МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
"___" _____ 2025 р.
Зав. кафедри ___к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ _____А.В. Войтік___
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
___бакалавр__
(освітній рівень)

тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування озимої пшениці з удосконаленням плуга ПЛН-3-35»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Ледовський Денис Костянтинович
(прізвище та ініціали)

Керівник: доц., Петриченко Є. В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії
Освітня програма _____бакалавр
Спеціальність _____208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
А.В. Войтік
“___” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
студенту **_____Ледовському Денису Костянтиновичу_____**
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування озимої пшениці з удосконаленням плуга ПЛН-3-35»**
керівник роботи _____доц., Петриченко Є. В.
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” листопада 2025 р. № 01-06/261
2. Строк подання студентом проекту _____25.11.2025 р._____
3. Вихідні дані до проекту: способи зниження коливань машинно-тракторних агрегатів; літературні джерела; шляхи підвищення тягово-зчіпних показників колісних тракторів.
4. Перелік питань, які потрібно розробити:
- провести детальний аналіз діяльності підприємства;
- розробити план механізованих робіт з використанням вдосконаленого агрегату для обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення конструкції плуга ПЛН-3-35;
- розглянути основні питання щодо забезпечення охорони праці на підприємстві;
- провести аналіз економічної ефективності запропонованих змін та вдосконалень у технологічному процесі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної проекту: мета і завдання дослідження; конструктивні рішення вдосконалення конструкцій плуга ПЛН-3-35;; показники економічної ефективності;

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Петриченко Є. В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.09.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.10.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.11.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.12.2024 р.	
5.	Розділ 4.	25.02.2025 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	23.03.2025 р.	
7.	Представлення проеккту керівнику на перевірку	15.05.2025 р.	

Студент _____ **Ледовський Д.К.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Петриченко Є.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ 6
1.1 Розробка операційно-технологічної карти 6
1.1.1 Призначення оранки 6
1.1.2 Агротехнічні вимоги обробітку ґрунту оранкою 6
1.1.3 Підбір та розрахунок складу агрегату 7
1.1.4 Підготовка орного агрегату до роботи 9
1.1.5 Підготовка поля до роботи орного агрегату 10
1.1.6 Робота агрегату в полі 11
1.1.7 Перевірка контролю за якістю виконаної роботи 12
1.1.8 Охорона праці 14
1.2 Складання плану механізованих робіт на вирощування озимої пшениці 15
1.3 Обґрунтування актуальності теми дипломного проєкту 18
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУГА ПЛН-3-35 21
2.1 Патентний огляд технічних рішень за обраним напрямком 21
2.2 Обґрунтування вибору удосконалення та його детальне пояснення 26
2.3 Техніко-експлуатаційні розрахунки 29
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 31
3.1 Вимоги безпеки при складанні та експлуатації машинно- тракторних агрегатів 31
3.2 Загальні вимоги безпеки при виконанні обробітку ґрунту 32
4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУ 34
ВИСНОВОК 40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 42

ВСТУП

У сучасних умовах, коли сталий розвиток сільського господарства та забезпечення населення продовольством набувають надзвичайної важливості, оптимізація процесів вирощування зернових культур стає пріоритетним завданням. Пшениця озима є однією з ключових культур, що значно впливає на глобальне виробництво хліба та гарантує продовольчу безпеку. Тому, питання ефективного використання сільськогосподарської техніки та впровадження оптимальних технологій обробітку ґрунту мають велике значення для досягнення високих результатів у вирощуванні цієї культури.

З огляду на значущість цієї проблеми, основною метою моєї дипломної роботи є вдосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої та розробка ефективної технології обробітку ґрунту. Увага буде зосереджена на підвищенні продуктивності процесу вирощування, з метою досягнення найкращого використання ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У межах дипломного проекту планується проведення детального аналізу поточного стану технічного забезпечення вирощування пшениці озимої, а також оцінка сучасних методів обробітку ґрунту. Основними критеріями успішності стануть ефективність, економічність та екологічна доцільність обраних технічних рішень і технологій.

1 ПРОЄКТУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

1.1 Розробка операційно-технологічної карти

1.1.1 Призначення оранки

Покращення якості ґрунту досягається завдяки застосуванню спеціальних агротехнічних засобів, які сприяють підвищенню родючості, боротьбі з шкідниками та бур'янами, а також сприяють забезпеченню високих урожаїв сільськогосподарських культур. Обробіток ґрунту виконує різні функції, такі як різання, перевертання, роздрібнення та загортання землі, а також підрізання коренів бур'янів. Під час обробки поверхня леміш-відвалу подрібнює ґрунт до оптимальних розмірів часток, забезпечуючи, щоб частки розміром від 5 до 20 мм становили 20-30%, а частки від 5 до 0,25 мм - 45-60%. Це створює умови для оптимального проростання культур і їх розвитку. Для забезпечення найкращих умов росту рослин важливо підтримувати оптимальний рівень щільності орного шару. У процесі лемішно-відвального обробітку щільність орного шару повинна складати 1,2–1,3 г/см3 на глибині сівби, а в самому орному шарі — 1,1–1,2 г/см3.

1.1.2 Агротехнічні вимоги обробітку ґрунту оранкою

Для проведення загального обробітку ґрунту оранка має відбуватися згідно з встановленими агротехнічними термінами, враховуючи вимоги до глибини оранки. Зазвичай вона становить 20–22 см, але може змінюватися залежно від товщини орного шару ґрунту. На ділянках з меншою товщиною орного шару оранка повинна проводитися на всю його глибину. Важливим є забезпечення рівномірної глибини оранки, де відхилення не повинні перевищувати 1 см на рівних ділянках і 2 см на землях з нерівним рельєфом. Після оранки зораний ґрунт повинен бути пухким, а грунт після обертання — повністю перекладеним. Також необхідно, щоб бур'яни та рештки рослин були вміло приорані в ґрунт.

1. “Орні агрегати повинні рухатися по прямій лінії, виключаючи будь-які відхилення. Корпуси плуга повинні нарізати однакові скиби, забезпечуючи рівномірне оброблення ґрунту. Звальні гребені і розгінні борозни повинні бути вирівняні, а поворотні смуги — повністю зорані” [2].
2. Для лемішно-відвальних плугів:
3. Лемішно-відвальні плуги підходять для всіх типів ґрунтів, за винятком тих, що

містять каміння. Питомий опір ґрунтів (стійкість до кришення та підрізання) знаходиться в межах 36…96 кПа.

4. Плуг має виконувати обробіток ґрунту на глибину до 27 см, з припустимим відхиленням не більше ± 2 см. Ярусні плуги повинні мати можливість регулювання глибини занурення робочих органів до максимальної глибини 32 см.

5. Конструкція плуга повинна забезпечувати різання ґрунту як в горизонтальній, так і в вертикальній площині. Відстань між борозною стінкою та зовнішньою частиною правих рушіїв повинна становити не менше 350 мм, щоб уникнути занурення тягача в борозну.

6. Робочі органи плуга повинні забезпечувати повне розрізання бур'янів на встановленій глибині обробітку. Вони також повинні ефективно згортати не менше 95% подрібнених рослинних решток та внесених добрив.

7. Після проходу техніки структура ґрунту повинна відповідати наступним вимогам: частки розміром 2…10 мм — не менше 40%; частки розміром 10…18 мм — не менше 35%; частки розміром 0,25…5 мм — не більше 5%; частки менше 0,25 мм — не повинно бути; частки більше 10 см — не більше 1 на 1 м².

8. Глибина розвальної борозни повинна бути не більше 10 см, а звального гребеня — не більше 7 см. Недоліки та пропуски при обробітку неприпустимі.

9. Під час обробки поворотних смуг розрізаний шар ґрунту слід повертати в бік поля.

10. Зазначені показники якості обробітку досягаються за умови вологості ґрунту в межах 17-22%.

1.1.3 Підбір та розрахунок складу агрегату

Під час розрахунку сили тяги необхідно враховувати межі навантаження, допустимі для обраного трактора [3]. Основна умова – дотична сила на ведучих колесах повинна бути не меншою за загальний тяговий опір агрегату, розраховуємо за формулою (1.1).

Згідно з формулою (1.1) розрахунку тягового опору, виводимо формулу (1.2).

Проведемо розрахунок $\sum R$:

$$\sum R = 11{,}03 + 0{,}404 + 0{,}076 = 11{,}51 \text{ кН}$$

Для швидкого розрахунку $R_{\text{ро}}$ використовують спрощену формулу (1.3).

Проведемо розрахунок $R_{\text{ро}}$:

$$R_{\text{ро}} = 35 \cdot 1{,}05 \cdot 0{,}3 = 11{,}03 \text{ кН}$$

Опір перекочування плуга визначимо за формулою (1.4).

Проведемо відповідний розрахунок:

$$R_{\text{пер}} = 5{,}05 \cdot 0{,}08 = 0{,}404 \text{ кН}$$

Вага знаряддя $G_{\text{рм}}$ визначається за формулою (1.5).

За формулою (1.5), проведемо рорахунок:

$$G_{\text{рм}} = 515 \cdot 9{,}81 = 5052{,}15 \text{ кг} = 5{,}05 \text{ кН}$$

Рух агрегату по полю з нахилом викликає додатковий опір R_i, визначаємо за формулою (1.6).

Проведемо відповідний розрахунок:

$$R_i = 5{,}05 \cdot \frac{1{,}5}{100} = 0{,}076 \text{ кН}$$

Після підсумовування усіх складових отримаємо повний тяговий опір плуга – $R_{\text{пл}} = \sum R$.

Для правильного вибору трактора, слід порівняти $R_{\text{пл}}$ із номінальним тяговим зусиллям $\text{Р}_{\text{тн}}$ на відповідній передачі, щоб забезпечити нормальне функціонування агрегату, за формулою (1.7).

Проведемо розрахунок для четвертої передачі:

$$\xi_{\text{р}} = \frac{11{,}78}{15 - 34{,}32 \cdot \frac{1{,}5}{100}} = 0{,}81$$

Проведемо розрахунок для п’тої передачі:

$$\xi_{\text{р}} = \frac{12{,}07}{13{,}10 - 34{,}32 \cdot \frac{1{,}5}{100}} = 0{,}96$$

Рекомендоване значення: $\xi_{\text{р}} = 0{,}80 \ldots 0{,}95$.

