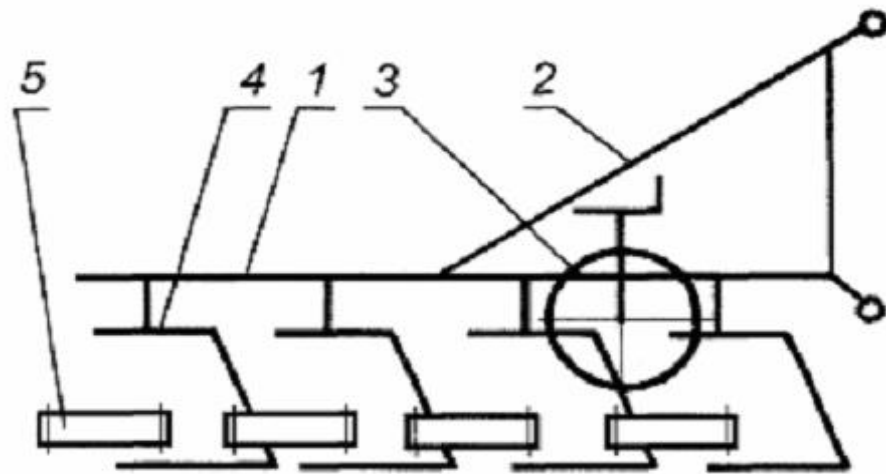
Це зменшує тяговий опір плуга, скорочує енерговитрати на оранку та підвищує інтенсивність подрібнення ґрунту, що позитивно впливає на якість обробітку.

Відоме й інше рішення щодо підвищення якості обробітку ґрунту, відповідно до патенту України UA № 43656 [23]. Класичні конструкції плугів виконані таким чином, що їх польові дошки жорстко закріплені до стійки. Найближчим за технічним рішенням є плуг, що містить раму з навісним пристроєм, опорне колесо з механізмом регулювання глибини і стійки з плужними корпусами. Польова дошка цього плуга виконана у вигляді конічного ролика, закріпленого вертикально за допомогою підшипників. Основна проблема конструкції – нерівномірна швидкість обертання точок поверхні ролика, що призводить до проковзування, поєднуючи тертя кочення та ковзання.

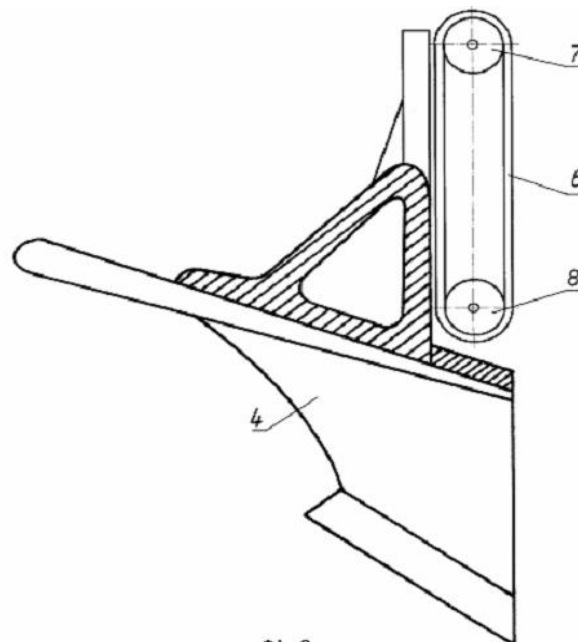
На рис. 3.4а показано загальний вигляд плуга збоку, а на рис. 3.4 б – корпус плуга зверху. При роботі плуга польова дошка 5 взаємодіє зі стінкою борозни, при цьому переміщення стрічки відносно борозни мінімізується або взагалі відсутнє, що усуває тертя ковзання.

Завданням, яке вирішується в новій конструкції, є підвищення стійкості руху плуга та зменшення тягового опору. Загальна конструкція містить раму з навісним пристроєм, опорне колесо з механізмом регулювання глибини обробітку та стійки з плужними корпусами. Відмінною рисою є використання польової дошки у вигляді нескінченної стрічки, встановленої на роликах із підшипниковими опорами.

Перевага конструкції – збільшена площа контакту зі стінкою борозни, що мінімізує її руйнування та забезпечує стабільність ходу. Завдяки тому, що стрічка не ковзає по борозні, зменшується тертя ковзання, що знижує тяговий опір.



а



б

Рисунок 3.4 – Плуг у якому польова дошка має можливість рухатися по нескінченній стрічці

Недоліком такої конструкції може бути необхідність у частому регулюванні натягу нескінченної стрічки та ТО її підшипникових опор.

Одним із варіантів вирішення завдання щодо підвищення якості подрібнення ґрунту при виконанні оранки є застосування ротаційних плугів або додаткових робочих органів до стандартної конструкції. В одному з технічних рішень запропоновано для досягнення оптимального кута різання робочих елементів плуга забезпечувати зміною кривизною поверхні розпушувача.

Це забезпечується завдяки тому, що стійки виконані у вигляді парних паралельних стержнів, на яких кожен робочий елемент встановлений шарнірно з можливістю регулювання його положення (рис. 3.5).

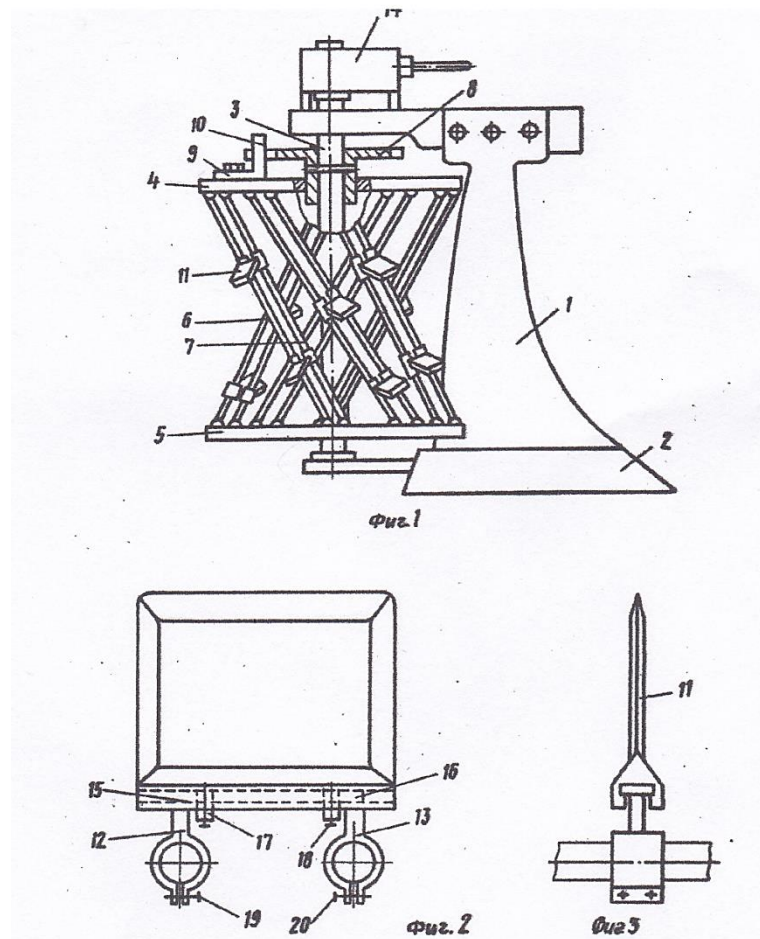


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд конструкції корпусу плуга з розпушувачем

Конструкція плуга складається з корпусу з відвалом 1, лемішем 2 і ротаційним розпушувачем, що включає вал 3, диски 4 і 5, між якими рівномірно по периферії розміщені стійки у вигляді парних стержнів 6 і 7. На цих стержнях за допомогою шарнірів 12 і 13 розташовані робочі елементи 11. Розпушувач також містить втулки 8, фіксатор із ступицею 9 та фіксуючим елементом 10.

Циліндричні підп'ятники 15 і 16 встановлені в пази робочих елементів 11 і зафіксовані упорами 17 і 18. Затискачі 19 і 20 використовуються для закріплення шарнірів 12 і 13 на стержнях 6 і 7.

Леміш 2 підрізає шар ґрунту, який потрапляє на відвал 1, а потім – на ротаційний розпушувач, де відбувається остаточне подрібнення пласта.

Диск 4 може обертатися навколо валу 3 відносно диска 5. При цьому стійки, що встановлені шарнірно між дисками 4 і 5, залишаються паралельними один одному і перехрещуються у просторі, утворюючи гіперболоїдну форму з регульованим радіусом кривизни, який залежить від кута повороту диска 4. Фіксація диска здійснюється за допомогою втулки 8, яка має пази для фіксуючого елемента 10.

Для регулювання робочих елементів 11 затискачі 19 і 20 послаблюються, елемент переміщується у потрібне положення і фіксується. Завдяки паралелограмній структурі стержнів 6 і 7, робочі елементи 11 зберігають оптимальний кут різання незалежно від кривизни розпушувача.

