**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**Інженерно-технологічний факультет**
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а  з а п и с к а**
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

# Удосконалення механізації вирощування соняшнику з модернізацією корпуса плуга ПЛН-3-35

**Виконав:** студент 4 курсу, групи АІ-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____Литвин Андрій Олександрович

**Керівник:** _____ Теслюк Геннадій Володимирович

**Рецензент:** _____

Дніпро - 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

_____ Теслюк Г.В.

(підпис) прізвище, ініціали)

«___» _____ 2026 р

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Литвину Андрію Олександровичц

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проєкту:** Удосконалення механізації вирощування соняшнику з модернізацією корпуса плуга ПЛН-3-35

керівник проєкту Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «05» травня 2026 року № 912

**2. Строк подання студентом проєкту** 12.06.2026 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Огляд сучасного рівня розвитку рослинницької галузі та засобів механізації обробітку ґрунту. Опрацювання патентних джерел, наукових праць і результатів останніх досліджень у межах теми роботи.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз діяльності фермерського господарства. 2. Огляд існуючих конструкцій машин для основного обробітку ґрунту. 3. Обґрунтування конструктивних та експлуатаційних параметрів плуга. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічні показники модернізованого плуга. Висновки та пропозиції. Література.

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

1. Огляд конструкцій плугів (А1). 2. Плуг (А1). 3 Корпус плуга. Складальне креслення (А1). 4. Ніж (А2). 5. Польова дошка (А3). 6. Леміш (А3). 7. 8. Економіка (А1).

**6. Консультанти розділів проєкту**

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-5 | Теслюк Г.В., доцент | 02.02.2026 | 07.06.2026 |
| нормоконтроль | Золотовська О.В.., доцент | | 07.06.2026 |

**7. Дата видачі завдання**: 02.02.2026 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів проєкту | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | до 01.04.2026 р. | |
| 2 | Технологічний | до 15.04.2026 р. | |
| 3 | Конструкційний | до 30.04.2026 р. | |
| 4 | Охорона праці | до 10.05.2026 р. | |
| 5 | Економічний | до 22.05.2026 р. | |
| 6 | Графічна частина | до 12.06.2026 р. | |

**Студент** _____ Литвин А.О

(підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник проєкту** _____ Теслюк Г.В.

(підпис ) (прізвище та ініціали)

| № п/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість аркушів | Номер аркуша | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Текстові документи | | | |
| 1 | А4 | 52ДП.078.000.000.ПЗ | Пояснювальна записка | 65 | | |
| | | | | | | |
| | | | Графічні матеріали | | | |
| 2 | А1 | 52ДП.078.000.002.ОК | Огляд конструкцій | 1 | 2 | |
| | | | плугів | | | |
| 3 | А1 | 52ДП.078.000.003.ВЗ | Плуг | 1 | 3 | |
| | | | | | | |
| 4 | А1 | 52ДП.078.000.004.ВЗ | Корпус плуга | 1 | 4 | |
| | | | Складальне креслення | | | |
| 5 | А2 | 52ДП.078.000.005. | Ніж | 1 | 5 | |
| | | | | | | |
| 6 | А3 | 52ДП.078.000.006 | Польова дошка | 1 | 5 | |
| 7 | А3 | 52ДП.078.000.007 | Леміш | 1 | 5 | |
| 8 | А1 | 52ДП.078.000.008 | Економіка | 1 | 6 | |

| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | 52 ДП.078.000.000.ПЗ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розробив | | Литвин А.О | | | Відомість дипломного проєкту | аркуш | аркушів |
| Перевірив | | Теслюк Г.В. | | | | 4 | 63 |
| Консульт. | | | | | | ДДАЕУ | |
| Н. контр. | | Золотовська О | | | | | |
| Затверд. | | Теслюк Г.В. | | | | | |

# РЕФЕРАТ

Литвин А.О. Удосконалення механізації вирощування соняшнику з модернізацією корпуса плуга ПЛН-3-35 / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячено модернізації плуга ПЛН-3-35 для підвищення ефективності основного обробітку ґрунту. У роботі запропоновано встановлення на корпусі плуга додаткового ножа, який забезпечує руйнування плужної підошви та покращує агрофізичний стан ґрунту. Проведено аналіз конструкцій плугів, розглянуто особливості технології вирощування соняшнику в Дніпропетровській області, виконано конструктивні розрахунки ножа, визначено тяговий опір плуга, необхідну потужність трактора, продуктивність і витрату палива. Також висвітлено питання охорони праці та захисту навколишнього середовища при використанні модернізованого плуга. Запропонована конструкція сприяє покращенню якості обробітку ґрунту та підвищенню ефективності технологічного процесу.

**Ключові слова:** плуг, модернізація, основний обробіток ґрунту, додатковий ніж, плужна підошва, соняшник.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1. АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ФГ «ГНАТ» 110
1.1. Загальна характеристика фермерського господарства 10
1.2. Особливості технології вирощування соняшника в господарстві 14
Висновок по розділу 18
2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛУГІВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 19
2.1. Огляд закордонних конструкцій плугів 19
2.2. Порівняльна характеристика плугів 26
Висновок по розділу 28
3. ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПЛУГА ТА РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ 29
3.1. Обгрунтування та робочий процес удосконаленого плуга 29
3.2. Конструктивні розрахунки модернізованого плуга 31
3.2.1. Визначення сили опору ґрунту, що діє на ніж ..... 33
3.2.2 Перевірка ножа на згин та жорсткість ..... 35
3.2.3. Перевірка болтового кріплення ножа ..... 37
3.3 Розрахунок тягового опору модернізованого плуга 38
3.4 Розрахунок необхідної потужності трактора та продуктивності 40
Висновки по розділу 42
4. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА 44
4.1. Виробничі ризики та шкідливі фактори робочого процесу ..... 44
4.2. Організація безпечного початку роботи ..... 45
4.3. Заходи безпеки в процесі роботи агрегату ..... 46
4.4. Безпечне завершення роботи та обслуговування техніки ..... 47
4.5. Захист навколишнього середовища при використанні модернізованого плуга ..... 47

Висновок по розділу 48
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА 50
5.1. Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків 50
5.2 Розрахунок витрат на паливо та мастильні матеріали 52
5.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань та витрати на ремонт і технічне обслуговування 53
5.4. Розрахунок прямих експлуатаційних витрат та річної економії 54
Висновок по розділу 56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 58
БІБЛІОГРАФІЯ 60
ДОДАТКИ 63

# ВСТУП

Сьогодні агропромисловий сектор України функціонує в складних економічних умовах. Однією з головних причин зниження ефективності його роботи є суттєве подорожчання паливно-мастильних матеріалів, сільськогосподарської техніки та запасних частин, а також недостатня забезпеченість господарств фінансовими ресурсами для оновлення машинно-тракторного парку. Усе це призводить до зростання трудових і експлуатаційних витрат під час виконання польових робіт, що, у свою чергу, збільшує собівартість виробництва сільськогосподарської продукції. Додатково ситуацію ускладнює нестача техніки та ресурсів, через що багато технологічних операцій виконуються із порушенням оптимальних агротехнічних строків. Наслідком цього стає зниження врожайності культур та погіршення якості отриманої продукції.

На сучасному етапі лемішно-полицеві плуги продовжують залишатися одним із основних знарядь для основного обробітку ґрунту в Україні. Проте їх використання супроводжується низкою суттєвих недоліків. Під час роботи таких плугів на робочі поверхні лемеша та полиці діє значний тиск, який може досягати дуже високих значень і перевищує контактний тиск, що створюється ходовими системами тракторів та інших важких машин. У результаті цього формується плужна підошва, відбувається ущільнення ґрунту та погіршення його фізичного стану. Дослідження показують, що після проходу плуга щільність окремих ґрунтових агрегатів зростає, а твердість дна борозни може збільшуватися у півтора-два рази порівняно з початковим станом. Це негативно впливає на водно-повітряний режим ґрунту, розвиток кореневої системи рослин і, відповідно, на рівень урожайності. Саме тому в сучасному землеробстві все більшої уваги набувають ґрунтозахисні технології.

У межах ґрунтозахисного напрямку як альтернатива традиційній оранці часто рекомендується застосування плоскорізів і чизельних робочих органів. Проте такі знаряддя також не є універсальним вирішенням проблеми, оскільки

мають власні конструктивні та технологічні недоліки. Зокрема, зі збільшенням глибини обробітку безполицеві робочі органи нерівномірно розпушують ґрунтовий шар: верхня частина часто залишається надмірно грудкуватою, а нижня зазнає надмірного руйнування структури. Якщо недоліки верхнього шару ще можна частково усунути наступними технологічними операціями, то відновити порушену структуру нижніх горизонтів практично неможливо.

Разом із цим і надалі триває вдосконалення конструкцій лемішно-полицевих плугів. Аналіз сучасних наукових і технічних джерел свідчить, що в цьому напрямку вже отримано певні позитивні результати. Більшість існуючих розробок спрямовані на зменшення негативного впливу плуга на ґрунт шляхом застосування додаткових розпушувальних елементів або зниження питомого тиску робочих поверхонь на оброблюваний шар. Одним із таких рішень є використання плугів з адаптованими робочими поверхнями, у яких переміщення скиби відбувається за більш раціональною траєкторією, вигідною з енергетичної точки зору. Однак подібні конструкції зазвичай є складними у виготовленні, а досягнутий ефект не завжди виправдовує витрати на їх реалізацію.

У зв’язку з цим у дипломному проєкті пропонується удосконалення плуга ПЛН-3-35 шляхом оснащення його ґрунтопоглиблювачем, призначеним для руйнування підплужної підошви. Таке технічне рішення дає можливість поєднати переваги традиційної оранки з додатковим глибоким розпушенням нижнього шару ґрунту, що має сприяти покращенню його структури, зменшенню ущільнення та підвищенню ефективності основного обробітку.

# 1. АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ФГ «ГНАТ»

## 1.1. Загальна характеристика фермерського господарства

Фермерське господарство «ГНАТ» є сільськогосподарським підприємством, основним напрямом діяльності якого є виробництво продукції рослинництва. Господарство зареєстроване 17 жовтня 2023 року та здійснює свою діяльність у Кам’янському районі Дніпропетровської області.

Повна назва підприємства - ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО «ГНАТ». Юридична адреса господарства: 52334, Україна, Дніпропетровська область, Кам’янський район, село Адамівка, вулиця Центральна, будинок 70. Керівником господарства є Ігнатенко Ольга Олександрівна. Код ЄДРПОУ підприємства - 45400322. Статутний капітал становить 300 грн.

Основним видом економічної діяльності ФГ «ГНАТ» є 01.11 - вирощування зернових культур, крім рису, бобових культур і насіння олійних культур. Такий напрям діяльності є характерним для господарств степової зони України, де значну частку посівних площ займають озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник, ячмінь, горох та інші польові культури.

Земельні угіддя господарства становлять орієнтовно 950 га. Наявна площа дає змогу формувати раціональну структуру посівів, застосовувати механізовані технології вирощування культур, а також ефективно використовувати машинно-тракторний парк протягом року. Основна частина земель використовується під ріллю, що забезпечує спеціалізацію господарства на вирощуванні зернових, зернобобових та олійних культур.

Територія розміщення господарства характеризується сприятливими умовами для ведення польового рослинництва. Водночас кліматичні особливості Дніпропетровської області, зокрема недостатня кількість опадів у літній період, високі температури та можливі посушливі явища, вимагають правильного

вибору агротехнічних заходів, дотримання сівозміни, своєчасного обробітку ґрунту та якісного виконання всіх механізованих операцій.