Отже, трактор на п’ятій передачі працює з перевантаженням. Четверта передача знаходиться в допустимому діапазоні, тому обирається як оптимальна.

Щоб оцінити ефективність використання двигуна, розраховується ступінь його завантаженості, за формулою (1.8).

Проведемо розрахунок:

$$\xi_{Ne} = \frac{33,33}{58,9} = 0,57$$

Фактична потужність визначається за формулою (1.9), та проводиться такий розрахунок:

$$N_{\text{т}} = \frac{15 \cdot 8}{3,6} = 33,33 \text{ кВт}$$

1.1.4 Підготовка орного агрегату до роботи

Підготовку машинно-тракторного агрегату (МТА) розглянемо на прикладі трактора МТЗ-82 та плуга ПЛН-3-35. Першим етапом є перевірка плуга. Оглядається його комплектація: усі корпуси та передплужники повинні бути однієї модифікації. Аналізується технічний стан робочих органів і виконується їх налаштування відповідно до технічних вимог. Зношення лемеша не повинно перевищувати 90–95 мм по ширині та 450–460 мм по довжині. Допустима товщина леза лемеша — до 1 мм, а ножа — в межах 0,3–0,5 мм. Кут заточування леза повинен бути 20–25 градусів. Полиця не повинна виступати над лемешем, а зазор між ними на стику має бути не більше 1 мм. Потайні головки болтів, які використовуються для кріплення, повинні бути врівень із поверхнями лемеша, полиці та польової дошки, або занурені до 1 мм. Польові дошки повинні мати ширину не менше 30–40 мм і товщину не менше 4–5 мм — при менших значеннях слід провести заміну. Важливо, щоб носки лемешів усіх корпусів були на одній прямій із допустимим відхиленням не більше 5 мм.

Далі встановлюється передплужник. Його робочий хід налаштовується в межах 10–12 см. Відстань між його лемешем і основним корпусом плуга повинна складати 300–500 мм. Бічний виліт передплужника має бути 5–10 мм відносно польового обрізу корпусу. Дисковий ніж монтується перед передплужником крайнього корпуса плуга так, щоб при відхиленні вправо він не зачіпав його, а нижня точка леза розташовувалась на 10–20 мм нижче за носок лемеша. Окремо перевіряється правильна фіксація осі підвіски плуга: вона закріплюється стопорним болтом у другому отворі правого кронштейна та упорним болтом – у крайньому передньому отворі лівого кронштейна.

Підготовка трактора включає демонтаж поперечини, якщо раніше він працював із причіпною технікою. Встановлюються подовжувачі нижніх тяг, а вертикальні розкоси

з’єднуються з поздовжніми тягами через круглі отвори – жорстко. Стандартна довжина розкосів встановлюється на 515 мм, й у подальшому небажано змінювати довжину лівого розкосу під час регулювання плуга. Обмежувальні ланцюги розтягуються максимально.

Також перевіряється тиск у шинах – він має відповідати нормі: 0,17 МПа – для передніх, 0,10 МПа – для задніх коліс. Колію регулюють до 15 мм, а для зменшення буксування лівого ведучого колеса здійснюється зсув вправо на 50 мм відносно осі симетрії трактора. Перевіряється і, при потребі, коригується схід передніх коліс. Це досягається регулюванням довжини рульових тяг так, щоб різниця між внутрішніми закраїнами ободів спереду і ззаду становила 4 – 10 мм. Для покращення стійкості на передню частину трактора монтуються тягарі вагою близько 200 кг на спеціальний кронштейн.

Монтаж агрегату починається з під’їзду трактора заднім ходом до плуга. Шарніри нижніх тяг надягають на пальці підвіски плуга й фіксують за допомогою чек. Для налаштування глибини обробки перед лівими колесами трактора розміщують дерев’яні бруски з косим зрізом товщиною на 2 – 4 см меншою за задану глибину оранки. Трактор заїжджає на ці бруски, зупиняється, опускає плуг, а гідросистема переводиться у “плаваючий” режим. Під опорне колесо плуга підкладається такий самий брусок. Після цього змінюється положення опорного колеса, коригується довжина правого розкосу та верхньої центральної тяги, і рама плуга вирівнюється горизонтально. Носки лемешів повинні торкатися поверхні брусків.

Регулювання обмежувальних ланцюгів виконується при піднятому плузі: носки лемешів мають відірватися від поверхні. Ланцюги натягують до тих пір, поки бокове коливання нижніх тяг не перевищуватиме 240–250 мм. Після переведення плуга в транспортне положення, натискається рукоятка фіксації начіпного механізму. Щоб рівномірно натягнути ланцюги, на кронштейнах використовують регулювальні болти. Важливо, щоб довжина ланцюгів залишалась сталою, а переміщення кінців нижніх тяг у горизонтальній площині не перевищувало 20 мм. Завершується підготовка з'їздом трактора з брусків та прибиранням останніх із майданчика.

1.1.5 Підготовка поля до роботи орного агрегату

Перед початком оранки визначається оптимальний напрям руху орного агрегату. Пріоритет віддається найдовшій стороні ділянки, при цьому обов’язково забезпечується

рух поперек ухилу поля — це дозволяє мінімізувати ризики виникнення ерозійних процесів у ґрунті.

Наступним кроком є розмітка поворотних смуг. По обидва боки поля встановлюють вказівники або маркери, які слугують орієнтирами для тракториста під час зміни напрямку руху. Розрахунок ширини поворотної смуги здійснюється за формулою (1.10).

Проведемо розрахунок:

$$E = 1{,}5 \cdot 1{,}58 + 2{,}05 = 4{,}42 \text{ м}$$

Радіус повороту агрегату, визначаємо за формулою (1.11).

Базовий радіус R_O, визначимо за формулою (1.12).

Розмір виходу агрегату за контрольну лінію розраховується за формулою (1.13).

Проведемо відповідний розрахунок:

$$e = 0{,}5 \cdot 4{,}1 = 2{,}05 \text{ м}$$

Щоб, визначити кінематичну довжину всього агрегату, використовуємо формулу (1.14).

Розраховуємо:

$$l_к = 1{,}3 + 2{,}8 = 4{,}1 \text{ м}$$

Розподіл поля на загінки і безпосереднє виконання оранки організовується наступним чином. Спочатку на полі проводиться перша умовна лінія — вона прокладається від краю поля на відстані, яка відповідає площі, запланованій для обробітку протягом 2–3 днів. Далі здійснюється базове налаштування плуга на тракторі: перший корпус має працювати на повну глибину, тоді як останній лише торкається поверхні поля – це дозволяє розмітити ділянку на загінки з врахуванням глибини обробітку.

Після цього плуг повертається у вихідне положення, і починається основна фаза оранки. Спочатку виконується оранка "в звал", при цьому обробляється центральна ділянка (одна десятка). Потім здійснюється оранка "в розвал", при якій обробляють загінки з чергуванням: спершу проходять по номерах 1-3-5..., далі – по 2-4-6 і т.д. Завершальним етапом є обробіток поворотних смуг, який виконується після завершення оранки основної частини поля.

1.1.6 Робота агрегату в полі

Змінна продуктивність орного агрегату визначається за формулою (1.15), яка

враховує основні експлуатаційні параметри.

$$\tau = \frac{\mathrm{T_р}}{\mathrm{T_{зм}}} = \frac{5{,}01}{7} = 0{,}72$$

Розрахуємо формулу (1.15), підставивши відповідні параметри:

$$W_{\text{зм}} = 0{,}1 \cdot 1{,}05 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 0{,}72 = 4{,}23 \text{ га/зм}$$

Для визначення коефіцієнта використання змінного часу обраховується ефективна тривалість роботи агрегату, використовуємо формулу (1.16).

Коефіцієнт часу поворотів визначається як:

$$\tau_{\text{пов}} = \frac{V_n \cdot t_{\text{пов}}}{3{,}6 \cdot L} = \frac{8 \cdot 40}{3{,}6 \cdot 915} = 0{,}097$$

Проведемо розрахунок для визначення коефіцієнта використання змінного часу:

$$\mathrm{T_р} = \frac{420 - 4 - 31 - 30 - 25}{60 \cdot (1 + 0{,}097)} = 5{,}01 \text{ год}$$

Розрахунок питомої витрати палива на гектар відбувається за формулою (1.17).

Проводимо розрахунок:

$$g_{\text{га}} = \frac{11{,}56 \cdot 5{,}01 + 7 \cdot 0{,}49 + 6 \cdot 0{,}43 + 1{,}7 \cdot 0{,}5}{4{,}23} = 15{,}2 \text{ кг/г}$$

З урахуванням коефіцієнта повороту та фактичних часових витрат, отримаємо:

$$T_p = T_{\text{зм}} \cdot \tau_{\text{пов}} = 7;\ \tau_{\text{пов}} = 0{,}78.$$

$$T_{\text{пов}} = T_p \cdot \tau_{\text{пов}} = 7 \cdot 5{,}01 = 0{,}49;$$

Табл. 1.1 - Витрата палива та часу трактором МТЗ - 82

Показник	Витрата палива, кг/год	Час, хв (год)
Виконання роботи	11...19	-
На поворотах	6...8	-
На переїздах	5...7	26 (0,43)
Зупинка з працюючим двигуном	1,7	30 (0,5)

1.1.7 Перевірка контролю за якістю виконаної роботи

Перевірка якості виконання операції проводиться згідно з агротехнічними стандартами. Глибина оранки на рівних ділянках може варіюватися в межах ±1 см, а на

нерівних полях — ±2 см. Допустимий діапазон відхилення стандартизованої ширини захвату складає 10%, залежно від конструкції плуга. Скиба повинна обертатися повністю, без перерв. Мінімальна частка приораних решток, бур'янів і різноманітних добрив має становити не менше 95%. Висота гребенів і глибина розгінних борозен повинні бути обмежені до 7 см.