Така конструкція дозволяє легко змінювати кривизну поверхні розпушувача відповідно до характеристик ґрунту, зберігаючи при цьому оптимальний кут різання. Це значно полегшує переоснащення плуга і покращує якість обробітку ґрунту.

### 3.2 Інженерно-технічні розрахунки

Для виконання розрахунків необхідно вибрати та навести певні вихідні дані. Приймаємо (рис. 3.6):  $a = 0,08$  м;  $b = 0,48$  м;  $c = 0,12$  м;  $F_1 = 1,8$  кН;  $F_2 = 2,2$  кН;  $D_1 = D_2 = 0,4$  м.

Визначаємо крутні моменти, що виникають на дисках розпушувача ґрунту:

$$T = F \cdot D / 2 \quad (3.1)$$

$$T_1 = 1,8 \cdot 0,4 / 2 = 0,36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$T_1 = 2,2 \cdot 0,4 / 2 = 0,44 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Так як в системі координат XOZ жодна з сил не діє на диски, то будемо розрахунки будемо виконувати в системі XOY.

Визначаємо сумарне значення реакцій опор в системі XOY за виразом:

$$\Sigma Y = R_{AY} - F_1 - F_2 - R_{BY} = 0 \quad (3.2)$$

Реакцію  $R_{AY}$  можна розрахувати за формулою:

$$R_{AY} = \frac{F_1 \cdot a + F_2 \cdot (a + b)}{a + b + c} \quad (3.3)$$

$$R_{AY} = \frac{1,8 \cdot 0,08 + 2,2 \cdot (0,08 + 0,48)}{0,08 + 0,48 + 0,12} = 2,02 \text{ кН}$$

$$R_{BY} = \frac{(-F_2) \cdot c - F_1 \cdot (c + b)}{a + b + c} \quad (3.4)$$

$$R_{BY} = \frac{(-2,2) \cdot 0,12 - 1,8 \cdot (0,6)}{0,08 + 0,48 + 0,12} = -1,98 \text{ кН}$$

Виконуємо перевірку правильності визначення реакцій опор:

$$\Sigma Y = 2,02 - 1,8 - 2,2 + 1,98 = 0$$

Розраховуємо моменти на першій ділянці:

$$M_{1-1} = R_{AY} \cdot a \quad (3.5)$$

З врахуванням відомих даних, маємо:

$$M_{1-1} = 2,02 \cdot 0,08 = 0,16 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Визначаємо моменти, що діють на ділянці 2-2:

$$M_{2-2} = R_{AY} \cdot (a + b) - F_1 \cdot b \quad (3.6)$$

$$M_{2-2} = 2,02 \cdot (0,08 + 0,48) - 1,8 \cdot 0,48 = 0,27 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Перевіряємо чи момент на ділянці 2-2 знайдено правильно за формулою:

$$M_{2-2} = -R_{BY} \cdot c \quad (3.7)$$

$$M_{2-2} = -1,98 \cdot 0,12 = 0,27 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Одержані результати свідчать, що моменти на ділянці 2-2 співпадають, отже додаткових перевірок виконувати не обов'язково.

Загальні сумарні згинаючі моменти будуть відповідати моментам по осі ХОУ, так як відсутні сил прикладених в даному напрямку. Тому крутні моменти по осі ХОZ будуть відсутні.

Розраховуємо найбільше значення навантаження на вал механізму за формулою:

$$M_{II} = \sqrt{M_{\text{сум}}^2 \cdot T^2} \quad (3.8)$$

$$M_{II} = \sqrt{0,27^2 \cdot 0,44^2} = 0,51 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

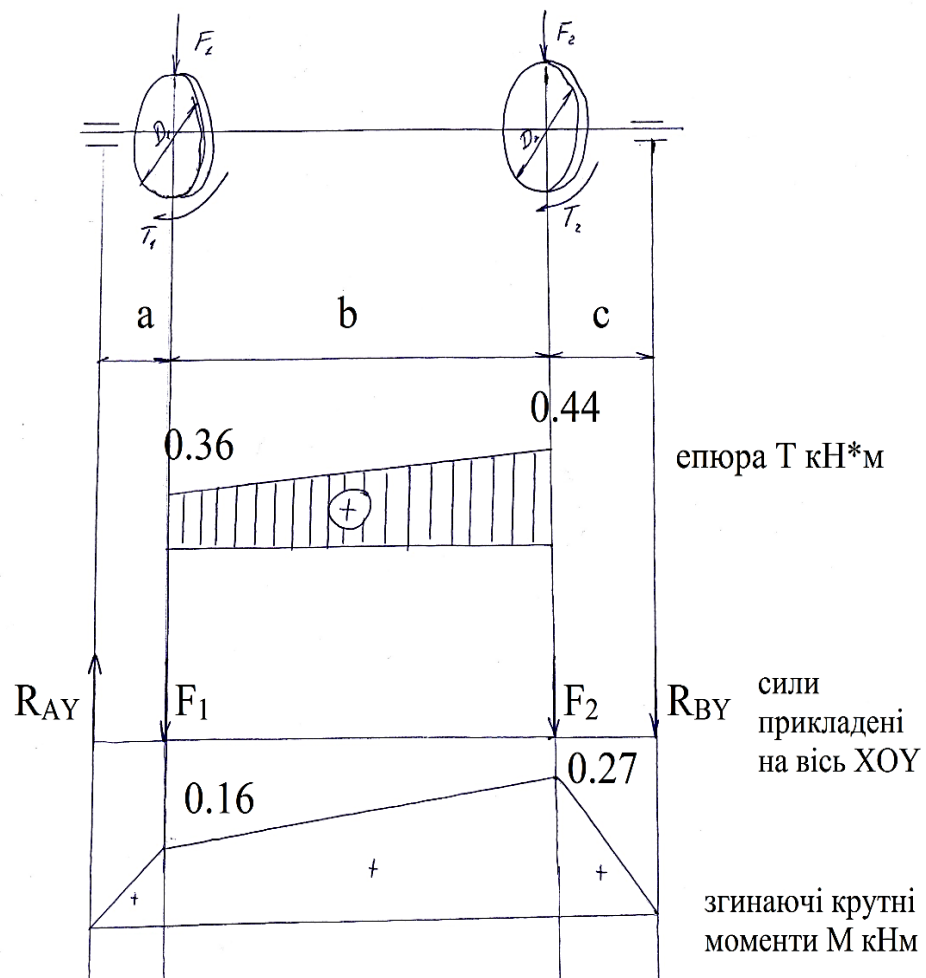


Рисунок 3.6 – Епюри сил і моментів, що діють на вал механізму

Визначаємо мінімальний діаметр валу, що може забезпечувати працездатність за таких умов навантаження:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{II}}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} \quad (3.9)$$

де  $\sigma_{adm}$  – допустимі значення напруження для матеріалу валу, МПа

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,51 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 160}} = 33 \text{ мм}$$

Відповідно до виконаних розрахунків, приймаємо номінальний розмір валу 40 мм.

### 3.3 Розробка операційної технології основного обробітку ґрунту

*Характеристика умов роботи.* Відповідно до обраної сівоzmіни попередником кукурудзи на зерно може бути або соя або зернові колосові, площа відведена під дану культури становить 180 га, розмір ділянок складає 72 га, 63 га 45 га. Для розробки ОТК приймаємо поле найбільшого розміру – 72 га. довжина гону 1150 м, тип ґрунту – чорнозем звичайний, питомий опір ґрунту складає 37 кН/м<sup>2</sup>, похил поля – 2%.

*Агротехнічні вимоги до виконання операції.*

Відповідно до запланованих технологічних операцій в техкарті (додаток А) перед початком оранки поле спочатку обробляють дисковими лушпильниками, очікуючи проростання основної маси бур'янів та внесення мінеральних добрив. Обробіток проводять на глибину 22-25 см із допустимими відхиленнями до  $\pm 2$  см. Бур'яни, післяжнивні залишки та добрива повинні бути повністю загорнуті, а подрібнення ґрунтових грудок має складати не менше 85%. Поле необхідно вирівняти, уникаючи гребенів між корпусами плуга та його проходами, висота яких не повинна перевищувати 5 см. Глибина розгінної борозни – до 10 см. Огріхи не допускаються. Обов'язковою є оранка поворотних смуг та країв поля.

*Вибір та обґрунтування режимів агрегату*

В якості МТА для виконання оранки обрано трактор МТЗ-892 та 3-х корпусний плуг ПЛН-3-35. Маса трактора прийнята – 3420 кг, маса знаряддя – 570 кг (з врахуванням маси додаткового обладнання для вдосконалення). Виходячи з тягових характеристик трактора [23] та агротехнічно допустимих швидкостей роботи плуга обираємо можливі передачі трактора з даною машиною.

Спочатку визначаємо тяговий опір, що буде припадати на один із корпусів плуга з врахуванням особливостей налаштування плуга (глибини), швидкісних режимів роботи:

$$R_{кор} = h_{об} \cdot b_{кор} \cdot K_{пл}^v \pm q_k \cdot c \cdot i / 100, \quad (3.10)$$

де  $h_{об}$  – глибина обробітку ґрунту;

$b_{кор}$  – захват одного корпусу, м;

$K_{пл}^v$  - питомий тяговий опір плуга на обраній швидкості руху, кН/м<sup>2</sup>

$q_k = \frac{G_{пл}}{n_{кор}}$  – співвідношення ваги плуга та кількості корпусів на яку вона

припадає, кН.