Виробнича діяльність ФГ «ГНАТ» пов’язана з виконанням основних технологічних операцій у рослинництві: основного і передпосівного обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами, внесення добрив, захисту рослин, збирання врожаю та його транспортування. Ефективність виконання цих робіт значною мірою залежить від технічного стану сільськогосподарської техніки, рівня механізації виробничих процесів та правильного добору машинно-тракторних агрегатів.

Для господарства з площею земельних угідь близько 950 га важливе значення має підвищення продуктивності машин, зменшення витрат пального, скорочення кількості проходів агрегатів по полю та поліпшення якості виконання технологічних операцій. Саме тому удосконалення конструкцій сільськогосподарських машин і впровадження більш ефективних технічних рішень є актуальним напрямом для підвищення економічної ефективності виробництва.

Основні організаційні відомості про фермерське господарство наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Загальна характеристика ФГ «ГНАТ»

| Показник | Характеристика |
|---|---|
| Повна назва підприємства | Фермерське господарство «ГНАТ» |
| Організаційно-правова форма | Фермерське господарство |
| Юридична адреса | 52334, Україна, Дніпропетровська обл., Кам’янський р-н, с. Адамівка, вул. Центральна, буд. 70 |
| Дата заснування | 17.10.2023 |
| Керівник | Ігнатенко Ольга Олександрівна |
| Код ЄДРПОУ | 45400322 |
| Статутний капітал | 300 грн |
| Основний вид діяльності | 01.11 Вирощування зернових культур, крім рису, бобових культур і насіння олійних культур |
| Площа земельних | 950 га |

| | |
|---|---|
| угідь | |
| Виробничий напрям | Рослинництво |

Отже, ФГ «ГНАТ» є молодим фермерським господарством рослинницького напряму, яке має достатню земельну базу для ведення товарного сільськогосподарського виробництва. Основна діяльність підприємства пов'язана з вирощуванням зернових, зернобобових та олійних культур, що потребує належного рівня технічного забезпечення, раціональної організації механізованих робіт і впровадження сучасних агроінженерних рішень.

В таблиці 1.2 наведено динаміку ефективності вирощування озимої пшениці у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 рр.

Таблиця 1.2

Динаміка ефективності вирощування озимої пшениці
у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 рр.

| Показник | 2023 | 2024 | 2025 | 2025 у % до 2023 |
|---|---|---|---|---|
| Посівна площа, га | 280 | 300 | 310 | 110,7 |
| Урожайність, т/га | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 114,6 |
| Валовий збір, т | 1148 | 1320 | 1457 | 126,9 |
| Виробничі витрати, тис. грн | 5200 | 5700 | 6100 | 117,3 |
| Виручка від реалізації, тис. грн | 6820 | 8050 | 9320 | 136,7 |
| Прибуток, тис. грн | 1620 | 2350 | 3220 | 198,8 |
| Рентабельність, % | 31,2 | 41,2 | 52,8 | 21,6 в.п. |

Дані таблиці свідчать, що вирощування озимої пшениці у ФГ «ГНАТ» має позитивну динаміку. У 2025 році посівна площа збільшилася на 10,7 % порівняно з 2023 роком, а урожайність - на 14,6 %. Завдяки цьому валовий збір зерна зріс на 26,9 %.

Виробничі витрати збільшилися на 17,3 %, однак виручка зросла значно більше - на 36,7 %. Найбільш помітне зростання спостерігається за показником прибутку, який у 2025 році збільшився на 98,8 % по відношенню до рівня 2023

року. Це свідчить про підвищення економічної ефективності вирощування озимої пшениці та доцільність її збереження у структурі посівів господарства.

Таблиця 1.3

Динаміка ефективності вирощування кукурудзи на зерно у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 рр.

| Показник | 2023 | 2024 | 2025 | 2025 у % до 2023 |
|---|---|---|---|---|
| Посівна площа, га | 210 | 220 | 230 | 109,5 |
| Урожайність, т/га | 5,2 | 5,6 | 6,0 | 115,4 |
| Валовий збір, т | 1092 | 1232 | 1380 | 126,4 |
| Виробничі витрати, тис. грн | 6100 | 6500 | 6900 | 113,1 |
| Виручка від реалізації, тис. грн | 7640 | 8990 | 10520 | 137,7 |
| Прибуток, тис. грн | 1540 | 2490 | 3620 | 235,1 |
| Рентабельність, % | 25,2 | 38,3 | 52,5 | 27,3 в.п. |

Кукурудза на зерно демонструє стабільне зростання виробничих та економічних показників. У 2025 році площа посіву збільшилася на 9,5 % порівняно з 2023 роком, урожайність - на 15,4 %, а валовий збір - на 26,4 %. Це свідчить про покращення технології вирощування та ефективніше використання земельних ресурсів.

Виробничі витрати у 2025 році становили 113,1 % до рівня 2023 року, тобто зросли помірно. Водночас виручка від реалізації збільшилася на 37,7 %, а прибуток - більш ніж удвічі. Рівень рентабельності у 2025 році збільшився на 27,3 в.п. по відношенню до показника 2023 року. Отже, кукурудза на зерно є перспективною культурою для господарства, хоча потребує значних витрат на вирощування.

Таблиця 1.4

Динаміка ефективності вирощування соняшнику у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 рр.

| Показник | 2023 | 2024 | 2025 | 2025 у % |
|---|---|---|---|---|

| | | | | до 2023 |
|---|---|---|---|---|
| Посівна площа, га | 240 | 250 | 260 | 108,3 |
| Урожайність, т/га | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 117,4 |
| Валовий збір, т | 552 | 625 | 702 | 127,2 |
| Виробничі витрати, тис. грн | 4800 | 5200 | 5600 | 116,7 |
| Виручка від реалізації, тис. грн | 8280 | 9750 | 11230 | 135,6 |
| Прибуток, тис. грн | 3480 | 4550 | 5630 | 161,8 |
| Рентабельність, % | 72,5 | 87,5 | 100,5 | 28 в.п. |

Соняшник у ФГ «ГНАТ» є однією з найбільш прибуткових культур. У 2025 році площа його вирощування становила 108,3 % до рівня 2023 року, а урожайність зросла на 17,4 %. За рахунок цього валовий збір насіння соняшнику збільшився на 27,2 %.

Виробничі витрати зросли на 16,7 %, проте виручка від реалізації збільшилася на 35,6 %. Прибуток у 2025 році становив 161,8 % до рівня 2023 року, а рентабельність зросла на 28 в.п.. Це підтверджує високу економічну ефективність вирощування соняшнику. Водночас для збереження родючості ґрунту важливо дотримуватися сівозміни та не допускати надмірного насичення посівних площ цією культурою.

## 1.2. Особливості технології вирощування соняшника в господарстві

Соняшник є однією з провідних олійних культур у Дніпропетровській області, що зумовлено сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами степової зони та високою адаптивністю цієї культури до посушливого клімату. Разом з тим природні умови регіону характеризуються нерівномірним розподілом опадів упродовж вегетаційного періоду, високими температурами повітря в літні місяці, частими суховіями та дефіцитом продуктивної вологи в ґрунті. У зв’язку з цим особливого значення набуває правильна організація технології вирощування соняшнику, насамперед система основного обробітку ґрунту, яка повинна

забезпечувати накопичення і збереження вологи, зменшення ущільнення ґрунту та створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи рослин.

У господарстві вирощують переважно середньоранні та середньостиглі гібриди соняшнику, які відзначаються високою посухостійкістю, добрим потенціалом урожайності та стійкістю до основних хвороб і шкідників. Підбір конкретного гібриду повинен здійснюватися з урахуванням агрофону господарства, попередника, рівня забур'яненості поля, вологозабезпечення та прийнятої системи гербіцидного захисту. У виробничих умовах регіону можуть використовуватись такі гібриди, як НС Х 6045, СИ Арізона, СИ Бакарді КЛП, Р64LE25, LG 5580 та інші, які добре зарекомендували себе в степовій зоні.

Технологія вирощування соняшнику починається з правильного вибору попередника. Найкращими попередниками є озимі зернові культури, зернобобові та кукурудза на силос. Після збирання попередника проводять лущення стерні або дискування з метою закриття вологи, знищення падалиці та провокування проростання бур'янів. Наступною важливою операцією є основний обробіток ґрунту. У запропонованій технології він виконується модернізованим плугом, обладнаним додатковим ножем, який установлено на корпусі плуга.

Використання модернізованого плуга має істотні переваги порівняно зі звичайною конструкцією. Під час роботи плужний корпус виконує підрізання, піднімання, кришення та перевертання скиби, забезпечуючи загортання пожнивних решток, насіння бур'янів і добрив. Одночасно встановлений на корпусі додатковий ніж розпушує ущільнений шар ґрунту, розміщений нижче дна борозни. Це дає змогу руйнувати плужну підошву, яка формується при тривалому застосуванні звичайних лемішно-полицевих плугів. Для соняшнику це має особливе значення, оскільки культура формує потужну стрижневу кореневу систему, яка потребує доброго проникнення в глибокі шари ґрунту. Завдяки руйнуванню ущільненого горизонту покращуються водопроникність, аерація та умови засвоєння вологи і поживних речовин.

На чорноземах господарства основний обробіток під соняшник доцільно проводити на глибину 25...30 см. За використання модернізованого плуга одночасно забезпечується додаткове розпушення нижнього шару ґрунту, що особливо важливо в умовах недостатнього зволоження. Такий обробіток сприяє кращому накопиченню зимово-весняної вологи, зменшує поверхневий стік і створює сприятливі умови для формування дружних сходів.

Передпосівний обробіток ґрунту повинен бути мінімальним, але достатнім для вирівнювання поверхні поля та створення якісного посівного ложа. Після оранки модернізованим плугом кількість наступних проходів ґрунтообробних машин може бути зменшена, що сприяє збереженню вологи та зменшенню ущільнення ґрунту ходовими системами агрегатів. Сівбу соняшнику проводять у прогрітий ґрунт, коли температура на глибині загортання насіння становить 8...10 °С. Для формування високої врожайності важливе значення має рівномірне загортання насіння на задану глибину та забезпечення оптимальної густоти стояння рослин.

У технології вирощування соняшнику важливе місце належить системі удобрення. Залежно від агрохімічного стану ґрунту під основний обробіток вносять мінеральні добрива, орієнтовно в дозах N40-60P40-60K30-60. В умовах степової зони особливу увагу слід приділяти забезпеченню рослин бором, оскільки соняшник дуже чутливий до нестачі цього мікроелемента. Для позакореневого підживлення можуть застосовуватись борвмісні мікродобрива, зокрема Брексил Бор, Ярило Бор та інші аналогічні препарати.

Значний вплив на врожайність соняшнику має ефективний захист посівів від бур’янів, хвороб і шкідників. У системі захисту застосовують ґрунтові та післясходові гербіциди. До ґрунтових препаратів, які можуть використовуватись у посівах соняшнику, належать Дуал Голд, Гезагард та інші препарати аналогічної дії. Для гібридів системи Clearfield або Clearfield Plus доцільно використовувати післясходові гербіциди типу Євро-Лайтнінг, а для гібридів системи ExpressSun - препарати на основі трибенурон-метилу, наприклад Експрес. Правильне застосування гербіцидів дає можливість ефективно

контролювати бур’яни, які в умовах дефіциту вологи є особливо небезпечними конкурентами для соняшнику.

