

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу механізації комплексного обробітку ґрунту  
з модернізацією плуга ПЛН-5-35

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41  
спеціальності 208

**Агроінженерія**

(шифр і назва спеціальності)

	<u>(підпис)</u>	<u>Співак Д.Д.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>(підпис)</u>	<u>Олексюк В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>(підпис)</u>	<u>Сташків М.Я.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>(підпис)</u>	<u>Бабій А.В.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>(підпис)</u>	<u>(прізвище та ініціали)</u>

Тернопіль  
2024

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Бабій А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Співаку Дмитру Дмитровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу механізації комплексного обробітку ґрунту з модернізацією плуга ПЛН-5-35

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Базова конструкція плуга ПЛН-5-35,

склад агрегату: трактор Т-150К+ПЛН-5-35М, ширина захвату – 1,75 м,

робоча швидкість – 9 км/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Обґрунтування технології комплексного обробітку

ґрунту. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

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

1. Базова конструкція плуга ПЛН-5-35М – 1А4. 2. Корпус плуга. Базова конструкція – 1А4.

3. Комбінований ґрунтообробний агрегат. Загальний вигляд. – 1А4.

4. Рама комбінованого агрегату – 1А4. 5. Дослідження урожайності культур – 1А4

6. Дослідження НДС стрічатої лапи – 1А4. 7. Деталювання – 3А4.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання

24.01.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2024 р.	
2	Обґрунтування технології комплексного обробітку ґрунту	10.02.2024 р.	
3	Проектна частина.	05.06.2024 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2024 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	15.06.2024 р.	
6	Ілюстративна частина. Специфікації	20.06.2024 р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Співак Д.Д.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Олексюк В.П.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Співак Дмитро Дмитрович.

**Тема роботи** – «Удосконалення процесу механізації комплексного обробітку ґрунту з модернізацією плуга ПЛН-5-35».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

### **Актуальність теми роботи**

Отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур залежить від якості підготовки ґрунту під посів.

Лемішно-відвальні плуги не завжди забезпечують необхідний ступінь подрібнення та змішування ґрунту, тому при підготовці його до сівби необхідно проводити додатковий поверхневий обробіток, що приводить до збільшення кількості проходів агрегату і негативно впливає на структуру орного шару, його щільність та біологічну активність.

При цьому загальні затрати енергії, праці та витрати коштів збільшуються. Для проведення ґрунтообробних операцій використовується доволі велика кількість різноманітних знарядь: ґрунт після основного обробітку плугами піддається системі додаткового обробітку, який проводиться культиваторами, боронами і іншими сільськогосподарськими машинами і знаряддями.

Тому, в роботі запропоновано конструкцію комбінованого ґрунтообробного агрегату на базі плуга ПЛН-5-35, що призначений для комплексного обробітку ґрунту (оранка, культивування, вирівнювання ґрунту).

### **Мета роботи**

Основною метою кваліфікаційної роботи є кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу механізації комплексного обробітку ґрунту шляхом

модернізації плуга ПЛН-5-35.

### **Об'єкт, методи та джерела дослідження**

*Об'єкт дослідження.* Процес комплексного обробітку ґрунту.

*Предмет дослідження.* Плуг ПЛН-5-35.

*Методи дослідження.* Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

### **Отримані результати:**

- розглянуто особливості технології та прийомів обробітку ґрунту;
- проаналізовано агротехнічні вимоги до комплексного обробітку ґрунту;
- наведено обґрунтування технології проведення комплексного обробітку ґрунту;
- запропоновано комбінований ґрунтообробний агрегат на базі плуга ПЛН-5-35;
- проведено розрахунки техніко-економічних показників модернізованого ґрунтообробного агрегату порівняно з базовою моделлю плуга ПЛН-5-35;
- розглянуто обґрунтування комбінованого ґрунтообробного агрегату на базі плуга ПЛН-5-35;
- проведено розрахунки найбільш навантажених елементів конструкції модернізованого агрегату;
- проаналізовано стан безпеки праці та організацію контролю за її дотриманням при роботі з ґрунтообробними агрегатами;
- розроблено заходи із техніки безпеки при роботі на ґрунтообробних машинах.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Використання запропонованого агрегату дасть змогу сумістити декілька сільськогосподарських операцій в одній – оранку, культивування, вирівнювання ґрунту, що дасть можливість за одне проходження знаряддя, забезпечити повну готовність ґрунту до посіву.