$G_{пл}$  – загальна вага машини для обробітку ґрунту (плуга), кН;

$n_{кор}$  – стандартне значення кількості корпусів;

$i$  – похил місцевості, %;

$c$  – коефіцієнт, що враховує масу ґрунту, що припадає на один корпус.

Приймається в залежності від тягового опору ґрунту. Для обраного типу ґрунтів прийнято, що  $c = 1,2$ .

Величину  $K_{пл}^v$  необхідно визначити для обраних передач за виразом:

$$K_{пл}^v = K_{пл} [1 + \frac{\Delta 0}{100} / 100(V_p - V_0)], \quad (3.11)$$

де  $\Delta 0$  – темп збільшення опору знаряддя, що залежить від швидкості виконання технологічної операції, %;

$V_p$  – швидкість виконання операції (робоча швидкість), км/год.

$$K_{пл4}^v = 37 \cdot [1 + \frac{2}{100} (8,0 - 5)] = 39,2 \text{ кН}$$

$$K_{пл5}^v = 37 \cdot [1 + \frac{2}{100} (9,3 - 5)] = 40,2 \text{ кН}$$

Розраховуємо тяговий опір корпусів плуга на обраних передачах:

$$R_{кор4} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 39,2 + 5,7 / 3 \cdot 1,2 \cdot 2 / 100 = 3,48 \text{ кН}$$

$$R_{кор5} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 40,2 + 5,7 / 3 \cdot 1,2 \cdot 2 / 100 = 3,56 \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну кількість корпусів: за виразом:

$$n_{кор4} = \frac{P_{TH} - G \frac{i}{100}}{R_{кор}}, \quad (3.12)$$

$\xi_p$  – завантаження енергетичного засобу за номінальним тяговим зусиллям;

Уточнюємо кількість корпусів:

$$n_{кор4} = \frac{15,0 - 34,2 \cdot \frac{2}{100}}{3,48} = 4,11$$

$$n_{кор5} = \frac{13,1 - 34,2 \cdot \frac{2}{100}}{3,56} = 3,48$$

Отримані значення кількості корпусів необхідно округлити до менших цілих значень.

Розраховуємо загальний тяговий опір плуга за виразом:

$$R_{пл} = h_{об} \cdot b_{кор} \cdot n_{кор} \cdot K_{пл}^v \pm G_{пл} \cdot c \cdot \frac{i}{100} \quad (3.13)$$

$$R_{кор4} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 3 \cdot 39,2 + 5,7 \cdot 1,2 \cdot 2 / 100 = 10,42 \text{ кН}$$

$$R_{кор5} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 3 \cdot 40,2 + 5,7 \cdot 1,2 \cdot 2 / 100 = 10,69 \text{ кН}$$

Розраховуємо дійсне значення завантаження трактора за тяговим зусиллям:

$$\xi_p = \frac{R_{пл}}{P_{тн} - G \frac{i}{100}}, \quad (3.14)$$

$$\xi_{p,4} = \frac{10,42}{15,0 - 34,2 \cdot 0,02} = 0,72$$

$$\xi_{p,5} = \frac{10,69}{13,1 - 34,2 \cdot 0,02} = 0,86$$

Для раціонального завантаження трактора, величина ступеню завантаження трактора повинна відповідати рекомендованим значенням, що складає 0,8...0,9. Ця вимога забезпечується тільки при виконанні операції на 5 передачі. Тому, приймаємо дану передачу в якості основної.

Для обраної основної 5 передачі робоча швидкість руху становить 9,3 км/год, годинна витрата палива – 13,1 кг/год.

*Підготовка агрегату до роботи.* Перед початком роботи з плугом необхідно перевірити його комплектність, технічний стан та надійність кріплення основних частин. Рама плуга має бути без прогинів, а леміші та полиці – щільно прилягати до місць кріплення. Зазори між лемішем і полицею на

робочій поверхні не повинні перевищувати 1 мм, а виступання полиці над лемішем не допускається. Головки болтів повинні бути врівень із робочою поверхнею, допустиме заглиблення — не більше 1 мм. Ширина фаски має бути 5-7 мм, кут загострення – 25-40°, а лезо леміша – загострене до товщини не більше 1 мм.

Носки лемішів повинні розташовуватися на одній лінії, що перевіряється за допомогою натягнутого шнура. Допустиме відхилення становить 5 мм; якщо відхилення більше, положення корпусу коригується за допомогою прокладок, шайб або рихтування.

#### *Підготовка поля.*

Виконаємо підготовку поля на площі 72 га для виконання оранки трактором МТЗ-892 та плуга ПЛН-3-35 на 5-й передачі з робочою швидкістю  $V_p = 8,9$  км/год.

Ділянка має такі орієнтовні розміри довжиною 1150 м та шириною 626 м.

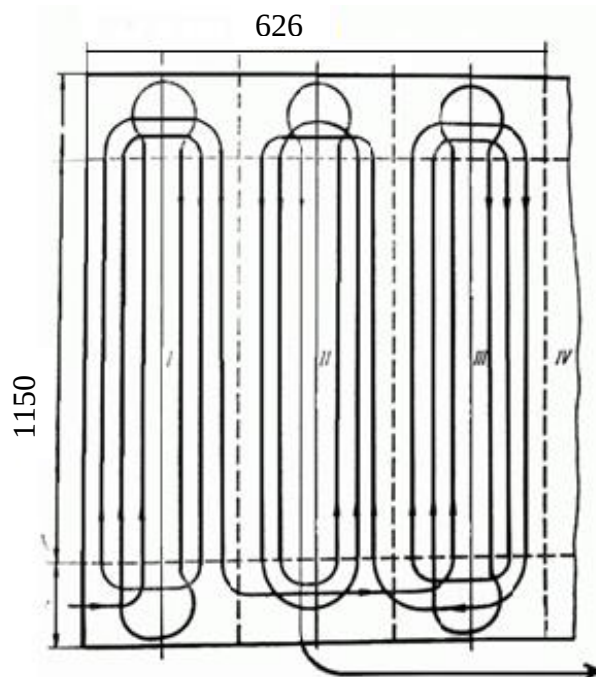


Рисунок 3.7 – Схема руху агрегату по полю

Обираємо петльовий спосіб руху з чергуванням заїнок всклад.

Визначимо оптимальну ширину заїнки [23]:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot R^2 \cdot B_p \cdot L_p} \quad (3.15)$$

$$R = K_R \cdot R_0 \quad (3.16)$$

$K_R$  – коефіцієнт зростання радіусу розвороту при зростанні швидкості руху МТА;

$R_0$  – мінімальне значення радіусу розвороту (при  $V_p = 5 \text{ км/год}$ );

$$R_0 = 3 \cdot B_k$$

$$R = K_R \cdot R_0 = 1,05 \cdot 1,05 \cdot 3 = 3,3 \text{ м}$$

$$L_p = L - 2 \cdot E$$

Ширина поворотної смуги (м) визначається за виразом [23]:

$$E = 3 \cdot R + e = 3 \cdot 3,3 + 0,38 = 10,3, \quad (3.17)$$

Довжина виїзду становить:

$$e = 0,1 \cdot l_k = 0,1 \cdot 3,8 = 0,38 \quad (3.18)$$

Розраховуємо кінематичну довжину агрегату  $l_k$ , за виразом [23]:

$$l_k = l_{\text{тр}} + l_{\text{м}} = 1,2 + 2,6 = 3,8 \text{ м}, \quad (3.19)$$

Так як ширина поворотної смуги обов'язково повинна бути кратній ширині захвату, то маємо оптимальне значення ширини захвату – 10,5 м.

$$L_p = 1150 - 2 \cdot 10,5 = 1129 \text{ м}$$

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot 3,3^2 \cdot 1,1 \cdot 1129} = 465,1 \text{ м}$$

Визначаємо на яку кількість загінок необхідно розбити ділянку:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L_p \cdot C_{\text{опт}}}, \quad (3.20)$$

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 72}{1129 \cdot 465,1} = 1,37$$

Отже поле необхідно розбити на 2 загинки.

Визначаємо коефіцієнт робочих ходів МТА за формулою [23]:

$$\varphi = \frac{\sum L_p}{\sum L_p + \sum L_x} \quad (3.21)$$

$$L_x = 7 \cdot R + 2 \cdot e \quad (3.22)$$

$$L_x = 7 \cdot 3,3 + 2 \cdot 0,38 = 23,86$$

$$\varphi = \frac{1129}{1129 + 23,86} = 0,97$$

*Робота агрегату в загінці.*

Розраховуємо виробіток агрегату для оранки за зміну, га/зм [23]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau \quad (3.23)$$

Час на виконання корисної роботи (робочий час) визначаємо :

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{техн} + T_{\phi} + T_{пер})}{1 + \tau_{пов}} \quad (3.24)$$

$T_{зм}, T_{пз}, T_{техн}, T_{\phi}, T_{пер}$  відповідно до рекомендацій [23], приймаємо відповідно 7 год, 0,07 год, 0,55 год, 0,5 год, та 0,2 год.