Для захисту від хвороб упродовж вегетації можуть застосовуватись фунгіциди Піктор, Амістар Екстра, Імпакт К та інші препарати залежно від фітосанітарного стану посівів. Найбільш небезпечними для соняшнику в регіоні є фомоз, фомопсис, альтернаріоз, біла та сіра гнилі. Для контролю шкідників використовують інсектициди Актара, Карате Зеон, Енжіо та інші зареєстровані препарати. Захист рослин на початкових етапах розвитку забезпечується також протруюванням насіння, для чого можуть застосовуватись препарати типу Максим XL та інші комплексні протруйники. У разі потреби перед збиранням може проводитись десикація посівів, наприклад препаратом Реглон, що сприяє вирівнюванню достигання і зменшенню втрат урожаю.

Для узагальнення  гібридів та препаратів, які можуть бути використані в умовах господарства, доцільно навести таблицю 1.1.

Таблиця 1.1.

Гібриди та препарати для вирощування соняшнику в умовах

| Група | Назва | Коротка характеристика | Особливості використання |
|---|---|---|---|
| Гібрид | НС Х 6045 | Середньоранній, посухостійкий | Рекомендований для умов степу |
| Гібрид | СИ Арізона | Високопродуктивний, адаптивний | Для інтенсивної технології |
| Гібрид | СИ Бакарді КЛП | Гібрид системи Clearfield Plus | Для післясходового захисту |
| Гібрид | P64LE25 | Пластичний, стійкий до посухи | Для різних агрофонів |
| Гібрид | LG 5580 | Стійкий до основних хвороб | Для стабільного вирощування |
| Ґрунтовий гербіцид | Дуал Голд | Контроль однорічних злакових бур’янів | Вноситься до сходів |
| Ґрунтовий гербіцид | Гезагард | Контроль дводольних бур’янів | Ефективний за наявності вологи |
| Післясходовий гербіцид | Євро-Лайтнінг | Для гібридів Clearfield | Застосовують у фазі 2-8 листків |
| Післясходовий гербіцид | Експрес | Для гібридів ExpressSun | Вноситься на стійких гібридах |
| Фунгіцид | Піктор | Захист від фомозу, фомопсису, гнилей | Використовують у період вегетації |
| Інсектицид | Актара | Контроль комплексу шкідників | За перевищення ЕПШ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Інсектицид | Карате Зеон | Контактно-кишкова дія | Проти комплексу шкідників |
| Протруйник | Максим XL | Захист насіння від хвороб | Передпосівна обробка насіння |
| Мікродобриво | Брексил Бор | Усунення дефіциту бору | Позакореневе підживлення |
| Десикант | Реглон | Підсушування посівів | Перед збиранням урожаю |

Аналіз наведених у таблиці даних показує, що в умовах Дніпропетровської області технологія вирощування соняшнику повинна бути комплексною та адаптованою до конкретних умов господарства. Правильний добір гібриду, системи удобрення, захисту рослин і якісний основний обробіток ґрунту мають вирішальне значення для формування високої врожайності. При цьому використання модернізованого плуга дозволяє покращити структуру ґрунту, підвищити ефективність накопичення вологи та створити кращі умови для росту і розвитку рослин.

Висновок по розділу

Отже, технологія вирощування соняшнику в господарстві повинна враховувати природно-кліматичні особливості степової зони, насамперед дефіцит вологи, високі температури та небезпеку ущільнення ґрунту. У цих умовах важливу роль відіграє застосування модернізованого плуга, який поряд із виконанням основної оранки забезпечує руйнування плужної підошви за допомогою додаткового ножа. Це сприяє покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, створює кращі умови для розвитку кореневої системи соняшнику та підвищує ефективність використання ґрунтової вологи.

# 2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛУГІВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

## 2.1. Огляд закордонних конструкцій плугів

У сучасному сільському господарстві, де спостерігається тенденція до зменшення використання хімічних засобів захисту рослин, роль плуга знову стає дуже важливою. Особливо актуальним його застосування є тоді, коли необхідно знайти ефективну механічну альтернативу гербіцидам суцільної дії для боротьби з бур’янами, які стали стійкими до окремих діючих речовин. Крім того, якісне проведення оранки сприяє зменшенню поширення хвороб сільськогосподарських культур, а також допомагає обмежувати шкідливу дію мишоподібних гризунів та інших шкідників.

Ще однією важливою перевагою плуга є те, що після його проходу поле залишається добре очищеним від пожнивних решток. Це створює більш сприятливі умови для висіву наступної культури та забезпечує краще проростання насіння. Саме тому, незважаючи на розвиток нових технологій обробітку, плуг і сьогодні залишається одним із найефективніших знарядь основного обробітку ґрунту, якому поки що не знайдено повноцінної та універсальної заміни.

Результати багатьох досліджень підтверджують, що завдяки якісному розпушуванню ґрунту та покращенню аерації в зоні розташування основної маси кореневої системи плуг створює сприятливі умови для росту рослин. Зокрема, це має велике значення при вирощуванні ріпаку, оскільки сприяє кращому формуванню кореня і, відповідно, забезпечує стабільний рівень урожайності.

Плуги компанії LEMKEN вважаються одними з найбільш технологічно досконалих серед навісних і напівнавісних лемішно-полицевих машин. Для них характерні висока точність виготовлення, міцна рама, продумана геометрія робочих органів і великий вибір додаткового оснащення. Особливо відомими є серії Juwel та Diamant.

Сучасні моделі навісних плугів, зокрема плуги серії Juwel M компанії LEMKEN (рис.2.1.), поєднують високу надійність у роботі, простоту керування та належну якість виконання технологічного процесу.



Рис.2.1. Плуг серії Juwel M компанії LEMKEN

Такі машини відзначаються широкими можливостями комплектування, що дає змогу підібрати оптимальне технічне рішення залежно від умов господарства та виробничих потреб. Зокрема, передбачено різні варіанти відстані між корпусами, висоти рами, способів регулювання ширини захвату, а також механічні або гідравлічні системи захисту від перевантажень

Для складних умов роботи, зокрема на липких ґрунтах або на ділянках, де слід обмежити тиск на відвал, корпуси плуга DuraMaxx (рис.2.2.) комплектують пластиковими смугами.



Рис.2.2. корпус плуга LEMKEN DuraMaxx

Оптимальні умови для проходження ґрунту по поверхні корпуса плуга досягаються за рахунок встановлення пластикових стрічок у верхній та нижній частинах тих зон, де налипання проявляється найбільше. Це дозволяє корпусу DuraMaxx стабільно працювати навіть в екстремальних умовах, практично усуваючи проблему прилипання ґрунту.

Якість виконання оранки значною мірою визначається правильно підібраною шириною захвату та робочою шириною кожного плужного корпуса. Конструкція плуга LEMKEN Juwel M V дає змогу ефективно адаптувати ці параметри до конкретних умов роботи та вимог господарства.

Для отримання необхідного результату, залежно від типу ґрунту, рівня його вологості та поставленого агротехнічного завдання - підготовки поля до сівби або проведення зяблевої оранки - ширину захвату можна легко, плавно і швидко змінювати безпосередньо під час роботи. При цьому передплужники та опорне колесо автоматично змінюють своє положення відповідно до нового налаштування.

Зменшення ширини борозни сприяє кращому подрібненню ґрунту, що створює сприятливі умови для формування посівного ложа та дозволяє скоротити кількість наступних операцій з передпосівного обробітку. У разі виконання зяблевої оранки із більшою шириною борозни на поверхні поля

формується більш грубогрудкувата структура, яка сприяє кращому промерзанню та природному кришінню ґрунту в зимовий період.

Плуг Juwel M V також зручний під час роботи на ділянках складної конфігурації. З його допомогою легше обробляти клиноподібні та криволінійні площі, а також обходити окремі перешкоди, наприклад дерева чи стовпи. Водночас забезпечується раціональне завантаження трактора в різних умовах експлуатації.

Базова комплектація LEMKEN Juwel M V передбачає наявність системи гідравлічного регулювання ширини захвату. Завдяки двосторонньому гідроциліндру механізатор може прямо з кабіни трактора змінювати робочу ширину в межах від 30 до 60 см на один корпус, що значно підвищує зручність керування та універсальність машини.

Плуги Kverneland отримали широке визнання завдяки поєднанню високої міцності та відносно невеликої маси. Основою їхньої конкурентоспроможності є використання спеціальних високоміцних сталей, що дозволяє зменшити металоємність конструкції без втрати надійності. Це позитивно позначається на тязі агрегату, енерговитратах і маневреності під час роботи.

Конструкція плугів Kverneland ED-LD (рис.2.3.) характеризується простою, але дуже ефективною компоновкою. Рама, як правило, має достатній запас міцності, а корпуси розташовані таким чином, щоб забезпечувати стабільне заглиблення та рівномірний хід по полю. У багатьох моделях передбачене регулювання ширини захвату, а також встановлення передплужників, дискових ножів, кутознімачів та інших допоміжних робочих елементів.



Рис.2.3. Плуг Kverneland ED-LD

Однією з важливих рис плугів Kverneland є ефективна система захисту корпусів від перевантаження. Для різних умов експлуатації застосовують зрізні болти або автоматичні ресорні та гідравлічні механізми. Це особливо важливо при роботі на важких, кам'янистих або неоднорідних ґрунтах.

Плужні корпуси цієї марки забезпечують якісне перевертання пласта та добру заробку післяжнивних решток. Машини Kverneland добре працюють як на середніх, так і на важких ґрунтах, відзначаються високою надійністю та довговічністю. Разом із тим у ряді випадків такі плуги потребують точного налаштування для повного використання їхніх переваг.

До основних переваг даної конструкції слід віднести можливість ступінчастого регулювання ширини захвату корпуса в межах від 30 до 50 см за допомогою перестановки лише одного болта. Міжкорпусна відстань 100 см створює сприятливі умови для безперешкодного проходження рослинних залишків. Конструкція також допускає агрегатування з пристроєм Packomat і має широкий вибір додаткового оснащення. Залежно від комплектації плуг може обладнуватися системою автоматичного захисту Auto-Reset у виконанні ED, а також зрізним болтом або системою Vibromat у виконанні LD.

Плуги французької компанії KUHN серії MASTER 103 належать до універсальних машин, які можуть ефективно працювати в широкому діапазоні виробничих умов. Вони застосовуються як у середніх, так і у великих господарствах та характеризуються надійністю, хорошою якістю оранки і зручністю експлуатації.

Для плугів KUHN характерна посилена рама (рис.2.4.), надійний навісний механізм, можливість зміни ширини захвату і широкий вибір плужних корпусів. Це дозволяє адаптувати машину до конкретних умов роботи - типу ґрунту, вологості, глибини обробітку та потужності трактора.



Рис.2.4. Плуг фірми KUHN MASTER 103

У плугах серії MASTER 103 використано сучасні технічні рішення компанії KUHN, спрямовані на досягнення високої якості оранки. Дані машини призначені для ефективного загортання пожнивних залишків, збереження органічної цінності ґрунту та створення сприятливих умов для підвищення врожайності культур. Конструкція плуга передбачає значну здатність до загортання рослинної маси одним корпусом, а захист робочих органів здійснюється за допомогою зрізного болта. Наявність двох варіантів відстані під рамою - 70 і 75 см - дає можливість адаптувати машину до різного обсягу

рослинних решток. Відвали типу TRIPLEX, а також ковані й загартовані швидкозношувані деталі забезпечують надійне заглиблення в ґрунт, високу зносостійкість і стабільну роботу корпусів упродовж тривалого строку експлуатації. Серія MASTER 103 є ефективним варіантом для господарств, що використовують малогабаритні трактори та бажають отримати високу якість обробітку ґрунту за помірного рівня інвестицій. Плуги цієї серії виготовляються у варіантах від двох до п’яти корпусів, що розширює можливості їх практичного застосування.