Завдяки використанню пропонованого знаряддя продуктивність праці підвищиться на 15-20%.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається

з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 49, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

**Ключові слова:** процес механізації, машинно-тракторний агрегат, ґрунт, плуг, знаряддя.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

### *Розділ 2:*

$t_{см}$  - чистий час роботи на протязі зміни, год;

$T_{см}$  - тривалість зміни, год;

$B_p$  - робоча ширина захоплення агрегату, м;

$V_p$  - робоча швидкість агрегату, км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни;

$T_{см}$  - тривалість робочої зміни, год;

$G_p, G_x, G_0$  - годинні витрати палива, відповідно при роботі агрегату під навантаженням, при холостих поворотах і заїздах і при зупинках агрегату з працюючим двигуном, кг/год;

$T_x$  - час руху агрегату при неодружених поворотах і заїздах протягом зміни, год;

$T_0$  - час роботи двигуна при зупинках агрегату, год;

$t_{техн}, t_{од}$  - час простоїв з розрахунку на одну годину чистої роботи агрегату, відповідно при технологічному обслуговуванні машин і при відпочинку механізаторів, год;

$T_{ЕТО}$  - час простоїв при технічному обслуговуванні машин протягом зміни, год;

$\Sigma S_a$  - сума амортизаційних відрахувань по всіх елементах агрегату, грн;

$\Sigma S_{РТХ}$  - сума витрат на поточний ремонт і ТО по всіх елементах агрегату, грн;

$S_{ТСМ}$  - витрати на паливно-змащувальні матеріали, грн;

$S_{ЗП}$  - витрати на заробітну платню механізаторам і допоміжним робітникам, грн;

$a_p, a_k$  - норми річних відрахувань на реновацію і капітальний ремонт трактора і сільськогосподарської машини, %;

$B_T, B_M$  - балансова вартість трактора і машини, грн.;

$T_T, T_M$  - річне завантаження трактора і машини, год;

$n_m$  - кількість машин в агрегаті;

$W_q$  - годинна продуктивність агрегату га/год;

$m_m$  - маса модернізованого плуга, кг;

$m_0$  - маса базового плуга, кг;

$T_3$  - нормативне річне завантаження агрегату на даній операції, га;  
 $a_{PT}, a_{TO}$  - норми річних відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора і сільськогосподарської машини, %;  
 $k_T$  - коефіцієнт витрати змащувальних матеріалів;  
 $g_{ca}$  - погектарна витрата палива, кг/га;  
 $C_k$  - комплексна ціна одного кг палива, грн;  
 $m_M$  - кількість працівників обслуговуючих агрегат, чол;  
 $f$  - денні тарифні ставки для оплати праці механізатора, грн.;  
 $W_{CM}$  - змінна продуктивність агрегату, га/зм.  
 $m_M$  - кількість працівників обслуговуючих агрегат, чол.;  
 $W_{ч}$  - годинна продуктивність агрегату, га/год.  
 $T_M$  - річне завантаження машини, год;  
 $K_B, K_{II}$  - питомі капітальні вкладення по варіантах, грн;  
 $E_H$  - нормативний коефіцієнт;  
 $\Delta K$  - вартість додаткових капітальних вкладень, грн;  
 $\mathcal{E}_T$  - річний економічний ефект від застосування нового знаряддя, грн.

### **Розділ 3:**

$\eta$  - ККД плуга;  
 $k$  – питомий опір ґрунту, Н/см<sup>2</sup>;  
 $a$  – найбільша глибина оранки, см;  
 $b$  – ширина захвату корпусу, см;  
 $n$  – коефіцієнт, який враховує, степінь зростання навантаження на стійку корпусу при несприятливих умовах роботи;  
 $\theta_0$  – кут в плані між лезом лемеша і стінкою борозни (приймається у відповідності з типом робочої поверхні корпусу);  
 $\varphi$  - кут тертя сталі по ґрунту;  
 $H$  – відстань від дна борозни до небезпечного перерізу стійки I-I, мм;  
 $l_K$  – плече сили  $R_{XY}$ , яка створює крутний момент, мм;  
 $\sigma_T$  – напруження, МПа;