Дані для оцінки вказано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Контроль і якість оранки

Показники	Од. виміру	Стандарт	Оцінка	Методи
Дозволені відклонення від встановленої глибини оранки	см	± 1	3	Уздовж діагоналі поля проводять вимірювання глибини оранки в 10-ти точках, розташованих на відстані від 30 до 100 метрів одна від одної. Отримані значення усереднюють і порівнюють їх з встановленим нормативом.
		± 2	2	
		Більше ± 2	1	
Різниця вирівняння поверхні	см	Не більше 5	3	Для вимірювання довжини профілю поверхні оранки використовують 10-метровий шнур. Шнур розтягують вздовж оранки, а потім вимірюють його довжину, що вказує на довжину профілю поверхні оранки.
		Дорівнює 7	2	
		Понад 7	1	
Відхилення		Рівна поверхня	3	Для вимірювання висоти гребенів і борозен проводять спеціальні заміри. Зазвичай використовують рейку або
		Не більше 7	2	

висоти гребенів	см	Понад 7	1	вимірювальний інструмент, які накладають на гребені або борозені, і вимірюють відстань від ґрунту до верхньої точки.

1.1.8 Охорона праці

Виконання технічного обслуговування сільськогосподарських машин у польових умовах вимагає дотримання чітких інструкцій та правил безпеки. Основні рекомендації для проведення обслуговування включають:

1. Технічна справність обладнання: До роботи допускаються лише машини, що перебувають у технічно справному стані, відповідають заводським вимогам та оснащені необхідним інструментом, обладнанням для технічного обслуговування, а також аптечкою першої медичної допомоги. Особливу увагу під час перевірки слід звертати на рульове управління, гальмівну систему, зчеплення, ходову частину, а також наявність засобів протипожежного захисту. Забороняється використовувати трактори з витоками палива чи масла.

2. Технічне обслуговування вдень: Обслуговування слід виконувати в денний час. У разі потреби обслуговування можна здійснювати й у нічний час, за умови наявності достатнього штучного освітлення та участі не менше двох працівників.

3. Виключення роботи двигуна: Усі операції, за винятком налаштування двигуна, гідросистеми та гальм, повинні проводитися тільки при вимкненому двигуні.

4. Обережність при заправці: Під час заправки паливом, маслом або водою слід використовувати насоси, шланги чи інші спеціальні пристрої, що забезпечують безпеку. Перевірку рівня палива слід проводити за допомогою електричного ліхтаря. Заправка повинна здійснюватися лише в світлий час доби.

5. Правильний запуск двигуна: Перед запуском двигуна необхідно обов'язково вимкнути передачу.

6. Безпека під час руху: Перед початком руху необхідно переконатися у відсутності людей та перешкод на шляху. Кожен трактор і агрегат має бути оснащений двосторонньою сигналізацією для забезпечення безпеки працівників. При роботі вночі обов’язково перевіряється працездатність освітлювальної системи.

Заборона небезпечних дій: «Під час руху агрегату категорично забороняється перебувати між трактором та плугом, виконувати налаштування або мастильні роботи, а також сідати чи сходити з трактора або плуга. Важливо дотримуватися максимальної уваги, обережності та акуратності, не порушуючи трудову дисципліну» [4].

Заборона небезпечних дій: Забороняється перебування осіб, які не залучені до операцій, а також сторонніх осіб в робочій зоні. Передача управління агрегатом також є неприпустимою без належних підстав.

Використання спеціальних місць для відпочинку: Працівники повинні використовувати визначені безпечні зони для відпочинку, забезпечуючи свою безпеку та ефективність робочого процесу.

1.2 Складання плану механізованих робіт на вирощування озимої пшениці

При створенні технологічної карти слід врахувати такі ключові вихідні дані [3]:

– Назва культури, яку планується вирощувати.

– Інформація про попередників, що передували вирощуваній культурі.

– Площа, призначена для вирощування цієї культури.

– Очікувана врожайність основної та побічної продукції на гектар.

– Рекомендовані норми витрати насіння, пестицидів, мінеральних і органічних добрив.

– Відстань, на яку потрібно транспортувати матеріали. Розроблена технологічна карта додається в додаток А.

Послідовність операцій є універсальною для всіх культур (графа 1). Перелік операцій відповідає методам їх виконання (графа 2).

Графа 3 містить вимоги та показники, пов'язані з агротехнічними аспектами, такими як глибина обробітку ґрунту, норми внесення добрив та насіння, врожайність та інші фактори, що впливають на якість виконуваних робіт.

У графі 4 зазначаються розміри виконуваних технологічних операцій, що визначаються в гектарах на тонну, а також транспортні роботи в тонно-кілометрах, навантаження і розвантаження в тонах.

У графі 5 вказується загальний обсяг робіт для вирощування культури в гектарах.

Фізичний обсяг робіт має відповідати запланованому обсягу, що зазначений у графі

6. Важливо узгоджувати хронологічну послідовність технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур, включаючи етапи транспортування зерна, сівби, збору та перевезення врожаю, щоб забезпечити ефективну організацію робіт у межах визначених строків.

Тривалість виконання кожної операції (графа 7) визначається згідно з агротехнічними вимогами та не повинна перевищувати календарні строки. У графі 8 зазначається тривалість робочого часу, що включає робочі дні та виконувані операції. Робочий день може бути розділений на 1, 1,5, 2 або 3 зміни, кожна тривалістю по 7 годин. Враховуючи специфіку робіт, що проводяться в шкідливих умовах (наприклад, обприскування отрутохімікатами), слід дотримуватися обмеження на тривалість зміни, яка не повинна перевищувати 6 годин. Це сприяє захисту здоров'я працівників і забезпечує безпечне та ефективне виконання робіт у межах визначених строків.

Формування складу машинно-тракторного агрегату (графи 9, 10, 11, 12) здійснюється з урахуванням технічних можливостей підприємства та стандартних норм виробітку та витрат палива. Такий підбір техніки дозволяє забезпечити оптимальну ефективність роботи агрегатів і досягти економічної вигоди.

Норма виробітку на зміну (графа 13) розраховується відповідно до стандартних норм для кожної конкретної операції. Для транспортних засобів і навантажувачів, які забезпечують обслуговування основних виробничих агрегатів, норма виробітку визначається на основі продуктивності цих агрегатів. Такий підхід забезпечує ефективне використання транспорту та навантажувачів, що дозволяє оптимізувати процес виробництва і знизити витрати.

Організація робочого часу є ключовим етапом для забезпечення ефективної працездатності та раціонального використання наявних ресурсів.

Прикладом розрахунку ефективності агрегатів можна взяти трактор МТЗ-82 та плуг ПЛН-3-35, які використовуються для основного обробітку ґрунту.

Виробіток агрегату (графа 14) за годину роботи змінного часу визначається за допомогою спеціальної формули (1.18), яка дозволяє точно оцінити його продуктивність.

Проводимо розрахунок:

$$W_{\text{год}} = \frac{4{,}23}{7} = 0{,}604 \text{ га/год}$$

Для розрахунку добового виробітку агрегату використовують значення погодинного виробітку, помножене на кількість годин у добі, визначаємо за формулою (1.19).

Одразу проведем розрахунок:

$$W_{\text{доб}} = 0{,}604 \cdot 7 = 4{,}23 \text{ га/доб}$$

Щоб встановити, скільки агрегатів необхідно для виконання запланованого обсягу оранки у встановлений термін, використовують таку формулу (1.20).

Проведемо за цією формулою розрахунок:

$$n = \frac{150}{4{,}23 \cdot 20} = 1{,}77 \text{ од}$$

У графах з чисельністю працівників вказуються: 1 тракторист-машиніст і 0 допоміжних працівників для роботи в одну зміну. Якщо змінність більша, кількість робітників пропорційно збільшується.

Оптимізація витрат палива (графа 19) враховує питомі витрати на гектар. Для переведення з кг/га у л/га, значення множиться на коефіцієнт 0,83. Загальні витрати пального на виконання повного обсягу робіт розраховуються як добуток питомих витрат на гектар і загальної площі, розраховується за формулою (1.21).

Отрже за формулою ми можемо провести настуний розрахунок:

$$G = 15{,}2 \cdot 0{,}83 \cdot 150 = 1892{,}4 \text{ кг}$$

Трудозатрати на гектар визначаються як сума людогодин, витрачених на одиницю площі з урахуванням кількості працівників, визначимо за формулою (1.22).

За формулою проведемо розрахунок:

$$З_{\text{П}} = \frac{1 + 0}{0{,}604} = 1{,}655 \text{ люд} - \text{год/га}$$

Загальні трудозатрати на виконання всього обсягу роботи, визнаються за формулою (1.23).

Отже, на основі формули проведемо розрахунок:

$$З_{\text{п.заг.}} = 1{,}665 \cdot 150 = 248{,}23 \text{ люд} - \text{год.}$$

Кількість нормо-змін визначається як співвідношення загального обсягу роботи до виробітку агрегату за зміну, за формулою (1.24).

Проведемо розрахунок:

$$Н_{зм} = \frac{150}{4,23} = 35,46 \text{ змін}$$

Щоб обчислити загальну трудомісткість у нормо-годинах, кількість нормо-змін множиться на тривалість зміни, використаємо формулу (1.25).

Проведемо розрахунок:

$$З_{П} = 35,48 \cdot 7 = 248,22 \text{ змін}$$

У ході дослідження було створено операційно-технологічну карту для оранки на вирощування озимої пшениці, орієнтуючись на досягнення максимально ефективних результатів і забезпечення високої якості виконання робіт. Ця карта містить низку важливих етапів і параметрів.

Під час розробки карти було визначено мету оранки та встановлені агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту. Обраний і розрахований склад агрегатів, зокрема трактор МТЗ-82 в поєднанні з плугом ПЛН-3-35, продемонстрував найкращі результати при роботі на четвертій передачі.

Окремий розділ був присвячений підготовці орного агрегату до роботи, що включало налаштування плуга, трактора та їх монтаж. Визначена ширина поворотної смуги поля склала 4,42 метра.

У розділі про обробку агрегатів на полі були розраховані значення змінної продуктивності, що склали 4,23 гектара на зміну. Також була проведена перевірка якості виконаної роботи з урахуванням аспектів охорони праці.

Розроблено детальний план механізованих робіт для вирощування озимої пшениці. Для ефективної оранки планувалося використання двох агрегатів і залучення чотирьох трактористів. Загальна витрата пального для обробки 150 гектарів становила 1892,4 кг. Загальні затрати праці для виконання робіт складали 248,23 людино-години. Кількість нормо-змін для виконання проекту досягла 35,46.

1.3 Обґрунтування актуальності теми дипломного проекту

Вирощування пшениці займає ключове місце в сільському господарстві, оскільки має значення як для продовольчої безпеки, так і для економічного розвитку країни. Однак успіх у вирощуванні цієї культури вимагає уваги до декількох важливих аспектів, зокрема, до

правильного обробітку ґрунту. Цей процес є однією з основних технологічних операцій, що забезпечують належні умови для розвитку пшениці. До нього входять такі етапи, як оранка, дискування, культивація перед посівом та власне сам посів.