Важливе значення має точність налаштування плуга. У конструкції передбачено регулювання ширини захвату, положення першого корпуса, глибини ходу, кута нахилу рами та інших параметрів. Це сприяє рівномірності обробітку ґрунту, стійкості руху агрегату та покращенню якості перевертання скиби.

Плужні корпуси KUHN забезпечують належне кришення та обертання ґрунтового пласта, що особливо важливо при загортанні післяжнивних залишків і підготовці поля до сівби. Для захисту від перевантажень застосовують як механічні, так і гідравлічні системи.

Плуги Pöttinger (рис.2.5.) відзначаються міцною конструкцією, стабільністю роботи та високою якістю виконання оранки. Вони розраховані на інтенсивну експлуатацію і добре працюють на різних типах ґрунтів.

Основу конструкції становить потужна рама, на якій розташовано робочі корпуси з раціонально підібраною геометрією. Це дозволяє формувати рівномірну борозну, якісно перевертати пласт і добре загортати пожнивні залишки. Важливою перевагою є стійкий рух плуга та рівномірне навантаження на трактор.



Рис.2.5. Плуг Pöttinger SERVO 2000

У плугах цього виробника застосовуються механізми зміни ширини захвату, регулювання положення окремих вузлів, а також системи захисту від перевантаження. Значна увага приділена довговічності швидкозношуваних деталей і зручності технічного обслуговування.

Плуги Pöttinger забезпечують якісний обробіток ґрунту, однак через високу вартість не завжди є доступними для невеликих господарств.

## 2.2. Порівняльна характеристика плугів

Проведений аналіз показав, що плуги закордонних марок відрізняються між собою за конструкцією, рівнем технічного оснащення, можливостями регулювання та умовами застосування. Для кращого узагальнення цих особливостей складено таблицю 2.1, у якій наведено порівняльну характеристику найбільш відомих закордонних плугів.

Таблиця 2.1.

Порівняльна характеристика плугів закордонних марок.

| Марка плуга | Основні конструктивні особливості | Переваги | Недоліки |
|---|---|---|---|
| LEMKEN | Міцна рама, регульована ширина | Висока якість оранки, точність | Складна конструкція, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | захвату, зносостійкі корпуси, широкий вибір оснащення | налаштування, добра адаптація до різних умов | висока вартість |
| Kverneland | Легка та міцна рама з високоміцної сталі, ефективний захист корпусів, хороша компоновка | Невелика маса, висока довговічність, менші тягові витрати | Вимогливість до точного налаштування, дорога комплектація |
| KUHN | Посилена рама, змінна ширина захвату, широкий вибір корпусів і допоміжних органів | Універсальність, стійкість руху, хороша якість обробітку | Висока вартість, складність окремих вузлів |
| Pöttinger | Потужна рама, якісні корпуси, регулювання параметрів, захист від перевантаження | Надійність, рівномірне перевертання скиби, довговічність | Значна вартість, менша поширеність |

Аналіз даних таблиці 2.1 показує, що всі розглянуті плуги закордонного виробництва мають високий технічний рівень і характеризуються досконалістю конструкції. Спільною рисою для більшості моделей є наявність міцної рами, ефективних систем захисту робочих органів від перевантаження, можливості регулювання ширини захвату та пристосованості до роботи в різних ґрунтових умовах. Це свідчить про прагнення виробників підвищити якість оранки, зменшити енергоємність процесу та забезпечити стабільність роботи агрегату.

Разом із тим окремі марки мають свої характерні особливості. Так, плуги LEMKEN відзначаються високою точністю налаштування, широкими можливостями комплектації та високою якістю обробітку ґрунту. Плуги Kverneland вирізняються поєднанням невеликої маси та високої міцності, що

позитивно впливає на тягові показники агрегату. Конструкції KUHN характеризуються універсальністю, зручністю експлуатації та доброю адаптацією до різних умов роботи. Плуги Pöttinger забезпечують стабільний хід, високу якість перевертання скиби та надійність у роботі.

Поряд із перевагами, аналіз таблиці дозволяє встановити і спільний недолік більшості закордонних плугів - це висока вартість та відносна складність конструкції окремих вузлів. Саме тому їх використання не завжди є економічно доцільним для невеликих або середніх господарств. У зв’язку з цим для вітчизняного сільськогосподарського виробництва доцільним є не пряме запозичення таких машин, а використання найбільш ефективних конструктивних рішень при модернізації серійних плугів.

Висновок по розділу

Усі розглянуті конструкції забезпечують високу якість оранки, добре загортання рослинних решток та стійкий хід агрегату. Разом із тим їхнім основним недоліком є висока вартість і складність окремих технічних рішень. Тому для умов вітчизняного виробництва доцільним є використання найбільш ефективних елементів цих конструкцій при модернізації серійних плугів, зокрема плуга ПЛН-3-35.

# 3. ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПЛУГА ТА РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ

## 3.1. Обгрунтування та робочий процес удосконаленого плуга

За результатами аналізу відомих конструкцій плугів встановлено, що одним із суттєвих резервів покращення показників технологічного процесу є зменшення утворення ущільненого нижнього шару грунту шляхом руйнування підплужної підошви робочими органами плуга. На підставі проведеного огляду нами розроблено запропоновану конструктивну схему модернізованого плуга. На рисунку 3.1 представлено схему плуга ПЛН-3-35М після модернізації.

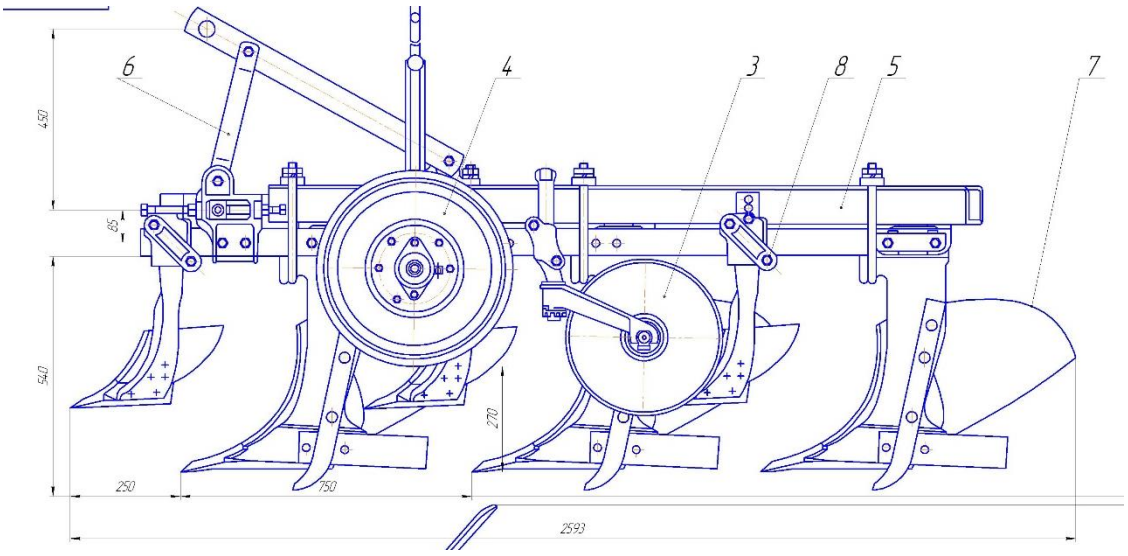



Рис. 3.1. Схема модернізованого плуга ПЛН-3-35М:
1-корпус; 2-предплужник; 3- дисковий ніж; 4-опорне колесо; 5 - рама; 6-навіска; 7- поглиблювач;

Модернізований плуг розроблено на базі серійного плуга, який має стандартну раму та комплект штатних плужних корпусів. Відмінною особливістю запропонованої конструкції є встановлення на корпусах додаткового робочого органа у вигляді ножа, призначеного для розпушення

ущільненого шару ґрунту нижче дна борозни. Таке рішення дозволяє без суттєвого ускладнення конструкції поєднати виконання основного обробітку ґрунту з руйнуванням плужної підошви. При цьому зберігаються простота будови машини, технологічність виготовлення та можливість використання більшості серійних вузлів і деталей.

Принцип роботи модернізованого плуга полягає в одночасному виконанні основної оранки та додаткового глибокого розпушення нижнього шару ґрунту. Під час руху агрегату лезо лемеша підрізає скибу в горизонтальній площині, а польовий обріз корпуса відокремлює її у поздовжньо-вертикальному напрямку. Далі підрізаний пласт ґрунту піднімається на робочу поверхню корпуса, переміщується вздовж неї, зазнає деформації, частково кришиться, розпушується і перевертається. Після цього скиба укладається в борозну на раніше оброблений шар ґрунту, забезпечуючи загортання рослинних решток, бур’янів та інших включень.

Одночасно з роботою основного корпуса встановлений додатковий ніж діє на ущільнений шар ґрунту, розміщений нижче рівня ходу лемеша. У процесі руху плуга цей ніж розпушує плужну підошву, яка утворюється внаслідок тривалого застосування звичайних лемішно-полицевих плугів. Завдяки цьому знижується щільність підорного шару, зменшується його твердість і послаблюється негативний вплив ущільнення на ріст і розвиток рослин.

Запропонована схема роботи дає можливість покращити умови функціонування основного корпуса. Зокрема, додаткове руйнування ущільненого шару сприяє полегшенню ходу лемеша, зменшенню локальних перенавантажень на робочі поверхні та покращенню загального режиму взаємодії плуга з ґрунтом. Крім того, розпушення підплужного горизонту створює кращі умови для проникнення води та повітря у глибші шари ґрунту, що позитивно впливає на водно-повітряний режим, активність мікробіологічних процесів і розвиток кореневої системи сільськогосподарських культур.

Таким чином, модернізована конструкція плуга забезпечує не лише виконання якісної оранки, а й додаткове покращення агрофізичного стану

ґрунту. Це підвищує ефективність основного обробітку, зменшує негативні наслідки утворення плужної підошви та створює передумови для підвищення врожайності вирощуваних культур.

## 3.2. Конструктивні розрахунки модернізованого плуга

Метою конструктивних розрахунків модернізованого плуга є перевірка працездатності запропонованої конструкції, визначення навантажень, що діють на основні робочі органи, а також встановлення енергетичних і експлуатаційних показників агрегату. Особливістю модернізованої конструкції є встановлення на корпусі плуга додаткового ножа, який під час роботи руйнує плужну підошву та розпушує ущільнений шар ґрунту нижче дна борозни. Це покращує агрофізичний стан орного й підорного шарів, однак одночасно збільшує тяговий опір плуга, що необхідно враховувати при розрахунках.

Отже, витрата палива при роботі модернізованого плуга становить 10,43 кг/год, або 17,74 кг/га.