$l$  - довжина стійки, мм;

$R_x$  - питомий опір ґрунту на стійку, що розраховується, Н;

$K_x$  - питомий опір, Н;

$B$  - ширина робочого органу, мм,

$M_{max}$  - максимальний момент, Н·м;

$b$  - ширина стійки, м;

$h$  - висота стійки, м.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	11
<b>1. Оглядова частина</b> .....	12
1.1 Особливості технології обробітку ґрунту .....	12
1.2 Агротехнічні вимоги до комплексного обробітку ґрунту .....	15
<b>2. Обґрунтування технології комплексного обробітку ґрунту</b> .....	18
2.1 Обґрунтування до комплектування ґрунтообробного агрегату .....	18
2.2 Розрахунок техніко-економічних показників модернізованого плуга ----	22
<b>3. Проектна частина</b> .....	27
3.1 Обґрунтування конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату на базі плуга ПЛН-5-35 .....	27
3.2 Розрахунки елементів конструкції модернізованого агрегату .....	30
3.2.1 Розрахунок стійки плуга .....	30
3.2.2 Розрахунки елементів конструкції рами агрегату .....	35
3.3 Аналіз напружено-деформованого стану стрільчатої лапи та стійки ----	37
<b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b> .....	41
4.1 Аналіз стану безпеки праці та організація контролю за її дотриманням при роботі з ґрунтообробними агрегатами .....	41
4.2 Заходи із техніки безпеки при роботі на ґрунтообробних машинах .....	42
<b>Загальні висновки</b> .....	46
<b>Перелік посилань</b> .....	47
<b>Додатки</b> .....	49

## ВСТУП

Внаслідок частих змін клімату та зниження вологісного рівня в деяких регіонах, виникає необхідність знаходження шляхів для збільшення урожайності агрокультур, навіть у складних умовах. Ключовим напрямком є вибір найефективніших методів ґрунтообробки. Сучасні технологічні можливості значно розширились, і українські агровиробники все більше впроваджують мінімальні технології обробки ґрунту.

Високі показники врожайності аграрних культур тісно пов'язані з якістю підготовки ґрунту для посіву.

Можливості та доцільність інтеграції технологічних операцій обмежуються застосованими методами землеробства і обробітків ґрунтів, рівнем забур'яненості полів, різноманітністю культур, метеорологічними умовами, можливостями енергетичних ресурсів, агрономічними та техніко-економічними факторами.

Для досягнення цієї мети використовуються численні різноманітні знаряддя: після основної обробки ґрунту плугами застосовується серія додаткових операцій обробки, що здійснюється за допомогою культиваторів, борін та інших сільськогосподарських машин і знарядь.

Комбіновані агрегати, у порівнянні з однофункціональними, більш складні та дорогі, і їхня технічна та технологічна надійність може бути нижчою, особливо у складних умовах експлуатації. Однак вони ефективно поєднують схожі за характером операції, такі як культивація та боронування.

Тому у роботі представлено комбінований ґрунтообробний агрегат, розроблений на основі плуза ПЛН-5-35, призначеного для комплексної обробки ґрунту (оранка, культивація, вирівнювання), завдяки чому після проходження знаряддя ґрунт повністю готується до посіву.

## 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

### 1.1 Особливості технології обробітку ґрунту

Обробка ґрунту відіграє ключову роль у системі агротехнічних практик у рослинництві. Механічний вплив інструментів та машин на ґрунт сприяє мобілізації органічних речовин і покращенню його фізичних характеристик. Це змінює структуру верхнього шару ґрунту, створюючи оптимальні умови для різноманітних біологічних, фізико-хімічних і фізичних процесів. Поліпшення вмісту вологи та кисню в ґрунті позитивно впливає на ґрунтовий розчин, що активізує мікрофлору.

Механічна обробка ґрунту також критично важлива для знищення бур'янів та шкідників, боротьби з хворобами культурних рослин, внесення добрив і рослинних рештків. Вона дозволяє рівномірно розподілити рослинні рештки і добрива на певну глибину, створюючи фертильний, рівномірно родючий орний шар, що сприяє розвитку корневих систем рослин.