Метою обробітку ґрунту є створення оптимальних умов для росту рослин, що включає забезпечення кореневої системи доступом до поживних речовин, води та повітря. Це дозволяє формувати сильні рослини з розвиненою кореневою системою, що прямо впливає на врожайність і якість пшениці. Найбільші витрати на вирощування пшениці пов'язані саме з обробітком ґрунту, оскільки для підготовки поля до посіву зазвичай необхідно провести кілька циклів обробітку. Це сприяє поліпшенню структури ґрунту та створенню умов для проростання насіння.

Кожна операція в обробітку вимагає використання спеціалізованих машин і техніки, що, в свою чергу, збільшує витрати на ресурси, такі як паливо, мастила та технічне обслуговування обладнання. Обробіток ґрунту також впливає на збереження та ефективне використання техніки, що збільшує загальні витрати на процес.

Водночас, правильно виконаний обробіток забезпечує не тільки зменшення витрат на додаткові операції, а й суттєво покращує родючість ґрунту. Від цього залежить продуктивність культури, зокрема пшениці, оскільки добрі умови для розвитку кореневої системи та достаток поживних речовин значно підвищують урожайність. Таким чином, хоча обробіток ґрунту і є затратним етапом, він є надзвичайно важливим для досягнення високих результатів у вирощуванні пшениці.

Основною метою дипломного проєкту є розробка технологічних процесів для вирощування озимої пшениці, а також вдосконалення основного обробітку ґрунту з метою підвищення ефективності виробництва. Для досягнення цієї мети передбачено виконання наступних завдань:

1. Провести детальний аналіз діяльності підприємства;
2. Розробити план механізованих робіт з використанням вдосконаленого агрегату для обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці;
3. Розробити рекомендації щодо вдосконалення конструкції плуга ПЛН-3-35;
4. Розглянути основні питання щодо забезпечення охорони праці на підприємстві;

5. Провести аналіз економічної ефективності запропонованих змін та вдосконалень у технологічному процесі.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУГА ПЛН-3-35

2.1 Патентний огляд технічних рішень за обраним напрямком

Удосконалення сільськогосподарської техніки є ключовим елементом для підвищення ефективності та продуктивності аграрного виробництва. У рамках дипломної роботи, яка зосереджена на вдосконаленні плуга ПЛН-3-35, проведено патентний огляд існуючих технічних рішень в Україні, які стосуються цієї теми.

Удосконалення, представлене в патенті №126359, спрямоване на забезпечення тривалої працездатності знаряддя навіть у складних умовах експлуатації. Це вдосконалення досягнуте за допомогою введення гумового пружного елемента, який встановлюється між стійкою та польовою дошкою. Така конструкція дозволяє змінювати кут нахилу польової дошки в межах від 10° до 220° відносно стінки борозни.

Це технічне рішення відрізняється тим, що саме гумовий пружний елемент забезпечує необхідну зміну кута постановки польової дошки. Основний склад агрегату залишається незмінним і представлений на рисунку 2.1.

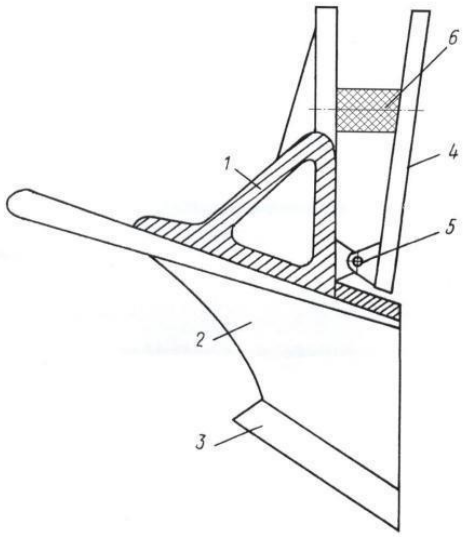

Рисунок 2.1 - Корпус плуга патента №126359:
1 - стійка; 2 - відвал; 3 - лемеш; 4 - польова дошка; 5 - шарнір; 6 - гумовий пружний елемент.

Під час роботи плуга, його шар обробляє ґрунт, подрібнює його, обертає та укладає в борозну. Польова дошка, яка піддається бічному навантаженню від ґрунту, завдяки шарніру і демпферу, здатна здійснювати коливання в горизонтальній площині. Це коливання дозволяє змінювати кут нахилу дошки в межах 10-22° відносно стінки борозни,

що сприяє зниженню зношування її робочої поверхні.

Патент №131846 орієнтований на зниження енергетичних витрат під час обробітку ґрунту та на забезпечення рівномірного зношення тертьової поверхні диска шляхом зміни його положення. В його конструкції корпус включає леміш, полицю та стояк, до якого кріпиться верхній кінець повідка з боку полиці. На нижньому кінці цього повідка розташована вісь, яка обертається у втулці. Активний диск надійно закріплений на цій осі, яка фіксується гайкою.

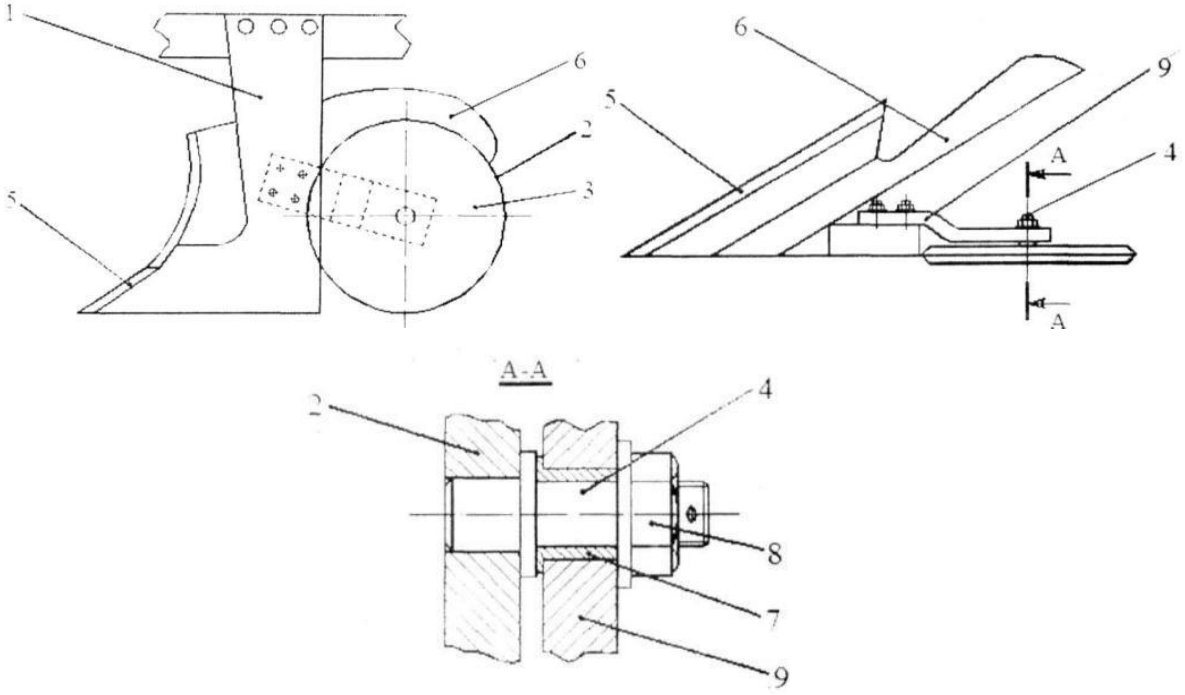

Рис. 2.2 - Удосконалений корпус плуга (патент №131846):

1 - стояк; 2- активний диск; 3 - тертьова поверхня; 4 - вісь; 5 - лемеш; 6 - полиця; 7 - втулка; 8 - гайка; 9 - повідок.

Коли корпус плуга рухається через ґрунт, леміш вирізає скибу і направляє її на полицю. Це спричиняє появу поперечних сил, які діють на диск.

Удосконалення, описане в патенті №128645, сприяє зниженню питомого тягового опору завдяки нововведеній комбінації конструктивних елементів та їх зв'язків. Ці зміни забезпечують автоколивний рух як лемеша, так і плоскорізальної лапи, що значно зменшує тяговий опір під час роботи плуга.

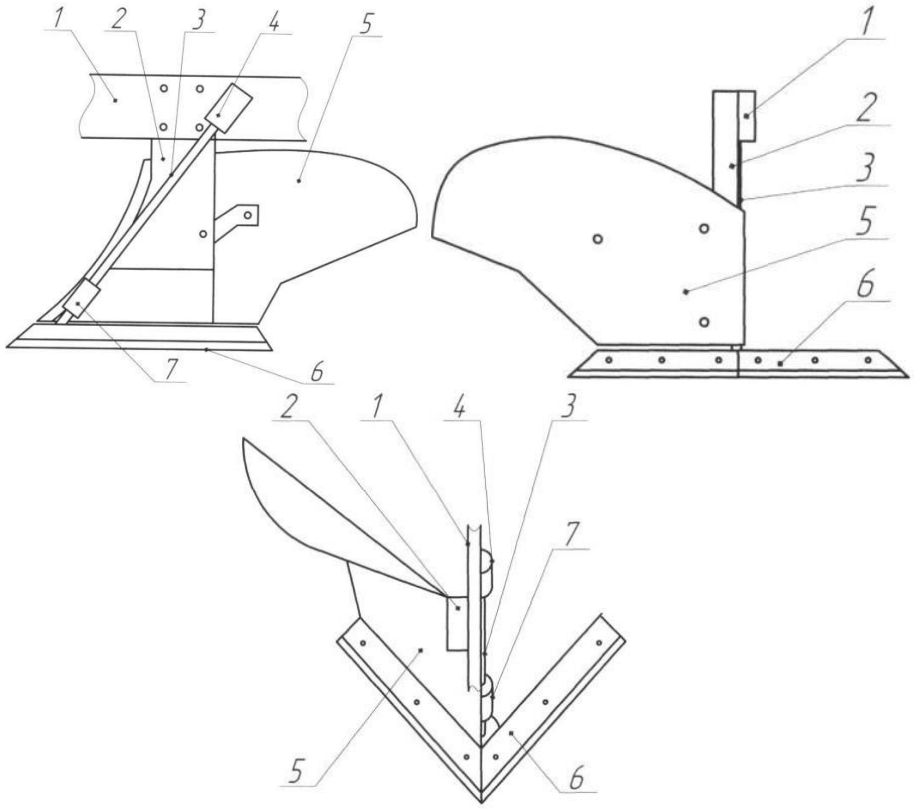

Рис. 2.3 - Удосконалення (патент №128645) корпуса плуга:

1 - рама; 2 - стояк; 3 - торсіон; 4 - опора; 5 - полиця; 6 - леміш; 7 - підшипник.