Коефіцієнт поворотів розраховуємо з виразу:

$$\tau_{пов} = \frac{V_{п} \cdot t_{пов}}{3,6 \cdot L} \quad (3.25)$$

$$\tau_{пов} = \frac{8,9 \cdot 40}{3,6 \cdot 1150} = 0,086$$

$$T_p = \frac{7 - (0,07 + 0,55 + 0,50 + 0,20)}{1 + 0,086} = 5,23 \text{ год}$$

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}; \quad (3.26)$$

$$\tau = \frac{5,23}{7} = 0,747;$$

Змінний виробіток складе:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 1,1 \cdot 9,3 \cdot 7 \cdot 0,747 = 5,35 \text{ га/зм}$$

Витрату палива розраховуємо за формулою [23]:

$$g_{га} = \frac{G_p T_p + G_{пов} T_{пов} + G_{пер} T_{пер} + G_{зуп} T_{зуп}}{W_{зм}} \quad (3.27)$$

$$T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p = 0,086 \cdot 5,23 = 0,45 \text{ год}$$

$$T_{зуп} = T_{пз} + T_{\phi} = 0,07 + 0,5 = 0,57 \text{ год}$$

Отже, витрата палива становитиме:

$$g_{га} = \frac{13,1 \cdot 5,23 + 5 \cdot 0,45 + 6 \cdot 0,2 + 1,7 \cdot 0,57}{5,35} = 14,1 \text{ кг/га}$$

*Контроль якості роботи.*

Допустиме відхилення глибини оранки від заданої величини не повинно перевищувати  $\pm 2$  см. Для цього виконують 20 вимірювань за допомогою лінійки по діагоналі загінки. Максимальна висота звальних гребенів має бути не більше 7 см, а глибина розгінних борозен – до 10 см. Вимірювання проводять наступним чином: поперек оранки встановлюють рейку довжиною 2,5 м і в 6-10 точках визначають параметри за допомогою лінійки.

#### *Безпека праці при виконанні оранки.*

Виконання робіт дозволяється тільки працівникам, що мають необхідне посвідчення та допуск до роботи з даними видом машин. Під час роботи з навісними агрегатами повороти слід здійснювати на низькій швидкості. Очищення робочих органів виконують тільки після зупинки двигуна трактора та з використанням спеціального інструменту – чистика. Обслуговування машин дозволяється за умови вимкненого двигуна та дотримання вимог безпеки при виконанні даного виду робіт. Заточування робочих кромek в польових умовах не дозволяється.

#### **Висновки по розділу**

Виконаний огляд відомих технічних рішень щодо вдосконалення конструкцій плугів спрямованих на підвищення якості обробітку ґрунту. Запропоновано розробити плуг з ротаційними розпушувачами, встановленими на шляху сходження ґрунту з відвалу, який має укорочений довжину. Проведені інженерно-технічні розрахунки, визначено сили (реакції) та згинальні моменти, що виникають в опарах розпушувача. Розраховано мінімальний діаметр валу розпушувача, який склав 33 мм. Розроблено операційну технологію виконання обробітку ґрунту вдосконалених агрегатом. Встановлено, що ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям становить – 0,86, робочий час зміни 5,23 год, змінний виробіток складає 5,35 га/зм, при витраті палива 14,1 кг/га.

#### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Обробіток ґрунту здійснюється за допомогою агрегатів, що складаються з трактора та ґрунтообробних машин, таких як культиватори, дискові борони, плуги, розпушувачі тощо. Виконання робіт дозволено трактористам-машиністам із відповідною кваліфікацією, які пройшли інструктаж із безпеки та не мають медичних протипоказань [24-25]. Проведення технологічних операцій із ґрунтообробки включає використання сільськогосподарської техніки, робочі елементи якої безпосередньо контактують із ґрунтом. Робочі частини можуть становити потенційну небезпеку, як для операторів, так і для обслуговуючого персоналу та оточуючих. Працівники повинні бути забезпечені спецодягом та засобами індивідуального захисту за потреби. Відповідальність за створення безпечних умов праці несе роботодавець.

Під час виконання робіт чи переміщення техніки від місця зберігання до робочої зони забороняється перебування сторонніх осіб. Обслуговуючий персонал перед початком робіт повинен пройти навчання з надання долікарської допомоги. Кожен МТА має бути укомплектований базовими засобами для надання першої допомоги. Відпочивати та приймати їжу дозволяється лише після повної зупинки техніки та вимкнення двигуна.

Трактористи мають бути забезпечені спеціальним одягом: пилонепроникним костюмом, комбінованими рукавицями та захисними окулярами [26]. Технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин повинен відповідати інструкціям з експлуатації. Знаходження сторонніх осіб на тракторах під час роботи та переїздів заборонено. Трактористи повинні знати основи надання першої долікарської допомоги. В нічний час відпочивати у кабіні трактора з працюючим двигуном або у борозні не дозволяється. У разі поганого самопочуття необхідно припинити роботу, повідомити керівника та звернутися до медпункту.

*Вимоги безпеки перед початком роботи.* Перед початком роботи необхідно одягти спецодяг, впевнитись у відсутності звисаючих кінців. Під час

приєднання трактора до причіпного обладнання необхідно відійти на відстань не менше 1,5 м. З'єднання виконується тільки після повної зупинки трактора. Перед запуском двигуна перевіряють положення важелів передач і блокувальний пристрій. Роботу розпочинають лише після перевірки справності всього агрегату. Перед початком руху подають попереджувальний сигнал, переконавшись у відсутності загрози для оточуючих.

*Безпека праці під час виконання роботи.* При підйманні та опусканні навісного обладнання слід переконатися, що це не становить небезпеки для інших працівників. Під час руху агрегату заборонено сідати або сходити з нього. Забороняється залишати підняте навісне обладнання під час тривалих зупинок. Вночі трактор повинен мати справне освітлення. Під час очищення агрегатів від бур'янів і ґрунту необхідно дочекатися повної зупинки. При боронуванні полів, забруднених рослинними залишками, зубці борін спрямовують скосами в напрямку руху для самоочищення. Якщо поле чисте, скоси направляють у зворотний бік. При використанні дискових борін важливо слідкувати за правильністю встановлення чисток. Заборонено регулювати глибину обробітку дисків або сидіти на баластних ящиках під час руху агрегату.

При виявленні несправності агрегату його негайно зупиняють. У разі нещасного випадку необхідно повідомити адміністрацію та надати потерпілому першу долікарську допомогу. Місце події слід зберегти без змін до завершення розслідування.

*Безпека праці після закінчення робіт.* Після завершення роботи агрегат виводять із загінки та переміщують до місця стоянки згідно з визначеним маршрутом. Двигун вимикають, трактор гальмують, а в холодну пору зливають воду із системи охолодження. Агрегат очищують від залишків ґрунту, пилу та рослинних залишків, перевіряють технічний стан та усувають виявлені несправності. Після завершення робіт працівники знімають спецодяг, миються або приймають душ.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ

Вдосконалення технологічного процесу або конструкції обладнання доцільно оцінювати шляхом порівняння техніко-економічних показників роботи як базового, так і модернізованого варіантів. У випадку оцінки модернізованого агрегату, необхідно враховувати не лише техніко-експлуатаційні показники цього агрегату.

Наведемо вихідні дані для визначення ефективності запропонованого вдосконалення в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для аналізу

| Показники                                                                                                                  | Варіант проєкту                                                       |                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                            | базовий                                                               | удосконалений                                                        |
| Найменування роботи<br>(технологічної операції)                                                                            | Система основного обробітку ґрунту                                    |                                                                      |
| 3. Склад МТА:<br>- лущення (двічі для базового варіанту)<br>- оранка<br>- культивуація з боронуванням<br><br>- боронування | ХТЗ-150К-09+ЛДГ-15<br>МТЗ-892+ПЛН-3-35<br>ХТЗ-150К-09+TERRA 3 PRO 840 | ХТЗ-150К-09+ЛДГ-15<br>МТЗ-892+ПЛН-3-35 (М)<br><br>ХТЗ-150К-09+БЗП-24 |
| Продуктивність МТА, га/год на:<br>- лущенні<br>- оранці<br>- культивуації з боронуванням<br>- боронуванні                  | 12,6<br>5,6<br>6,9                                                    | 12,6<br>5,35<br>15,8                                                 |
| Витрати палива, кг/га на:<br>- лущенні<br>- оранці<br>- культивуації з боронуванням<br>- боронуванні                       | 1,95<br>13,3<br>2,7                                                   | 1,95<br>14,1<br>1,2                                                  |

Оцінку економічної ефективності впровадження нового агрегату необхідно виконувати з точки зору змін в технології обробітку ґрунту при застосуванні модернізованого агрегату. Так, наприклад у випадку застосування плуга стандартної конструкції, потрібно було виконати такі технологічні операції в системі основного обробітку ґрунту: лушення два рази, із збільшенням глибини для другого обробітку до 12 см; оранку на глибину до 25...27 см; весняну культивуацію з боронуванням. У випадку застосування модернізованого МТА для оранки, при вирощуванні кукурудзи, технологія передбачає виконання одного лушення взамін двох та заміну виконання культивуації з боронування на боронування. Таким чином зменшується, як кількість технологічних операцій, так і загальні витрати на їх проведення. Саме на основі порівняння комплексу технологічних операцій системи основного обробітку ґрунту виконаємо порівняння ефективності застосування модернізованого орного МТА.