Ефективний механічний обробіток ґрунту можливий при мінімальному використанні машин і інструментів та зведенні до мінімуму можливих негативних наслідків. Правильне застосування методів обробки ґрунту, враховуючи його природні особливості, є важливим інструментом для збільшення урожайності сільськогосподарських культур.

Ефективний механічний обробіток ґрунту досягається, коли його можливо здійснювати за допомогою обмеженої кількості машин та знарядь, при цьому мінімізуючи виникнення негативних ефектів [14].

Адаптація методів обробітку ґрунту до його природних характеристик є критичною для збільшення урожайності агрокультур.

Методи обробки ґрунту варіюють залежно від типу ґрунту, кліматичних умов, рельєфу території, особливостей вирощуваних культур, стратегій удобрення, наявності шкідників та захворювань, а також стану засміченості поля і інших специфічних умов.

Різниця у вимогах сільськогосподарських культур до структури та складу ґрунту вимагає диференційованого підходу до їх обробки в залежності від конкретної культури, що уникає стандартного підходу до цих практик.

Для таких процесів, як оранка, боронування, культивуація, лушення, коткування та інші, ґрунтообробні знаряддя та машини оснащені спеціалізованими робочими органами [18]. Ці органи дозволяють виконувати перевертання, розпушування, перемішування, вирівнювання, ущільнення ґрунту, підрізання бур'янів, створення гребенів, гряд або нарізання борозен.

*Обертання ґрунту* передбачає зміну позицій верхніх і нижніх шарів ґрунту у вертикальній площині. Повне перевертання пласта використовують при розробці болотистих і задернілих ділянок. Оборот пласта на кут до 135 градусів відомий як взмет пласта. Між цими методами розміщується культурна оранка, при якій верхній шар, що задернів, перекидається на дно борозни. При ярусній обробці перший верхній шар укладається знову на своє місце, тоді як другий і третій шари обмінюються місцями.

*Розпушування* полягає в збільшенні відстані між ґрунтовими частками, що сприяє більшій біологічній активності, а також збільшенню водо- і повітряпроникності ґрунту. Інтенсивність розпушування оцінюються співвідношенням товщини розпушеного шару до його первісної товщини.

*Перемішування* змінює розташування часток ґрунту, добрив, та мікроелементів, роблячи ґрунт більш однорідним за родючістю.

*Ущільнення* є процесом, протилежним розпушуванню. Під час ущільнення збільшується капілярна пористість ґрунту та зменшується його загальна пористість.

*Вирівнювання* поверхні поля включає усунення нерівностей для забезпечення однакової глибини закладення насіння, оптимальності умов для роботи машин, та оптимізації розподілення води під час поливу.

Потреба у перевертанні ґрунту зумовлена рядом причин. Від посіву до збору врожаю, відбувається диференціація орного шару за родючістю та фізико-механічними властивостями: верхня частина стає більш розпушеною та

ущільненою чим нижня. Обертання покращує властивості верхньої частини, що опиняється на дні борозни, забезпечує закладення поживних решток, гною, дерну, інших удобрень, а також насіння смітних рослин, збудників хвороб та шкідників.

Розпушування ґрунту значно підвищує його водо- та повітряпроникність, активізує біологічні процеси та збільшує кількість доступних рослинам поживних речовин через розклад органічної маси. Ця процедура критично важлива для руйнування твердої кірки на поверхні ґрунту, яка обмежує розвиток рослин та сприяє втраті поверхневої вологи. Глибоке розпушування дозволяє волозі проникати глибше до кореневої системи, сприяючи розвитку коренів не тільки у верхніх шарах, але й у материнській породі, що особливо важливо в аридних регіонах.

Для кожної сільськогосподарської культури та природно-кліматичної зони існує оптимальний ступінь рихлості ґрунту. Наприклад, у посушливих районах з чорноземом важливо підтримувати дрібногрудкову структуру орного шару, яка забезпечує щільнішу його консистенцію.

Перемішування ґрунту дозволяє рівномірно розподілити в орному шарі продукти розкладання рослинних залишків, сидератів, гною, компосту та удобрень. Це сприяє ефективнішому використанню живильних речовин, які важко доступні, шляхом рівномірного розподілу мікроорганізмів по ґрунті. Проте перемішування може мати негативні наслідки, якщо потрібно забезпечити локалізоване внесення добрив або при закладенні насіння або коренів смітних рослин, що мають проростати.