Для виконання розрахунків приймаємо такі вихідні данні:

1. базовий плуг - ПЛН-3-35;
2. кількість корпусів $n = 3$;
3. ширина захвату одного корпуса $b = 0,35$ м;
4. загальна ширина захвату плуга $B = 1,05$ м;
5. глибина основної оранки $a = 0,30$ м;
6. глибина додаткового розпушення ножем $a_1 = 0,08$м;
7. ширина ножа $b_1 = 0,04$м;
8. товщина ножа $s = 11$мм;
9. ширина ножа в небезпечному перерізі $h = 40$мм;
10. довжина робочої частини ножа $l = 409$мм;
11. кількість отворів кріплення ножа - 2;

12. діаметр отворів $d_0 = 25$мм;
13. робоча швидкість агрегату $V = 7$ км/год;
14. коефіцієнт використання часу зміни $\tau = 0,80$;
15. питомий опір ґрунту при оранці $k = 55$кН/м$^2$;
16. питомий опір ґрунту при роботі ножа $k_1 = 400$кН/м$^2$;
17. коефіцієнт динамічності трактора $k_d = 1,3$;
18. ККД тягової передачі трактора $\eta_t = 0,85$;
19. питома витрата палива двигуна $g_e = 0,24$ кг/(кВт·год);
20. матеріал ножа - сталь 40Х;
21. модуль пружності сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;
22. допустиме напруження згину для сталі 40Х $[\sigma] = 320$МПа;
23. допустиме дотичне напруження $[\tau] = 180$МПа;

Загальну ширину захвату плуга визначаємо за формулою:

$$B = n \cdot b, \tag{3.1}$$

де

$n$ – кількість корпусів;

$b$ – ширина захвату одного корпуса, м.

Підставляємо числові значення:

$$B = 3 \cdot 0,35 = 1,05 \text{м}.$$

Отже, загальна ширина захвату модернізованого плуга становить 1,05 м. Для руйнування плужної підошви та розпушення шару ґрунту в конструкції модернізованого плуга встановлено додатковий ніж. У процесі роботи ніж заглиблюється нижче дна борозни та сприймає дію сили опору ґрунту. Тому необхідно перевірити його на міцність, жорсткість і надійність кріплення.

3.2.1. Визначення сили опору ґрунту, що діє на ніж

Силу опору ґрунту визначаємо за формулою:

$$R_{\text{н}} = k_1 \cdot b_1 \cdot a_1, \tag{3.2}$$

де

$k_1$ – питомий опір ґрунту, Н/м$^2$;

$b_1$ – ширина ножа, м;

$a_1$ – глибина додаткового розпушення, м.

Підставляємо значення:

$$R_{\text{н}} = 4,0 \cdot 10^5 \cdot 0,04 \cdot 0,08 = 1280\,\text{Н}.$$

З урахуванням коефіцієнта динамічності розрахункова сила становитиме

$$R_p = R_{\text{н}} \cdot k_d, \tag{3.3}$$

$$R_p = 1280 \cdot 1,3 = 1664\,\text{Н}.$$

Отже, розрахункова сила опору ґрунту, що діє на ніж, дорівнює 1664 Н.

Для перевірки працездатності та міцності додаткового ножа, встановленого на корпусі модернізованого плуга, необхідно визначити навантаження, що виникають у процесі його роботи в ґрунті. Під час руху агрегату ніж сприймає силу опору ґрунту, унаслідок чого в зоні його кріплення виникає згинальний момент. Саме цей переріз є найбільш небезпечним, оскільки тут зосереджуються максимальні напруження. Тому для подальшої перевірки міцності ножа спочатку визначаємо величину згинального моменту в небезпечному перерізі за розрахунковою схемою, наведеною на рисунку 3.2.

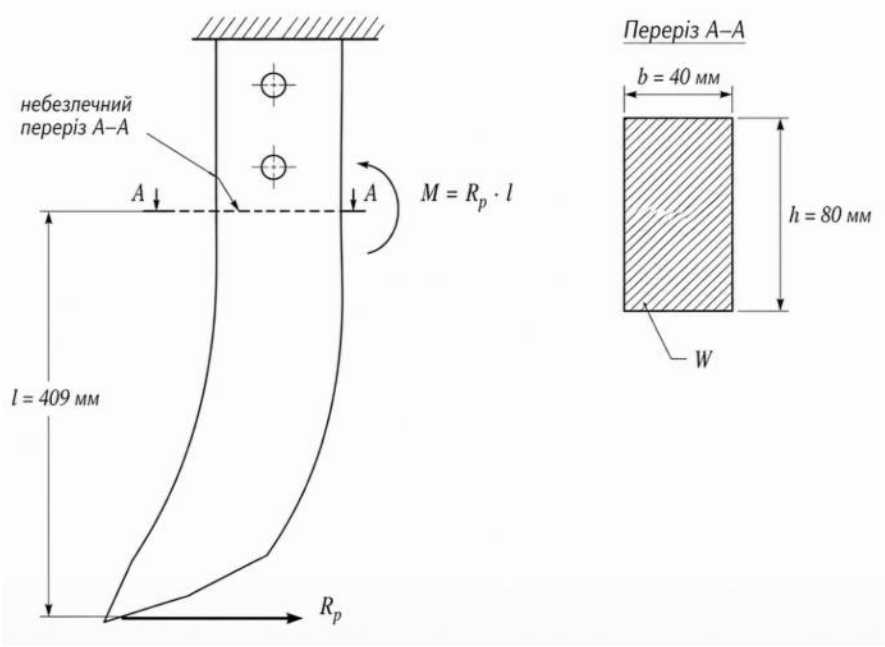



Рис.3.2. Розрахункова схема до визначення згинального моменту ножа

Ніж розглядаємо як консольно закріплений елемент. Найбільш небезпечним є переріз у зоні його кріплення. Згинальний момент визначаємо за формулою:

$$M = R_p \cdot l, \tag{3.4}$$

де

$l$ – довжина робочої частини ножа, м.

Підставляємо значення:

$$M = 1664 \cdot 0,409 = 680,6 \text{ Н/м}.$$

У Н·мм:

$$M = 680600 \text{ Н/мм}.$$

Площа поперечного перерізу ножа:

$$A = b \cdot s,$$

$$A = 40 \cdot 11 = 440\,\text{мм}^2.$$

Момент інерції перерізу:

$$I = \frac{s \cdot b^3}{12}, \tag{3.6}$$

$$I = \frac{11 \cdot 40^3}{12} = 58666,7\,\text{мм}^4.$$

Момент опору перерізу:

$$W = \frac{s \cdot b^2}{6}, \tag{3.7}$$

$$W = \frac{11 \cdot 40^2}{6} = 2933,33\,\text{мм}^3.$$

### 3.2.2 Перевірка ножа на згин та жорсткість

Напруження згину в небезпечному перерізі визначаємо за формулою

$$\sigma = \frac{M}{W}, \tag{3.8}$$

$$\sigma = \frac{680600}{2933,3} = 232\,\text{МПа}.$$

Порівнюємо одержане значення з допустимим:

$$\sigma = 232\,\text{МПа} < [\sigma] = 320\,\text{МПа}.$$

Отже, умова міцності ножа на згин виконується.

Коефіцієнт запасу міцності за згином:

$$n_\sigma = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{320}{232} = 1,38. \quad (3.9)$$

Середнє дотичне напруження визначаємо за формулою

$$\tau = \frac{R_p}{A}, \quad (3.10)$$

$$\tau = \frac{1664}{440} = 3,78\text{МПа}.$$

Оскільки

$$\tau = 3,78\,\text{МПа} < [\tau] = 180\,\text{МПа}.$$

то за умовою зрізу міцність ножа забезпечується.

Прогин ножа як консольної балки визначаємо за формулою

$$f = \frac{R_p \cdot l^3}{3EI}, \quad (3.11)$$

де

$R_p = 1664\,\text{Н}$;

$l = 409\,\text{мм}$;

$E = 2,1 \cdot 10^5\ \text{МПа}$;

$I = 58666,7\,\text{мм}^4$.

Підставляємо значення:

$$f = \frac{1664 \cdot 409^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 58666,7} = 33,08\,\text{мм}.$$

Отже, прогин ножа є незначним, а його жорсткість достатня для нормальної роботи.

3.2.3. Перевірка болтового кріплення ножа

Ніж кріпиться двома болтами. Припускаємо, що навантаження між ними розподіляється рівномірно. Сила, що діє на один болт:

$$F_{б} = \frac{R_p}{2}, \tag{3.12}$$

$$F_{б} = \frac{1664}{2} = 832\,\text{Н}.$$

Для болта М24 площа поперечного перерізу стрижня становить

$$A_{б} = \frac{\pi d^2}{4}, \tag{3.13}$$

$$A_{б} = \frac{3{,}14 \cdot 24^2}{4} = 452{,}2\,\text{мм}^2.$$

Дотичне напруження болтів:

$$\tau_{б} = \frac{F_{б}}{A_{б}}, \tag{3.14}$$

$$\tau_{б} = \frac{832}{452{,}2} = 1{,}84\,\text{МПа}.$$

Напруження зминання в зоні контакту болта з ножем:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_{б}}{d \cdot s}, \tag{3.15}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{832}{24 \cdot 11} = 3{,}15\,\text{МПа}.$$

Обидва значення є значно меншими за допустимі, тому кріплення працює надійно.

3.3 Розрахунок тягового опору модернізованого плуга

Для визначення тягового опору модернізованого плуга необхідно врахувати сили, що діють на його робочі органи в процесі взаємодії з ґрунтом. Оскільки запропонована конструкція, крім основних корпусів, містить додатковий ніж для руйнування плужної підошви, загальний тяговий опір агрегату формується як сума опорів окремих корпусів плуга та додаткового робочого органа. З цією метою використовується розрахункова схема тягового опору, яка дає можливість наочно відобразити дію сил на робочі органи, напрям руху агрегату, глибину обробітку та робочу ширину захвату.

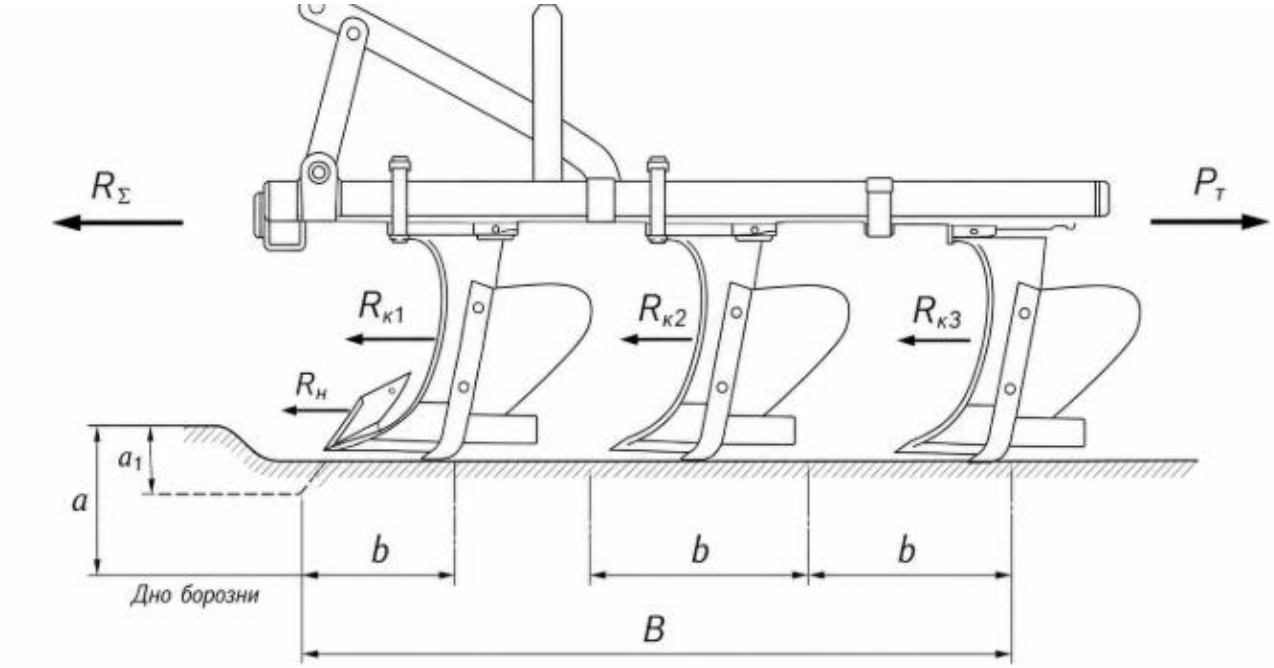



Рис.3.3. Розрахункова схема тягового опору модернізованого плуга

На розрахунковій схемі(рис.3.3.) показано тягове зусилля трактора, сумарний опір модернізованого плуга, а також сили опору, що діють на кожний окремий корпус і на додатковий ніж. Крім того, на схемі позначено напрям руху агрегату, глибину основного обробітку ґрунту, глибину додаткового розпушення, ширину захвату одного корпуса та загальну ширину захвату плуга.