Наведемо розрахунки щодо експлуатаційних витрат на виконання технологічних операцій основного обробітку ґрунту.

Виконаємо розрахунки за відомою методикою [23]:

$$C_{ит} = C_{нмм} + C_{зн} + C_{мта} \quad (5.1)$$

де,  $C_{нмм}$ ,  $C_{зн}$ ,  $C_{мта}$  – відповідно витрати на паливо, оплату праці, виконання ТО та ремонту МТА, грн./га;

Питомі витрати на паливо-мастильні матеріали розраховуємо за виразом [23]:

$$C_{нмм} = \Pi_k \cdot g_{га} \cdot 0,83 \quad (5.2)$$

де  $\Pi_k$ ,  $g_{га}$  – ціна одного кг пального (грн) та питомі витрати палива кг/га

Приймаємо ціну 1 кг дизельного палива з врахуванням додаткових витрат на мастильні матеріали – 67 грн/кг. З рахування цього та загальних витрат пального на виконання вказаних операцій (з додатку А), маємо:

$$C_{нмм}^б = 67 \cdot 19,9 = 1333,30 \text{ грн./га}$$

$$C_{нмм}^н = 67 \cdot 17,25 = 1155,75 \text{ грн./га}$$

Загальні питомі експлуатаційні затрати при використанні МТА розраховуємо за формулою:

$$C_M = \left[ \frac{B_m \cdot a_{pm}}{100 \cdot G_n^{рик} \cdot W} + \frac{(C_{прм} + C_{том} + C_{зм})}{G_n^{рик}} \right] \cdot K_i \quad (5.3)$$

де  $B_m \cdot a_{pm}$  – балансова вартість (грн) на норма відрахувань (%). Для спрощення розрахунків приймаємо для всієї техніки, що застосовується в розмірі 10 %.

$C_{прм}, C_{том}, C_{зм}$  – витрати на ремонт, обслуговування та інші потреби при експлуатації техніки, приймаємо 7 %.

$n_{зм}^м, G_n^{рик}, T$  – річні норми завантаження для сільськогосподарських машин та тракторів [23].

Підставивши відомі значення, отримаємо:

$$C_{луцен}^б = \left[ \frac{1600000 \cdot 10}{100 \cdot 1350 \cdot 12,6} + \frac{152000}{1350} \right] = 92,36 \text{ грн/га}$$

$$C_{оранка}^б = \left[ \frac{1350000 \cdot 10}{100 \cdot 840 \cdot 0,8} + \frac{94500}{840} \right] = 313,39 \text{ грн/га}$$

$$C_{культ}^б = \left[ \frac{1750000 \cdot 10}{100 \cdot 1350 \cdot 6,9} + \frac{122500}{1350} \right] = 109,52 \text{ грн/га}$$

$$C_{боронув}^б = \left[ \frac{1650000 \cdot 10}{100 \cdot 1350 \cdot 15,8} + \frac{119000}{1350} \right] = 95,88 \text{ грн/га}$$

$$C_{луцен}^п = \left[ \frac{1600000 \cdot 10}{100 \cdot 1350 \cdot 12,6} + \frac{152000}{1350} \right] = 92,36 \text{ грн/га}$$

$$C_{оранка}^п = \left[ \frac{1390000 \cdot 10}{100 \cdot 840 \cdot 0,76} + \frac{97300}{840} \right] = 333,56 \text{ грн/га}$$

$$C_{боронув}^п = \left[ \frac{1650000 \cdot 10}{100 \cdot 1350 \cdot 15,8} + \frac{119000}{1350} \right] = 95,88 \text{ грн/га}$$

Сумарні витрати на виконання комплексу операцій з основного обробітку ґрунту:

$$C_{\text{м}}^б = 92,36 \cdot 2 + 313,39 + 109,52 + 95,88 = 703,51 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{м}}^{\text{н}} = 92,36 \cdot 333,56 + 95,88 = 521,80 \text{ грн/га}$$

Затрати на оплату праці розраховуємо за формулою [23]:

$$C_{\text{зн}} = \frac{1,49(K_{\text{нк}} \cdot m_{\text{мех}} \cdot f_{\text{мех}}) \cdot 1,02}{W_{\text{зм}}}, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

Враховуючи тарифну ставку – 540 грн/зм та нормативні показники відрахувань маємо, маємо:

$$C_{\text{зн(луц)}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{88,4} = 13,20 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(оранка)}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{5,6} = 208,43 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(культивация)}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{48,6} = 24,01 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(боронув.)}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{110,4} = 10,57 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(луц)}}^{\text{н}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{88,4} = 13,20 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(оранка)}}^{\text{н}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{5,35} = 218,17 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн(боронув.)}}^{\text{н}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 640) \cdot 1,02}{110,4} = 10,57 \text{ грн/га}$$

Сумарні витрати на заробітну плату на виконання комплексу операцій з основного обробітку ґрунту:

$$C_{\text{зн}}^{\text{б}} = 13,20 \cdot 2 + 208,43 + 24,01 + 10,57 = 269,41 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зн}}^{\text{н}} = 13,20 + 218,17 + 10,57 = 241,94 \text{ грн/га}$$

Отже загальні питомі витрати на виконання комплексу операцій з основного обробітку ґрунту складуть:

$$C_{\text{ит}}^{\text{б}} = 1333,00 + 703,51 + 269,41 = 2305,92 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{ит}}^{\text{н}} = 1155,75 + 521,80 + 241,94 = 1919,49 \text{ грн/га}$$

Таким чином економічний ефект становитиме:

$$E_{\text{еф}}^{\text{га}} = C_{\text{ит}}^{\text{б}} - C_{\text{ит}}^{\text{н}} = 2305,92 - 1919,49 = 386,43 \text{ грн/га}$$

З рахуванням площі вирощування кукурудзи на зерно, отримаємо:

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік}} = F \cdot (C_{\text{ит}}^{\text{б}} - C_{\text{ит}}^{\text{н}}) = 180 \cdot (2305,92 - 1919,49) = 69557,4 \text{ грн}$$

Термін окупності становитиме:

$$T_o = \frac{40000}{69557,4} = 0,57 \text{ року}$$

Одержані результати сформуємо у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-експлуатаційні показники роботи

| Показники                                                                                       | Одиниці вимірювання | Система основного обробітку ґрунту                          |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                                 |                     | Базова                                                      | Запропонована                          |
| Перелік основних технологічних операцій                                                         |                     | Лущення (подвійне), оранка, культивування зябу, боронування | Лущення, оранка, боронування           |
| Загальні питомі експлуатаційні затрати, в тому числі:<br>- ПММ<br>- ЗП<br>- амортизація, ТО, ПР | грн/га              | 2305,92<br>1333,00<br>269,41<br>703,51                      | 1919,49<br>1155,75<br>241,94<br>521,80 |
| Питомий економічний ефект                                                                       | грн/га              | -                                                           | 386,43                                 |
| Річний економічний ефект                                                                        | грн                 | -                                                           | 69557,40                               |
| Термін окупності капіталовкладень:                                                              | років               | -                                                           | 0,57                                   |

Висновки до розділу.

Проведені розрахунки економічної ефективності підтвердили доцільність реалізації запропонованих рішень щодо модернізації плуга та змін в технології

основного обробітку ґрунту. Питомі витрати на систему основного обробітку ґрунту зменшуються на 386,43 грн/га. Позитивним ефектом також є те, що застосування модернізованого плугу дозволяє зменшити загальні кількість технологічних операцій, а отже і проходів по полю, що повинно позитивно впливати на врожайність кукурудзи на зерно. Річний ефект, при вирощуванні кукурудзи на площі 180 га складає 69557,4 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень на удосконалення плугу складе 0,57 років.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що кукурудза на зерно є стратегічною культурою в аграрному виробництві України. Вирощування кукурудзи на зерно є однією з ключових ланок зернового господарства України в умовах сучасного агропромислового виробництва. У 2024 році площі вирощування кукурудзи на зерно становили майже 4,1 млн. га. В цьому році більші посівні площі були відведені тільки під пшеницю озиму та соняшник. За результатами 2023-24 маркетингового року обсяг експорту кукурудзи досяг 29,3 млн. т., при тому що виробництво даної культури в попередньому році склало 29,6 млн. т. Одержана виручка від реалізації даної культури у 2023-24 МР склала 4,7 млрд. \$ та була найбільшою з експорту серед всіх сільськогосподарських культур. Встановлено, що одним із найважливіших комплексів технологічних операцій вирощування кукурудзи на зерно є системи обробітку ґрунту. Саме за рахунок її оптимізації можна одержувати значно вищу врожайність або меншу собівартість.