Встановлений торсіон, до нижнього кінця якого закріплений леміш, виконаний у вигляді стріловидної плоскоріжучої лапи. Під час руху плуга в ґрунті, борозенне лезо леміша підрізає скибу, направляючи її до стояка, а польове лезо леміша підрізає скибу для наступного корпуса. Це дозволяє зменшити енерговитрати на роботу леміша та підвищує його ефективність. Завдяки автоматичним коливанням та збільшенню ковзання ґрунту вздовж леза плоскорізної лапи, досягається також зменшення обволікання лез коренями рослин, що додатково знижує тяговий опір.

Технічне рішення, описане в патенті №121011, спрямоване на зменшення енергоємності плуга під час обробки ґрунту. Для цього був внесений ряд змін у корпус плуга, що включає стійку, повідок з диском, відвал та леміш. Зокрема, корпус плуга оснащено гідравлічним мотором, закріпленим на нижньому кінці повідка. На валу мотора розміщений плоский диск з вирізами, розташованими під кутом $\alpha=2°\text{-}3°$ до горизонтальної площини та під кутом $\beta=1°\text{-}2°$ до вертикальної площини в напрямку руху плуга. Диск знаходиться нижче леміша на відстані не більше 10 мм і має механізм приводу для обертання. Механізм приводу з'єднано з енергетичним джерелом через гідророзподільник,

що забезпечує регулювання роботи плуга за допомогою гідравлічної системи.

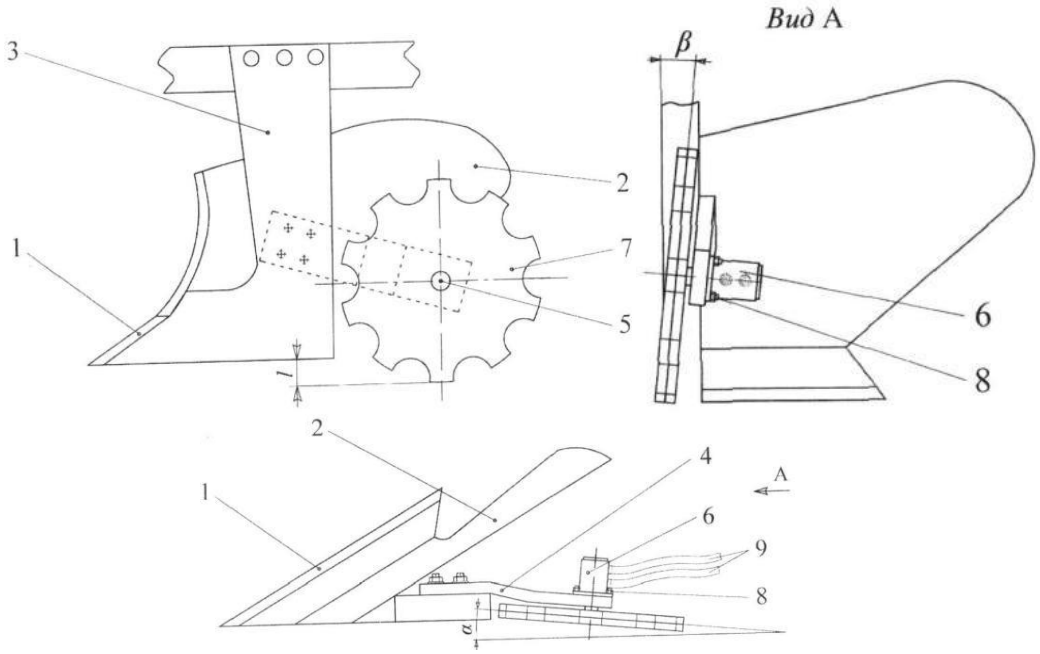

Рис. 2.4 - Удосконалення (патент №121011) корпуса плуга:

1 - леміш; 2 - полиця; 3 - стійка; 4 - повідкок; 5 - полиця; 6 - гідравлічний мотор; 7 - плоский диск; 8 - болт; 9 - гідравлічний шланг.

Корпус плуга складається з трьох основних складових: леміша, полиці та стійки. Верхній кінець повідка прикріплюється до стійки з боку полиці, тоді як нижній кінець оснащений валом гідравлічного мотора. Під лемішем розташований плоский диск з вирізами, який жорстко закріплений на валу цього мотора. Диск має певне нахилення відносно горизонтальної та вертикальної площин: він розташовується під кутом α=2°-3° до горизонтальної площини і під кутом β=1°-2° до вертикальної площини. Крім того, корпус гідравлічного мотора закріплений до повідка за допомогою болтів.

Гідравлічна рідина подається до гідромотора через шланги, що дозволяє обертати диск. У процесі роботи плуга з таким робочим органом, механізатор використовує гідравлічну систему для підйому корпусу плуга в транспортне положення, подаючи гідравлічну рідину до гідромотора через розподільник. Після цього механізатор регулює поступальну швидкість енергетичного засобу, щоб забезпечити ефективну роботу агрегату.

Корпус плуга опускається в робоче положення за допомогою гідравлічного розподільника. Під час руху леміш плуга підрізає скибу ґрунту та спрямовує її на полицю. Цей процес створює поперечну силу, яка впливає на плоский диск з вирізами, притискаючи

його до стінки борозни. Завдяки обертанню диска, яке здійснюється через гідромотор, його тертьова поверхня зношується рівномірно завдяки постійній зміні його положення. Сили тертя, що виникають при ковзанні по стінці борозни, перетворюються на сили тертя кочення, що змушує корпус плуга рухатись по дну борозни. Це знижує тяговий опір, запобігає пробуксовуванню коліс енергетичного засобу, підвищує стабільність руху корпусу плуга і покращує умови обробки ґрунту, а також забезпечує кращі умови праці для механізатора.

Проте, аналог патенту №146085, попри певне покращення якості розпушування ґрунту, має суттєві недоліки. Зокрема, складність конструкції та ненадійність, зумовлені необхідністю використання шарнірних з'єднань для кількох пластин-ножів на полиці, а також додаткових пружинних механізмів для кожного з ножів.

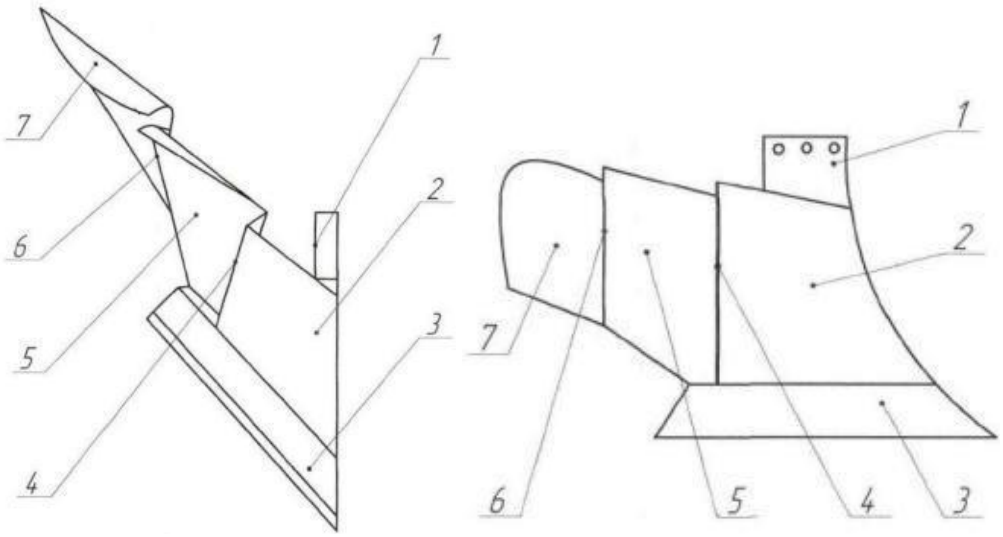

Рис. 2.5 - Удосконалення (патент №146085) корпуса плуга:

1 - стояк; 2, 5, 7 - ступінчаста полиця; 3 - леміш; 4, 6 - сходинки.

Основною метою цієї корисної моделі є вдосконалення конструкції корпусу плуга шляхом модернізації, заснованої на новій формі полиці та оптимальному розташуванні її елементів і з'єднань. Це дозволяє спростити конструкцію та підвищити її надійність.

Конструкція корпусу плуга включає стояк, леміш, полицю та польову дошку. Відмінною особливістю цієї моделі є те, що полиця складається з кількох циліндричних частин, розташованих на різних рівнях, утворюючи ступінчасту структуру. Такий дизайн дозволяє забезпечити ефективне розпушування ґрунту.

Кожна частина полиці, через яку проходить скиба, сприяє її додатковому згину, що покращує процес розрізнення ґрунту. Ця конструкція дозволяє досягти високої

ефективності обробки землі і сприяє покращенню якості розпушування.

Завдяки простоті конструкції, що зменшує кількість деталей і виключає рухомі елементи, забезпечується підвищена надійність цього пристрою в порівнянні з попередніми моделями. Такий підхід дозволяє досягти оптимального поєднання ефективності обробки ґрунту та надійності роботи плуга.

У процесі роботи, коли корпус плуга рухається по ґрунту, леміш підрізає скибу і направляє її на полицю. Скиба проходить через ступінчасті частини полиці, що сприяє додатковим деформаціям, покращуючи розрізнення ґрунту та підвищуючи якість обробки.

2.2 Обґрунтування вибору удосконалення та його детальне пояснення

Аргументи, що підтримують запропонований патент №121042 [10]:

1. Зниження тягового опору, що сприяє більш ефективній роботі плуга.
2. Мінімізація обволікання леза кореневищами рослин, що покращує процес обробки ґрунту.
3. Підвищення стабільності руху плуга, що забезпечує рівномірну і надійну обробку землі.