Така побудова схеми дає змогу визначити сумарний тяговий опір плуга як суму опорів усіх корпусів і додаткового ножа. На основі цієї схеми надалі виконують розрахунок тягового опору, необхідної потужності трактора, продуктивності агрегату та витрати палива.

Тяговий опір одного корпуса визначаємо за формулою:

$$R_к = k \cdot b \cdot a, \tag{3.16}$$

де

$k$ – питомий опір ґрунту, кН/м$^2$;

$b$ – ширина захвату одного корпуса, м;

$a$ – глибина оранки, м.

Підставляємо значення:

$$R_к = 55 \cdot 0,35 \cdot 0,30 = 5,775 \text{кН}.$$

Розрахунковий опір ножа було визначено раніше:

$$R_{нр} = 1,664 \text{кН}.$$

Загальний тяговий опір модернізованого плуга визначаємо як суму опору основних корпусів і ножа:

$$R_\Sigma = R_п + R_{нр}, \tag{3.18}$$

$$R_\Sigma = 17,325 + 1,664 = 18,989 \text{кН}.$$

Збільшення тягового опору від установлення ножа становить

$$\Delta R = \frac{R_{нр}}{R_п} \cdot 100, \tag{3.19}$$

$$\Delta R = \frac{1,664}{17,325} \cdot 100 = 9,6\%$$

Отже, встановлення додаткового ножа підвищує тяговий опір плуга 9,6%, але при цьому забезпечує руйнування плужної підошви та покращує якість розпушення ґрунту.

## 3.4 Розрахунок необхідної потужності трактора та продуктивності

Потужність, необхідну для подолання тягового опору плуга, визначаємо за формулою

$$N_e = \frac{R_\Sigma \cdot V}{3.6}, \qquad (3.20)$$

де

$R_\Sigma$ – загальний тяговий опір, кН;

$V$ – швидкість руху, км/год.

Підставляємо значення:

$$N_e = \frac{18,989 \cdot 7}{3,6} = 36,92\,\text{кВт}.$$

З урахуванням ККД тягової передачі потрібна ефективна потужність двигуна становитиме

$$N_e = \frac{N_т}{\eta_l}, \qquad (3.21)$$

$$N_e = \frac{36,92}{0,85} = 43,44\,\text{кВт}.$$

Отже, для роботи з модернізованим плугом доцільно використовувати трактор потужністю не менше 50…60 кВт, що забезпечить необхідний запас потужності під час роботи польових умовах.

Теоретичну продуктивність агрегату визначимо:

$$W_{т} = \frac{B \cdot V}{10}, \qquad (3.22)$$

де

$B$ – ширина робочого захвату плуга, м;

$V$ – експлуатаційна швидкість агрегату, км/год.

Підставляємо значення:

$$W_{т} = \frac{1,05 \cdot 7}{10} = 0,735 \text{ га/год.}$$

Під час визначення експлуатаційної продуктивності враховують коефіцієнт використання часу зміни, який характеризує частку ефективно відпрацьованого часу:

$$W_{е} = W_{т} \cdot \tau, \qquad (3.23)$$

$$W_{е} = 0,735 \cdot 0,80 = 0,588 \text{ га/год.}$$

Тривалість обробітку 1 га становить

$$t_{1га} = \frac{1}{W_{e}}, \qquad (3.24)$$

$$t_{1га} = \frac{1}{0,588} = 1,70 \text{ год/га.}$$

Змінна продуктивність агрегату за восьмигодинної зміни:

$$W_{зм} = W_{e} \cdot T, \qquad (3.25)$$

де $T = 8 \text{ год.}$

$$W_{зм} = 0,588 \cdot 8 = 4,70 \text{ га/зміну.}$$

Отже, модернізований плуг забезпечує експлуатаційну продуктивність 0,588 га/год, або 4,70 га за зміну.

Годинну витрату палива визначаємо за формулою

$$G_{\text{г}} = g_e \cdot N_e, \tag{3.26}$$

де

$g_e$ – питома витрата палива, кг/(кВт·год);

$N_e$ – ефективна потужність двигуна, кВт.

Підставляємо значення:

$$G_{\text{г}} = 0,24 \cdot 43,44 = 10,43 \text{кг/год.}$$

Питома витрата палива на 1 га становить

$$G_{\text{га}} = \frac{G_{\text{г}}}{W_e}, \tag{3.27}$$

$$G_{\text{га}} = \frac{10,43}{0,588} = 17,74 \text{кг/га.}$$

Отже, витрата палива при роботі модернізованого плуга становить 10,43 кг/год, або 17,74 кг/га.

Висновки по розділу

Визначено, що тяговий опір трьох основних корпусів плуга становить 17,325 кН, а з урахуванням додаткового ножа загальний тяговий опір модернізованого плуга збільшується до 18,989 кН. Це означає, що установка ножа підвищує тягове навантаження приблизно на 9,6 %, однак таке збільшення є допустимим з огляду на покращення якості обробітку ґрунту та руйнування плужної підошви.

Необхідна потужність на тягу становить 36,92 кВт, а ефективна потужність двигуна трактора з урахуванням втрат у трансмісії повинна бути не меншою ніж 43,44 кВт. Це дає можливість агрегатувати модернізований плуг із тракторами потужністю 50…60 кВт.

Експлуатаційна продуктивність агрегату при робочій швидкості 7 км/год становить 0,588 га/год, або 4,70 га за зміну. Годинна витрата палива дорівнює 10,43 кг/год, а питома витрата палива на 1 га - 17,74 кг/га.

# 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА

## 4.1. Виробничі ризики та шкідливі фактори робочого процесу

Безпечна експлуатація модернізованого плуга є важливою умовою якісного виконання основного обробітку ґрунту, збереження здоров’я працівників і зниження негативного впливу на довкілля. Запропонована конструкція відрізняється від серійного плуга наявністю додаткового ножа, який встановлений на корпусі та призначений для руйнування плужної підошви. Це підвищує агротехнічну ефективність машини, але одночасно потребує більш уважного ставлення до питань безпеки під час агрегатування, роботи, технічного обслуговування та транспортування.

Під час використання модернізованого плуга необхідно враховувати як загальні вимоги безпеки для ґрунтообробних машин, так і особливості, пов’язані з наявністю додаткового робочого органа. Дотримання правил охорони праці дозволяє запобігти виробничому травматизму, аварійним ситуаціям, пошкодженню техніки та зменшити техногенне навантаження на агроекосистему.

Під час роботи з модернізованим плугом на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До основних небезпечних факторів належать рухомі та обертові елементи машинно-тракторного агрегату, можливість затискання між трактором і плугом під час навішування, небезпека травмування гострими крайками лемешів, ножів, дискових робочих органів та інших деталей. Значну небезпеку становить також самовільне опускання або зміщення піднятого плуга при пошкодженні гідросистеми чи неправильному встановленні машини.

До шкідливих факторів належать підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці механізатора, запиленість повітря під час роботи на сухих ґрунтах, вплив відпрацьованих газів двигуна трактора, несприятливі

метеорологічні умови, а саме висока температура повітря, сонячне випромінювання, сильний вітер. При виконанні технічного обслуговування можливий контакт працівників з мастильними матеріалами, паливом, забрудненими деталями та гострими елементами конструкції.

Додатковий ніж, встановлений на корпусі плуга, також є джерелом підвищеної небезпеки, оскільки має робочу загострену частину й працює в зоні значних навантажень. У разі ослаблення кріплення, перевантаження або руйнування деталі може виникнути небезпечна ситуація для механізатора та осіб, які перебувають поблизу агрегату. Саме тому перед початком роботи особливу увагу слід приділяти перевірці технічного стану модернізованого вузла.

## 4.2. Організація безпечного початку роботи

Перед початком роботи механізатор повинен пройти інструктаж з охорони праці, ознайомитися з будовою модернізованого плуга, порядком його регулювання та особливостями роботи з додатковим ножем. До роботи допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію, посвідчення на право керування трактором та пройшли медичний огляд.

До початку роботи необхідно оглянути трактор і плуг, перевірити справність навісної системи, гідроприводу, зчіпних пристроїв, кріплення корпусів, лемешів, полиць, польових дощок і додаткового ножа. Не допускається робота машини за наявності тріщин, деформацій, ослаблених болтових з’єднань, надмірного зносу або відсутності окремих елементів. Особливо ретельно перевіряють ніж, його кріплення та стан отворів у зоні монтажу.

Агрегатування плуга з трактором потрібно виконувати на рівному й твердому майданчику. Під час під’їзду трактора до плуга забороняється перебування людей між машинами без узгоджених дій з механізатором. Після з’єднання потрібно перевірити надійність фіксації пальців, шплінтів, замків та інших елементів кріплення. Перед виїздом у поле механізатор повинен

переконатися, що на агрегаті немає сторонніх предметів, усі робочі органи знаходяться в справному стані, а пробне піднімання та опускання плуга здійснюється без ривків і перекосів.

Також перед початком роботи слід перевірити наявність і справність вогнегасника, аптечки, засобів зв’язку, а сам механізатор повинен бути забезпечений спецодягом, міцним взуттям та, за потреби, засобами захисту очей і рук. Робота у несправному одязі, із розстебнутими рукавами, у взутті без твердого задника або в стані втоми чи нездужання не допускається.

### 4.3. Заходи безпеки в процесі роботи агрегату

Під час роботи агрегату механізатор повинен постійно контролювати глибину ходу плуга, рівномірність заглиблення корпусів, стан додаткового ножа та поведінку машини в борозні. Розвороти на краях поля потрібно виконувати плавно, без різких маневрів, попередньо піднявши плуг у транспортне положення. Забороняється виконувати повороти з повністю заглибленими робочими органами, оскільки це призводить до перевантаження рами, ножа і навісної системи трактора.

Під час руху машинно-тракторного агрегату стороннім особам забороняється перебувати в зоні роботи плуга. Не можна ставати на раму, корпуси чи інші елементи машини, а також очищати, регулювати чи ремонтувати агрегат на ходу. У разі забивання плуга рослинними рештками, налипання ґрунту або ослаблення кріплень агрегат необхідно повністю зупинити, опустити плуг на землю, вимкнути двигун трактора й лише після цього усувати несправність.