Обґрунтовано перелік основних технологічних операцій на виробництво кукурудзи на зерно на площі 180 га. На основі обраних операцій розроблено план механізованих робіт та виконані розрахунки всіх його складових. Розрахунками встановлено, що витрати палива на одиницю площі за розробленою технологією становить 46,8 кг/га. Загальний обсяг пального, який необхідно для виконання всіх технологічних операцій вирощування кукурудзи на зерно на площі 180 га складає 8981,3 кг. Затрати плаці у розрахунку на одиницю роботи становить 3,92 люд.-год/га. Загальний обсяг часу на виконання всіх робіт становить 84,6 нормо-змін.

Виконаний огляд відомих технічних рішень щодо вдосконалення конструкцій плугів спрямованих на підвищення якості обробітку ґрунту. Запропоновано розробити плуг з ротаційними розпушувачами, встановленими на шляху сходження ґрунту з відвалу, який має укорочений довжину. Проведені інженерно-технічні розрахунки, визначено сили (реакції) та згинальні моменти, що виникають в опарах розпушувача. Розраховано мінімальний діаметр валу

розпушувача, який склав 33 мм. Розроблено операційну технологію виконання обробітку ґрунту вдосконалених агрегатом. Встановлено, що ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям становить – 0,86, робочий час зміни 5,23 год, змінний виробіток складає 5,35 га/зм, при витраті палива 14,1 кг/га.

Наведено основні вимоги безпеки праці при виконанні обробітку ґрунту.

Проведені розрахунки економічної ефективності підтвердили доцільність реалізації запропонованих рішень щодо модернізації плуга та змін в технології основного обробітку ґрунту. Питомі витрати на систему основного обробітку ґрунту зменшуються на 386,43 грн/га. Позитивним ефектом також є те, що застосування модернізованого плугу дозволяє зменшити загальні кількості технологічних операцій, а отже і проходів по полю, що повинно позитивно впливати на врожайність кукурудзи на зерно. Річний ефект, при вирощуванні кукурудзи на площі 180 га складає 69557,4 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень на удосконалення плугу складе 0,57 років.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фомішина, В & Fedorova, Nadiia & Огородник, Р & Батура, І. (2022). Дослідження кон'юнктури світового ринку кукурудзи та визначення місця України на ньому. Herald of Lviv University of Trade and Economics Economic sciences. 22-28. 10.36477/2522-1205-2022-66-03.
2. Шимкова М. Світовий ринок кукурудзи та місце України на ньому. URL: <https://pricereview.com.ua/articles/svitovij-rinok-kukurudzi-ta-misce-ukraïni-na-nomu>.
3. Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами. Державна служба статистики України. <https://www.ukrstat.gov.ua>.
4. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах. Державна служба статистики України. <https://www.ukrstat.gov.ua>.
5. Підсумки сезону 2023/2024: експорт зернових та олійних. <https://uga.ua/news/pidsumky-sezonu-2023-2024-eksport-zernovyh-ta-olijnyh-57-5-mln-t>.
6. Технологія вирощування кукурудзи. <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-kukurudzi>
7. Особливості вирощування кукурудзи на зерно у Степовій зоні. <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/osoblyvosti-vyroshchuvannya-kukurudzy-na-zerno-u-stepoviy>
8. Кукурудза по no-till: особливості технології вирощування. <https://superagronom.com/blog/872-kukurudza-po-no-till-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya>
9. Ковальський І.А. Вивчення впливу окремих технологічних прийомів вирощування сучасного гібриду кукурудзи Фуріо в умовах ПП «Агропрогрес» с. Шатура, Ніжинського району, Чернігівської області. <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/12398.pdf>

10. Добренський О. Вплив основного обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи. <https://superagronom.com/blog/252-vpliv-osnovnogo-obrobitku-gruntu-na-urojaynist-kukurudzi>

11. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві / А.С Кобець, В.Ю. Ільченко, В.Г. Бутенко, [та ін.] – ДДАУ, Дніпропетровськ, 2007. – 288 С.

12. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на обробіток ґрунту / І. М. Демчак, Л. В. Кукса, В. М. Івченко, В.С. Пивовар та ін. Київ : НДІ "Укргропромпродуктивність", 2019. 280 с.

13. Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами. В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін.. – К.:НДІ «Укргропромпродуктивність», 2005. – 544 с.

14. Норми продуктивності і витрат палива у рослинництві та обслуговуючих галузях В. М. Івченко, О. С.Зірінзак, В. Ф. Іваненко, В. С. Пивовар та ін. Київ: НДІ «Укргропромпродуктивність», 2023, 188 с.

15. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. С. Пивовар, В.М. Івченко, Л. В. Кукса та ін. Київ: НДІ "Укргропромпродуктивність", 2019. 160 с.

16. Ільченко В.Ю. Курсове проектування з машиновикористання у рослинництві / Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Кухаренко П.М., В.П. Мельник, В.О. Колбасін; ДДАУ. Дніпропетровськ. 2006 – 132с.

17. Патент України на корисну модель UA 75944, МПК (2012.01) A01B 3/00, Бюл. № 24, від 25.12.2012.

18. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай. 1994. 448 с.

19. Машини для обробітку ґрунту і сівби: посібник / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Погорілого. 2009. 288 с.

20. Патент України на корисну модель UA (11) 63591 МПК (2011.01) A01B 11/00, Бюл.№ 19, 2011 р.

21. Войтюк Д.Г., В.Д. Дубровін. Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 2004. 544 с.

22. Патент України на корисну модель № 31574, МПК А01В 17/00, Бюл. № 7. 2008 р.

23. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетр. держ. агр. ун.-т. Дніпропетровськ. 2002. 212 с.

24. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240, зареєстровані у Міністерстві юстиції України 21.09.2018 за № 1090/32542 (НПАОП 01.0-1.02-18).

25. Інструкція з вимог безпеки при роботі з ґрунтообробною технікою. <http://trudova-ohrana.ru/primery-dokumentov/prikladi-nstrukcj-z-ohoroni-prac-ukranskoju/5007-nstrukcja-z-vimog-bezpeki-pri-robot-z-runtoobrobnoju-tehnkoju.html>

26. Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам сільського та водного господарства, затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 10.06.98 за № 117, зареєстровано в Мін'юсті України 14.07.98 за № 449/2889 (НПАОП 0.00-3.01-98).

# ДОДАТКИ

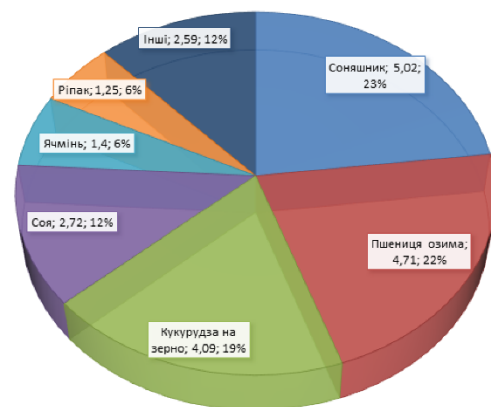
## Додаток А – Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно на площі 180 га