Економічні переваги запропонованого удосконалення плуга:

1. Зменшення тягового опору. Основною перевагою є зниження тягового опору корпуса плуга завдяки новому розташуванню плоскорізної лапи, яка закріплена на стояку під кутом нахилу γ1, що менший за кут γ0 нахилу лемеша [10]. Це дозволяє знизити опір при русі плуга по ґрунту, що сприяє зниженню витрат палива та енергії на обробку.
2. Зменшення обволікання леза коренями рослин. Кутове розташування плоскорізної лапи дозволяє уникати прилипанню кореневищ до леза плуга, адже ковзання ґрунту вздовж леза зростає, що значно покращує ефективність роботи інструмента.
3. Підтримка стійкості руху плуга. Важливою особливістю є те, що удосконалення не змінює величину реакції на корпус плуга. Це дозволяє зберігати стабільність руху плуга, а також рівновагу і високу якість обробки ґрунту.

Загалом, ці зміни ведуть до значного зниження витрат палива та енергозатрат під час оранки, що безпосередньо сприяє економічній ефективності. Зниження тягового опору та обволікання леза коренями рослин підвищує продуктивність роботи, а також знижує витрати на паливо. Це робить удосконалення плуга дуже привабливим для

сільськогосподарських підприємств, оскільки воно сприяє не тільки покращенню якості обробітку ґрунту, але й економії ресурсів.

Порівняно з аналогами, де використовуються стандартні конструкції з лемішем, стійкою та іншими традиційними елементами [10], нова модель має суттєві переваги завдяки своїй простоті і підвищеній ефективності.

Підвищений тяговий опір, що виникає через конструктивні особливості, зокрема завдяки наявності польової дошки та її тертю по стінці борозни, є важливою проблемою у традиційних моделях плугів.

Найближчим аналогом удосконаленої моделі є плуг, який також містить основні елементи: стояк, леміш, полицю та плоскорізальну лапу [10]. Однак, цей аналог має подібний недолік, що полягає у неефективному взаємному розташуванні лапи та лемеша з однаковими кутами нахилу, що призводить до збільшення тягового опору.

Запропоноване удосконалення, представлене на рисунку 3.6, включає стояк, полицю, леміш, болтове з’єднання та плоскорізальну лапу [10]. Ця модель ефективно вирішує проблему підвищеного тягового опору завдяки новому розташуванню плоскорізної лапи. Лапа закріплюється на стояку під кутом нахилу γ1 до напрямку руху корпуса плуга, при цьому цей кут є меншим, ніж кут нахилу γ0 лемеша [10]. Така конструкція забезпечує зменшення тягового опору, оскільки сприяє більшому ковзанню часток ґрунту вздовж леза плоскорізної лапи, що в свою чергу знижує енергетичні витрати під час роботи плуга.

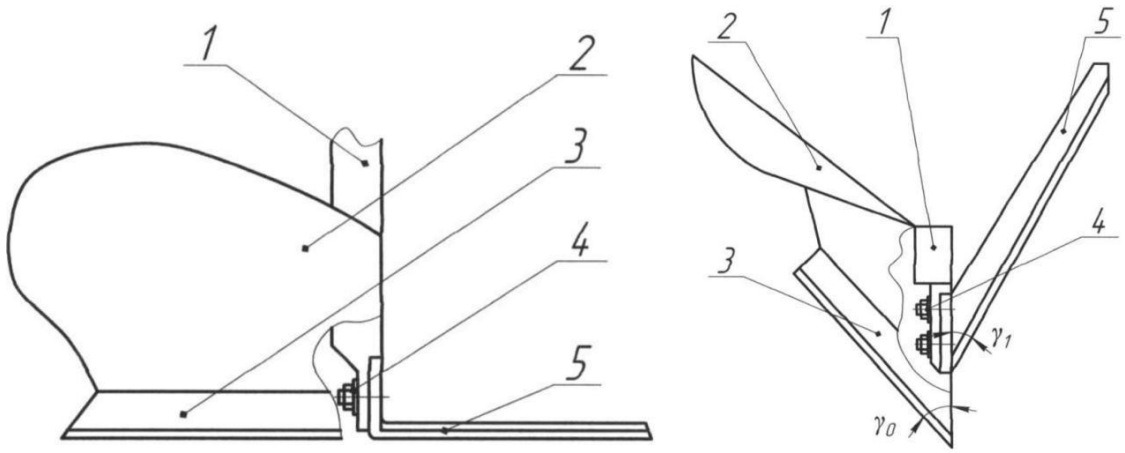

Рис. 2.6 - Удосконалення (патент №121042) ПЛН-3-35:

1 - стояк; 2 - полиця; 3 - леміш; 4 - болтове з’єднання; 5 - плоскорізальна лапа.

Крім того, зменшується ймовірність утворення загорбків та знижується забруднення

леміша ґрунтом. Збільшення ковзання часток ґрунту по лезу плоскорізної лапи також полегшує процес викидання ґрунту під час руху плуга, що, в свою чергу, сприяє підвищенню ефективності та продуктивності роботи.

Удосконалення конструкції корпуса плуга також включає використання матеріалів з низькою абразивністю, що дозволяє зменшити знос елементів і продовжити термін служби обладнання. Окрім цього, передбачено розробку спеціальної геометрії плоскорізної лапи, що покращує її ріжучі властивості та знижує опір при проникненні в ґрунт.

Перед початком роботи агрегат встановлюється на спеціальній платформі. Для вирівнювання рами плуга по горизонталі використовують лівий розкос і центральну тягу заднього начіпного пристрою трактора, а необхідну глибину оранки регулюють за допомогою гвинтового механізму опорного колеса. Після цього плуг готовий до роботи.

У процесі руху плуга в ґрунті, леміш підрізає скибу та направляє її на полицю. Плоскорізна лапа підрізає скибу для наступного корпуса, знижуючи енергетичні витрати та збільшуючи термін служби робочих органів. Це досягається шляхом фіксації плоскорізної лапи під кутом нахилу γ1 до напрямку руху плуга, що менше ніж кут нахилу γ0 леміша. Ця модифікація зменшує тяговий опір корпусу плуга завдяки підвищенню ковзання ґрунтових часток вздовж леза плоскорізної лапи та знижує засмічення леза коренями рослин.

Загалом, зміни в конструкції корпуса плуга дозволяють знизити опір і полегшити процес роботи, що є важливим для підвищення ефективності використання агрегата в сільському господарстві. Це удосконалення сприяє поліпшенню продуктивності, зменшенню енергетичних витрат і підвищенню точності обробки ґрунту. Усе це сприяє збільшенню врожайності та покращенню умов праці для аграріїв.

Це удосконалення корпуса плуга є лише частиною великого потоку інновацій, які можуть покращити сільськогосподарське виробництво. Завдяки постійному розвитку технологій і наукових досліджень, сільське господарство поступово вдосконалюється і стає більш ефективним.

Має великий потенціал для впровадження передових рішень, які здатні значно підвищити якість і продуктивність роботи.

2.3 Техніко-експлуатаційні розрахунки

Щоб забезпечити міцність болтового з’єднання, яке працює в умовах поперечного навантаження, необхідно визначити мінімальний допустимий діаметр різьби болта. Розрахунок проводиться на основі умови міцності, яка враховує силу попереднього затягування та допустиме напруження розтягу для матеріалу болта, за формулою (2.1).

Із цієї нерівності виводимо розрахункову залежність для мінімального допустимого діаметра болта, формула (2.2).

В даному прикладі, зовнішнє навантаження F_r безпосередньо на болт не передається, оскільки утримання деталей відносно одна одної здійснюється за рахунок сили тертя, створеної при попередній затяжці. Сила затягування визначається з урахуванням коефіцієнта запасу, кількості болтів і площин з'єднання, за формулою (2.3).

Проведемо розрахунок:

$$F_0 = \frac{6{,}3 \cdot 1{,}8}{(0{,}3 \cdot 1 \cdot 2)} = 18{,}9 \text{ кН}$$

Зовнішня повздовжня сила F_r вираховується як добуток питомого опору ґрунту на площу захоплення плуга, за формулою (2.5).

Підставимо значення у формулу (2.5), та отримуємо:

$$F_r = 90 \cdot (0{,}2 \cdot 0{,}35) = 6{,}3 \text{ кН}$$

Підставляючи знайдену силу затяжки у формулу (3.2), обчислюємо діаметр різьби:

$$d_p \geq \sqrt{\frac{130 \cdot 18{,}9 \cdot 3{,}14 \cdot 370}{5 \cdot 3{,}14 \cdot 370}} = 22{,}17 \text{ мм}$$

На підставі розрахунку обирається найближчий більший стандартний діаметр, тому приймаємо болт з номінальним діаметром різьби 24 мм, що гарантує необхідний запас міцності для безпечної роботи з’єднання під навантаженням.

Запропоноване вдосконалення плуга, згідно з патентом №121042, вводить інноваційний підхід до обробки ґрунту, що може мати значний позитивний вплив на сільське господарство та пов'язані з ним процеси.

Основні переваги цього поліпшення включають зменшення тягового опору, зниження рівня обволікання і підвищення стабільності роботи плуга. Це, в свою чергу, сприяє покращенню продуктивності та ефективності сільськогосподарських робіт.

Завдяки зміщенню кута нахилу плоскорізальної лапи та її оптимальному розташуванню на стояку, плуг здатний забезпечити точніше та рівномірніше оброблення ґрунту. Така обробка має позитивний ефект на якість посіву та може призвести до підвищення врожайності.

Крім того, це удосконалення сприяє зменшенню зносу плуга, що значно подовжує термін його служби. Це веде до зниження витрат на обслуговування та заміну компонентів, що робить використання агрегату більш економічним.

Ще однією важливою перевагою є зменшення енергоспоживання та витрат палива при роботі плуга. Це позитивно позначається на зниженні викидів шкідливих газів та зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище.