Особливу увагу слід приділяти роботі на твердих, кам’янистих або пересохлих ґрунтах, де можливе різке зростання навантаження на корпуси й додатковий ніж. Якщо в роботі з’являються удари, сторонній шум, надмірна вібрація, перекіс плуга або погіршення якості обробітку, роботу потрібно негайно припинити та провести огляд машини. Експлуатація модернізованого плуга з несправним ножем або ослабленим кріпленням заборонена.

Під час роботи на схилах необхідно суворо дотримуватись вимог безпеки щодо стійкості агрегату. Оранку доцільно проводити впоперек схилу або по контуру місцевості, уникаючи небезпечних ділянок із ризиком бокового перекидання. Швидкість руху на нерівностях, поблизу ярів, канав, лісосмуг та інших перешкод повинна бути зниженою. Не допускається робота агрегату в темний час доби без достатнього освітлення та сигнального обладнання.

## 4.4. Безпечне завершення роботи та обслуговування техніки

Після завершення роботи плуг необхідно очистити від налиплого ґрунту та рослинних решток, установити на рівному майданчику й опустити на ґрунт або на спеціальні підставки. Забороняється залишати машину в піднятому положенні на гідросистемі трактора без механічного страхування. Після зупинки агрегату двигун трактора вимикають, а сам трактор встановлюють на гальмо.

Після закінчення зміни слід провести зовнішній огляд плуга, перевірити стан робочих органів, особливо лемешів, стояків, кріплення корпусів і додаткового ножа. У разі виявлення тріщин, деформацій або ослаблених з’єднань необхідно усунути несправності до наступного виїзду в поле. Робочі органи, які потребують заточування або заміни, слід обслуговувати лише справним інструментом із дотриманням вимог безпеки.

Після завершення робіт механізатор повинен очистити спецодяг від пилу й бруду, вимити руки з милом, а у разі контакту з паливно-мастильними матеріалами - застосувати відповідні мийні засоби. Забороняється залишати розлиті паливо, мастило або використані обтиральні матеріали на території машинного двору чи поля. Усі відходи технічного обслуговування мають бути зібрані та передані на утилізацію у встановленому порядку.

## 4.5. Захист навколишнього середовища при використанні модернізованого плуга

Під час застосування модернізованого плуга важливо не тільки забезпечити безпечні умови праці, а й мінімізувати негативний вплив на довкілля. Основний екологічний ефект запропонованої конструкції полягає в тому, що руйнування плужної підошви здійснюється одночасно з оранкою, без окремого додаткового проходу іншого знаряддя. Це дозволяє знизити ущільнення ґрунту колесами техніки, скоротити витрати палива та зменшити кількість викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Важливим природоохоронним завданням є збереження родючості ґрунту. Модернізований плуг сприяє покращенню водно-повітряного режиму, підвищує водопроникність ґрунту та зменшує небезпеку застою вологи у верхньому шарі. Разом із цим необхідно дотримуватися агротехнічно обґрунтованої глибини обробітку й не допускати надмірного механічного руйнування ґрунтової структури. На схилових землях роботу потрібно організовувати так, щоб не провокувати розвиток водної ерозії.

Особливу увагу слід приділяти недопущенню забруднення навколишнього середовища паливом, мастильними матеріалами та відходами ремонту. Заправлення трактора і технічне обслуговування агрегату необхідно проводити на спеціально відведених майданчиках. У випадку витоку палива або мастила потрібно негайно локалізувати забруднення, видалити забруднений шар ґрунту та передати його на утилізацію. Відпрацьовані мастила, фільтри, обтиральні матеріали та пошкоджені деталі не можна залишати на полі або в місцях зберігання техніки.

Отже, правильна організація роботи з модернізованим плугом, дотримання вимог охорони праці та виконання природоохоронних заходів забезпечують безпечну експлуатацію машини, зменшують виробничі ризики й сприяють раціональному використанню ґрунтових ресурсів.

Висновок по розділу

Модернізований плуг за умови правильної експлуатації має позитивне екологічне значення, оскільки покращує агрофізичний стан ґрунту, сприяє руйнуванню плужної підошви, зменшує кількість технологічних проходів по полю та скорочує техногенне навантаження на агроекосистему. Це дає підстави рекомендувати запропоновану конструкцію до використання у виробничих умовах із обов’язковим дотриманням вимог охорони праці та захисту навколишнього середовища.

# 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА

## 5.1. Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків

Техніко-економічна оцінка модернізованого плуга виконується з метою визначення доцільності впровадження запропонованої конструкції у виробничих умовах. Особливістю розробленого плуга є те, що він одночасно виконує основну оранку та руйнування плужної підошви за допомогою додаткового ножа, установленого на корпусі. Таке технічне рішення дає можливість поєднати дві технологічні операції в одному проході агрегату, зменшити витрати праці, скоротити кількість проходів техніки по полю, знизити ущільнення ґрунту та зменшити витрати палива.

Для економічного обґрунтування запропонованої конструкції виконано порівняння базового і проектного варіантів. У базовому варіанті прийнято використання серійного плуга ПЛН-3-35 та окреме розпушення ущільненого шару ґрунту, а в проектному - використання модернізованого плуга, який виконує ці операції одночасно. Річний обсяг робіт приймаємо 200 га. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Базові дані для визначення економічної ефективності проєкту

| № | Показник | Одиниця виміру | Базовий варіант ПЛН-3-35 | Проектний варіант ПЛН-3-35М |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Річний обсяг робіт | га | 200 | 200 |
| 2 | Експлуатаційна продуктивність | га/год | 0,349 | 0,588 |
| 3 | Кількість обслуговуючого персоналу | осіб | 1 | 1 |
| 4 | Витрата палива | кг/га | 25,50 | 17,74 |
| 5 | Густина дизельного палива | кг/л | 0,85 | 0,85 |
| 6 | Вартість технологічної машини | грн | 340000 | 205000 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Додаткові вкладення на модернізацію | грн | - | 35000 |
| 8 | Тарифна ставка механізатора | грн/год | 150 | 150 |
| 9 | Вартість дизельного палива | грн/л | 85 | 85 |
| 10 | Норма амортизаційних відрахувань | % | 10 | 10 |
| 11 | Норма витрат на ремонт і технічне обслуговування | % | 8 | 8 |
| 12 | Витрати на мастильні матеріали | % від вартості палива | 10 | 10 |

У проектному варіанті витрату палива приймаємо за результатами попереднього розділу, де для модернізованого плуга вона була визначена на рівні 17,74 кг/га. Для базового варіанта витрату палива приймаємо 25,50 кг/га.

## 5.1 Розрахунок затрат праці та витрат на оплату праці

Затрати праці на 1 га визначаємо за формулою:

$$T = \frac{1}{W_e}, \tag{5.1}$$

де

$W_e$ – експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год.

Для базового варіанта

$$T_{\text{б}} = \frac{1}{0,349} = 2,87 \text{ люд.-год/га},$$

для проектованого варіанта

$$T_{\text{п}} = \frac{1}{0,588} = 1,70 \text{ люд.-год/га}.$$

Річні затрати праці становлять

$$T_{\text{р.б}} = 2,87 \cdot 200 = 574 \text{ люд.-год},$$

$$T_{\text{р.п}} = 1,70 \cdot 200 = 340 \text{ люд.-год.}$$

Таким чином, зменшення затрат праці дорівнює

$$\Delta T = 574 - 340 = 234 \text{ люд.-год.}$$

Витрати на оплату праці на 1 га визначаємо за формулою:

$$Z = N \cdot C_{\text{т}}, \tag{5.2}$$

де

$C_{\text{т}}$ – тарифна ставка механізатора, грн/год.

Для базового варіанта

$$Z_{\text{б}} = 2,87 \cdot 150 = 430,5 \text{ грн/га,}$$

для проектованого варіанта

$$Z_{\text{п}} = 1,70 \cdot 150 = 255,0 \text{ грн/га.}$$

## 5.2. Розрахунок витрат на паливо та мастильні матеріали

Оскільки витрата палива наведена у кілограмах на гектар, для визначення його вартості виконуємо перерахунок у літри за формулою

$$G_{\text{л}} = \frac{G_{\text{кг}}}{\rho}, \tag{5.3}$$

де

$G_{\text{л}}$ – витрата палива, л/га;

$G_{\text{кг}}$ – витрата палива, кг/га;

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

Приймаємо густину дизельного палива

$$\rho = 0,85 \text{ кг/л.}$$

Для базового варіанта

$$G_{\text{л.б}} = \frac{25,50}{0,85} = 30,00 \text{ л/га},$$

$$G_{\text{л.п}} = \frac{17,74}{0,85} = 20,87 \text{ л/га}.$$

Вартість палива на 1 га визначаємо за формулою

$$\text{В}_{\text{п}} = G_{\text{л}} \cdot C_{\text{п}}, \quad (5.4)$$

де

$C_{\text{п}}$ – ціна 1 л дизельного палива, грн.

За вартості дизельного палива 85 грн/л для базового варіанта маємо

$$\text{В}_{\text{п.б}} = 30,00 \cdot 85 = 2550,0 \text{ грн/га},$$

а для проектованого варіанта

$$\text{В}_{\text{п.п}} = 20,87 \cdot 85 = 1774,0 \text{ грн/га}.$$

Вартість мастильних матеріалів визначаємо орієнтовно як 10 % від витрат на паливо:

$$\text{В}_{\text{м}} = 0,1 \cdot \text{В}_{\text{п}} \quad (5.5)$$

Для базового варіанта

$$\text{В}_{\text{м.б}} = 0,1 \cdot 2550,0 = 255,0 \text{ грн/га},$$

для проектованого варіанта

$$\text{В}_{\text{м.п}} = 0,1 \cdot 1774,0 = 177,4 \text{ грн/га}.$$

## 5.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань та витрати на ремонт і технічне обслуговування

Річні амортизаційні відрахування на 1 га визначаємо за формулою:

$$A = \frac{C_{\text{м}} \cdot a}{Q}, \quad (5.6)$$

де

$C_{\text{м}}$ – балансова вартість машини, грн;

$a$ – норма амортизаційних відрахувань;

$Q$ – річний обсяг робіт, га.

Для базового варіанта

$$A_{\text{б}} = \frac{340000 \cdot 0{,}10}{200} = 170{,}0 \text{ грн/га},$$

для проектованого

$$A_{\text{п}} = \frac{205000 \cdot 0{,}10}{200} = 102{,}5 \text{ грн/га}.$$

Річні витрати на ремонт і технічне обслуговування техніки розраховують за такою формулою:

$$R = \frac{C_{\text{м}} \cdot r}{Q}, \qquad (5.7)$$

де

$r$ – норматив витрат на технічне обслуговування та ремонт.

Для базового варіанта

$$R_{\text{б}} = \frac{340000 \cdot 0{,}08}{200} = 136{,}0 \text{ грн/га},$$

для проектованого варіанта

$$R_{\text{п}} = \frac{205000 \cdot 0{,}08}{200} = 82{,}0 \text{ грн/га}.$$

## 5.4. Розрахунок прямих експлуатаційних витрат та річної економії

Прямі експлуатаційні витрати на 1 га визначаємо як суму витрат на оплату праці, мастильні матеріали, амортизацію та ремонт:

$$\text{С} = Z + \text{В}_{\text{п}} + \text{В}_{\text{м}} + A + R. \qquad (5.8)$$

Для базового варіанта

$$С_б = 430,5 + 2550,0 + 255,0 + 170,0 + 136,0 = 3541,5 \text{ грн/га},$$

для проектованого варіанта

$$С_п = 255,0 + 1774,0 + 177,4 + 102,5 + 82,0 = 3541,5 \text{ грн/га}.$$

Економія прямих експлуатаційних витрат на 1 га становить

$$\Delta С = С_б - С_п, \qquad (5.9)$$

$$\Delta С = 3541,5 - 2390,9 = 1150,6 \text{ грн/га}.$$

Річну економію експлуатаційних витрат визначаємо за формулою

$$Е_р = \Delta С \cdot Q, \qquad (5.10)$$

де

$Q$ – річний обсяг робіт, га.

$$Е_р = 1150,6 \cdot 200 = 230120 \text{ грн}.$$

Отже, річна економія від використання модернізованого плуга становить 230120 грн.