Ущільнення ґрунту веде до руйнування ґрунтових грудок, збільшення капілярної пористості та зменшення некапілярної та загальної пористості. В результаті корені рослин більш ефективно використовують вологу та поживні речовини, оскільки мають тісніший контакт з ґрунтом. В умовах засухи ущільнення також знижує аерацію та випаровування вологи з ґрунту.

Контроль за ступенем ущільнення може значно знижувати дифузне випаровування вологи, обмежуючи кількість великих некапілярних пор.

Ущільнення також позитивно впливає на температуру ґрунтового шару, зокрема, прискорює його прогрівання. Це особливо важливо для регіонів із прохолодною весною, де брак тепла може затримувати проростання насіння та розвиток молодих рослин.

Вирівнювання поля сприяє створенню оптимальних умов для посіву та догляду за культурами. На нерівному полі насіння висівається на різні глибини, що призводить до нерівномірних та рідкісних сходів.

Після вирівнювання поверхні ґрунту знижується його взаємодія з атмосферою, тому з гладкої поверхні випаровується менше вологи, ніж з гребенястої, хвилястої чи грудкової.

## **1.2 Агротехнічні вимоги до комплексного обробітку ґрунту**

Високі врожаї сільськогосподарських культур тісно пов'язані з якістю підготовки ґрунту до посіву [14].

Велика кількість різноманітних агротехнічних знарядь задіяна для цього: після первинного обробітку плугами ґрунт проходить через систему додаткової обробки за допомогою культиваторів, борін та інших машин [16].

Для досягнення високих урожаїв та отримання оптимальної структури ґрунтів необхідно дотримуватися таких агротехнічних вимог:

- відхилення від середніх глибин обробітків не повинне перевищувати 1-2 см; глибина обробки між проходженнями не повинна бути більше половини встановленого середнього значення;

- ґрунт повинен бути повністю перевернутий, розкришений на дрібні частки та укладений без порожнин; поверхня ораної ділянки має бути рівною, без глибоких борозен, високих гребнів чи розривів між суміжними проходженнями плугів;

- висота гребенів не повинна перевищувати 3-5 см; всі сміттєві рослини,

поживні рештки і внесені добрива повинні бути повністю заорані;

- на полі не допускаються незаорані огріхи та клини.

На полях з нормальним зволоженням і шириною більше 300 м як правило рекомендується чергувати напрямки оранки щорічно; на схилах оранку виконують переважно поперечно, тоді як на перезволожених полях — уздовж схилу.

Для орних агрегатів зазвичай застосовують петльові та безпетлеві методи переміщення, а в деяких ситуаціях використовують кругові методи з поворотами на кінцях у вигляді закритої петлі.

Під час безперервної культивування ґрунт обробляється однорідно на глибину від 6 до 16 см, формуючи дрібнокомковату розпушену поверхню. Цю культивування проводять з використанням розпушувальних стрілочастих лап, і відхилення середньої глибини при цьому обробці не має переважати +1 см.

Зазвичай рекомендована швидкість руху культиваторів з розпушувальними лапами становить 5-11 км/год, тоді як для штангових культиваторів – 5-8 км/год. Значення висоти гребенів і глибини борозен на розпушеному полі не повинна перевищувати 4 см. Поверхня поля після проходжень культиваторів вирівнюється за допомогою легких посівних борін або середніх зубових борін. Безперервна культивування виконується поперек або під кутом до спрямування оранки, а повторні обробки – поперек попереднім культивуванням. Обробку поворотних смуг виконують у поперечному напрямку, уникаючи залишення необроблених ділянок і огріхів.

Боронування та коткування ґрунту повинні забезпечувати рівномірне розпушування на глибину 5-8 см і руйнування греб [7]. Розміри груд після боронування не повинні бути більшими 5 см за нормальної вологості ґрунту, а значення висоти гребенів після проходження борон – до 3 см.

Не слід переущільнювати зволожений ґрунт катками і роздрібнювати груди на пересохлих ґрунтах. При коткуванні на поверхні ділянки мають утворюватися розпушені мульчовані шари.