Попередняк - зернові  
Тип ґрунту-ІІ  
Гр. господарств-ІІІ

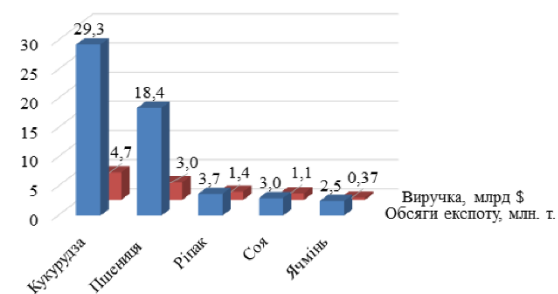
врожайність зерна 8,3 т/га

| 1  | Операції                                                                     | Агротех. вим. | Од. виміру | Обсяг роботи | Строки виконання |            | Трив. роботи за добу | Склад агрегату    |        |                  | К-сть с.-г.м. | Виробіток |        |         | Потрібно для виконання роботи |            |           | Витрати палива, кг |               | Затрати праці, люд.-год/га |               | К-сть нормо-змін |
|----|------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|------------|----------------------|-------------------|--------|------------------|---------------|-----------|--------|---------|-------------------------------|------------|-----------|--------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------------|
|    |                                                                              |               |            |              | календ.          | трив. днів |                      | трактор           | зіплка | с.-г. м.         |               | за год    | за зм. | за добу | агрегат.                      | тракторис. | доп.прац. | За нормою          | На весь обсяг | На одиниц. роботи          | На весь обсяг |                  |
| 1  | 2                                                                            | 3             | 4          | 5            | 6                | 7          | 8                    | 9                 | 10     | 11               | 12            | 13        | 14     | 15      | 16                            | 17         | 18        | 19                 | 20            | 21                         | 22            | 23               |
| 1  | Лущення стерні в один слід                                                   | 6-8 см        | га         | 180          | 10-30.07         | 3          | 14                   | ХТЗ-150К-09       |        | ЛДГ-15           |               | 12,6      | 88,4   | 176,8   | 1                             | 2          |           | 1,95               | 351           | 0,08                       | 14,3          | 2,04             |
| 2  | Оранка                                                                       | 25-27 см      | га         | 180          | 23.09-15.10      | 10         | 14                   | МТЗ-892           |        | ПЛН-3-35М        | 1             | 0,76      | 5,35   | 10,7    | 2                             | 4          |           | 14,1               | 2538          | 1,31                       | 235,5         | 33,64            |
| 3  | Закриття волопи (боронування)                                                | 3-4 см        | га         | 180          | 20.03-30.03      | 3          | 14                   | ХТЗ-150К-09       |        | БЗП-24           | 1             | 15,8      | 110,4  | 220,8   | 1                             | 2          |           | 1,2                | 216           | 0,06                       | 11,4          | 1,63             |
| 4  | Навантаження аміачної селітри                                                | 0,15 т/га     | т          | 27           | 05-30.04         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |        | КУН Tornado 1600 |               | 22,9      | 160,0  | 320,0   | 1                             | 2          |           | 0,2                | 5,4           | 0,04                       | 1,2           | 0,17             |
| 5  | Перевезення аміачної селітри                                                 | 0,15 т/га     | т          | 27           | 05-30.04         | 5          | 14                   | КамАЗ-55102       |        | ЗС-30М           |               | 2,7       | 19,2   | 38,4    | 1                             | 2          |           | 0,8                | 21,87         | 0,36                       | 9,8           | 1,41             |
| 6  | Внесення аміачної селітри                                                    | 0,15 т/га     | га         | 185          | 05-30.04         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |        | РМД-1200         |               | 6,4       | 44,6   | 89,2    | 1                             | 2          |           | 1,9                | 351,5         | 0,16                       | 29,0          | 4,15             |
| 7  | Передпосівна культивация                                                     | 6-8 см        | га         | 185          | 05-30.04         | 5          | 21                   | ХТЗ-150К-09       |        | TERRA 3 PRO 840  | 1             | 6,9       | 48,6   | 145,8   | 1                             | 2          |           | 2,7                | 499,5         | 0,14                       | 26,6          | 3,81             |
| 8  | Навантаження насіння                                                         | 0,02 т/га     | т          | 3,6          | 05-30.04         | 5          | 21                   | МТЗ-892           |        | КУН Tornado 1600 | 1             | 20,0      | 140,0  | 420,0   | 1                             | 2          |           | 0,2                | 0,72          | 0,05                       | 0,2           | 0,03             |
| 9  | Перевезення насіння                                                          | 0,02 т/га     | т          | 3,6          | 05-30.04         | 5          | 21                   | КамАЗ-55102       |        | ЗС-30М           | 1             | 2,7       | 18,8   | 56,4    | 1                             | 2          |           | 0,8                | 2,88          | 0,37                       | 1,3           | 0,19             |
| 10 | Сівба                                                                        | 6-8 см        | га         | 180          | 05-30.04         | 5          | 21                   | JD 8230           |        | Kinze-3600       | 1             | 7,1       | 49,6   | 148,8   | 1                             | 2          |           | 3,2                | 576           | 0,14                       | 25,4          | 3,63             |
| 11 | Перевезення води та гербициду                                                | 0,15 т/га     | т          | 27           | 12.04-07.05      | 5          | 12                   | КамАЗ-5511        |        | Бочка            | 1             | 3,75      | 22,5   | 45,0    | 1                             | 2          |           | 0,74               | 19,98         | 0,27                       | 7,2           | 1,20             |
| 12 | Внесення гербициду Майстер 150г/га                                           | 0,15 т/га     | га         | 180          | 12.04-07.05      | 5          | 12                   | Case Patriot 3330 |        |                  | 1             | 10,4      | 62,4   | 124,8   | 1                             | 2          |           | 0,95               | 171           | 0,10                       | 17,3          | 2,88             |
| 13 | Навантаження аміачної селітри                                                | 0,1 т/га      | т          | 18           | 15-30.05         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |        | КУН Tornado 1600 |               | 22,9      | 160,0  | 320,0   | 1                             | 2          |           | 0,2                | 3,6           | 0,04                       | 0,8           | 0,11             |
| 14 | Внесення міңдобрив                                                           | 0,1 т/га      | га         | 180          | 15-30.05         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |        | РМД-1200         |               | 6,4       | 44,6   | 89,2    | 1                             | 2          |           | 1,9                | 342           | 0,16                       | 28,3          | 4,04             |
| 15 | Перевезення води добрив                                                      | 0,15 т/га     | т          | 27           | 16.05-01.06      | 3          | 12                   | КамАЗ-5511        |        | Бочка            | 1             | 3,75      | 22,5   | 45,0    | 1                             | 2          |           | 0,74               | 19,98         | 0,27                       | 7,2           | 1,20             |
| 16 | Позакореневе підживлення Плантафолом 15:15:15 - 260 г/га та Тегафол 200 г/га | 0,15 т/га     | га         | 180          | 16.05-01.06      | 3          | 12                   | Case Patriot 3330 |        |                  | 1             | 10,4      | 62,4   | 124,8   | 1                             | 2          |           | 0,95               | 171           | 0,10                       | 17,3          | 2,88             |
| 17 | Збирання з обмолотом качанів                                                 | 8,3 т/га      | га         | 180          | 05-30.10         | 10         | 14                   | Case 2366         |        | Case 1083        | 1             | 3,7       | 25,8   | 51,6    | 1                             | 2          |           | 15,4               | 2772          | 0,27                       | 48,8          | 6,98             |
| 18 | Перевез зерна на тік                                                         | 6 км          | т          | 1494         | 05-30.10         | 10         | 14                   | КамАЗ-55102       |        | ГКБ-8532         | 1             | 12,8      | 89,6   | 179,2   | 2                             | 4          |           | 0,85               | 1269,9        | 0,08                       | 116,7         | 16,67            |
|    | Всього                                                                       |               |            |              |                  |            |                      |                   |        |                  |               |           |        |         |                               |            |           | 46,8               | 8981,3        | 3,92                       | 584,2         | 84,6             |

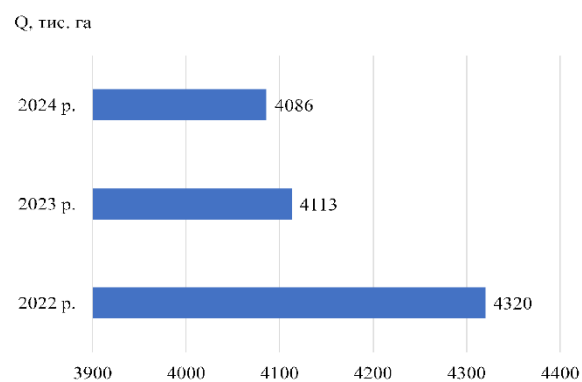
## Додаток Б – Графічна частина дипломного проєкту



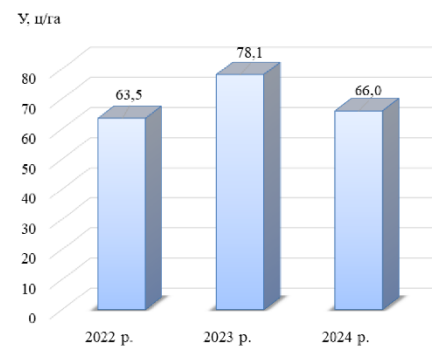
Посівні площі (млн. га) та відсотковий вклад у загальній структурі сільськогосподарських культур в Україні у 2024 році



### Показники експорту насіння на олії соняшнику Україною за січень-лютий 2024 року



## Динаміка посівних площ в Україні під вирощування кукурудзи на зерно



Врожайність кукурудзи на зерно протягом 2022-2024 рр.

|              |              |      |              |                                           |  |                       |        |        |        |  |
|--------------|--------------|------|--------------|-------------------------------------------|--|-----------------------|--------|--------|--------|--|
|              |              |      |              |                                           |  | 48 ДП.001.000.000. ГР |        |        |        |  |
| Реш.догов.   | № документа  | Дата | Стор.        | Аналіз вирошування<br>кукурудзяного зерно |  |                       | Лист   | Месця  | Місяця |  |
| Реш.догов.   | Серіяна Д.А. | 1988 | Міжсміт Д.В. |                                           |  |                       |        |        |        |  |
| Догов.       | № документа  | Дата | Стор.        |                                           |  |                       | Лист   | Листов | Г      |  |
| Міжсміт Д.В. | Міжсміт Д.В. |      |              |                                           |  |                       | ДДАЕС  |        |        |  |
| Догов.       | Серіяна Д.В. |      |              | Класифікація                              |  |                       | Формат | АТ     |        |  |