Термін окупності додаткових вкладень на модернізацію визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_д}{Е_р}, \qquad (5.11)$$

де

$K_д$ – додаткові вкладення на модернізацію, грн.

$$T_{ок} = \frac{35000}{230120} = 0,15 \text{ року}.$$

Отже, термін окупності модернізації становить 0,15 року.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Техніко-економічні показники використання модернізованого плуга

| № | Показник | Одиниця виміру | Базовий варіант ПЛН-3-35 | Проектний варіант ПЛН-3-35М |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Річний обсяг робіт | га | 200 | 200 |
| 2 | Експлуатаційна продуктивність | га/год | 0,349 | 0,588 |
| 3 | Затрати праці на 1 га | люд.-год/га | 2,87 | 1,70 |
| 4 | Витрата палива | кг/га | 25,50 | 17,74 |
| 5 | Витрата палива | л/га | 30,00 | 20,87 |
| 6 | Витрати на оплату праці | грн/га | 430,5 | 255,0 |
| 7 | Витрати на паливо | грн/га | 2550,0 | 1774,0 |
| 8 | Витрати на мастильні матеріали | грн/га | 255,0 | 177,4 |
| 9 | Витрати на амортизацію техніки | грн/га | 170,0 | 102,5 |
| 10 | Ремонт і технічне обслуговування | грн/га | 136,0 | 82,0 |
| 11 | Прямі експлуатаційні витрати | грн/га | 3541,5 | 2390,9 |
| 12 | Економія витрат | грн/га | - | 1150,6 |
| 13 | Річна економія | грн | - | 230120 |
| 14 | Додаткові вкладення на модернізацію | грн | - | 35000 |
| 15 | Термін окупності | років | - | 0,15 |

Висновок по розділу

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що використання модернізованого плуга є економічно доцільним. За рахунок поєднання оранки та

руйнування плужної підошви в одному проході експлуатаційна продуктивність підвищується з 0,349 до 0,588 га/год, а затрати праці зменшуються з 2,87 до 1,70 люд.-год на 1 га. Водночас витрата палива для проектного варіанта, прийнята за результатами попереднього розділу, становить 17,74 кг/га, що менше порівняно з базовим варіантом, де вона дорівнює 25,50 кг/га.

Прямі експлуатаційні витрати у проектному варіанті становлять 2390,9 грн/га, тоді як у базовому - 3541,5 грн/га. Економія коштів досягає 1150,6 грн на 1 га, а річна економія при обсязі робіт 200 га становить 230120 грн. За додаткових вкладень на модернізацію у сумі 35000 грн термін окупності становить 0,15 року.

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Комплексне поєднання раціонального основного обробітку, правильного підбору гібридів, збалансованої системи удобрення, своєчасного застосування гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів і мікродобрив забезпечує формування стабільного врожаю соняшнику в умовах регіону. Таким чином, використання модернізованого плуга в технології вирощування соняшнику є агротехнічно доцільним і може бути рекомендоване для господарств Дніпропетровської області.

2. Огляд закордонних конструкцій плугів свідчить, що найбільш перспективними напрямами їх удосконалення є покращення якості розпушення і перевертання скиби, зниження енерговитрат, підвищення довговічності робочих органів та зменшення негативного впливу на структуру ґрунту. Вивчення досвіду провідних зарубіжних виробників дає можливість визначити раціональні технічні рішення, які можуть бути використані при розробці та модернізації вітчизняних плугів.

3. У результаті проведених конструктивних розрахунків встановлено, що додатковий ніж, установлений на корпусі модернізованого плуга, має достатню міцність і жорсткість для роботи в польових умовах. Розрахункова сила опору ґрунту, що діє на ніж, становить 1664 Н, а напруження згину в небезпечному перерізі дорівнює 232 МПа, що не перевищує допустимого значення для сталі 40Х. Перевірка на зріз, жорсткість і міцність болтового кріплення також підтвердила надійність запропонованої конструкції.

4. Використання модернізованого плуга основна увага має бути зосереджена на попередженні дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів, забезпеченні справності навісної системи, корпусів і додаткового ножа, а також на дотриманні вимог безпеки перед початком роботи, під час роботи та після її завершення. Належна організація праці, своєчасний технічний контроль і дисциплінованe виконання правил безпеки дозволяють запобігти травматизму та аварійним ситуаціям.

5. Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність використання модернізованого плуга у виробництві. Запропонована конструкція забезпечує підвищення продуктивності агрегату, зменшення затрат праці та витрати палива, а також зниження прямих експлуатаційних витрат. При річному обсязі робіт 200 га економія коштів становить 230120 грн, а термін окупності модернізації - 0,15 року, що свідчить про високу ефективність запропонованого технічного рішення.

# БІБЛІОГРАФІЯ

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Грицишин М. І. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.

2. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Київ: Вища школа, 2004. 544 с.

3. Дубровін В. О., Іщенко Т. Д., Ковбаса В. П. Машини і обладнання для рослинництва. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 680 с.

4. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Надикто В. Т., Кюрчев В. М. Теорія сільськогосподарських машин. Київ: Аграрна наука, 2018. 492 с.

5. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Черниш О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Київ: Аграрна наука, 2016. 256 с.

6. Надикто В. Т., Кюрчев В. М., Аюбов А. В. Машиновикористання в землеробстві. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 268 с.

7. Козаченко, О. В., Шкрегаль, О. М., Каденко, В. С., & Алієв, Е. Б. (2017). Моделювання енергоощадної форми леза ґрунтообробного робочого органу. У Матеріали XIII міжнародної конференції «Стратегія якості в промисловості та освіті» (с. 131-138). Варна: Технічний університет.

8. Aliiev, E., Tesliuk, H., Puhach, A., Kobets, O., Zolotovska, O., & Boiko, V. (2023). Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1(124)), 60-71. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284597

9. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ: Урожай, 1993. 288 с.

10. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1. Машини для основного обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.

11. Кленін М. І., Сакун В. А. Сільськогосподарські та меліоративні машини / пер. і доп. укр. вид. Київ: Вища школа, 2005. 590 с.

12. Тарасенко О. Д., Гуменюк І. М. Проектування та розрахунок робочих органів ґрунтообробних машин. Київ: Аграрна освіта, 2012. 214 с.

13. Бойко І. Г., Ружило З. В. Основи розрахунку та конструювання сільськогосподарських машин. Львів: Новий Світ-2000, 2014. 356 с.

14. Лур’є А. Б. Сільськогосподарські машини. Київ: Техніка, 2003. 526 с.

15. Погорілий Л. В., Брей В. В. Інженерно-технічне забезпечення аграрних технологій. Київ: Аграрна наука, 2010. 296 с.

16. Грицишин М. І., Яцун С. Ф. Ґрунтообробні машини: конструкція, теорія, розрахунок. Київ: НУБіП України, 2016. 312 с.

17. Шустік Л. П., Нілов М. І. Механізація технологічних процесів у рослинництві. Київ: Аграрна освіта, 2013. 302 с.

18. Адамчук В. В., Булгаков В. М. Перспективи розвитку технічних засобів для обробітку ґрунту // Техніка і технології АПК. 2019. № 3. С. 7-12.

19. Бухалова Н. М., Лисенко В. Г. Економіка підприємств аграрного сектора. Київ: Аграрна освіта, 2017. 352 с.

20. Надикто В. Т., Кюрчев В. М. Шляхи підвищення ефективності використання ґрунтообробних агрегатів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 18, т. 2. С. 45-52.

21. Мочерний С. В. Основи підприємницької діяльності в аграрній сфері. Київ: Академія, 2011. 312 с.

22. Збарський В. К., Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. Київ: Каравела, 2009. 264 с.

23. Булгаков В. М., Ружило З. В. Теоретичні передумови вдосконалення робочих органів плугів // Вісник аграрної науки. 2017. № 9. С. 52-57.

24. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2006. 336 с.

25. Березуцький В. В., Бондаренко Т. С., Васьковець Л. А. та ін. Основи охорони праці. Харків: Факт, 2005. 480 с.

26. Гуменюк І. М., Тарасенко О. Д. Обґрунтування параметрів ґрунтопоглиблювальних робочих органів // Механізація та електрифікація сільського господарства. 2016. Вип. 101. С. 83-89.

27. Шустік Л. П. Підвищення якості основного обробітку ґрунту шляхом удосконалення плужних корпусів // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2020. Вип. 31. С. 114-120.

28. Месель-Веселяк В. Я. Ефективність виробництва в аграрних підприємствах. Київ: ННЦ ІАЕ, 2015. 340 с.

# ДОДАТКИ

| фрм | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | . | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| | | | 52.ДП.078.000.003.ВЗ | Вид загальний | | |
| | | | | | | |
| | | | | Складові одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | 52.ДП.078.001.003. | Корпус | 3 | |
| | | 2 | 52.ДП.078.002.003. | Предплужник | 3 | |
| | | 3 | 52.ДП.078.003.003. | Дисковий ніж | 1 | |
| | | 4 | 52.ДП.078.004.003. | Опорне колесо | 1 | |
| | | 5 | 52.ДП.078.005.003. | Рама | 1 | |
| | | 6 | 52.ДП.078.006.003. | Механізм навіски | 1 | |
| | | 7 | 52.ДП.078.007.003. | Поглиблювач | 3 | |

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 52.ДП.078.000.002.ВЗ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Литвин А.О. | | | ПЛУГ ПЛН-3-35М | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Теслюк Г.В. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | ДДАЕУ | | |
| Н. Контр. | | Золотовська О | | | | | | |
| Затверд. | | Теслюк Г.В. | | | | | | |

| фрм | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | . | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| | | | 52.ДП.078.000.004.СК | Складальне креслення | | |
| | | | | | | |
| | | | | Деталі | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | 52.ДП.078.010.004. | Стійка | 1 | |
| | | | | | | |
| | | 2 | 52.ДП.078.020.004. | Відвал | 1 | |
| | | | | | | |
| | | 3 | 52.ДП.078.030.004. | Польова дошка | 1 | |
| | | | | | | |
| | | 4 | 52.ДП.078.040.004. | Ніж | 1 | |
| | | | | | | |
| | | 5 | 52.ДП.078.050.004. | Леміш | 1 | |
| | | | | | | |
| | | 6 | 52.ДП.067.060.003. | Заклепка | 7 | |
| | | | | | | |
| | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | |
| | | | | Болт М16*40 6g 58 | 3 | |
| | | | | ГОСТ 7798-70 | | |
| | | | | Шайба 16 65Г 029 | 3 | |
| | | | | ГОСТ 6402-70 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 52.ДП.078.000.004.СК | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Литвин А.О | | | Корпус | Лт. | Арк. Аркушів |
| Перевір. | | Теслюк Г.В. | | | | | |
| Реценз. | | | | | | ДДАЕУ | |
| Н. Контр. | | Золотовська О | | | | | |
| Затверд. | | Теслюк Г.В. | | | | | |