Загалом, це вдосконалення плуга забезпечує підвищення ефективності обробки ґрунту, зниження витрат та покращення екологічної стійкості сільського господарства. Воно відіграє важливу роль у розвитку сільськогосподарського сектору, сприяючи зростанню його продуктивності та стійкості.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вимоги безпеки при складанні та експлуатації машинно- тракторних агрегатів

Перед початком складання агрегату необхідно ретельно ознайомитися з технічною документацією та інструкціями від виробника. Також варто переконатися, що всі необхідні інструменти та обладнання для проведення робіт знаходяться в наявності і відповідають вимогам безпеки. Складання агрегату повинно здійснюватися в суворій відповідності до інструкцій виробника. Важливим аспектом є правильне встановлення всіх компонентів, забезпечуючи їх міцне кріплення. Причіпні та начіпні машини повинні перевірятися та агрегатуватися виключно з тими тракторами, що зазначені у заводських інструкціях. Після складання агрегату потрібно провести його регулювання та налаштування відповідно до вказівок виробника. Це забезпечить належну роботу агрегату та дозволить уникнути потенційних проблем під час його експлуатації. До експлуатації допускаються лише повністю справні, відрегульовані та перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, включаючи нові агрегати. У процесі роботи з машинно-тракторними агрегатами необхідно дотримуватися ряду важливих заходів безпеки. Зокрема, слід уникати роботи без належного захисного спорядження, якщо таке передбачено. Також важливо ознайомитися з конкретними правилами безпеки, які стосуються конкретного типу агрегату, щоб знизити ризики та забезпечити безпеку працівників.

Машинно-тракторні агрегати мають проходити регулярні технічні огляди для виявлення можливих дефектів та своєчасного усунення несправностей. Це необхідна процедура, яка сприяє не тільки підвищенню рівня безпеки, але й продовженню експлуатаційного терміну техніки. Періодичні огляди дозволяють своєчасно виявити зношені деталі, запобігти серйозним поломкам і знизити ймовірність аварійних ситуацій.

Крім того, працівники, які займаються складанням та експлуатацією машинно-тракторних агрегатів, повинні володіти відповідними навичками та знаннями. Це дозволить їм правильно виконувати всі роботи, дотримуючись вимог безпеки та стандартів якості. Проведення навчальних курсів для персоналу є важливим аспектом у забезпеченні безпечної експлуатації техніки.

3.2 Загальні вимоги безпеки при виконанні обробітку ґрунту

Під час обробки ґрунту важливо дотримуватись численних вимог безпеки, щоб захистити працівників від потенційних небезпек. Це включає заходи, що запобігають травмам, шкідливим впливам на здоров'я та професійним хворобам.

Одним з основних аспектів є використання особистого захисного обладнання (ОЗС), яке є необхідним для всіх працівників. До нього відносяться захисні окуляри, рукавиці, каски, спеціальне взуття та наколінники, що допомагають знизити ризик травм і ушкоджень при роботі з технікою та іншим обладнанням.

Також необхідно переконатись, що вся сільськогосподарська техніка знаходиться в належному стані перед початком роботи. Регулярне технічне обслуговування і перевірки дозволяють уникнути несправностей та аварій, знижуючи ймовірність виникнення небезпечних ситуацій.

Важливою вимогою є забезпечення безпеки пішоходів і інших працівників, що перебувають на території, де працює техніка. Робочі зони повинні бути чітко відокремлені від пішохідних шляхів, а також слід уникати перебування поблизу обертових частин машин. Встановлення сигнальних пристроїв, яскравого освітлення та чіткої сигналізації значно зменшує ймовірність нещасних випадків.

Правильна фізична підготовка та дотримання принципів ергономіки є важливими складовими для запобігання м'язовим перевантаженням та травмам, особливо при підйомі, носінні та перенесенні важких предметів. Працівники повинні бути навчені виконувати фізичні вправи правильно, використовуючи правильні техніки для мінімізації ризику пошкоджень, особливо в області спини.

Важливо, щоб всі працівники мали чітке уявлення про можливі небезпеки, з якими вони можуть зіткнутися під час роботи з ґрунтом, а також були знайомі з процедурами надання першої допомоги. Знання цих процедур у випадку травм або інших екстрених ситуацій дозволяє швидко реагувати і надавати допомогу.

Крім того, управління ризиками є критично важливим аспектом для забезпечення безпеки. Важливо розробити та впровадити систему безпеки, що включає оцінку потенційних небезпек, а також створення навчальних програм та інструкцій щодо безпечної роботи. Головною метою є запобігання аварійним ситуаціям і мінімізація їх

негативних наслідків, щоб зберегти здоров'я працівників та забезпечити безпечні умови праці.

4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

У сільському господарстві використання різноманітної техніки, зокрема тракторів, сільськогосподарських машин та знарядь, є необхідною умовою для ефективного виконання різних видів робіт. Проте важливим аспектом є не лише вибір технічних засобів, а й аналіз витрат, пов'язаних із їх застосуванням. Цей аналіз дає змогу оцінити економічну ефективність використання різних агрегатів і приймати обґрунтовані рішення щодо вибору оптимального варіанту. Чітке визначення витрат при застосуванні різних агрегатів є основою для раціонального планування та ефективного управління сільськогосподарськими підприємствами, де головною метою є максимізація продуктивності та прибутковості.

У цьому розділі проводиться аналіз економічної ефективності плуга ПЛН-3-35, з урахуванням специфіки агроінженерних рішень. Однією з основних цілей дослідження є оцінка фінансової доцільності та потенційного прибутку від використання вдосконаленого плуга. До цього процесу включено аналіз витрат на його придбання, експлуатацію, технічне обслуговування та поточні витрати, а також прогнозування можливих доходів, які можуть бути отримані в майбутньому.

Модернізація агрегату призвела до збільшення його вартості, оскільки впроваджено нові конструктивні елементи та покращено його технічні характеристики. Вдосконалення агрегату вирішує недоліки попередніх моделей завдяки зміні геометричних параметрів і оптимізації взаємного розташування конструктивних елементів. Ці покращення дозволяють знизити енергетичні витрати на роботу лемеша та збільшити продуктивність. Проте зміни в конструкції потребували додаткових витрат на дослідження, розробку, технічну підготовку виробництва, виготовлення нових компонентів і складання агрегату згідно з новими вимогами.

Удосконалена конструкція агрегату призвела до зростання його загальної вартості в порівнянні з оригінальними моделями. Зміни в конструкції, впровадження нових компонентів і покращення технічних характеристик збільшили витрати на виробництво, що в свою чергу відображається на кінцевій вартості агрегату.

Для виконання розрахунків та детального аналізу ефективності використання модернізованої версії агрегату, враховуються вихідні дані, що містять інформацію про

характеристики та технічні властивості цього агрегату. Ці дані представлені у таблиці 4.1, що дозволяє точно оцінити економічну доцільність оновленого складу агрегату та вплив цих змін на загальну ефективність.

Таблиця 4.1 - Початкові показники нового складу агрегату в проекті

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
Вид роботи, яка виконується	Оранка	Оранка
Склад агрегату	МТЗ-82 + ПЛН-3-35	МТЗ-82+ ПЛН-3-35
Обсяг роботи, га	$Q^{б}$= 150	$Q^{п}$ = 150
Година продуктивність агрегату, га/год	$W_{год}^{б} = 0{,}56$	$W_{год}^{п} = 0{,}604$
Витрата палива, кг/га	$g_{п}$ = 13,57	$g_{п}$ = 12,616
Балансова вартість агрегату, грн	$Б^{Б}$ = 482000	$Б^{П}$ =484000
Тривалість зміни, год	$Т_{зм}^{б} = 7$	$Т_{зм}^{п} = 7$
Кількість обслуговуючого персоналу, осіб	$К_{пр}{}^{Б}$ = 2	$К_{пр}{}^{П}$ = 2
Ціна 1 кг пального, грн	$Ц_{к}^{б} = 48$	$Ц_{к}^{п} = 48$

Щоб провести всебічний економічний аналіз ефективності функціонування агрегату, необхідно обчислити низку ключових показників. Починаємо з визначення змінної продуктивності агрегату $W_{зм}$, що обчислюється як добуток погодинного виробітку $W_{год}$ на тривалість зміни, за формулою (4.1).

Проведемо відповідний розрахунок:

$$W_{зм}^{Б} = 0{,}56 \cdot 7 = 3{,}92 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{П} = 0{,}604 \cdot 7 = 4{,}23 \text{ га/зм}$$

Наступним кроком розраховується трудомісткість виконання 1 га роботи, виражена в людино-годинах, за формулою (4.2).

Відповідно до формули проводимо розрахунки:

$$В^{Б} = \frac{2 \cdot 7}{3{,}92} = 3{,}57 \text{ люд.} - \text{год/га}$$

$$В^{П} = \frac{2 \cdot 7}{4,23} = 3,31 \text{ люд.} - \text{год/га}$$

Нормативне навантаження на знаряддя $Т_н$ у гектарах визначається, за формулою (4.3).

Проведемо розрахунки за формулою (5.3):

$$Т_Н^{Б} = \frac{150}{0,56} = 267,86 \text{ га}$$

$$Т_Н^{п} = \frac{150}{0,604} = 248,34 \text{ га}$$

Затрати на технічне обслуговування (ТО), ремонти (ПР, КР) та зберігання агрегату розраховуються за формулою (4.4).

Проводимо відповідні розрахунки:

$$Н_{рем}^{Б} = 482000 \cdot 0,097 \cdot \frac{3,92}{267,86} = 684,22 \text{ грн}$$

$$Н_{рем}^{п} = 484000 \cdot 0,097 \cdot \frac{4,23}{248,34} = 799,7 \text{ грн}$$

Витрати на експлуатацію визначаємо за формулою (4.5).

Оплата праці з урахуванням додаткових нарахувань визначається за формулою (4.6).

Проведемо розрахунок:

$$ЗП^{Б} = \frac{440}{0,56} \cdot 1,2 \cdot 1,362 = 1284,17 \text{ грн/га}$$

$$ЗП^{П} = \frac{440}{0,604} \cdot 1,2 \cdot 1,362 = 1190,62 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування, визначаємо за формулою (4.7).

Проведемо розрахунок:

$$А^{Б} = \frac{482000 \cdot 11 \cdot 2035,5}{100 \cdot 150 \cdot 9700} = 74,17 \text{ грн/га}$$

$$А^{П} = \frac{484000 \cdot 11 \cdot 1892,4}{100 \cdot 150 \cdot 9700} = 69,24 \text{ грн/га}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали (ПММ), грн/га — розраховуються як добуток нормативної витрати пального на 1 гектар обробітку (НПММ) та середньої вартості одного кілограма пального ($Ц_к$), за формулою (4.8).

$$В_{ПММ} = Н_{ПММ} \cdot Ц_к \qquad (4.8)$$

$Н_{ПММ}$ – нормативна кількість пального, що витрачається на обробку одного гектара площі, кг/га;

$Ц_к$ – середня ринкова вартість одного кілограма паливно-мастильних матеріалів, яка включає ціну пального, транспортування, зберігання тощо, грн/кг.