## Продовження додатку Б

### Технологічна карта виробництва кукурудзи на зерно на площі 180 га

Попередник - зернові  
Тип ґрунту-ІІ  
Гр. господарств-ІІІ

врожайність зерна 8,3 т/га

|        | Операції                                                                      | Агротех. вим. | Од. Виміру | Обсяг роботи | Строки виконання |            | Трив. роботи чи добу | Склад агрегату    |       |                  | К-сть с.-г.м. | Вир. обіток |        |         | Потрібно для виконання роботи |            |            | Витрати палива, кг |               | Затрати праці, люд.-год/га |               | К-сть нормо-змін |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|------------|----------------------|-------------------|-------|------------------|---------------|-------------|--------|---------|-------------------------------|------------|------------|--------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------------|
|        |                                                                               |               |            |              | календ.          | трив. днів |                      | трактор           | зупка | с.-г. м.         |               | за год      | за зм. | за добу | агрегат.                      | тракторис. | доп. прац. | За нормою          | На весь обсяг | На одиниц. роботи          | На весь обсяг |                  |
|        |                                                                               |               |            |              |                  |            |                      |                   |       |                  |               |             |        |         |                               |            |            |                    |               |                            |               |                  |
| 1      | 2                                                                             | 3             | 4          | 5            | 6                | 7          | 8                    | 9                 | 10    | 11               | 12            | 13          | 14     | 15      | 16                            | 17         | 18         | 19                 | 20            | 21                         | 22            | 23               |
| 1      | Лущення стерні в один слід                                                    | 6-8 см        | га         | 180          | 10-30.07         | 3          | 14                   | ХТЗ-150К-09       |       | ЛДР-15           |               | 12,6        | 88,4   | 176,8   | 1                             | 2          |            | 1,95               | 351           | 0,08                       | 14,3          | 2,04             |
| 2      | Оранка                                                                        | 25-27 см      | га         | 180          | 23.09-15.10      | 10         | 14                   | МТЗ-892           |       | ПНП-3-35М        | 1             | 0,76        | 5,35   | 10,7    | 2                             | 4          |            | 14,1               | 2538          | 1,31                       | 235,5         | 33,64            |
| 3      | Закриття вологи (боронування)                                                 | 3-4 см        | га         | 180          | 20.03-30.03      | 3          | 14                   | ХТЗ-150К-09       |       | БЗП-24           | 1             | 15,8        | 110,4  | 220,8   | 1                             | 2          |            | 1,2                | 216           | 0,06                       | 11,4          | 1,63             |
| 4      | Навантаження аміачної селітри                                                 | 0,15 т/га     | т          | 27           | 05-30.04         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |       | КУН Tornado 1600 | 1             | 22,9        | 160,0  | 320,0   | 1                             | 2          |            | 0,2                | 5,4           | 0,04                       | 1,2           | 0,17             |
| 5      | Перевезення аміачної селітри                                                  | 0,15 т/га     | т          | 27           | 05-30.04         | 5          | 14                   | КамАЗ-55102       |       | ЗС-30М           | 1             | 2,7         | 19,2   | 38,4    | 1                             | 2          |            | 0,8                | 21,87         | 0,36                       | 9,8           | 1,41             |
| 6      | Внесення аміачної селітри                                                     | 0,15 т/га     | га         | 185          | 05-30.04         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |       | РМД-1200         | 1             | 6,4         | 44,6   | 89,2    | 1                             | 2          |            | 1,9                | 351,5         | 0,16                       | 29,0          | 4,15             |
| 7      | Передпосівна культивування                                                    | 6-8 см        | га         | 185          | 05-30.04         | 5          | 21                   | ХТЗ-150К-09       |       | TERRA 3 PRO 840  | 1             | 6,9         | 48,6   | 145,8   | 1                             | 2          |            | 2,7                | 499,5         | 0,14                       | 26,6          | 3,81             |
| 8      | Навантаження насіння                                                          | 0,02 т/га     | т          | 3,6          | 05-30.04         | 5          | 21                   | МТЗ-892           |       | КУН Tornado 1600 | 1             | 20,0        | 140,0  | 420,0   | 1                             | 2          |            | 0,2                | 0,72          | 0,05                       | 0,2           | 0,03             |
| 9      | Перевезення насіння                                                           | 0,02 т/га     | т          | 3,6          | 05-30.04         | 5          | 21                   | КамАЗ-55102       |       | ЗС-30М           | 1             | 2,7         | 18,8   | 56,4    | 1                             | 2          |            | 0,8                | 2,88          | 0,37                       | 1,3           | 0,19             |
| 10     | Сівба                                                                         | 6-8 см        | га         | 180          | 05-30.04         | 5          | 21                   | JD 8230           |       | Kinze-3600       | 1             | 7,1         | 49,6   | 148,8   | 1                             | 2          |            | 3,2                | 576           | 0,14                       | 25,4          | 3,63             |
| 11     | Перевезення води та гербіциду                                                 | 0,15 т/га     | т          | 27           | 12.04-07.05      | 5          | 12                   | КамАЗ-5511        |       | Бочка            | 1             | 3,75        | 22,5   | 45,0    | 1                             | 2          |            | 0,74               | 19,98         | 0,27                       | 7,2           | 1,20             |
| 12     | Внесення гербіциду Майстер 150л/га                                            | 0,15 т/га     | га         | 180          | 12.04-07.05      | 5          | 12                   | Case Patriot 3330 |       |                  | 1             | 10,4        | 62,4   | 124,8   | 1                             | 2          |            | 0,95               | 171           | 0,10                       | 17,3          | 2,88             |
| 13     | Навантаження аміачної селітри                                                 | 0,1 т/га      | т          | 18           | 15-30.05         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |       | КУН Tornado 1600 | 1             | 22,9        | 160,0  | 320,0   | 1                             | 2          |            | 0,2                | 3,6           | 0,04                       | 0,8           | 0,11             |
| 14     | Внесення міндобриви                                                           | 0,1 т/га      | га         | 180          | 15-30.05         | 5          | 14                   | МТЗ-892           |       | РМД-1200         | 1             | 6,4         | 44,6   | 89,2    | 1                             | 2          |            | 1,9                | 342           | 0,16                       | 28,3          | 4,04             |
| 15     | Перевезення води добрив                                                       | 0,15 т/га     | т          | 27           | 16.05-01.06      | 3          | 12                   | КамАЗ-5511        |       | Бочка            | 1             | 3,75        | 22,5   | 45,0    | 1                             | 2          |            | 0,74               | 19,98         | 0,27                       | 7,2           | 1,20             |
| 16     | Позакореневе підживлення Пліантафпом 15:15:15 - 260 г/га та Тетрафол 200 г/га | 0,15 т/га     | га         | 180          | 16.05-01.06      | 3          | 12                   | Case Patriot 3330 |       |                  | 1             | 10,4        | 62,4   | 124,8   | 1                             | 2          |            | 0,95               | 171           | 0,10                       | 17,3          | 2,88             |
| 17     | Збирання з обмолотом качавив                                                  | 8,3 т/га      | га         | 180          | 05-30.10         | 10         | 14                   | Case 2366         |       | Case 1083        | 1             | 3,7         | 25,8   | 51,6    | 1                             | 2          |            | 15,4               | 2772          | 0,27                       | 48,8          | 6,98             |
| 18     | Перевез зерна на тік                                                          | 6 км          | т          | 1494         | 05-30.10         | 10         | 14                   | КамАЗ-55102       |       | ГКБ-8532         | 1             | 12,8        | 89,6   | 179,2   | 2                             | 4          |            | 0,85               | 1269,9        | 0,08                       | 116,7         | 16,67            |
| Всього |                                                                               |               |            |              |                  |            |                      |                   |       |                  |               |             |        |         |                               |            |            | 46,8               | 8981,3        | 3,92                       | 584,2         | 84,6             |

|                 |      |                       |      |      |  |                                              |      |      |       |
|-----------------|------|-----------------------|------|------|--|----------------------------------------------|------|------|-------|
|                 |      |                       |      |      |  | 48 ДП.001.000.000.00.ТК                      |      |      |       |
| Имя             | Восн | 8 <sup>я</sup> группа | Годы | Восн |  | Имя                                          | Годы | Восн |       |
| Классовый номер | Восн | 8 <sup>я</sup> группа | Годы | Восн |  | Классовый номер в классном журнале по классу |      |      | 1     |
| Классный журнал |      |                       |      |      |  | Имя                                          | Годы | Восн |       |
| Классный журнал |      | Начальная 40          |      |      |  | Подпись                                      |      |      | ПДАЕУ |
| Имя             |      | Восн                  | Годы | Восн |  | Подпись                                      |      |      | АТ    |





### Техніко-економічні показники

| Показники                                                                                       | Одиниці вимірювання | Система основного обробітку ґрунту                          |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                                 |                     | Базова                                                      | Запропонована                              |
| Перелік основних технологічних операцій                                                         |                     | Лущення (подвійне), оранка, культивування зябу, боронування | Лущення, оранка, боронування               |
| Загальні питомі експлуатаційні затрати, в тому числі:<br>- ПММ<br>- ЗП<br>- амортизація, ТО, ПР | грн/га              | 2305,92<br><br>1333,00<br>269,41<br>703,51                  | 1919,49<br><br>1155,75<br>241,94<br>521,80 |
| Питомий економічний ефект                                                                       | грн/га              | -                                                           | 386,43                                     |
| Річний економічний ефект                                                                        | грн                 | -                                                           | 69557,40                                   |
| Термін окупності капіталовкладень:                                                              | років               | -                                                           | 0,57                                       |

[illegible]