Тож, проведемо відповідний розрахунок:

$$В^{Б}_{ПММ} = 13{,}57 \cdot 48 = 651{,}36 \text{ грн/га}$$

$$В^{П}_{ПММ} = 12{,}616 \cdot 48 = 605{,}57 \text{ грн/га}$$

Витрати на технічне обслуговування (ТО), капітальний ремонт (КР), поточний ремонт (ПР) і зберігання, грн/га — визначаються за формулою (4.9), яка враховує продуктивність агрегату, загальний обсяг робіт та норматив витрат на утримання техніки:

$$В^{Б}_{рем} = \frac{1{,}65 \cdot 684{,}22}{0{,}56 \cdot 150} = 13{,}44 \text{ грн/га}$$

$$В^{п}_{рем} = \frac{1{,}65 \cdot 799{,}7}{0{,}604 \cdot 150} = 14{,}56 \text{ грн/га}$$

Витрати, що не охоплюються іншими статтями — це додаткові експлуатаційні витрати, які не входять до основних категорій (зарплата, амортизація, ПММ, ремонти тощо), і приймаються умовно на рівні 3% від загального обсягу прямих витрат. Вони враховують непередбачувані або другорядні витрати, пов’язані з обслуговуванням, логістикою, організаційними процесами тощо. Розраховуються за формулою (4.10).

$$ІВ^{Б} = \frac{(1284{,}17 + 74{,}17 + 651{,}36 + 13{,}44) \cdot 3}{100} = 60{,}7 \text{ грн}$$

$$ІВ^{П} = \frac{(1190{,}62 + 69{,}24 + 605{,}54 + 14{,}56) \cdot 3}{100} = 56{,}4 \text{ грн}$$

Загальні експлуатаційні витрати, грн/га — це сумарні витрати на функціонування агрегату протягом виконання технологічної операції. Вони включають усі основні категорії витрат, які напряму або опосередковано впливають на собівартість робіт. Обчислення виконується за наступним рівнянням (4.5).

$$ЕВ^{Б} = 1284{,}17 + 74{,}17 + 651{,}36 + 13{,}44 + 60{,}7 = 2083{,}84 \text{ грн/га}$$

$$ЕВ^{П} = 1190{,}62 + 69{,}4 + 605{,}54 + \ 14{,}6 + \ 56{,}4 = \ 1936{,}36 \text{ грн/га}$$

Річний фінансовий результат, грн — це сума економії або додаткового прибутку, отриманого за рік завдяки впровадженню більш ефективного варіанту агрегату.

Розраховується як різниця між витратами на стару та нову техніку, помножена на загальний обсяг виконаних робіт за формулою (4.11).

$$E_р = (2083{,}84 - 1936{,}36) \cdot 150 = 147{,}48 \cdot 150 = 22122 \text{ грн}$$

Період окупності інвестиційних вкладень (То), років — це показник, який визначає, за який час додаткові фінансові вкладення у модернізацію або придбання нового агрегату повністю компенсуються за рахунок отриманого річного економічного ефекту. Розраховується за формулою (4.12).

$$Т_о = \frac{2000}{22122} = 0{,}09 \text{ років}$$

ΔКВ – обсяг додаткових капіталовкладень у проєкт, що визначається як різниця між початковими інвестиціями у базовий варіант техніки та витратами на вдосконалений або новий агрегат. Цей показник відображає суму, яку потрібно вкласти понад звичайну вартість, щоб реалізувати більш ефективне технічне рішення.

Після завершення всіх обчислень отримані результати доцільно систематизувати у зведеній таблиці 4.2, яка слугує основою для подальшого аналізу економічної доцільності впровадження проекту.

Таблиця 4.2 - Аналіз техніко-економічних показників проекту, отримані за допомогою розрахунків.

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
Обсяг роботи, га	150	150
Годинна продуктивність, га/год.	0,56	0,604
Витрата палива на 1 га, кг	13,57	12,661
Балансова вартість агрегату, грн.	482000	484000
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. загалом:	2083,84	1936,36
в т. ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	1284,17	1190,62
амортизаційні відрахування, грн.	74,17	69,24
вартість ПММ, грн.	651,36	619,2
витрати на ПР, грн.	13,44	14,56

інші витрати, грн.	60,7	56,4
Річний економічний ефект, грн.		22122
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років.		0,09

В результаті аналізу проведених розрахунків можна зробити висновок, що модернізація є доцільною та вигідною для аграрного сектору. Період повернення додаткових інвестицій складає всього 0,09 року, а загальна сума інвестицій становить 2000 грн, при цьому річний економічний ефект оцінюється в 22122 грн.

ВИСНОВОК

Аналіз діяльності господарста виявив ряд можливостей для покращення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. Одним із таких шляхів є впровадження удосконаленого плуга, який сприяє зниженню тягового опору та покращенню якості виконуваних робіт, що позитивно впливає на продуктивність та ефективність вирощування сільськогосподарських культур.

Було розроблено план механізованих робіт для вирощування озимої пшениці, який отримав значну увагу. Встановлено, що для виконання оранки в оптимальні терміни необхідно задіяти два агрегати та залучити чотирьох трактористів. Загальна витрата палива на площу в 150 гектарів становила 1892,4 кг, а затрати праці – 248,23 людино-години. Загальна кількість нормо-змін для реалізації проєкту склала 35,46, а питома витрата палива на гектар досягла 40,7 кг. Загальні витрати праці склали 520,1 людино-години.

Запропоновано змінити конструкцію плуга, зокрема змінити кут нахилу плоскорізальної лапи та її розташування. Така модифікація дозволяє покращити якість обробітку ґрунту, що, в свою чергу, сприяє покращенню умов для посіву та збільшенню врожайності. Крім того, новий дизайн забезпечує зниження зносу агрегату та продовження його експлуатаційного терміну, що веде до зниження витрат на технічне обслуговування та заміну деталей. Використання модернізованого плуга також сприятиме поліпшенню екологічної ситуації, оскільки зменшується витрата палива, що призводить до зниження викидів шкідливих газів.

Було розроблено операційно-технологічну карту для виконання оранки за допомогою модернізованого плуга, у якій визначена годинна продуктивність, що становить 0,604 га/год. Застосування нової конструкції плуга дозволяє знизити витрату палива з 13,57 кг/га до 12,66 кг/га.

Хоча модернізація плуга передбачає збільшення витрат на дослідження, розробку та виготовлення нових елементів, вона є важливою для розвитку агросфери, оскільки підвищує ефективність, знижує експлуатаційні витрати та має позитивний вплив на навколишнє середовище.

Вартість додаткових капітальних вкладень на розробку та виробництво модернізованого плуга окупається протягом 0,09 року, що при цьому приносить річний

економічний ефект у розмірі 22 122 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Річні звіти підприємства за 2023- 2024 роки.

2. Практикум з ремонту машин / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський та ін.; За ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. – К.: Урожай, 1995. – 224 с.

3. Курсове і дипломне проектування по надійності і ремонту машин / І. С. Сірий, А. П. Смілов, В. Є. Черкун. – К.: Колос, 2001. – 184 с.

4. Федірко П. П. Методичні вказівки. Курсове і дипломне проектування з ремонту машин. – Кам'янець-Подільський, 2008. – 189 с.

5. Гельман Б. М., Москвин М. В. Сільськогосподарські трактори і автомобілі. – К.: Врожай, 2000. – 304 с.

6. Довідник з єдиної системи конструкторської документації / В. П. Градиль, А. К. Моргун, Р. А. Єгошин. Під ред. О. Ф. Раба . – Х.: Прапор, 1998. – 255 с.

7. Молодик Н. В., Зенин О. С. Відновлення деталей машин: Довідник. – Д.: Машинобудування, 1999. - 256 с.

8. Воловик Є.Л. Довідник по відновленню деталей. – К.: Колос, 2001. – 361 с.

9. Ремонт дизельних двигунів: Довідник / За ред. Л. С. Єрмолова – К.: Урожай, 2001. – 248 с.

10. Крижанівський В. І. Довідник по нормуванню праці на ремонтних роботах – К.: Урожай, 1988. – 264 с.

11. Обладнання ремонтних підприємств / М. І. Черновол, М. В. Власенко, В. М. Наливайко, В. С. Кухаренко. – К.: Урожай, 1996. – 272 с.

12. Шейнбліт А.Є. Курсове проектування по деталям машин. – К.: Вища школа, 2001. – 432 с.

13. Денежний П.М., Стискін Г. М., Тахор І. Є. Токарна справа. – К.: Вища школа, 1996. – 240 с.

14. Фесик С. П. Довідник з орору материалів. К.: Будівельник, 2002. – 280с.

15. Анурьєв В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: У 3-х т. Т.1- К.: Машинобудування, 1999. – 728 с.

16. Канарєв Ф.М., Пережогин М.О. Гряник Г. Н. Охорона праці // Під ред. Канарєва Ф. М. – К.: Урожай, 2001. – 327 с.

17. Говорун А. Г. Транспорт і навколишнє середовище. – К.: Урожай, 1992. – 205 с.

18. Гутаревич Ю.Ф. Охорона навколишнього середовища від забруднень викидами двигунів. – К.: Урожай, 1999. – 219 с.

19. Бабусенко С. М. Проектування ремонтних підприємств. – К.: Урожай, 2001. – 295 с.

20. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. – К.: Вища школа, 1994. – 38 с.

21. Конкін Ю.О. Економіка ремонту сільськогосподарської техніки. - Х.: Знання, 2000. – 386 с.

22. Комплексна система технічного обслуговування і ремонту машин в сільському господарстві – Д.: Логос. – 2005.

23. Селиванов О.І. Довідникова книга з організації ремонту машин в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1999.

24. Система стандартів охорони праці. К.:Вища школа, 2007 – 178с.

25. Зміни і доповнення до Галузевої угоди між Міністерством аграрної політики України, галузевими об'єднаннями підприємств та Профспілкою працівників агропромислового комплексу України на 2021-2023 роки.