На ділянках з нормальною вологістю ґрунту розмір груд після операцій



каткування не має бути більшим 2-3 см; також не допускаються огріхи, пропуски і нерівності поверхні ґрунту.

Методи переміщення охоплюють човниковий, діагонально-кутовий (за однослідного боронування) та діагонально-перехресний (за двохслідного боронування), а в деяких ситуаціях можливе використання кругового руху.

## **2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

### **2.1 Обґрунтування до комплектування ґрунтообробного агрегату**

Лемішно-відвальні інструменти, які вживаються для оранки, не завжди забезпечують адекватне подрібнення та перемішування ґрунту, що вимагає додаткової поверхневої обробки перед посівом. Це збільшує кількість проходів агрегата по полю і негативно позначається на структурі орних шарів, їх щільності та біологічній активності.

Існують дві основні категорії обладнання для додаткової обробки ґрунту при оранці: пристосування для поверхневої обробки пласта перед його оборотом та для подальшої обробки пласта після обороту. Їх можна використовувати окремо чи разом.

Для обробки пласта до його перевертання застосовують дискові та ножові борони для розрізування дерну, обертові пальцеві борони для збору поживних рештків у попередню борозну або катки для ущільнення високих рослин та стерні.

Після основної обробки ґрунту плугами, додаткова обробка здійснюється за допомогою культиваторів, борін та інших сільськогосподарських машин і інструментів.

Комбіновані агрегати, у порівнянні з тими, що виконують лише одну операцію, є більш складними і дорогими, та їх технічна та технологічна надійність може бути нижчою, особливо за складних умов роботи. Однак вони ефективно поєднують схожі операції, для прикладу культивацію і боронування [16].

Механізація комплексної обробки ґрунту передбачає вдосконалення за допомогою використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів, на основі плугів ПЛН-5-35. Ці агрегати в базовій комплектації призначені для оранки

ґрунтів під посів зернових та технічних культур на глибини до 30 см, які не містять каміння, плитняк та інші перешкоди.

Модернізований ґрунтообробний агрегат буде призначений для виконання комплексної обробки ґрунту, включаючи оранку, культивацію та вирівнювання, забезпечуючи тим самим повну підготовку ґрунту до посіву.

Для цієї мети, стандартний плуг ПЛН-5-35 буде містити культиваторні робочі органи та борони-гребінки. Агрегат буде сумісний з тракторами Т-150К та Т-150.

## 2.2 Розрахунок техніко-економічних показників модернізованого плуга

Економічну ефективність використання модернізованого агрегату порівнюватимемо з базовою моделлю плуга ПЛН-5-35 [3, 5].

Вихідні дані:

Орний агрегат – трактор Т-150К+ПЛН-5-35М.

Глибина оранки - 27 см., робоча швидкість 9 км/год.

Трактор Т-150К: вартість з ПДВ - 1500000 грн.

Плуг ПЛН-5-35: вартість з ПДВ – 60700 грн.

Розрахуємо величину коефіцієнта використання часу зміни згідно формули:

$$\tau = \frac{t_{см}}{T_{см}} \quad (2.1)$$

У першому варіанті час чистої роботи буде більшим, оскільки зменшується час, необхідний для виконання таких дій, як очищення та підтягування і ін.

$$\tau_{см\delta} = \frac{6,3}{7} = 0,9 \text{ год};$$

$$\tau_{смн} = \frac{5,9}{7} = 0,85 \text{ год}.$$

Значення продуктивності за годину змінного часу в га/год:

$$W_{ч} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (2.2)$$

$$W_{ч\delta} = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 9 \cdot 0,9 = 1,4 \text{ га / год} .$$

$$W_{чн} = 0,1 \cdot 1,5 \cdot 9 \cdot 0,85 = 1,5 \text{ га / год} .$$

Величина змінного наробітку в га:

$$W_{см} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \cdot T_{см} , \quad (2.3)$$

де  $T_{см} = 7 \text{ год} .$

$$W_{см\delta} = 1,4 \cdot 7 = 9,8 \text{ га};$$

$$W_{смн} = 1,5 \cdot 7 = 10,5 \text{ га} .$$

Величина погектарних витрат палива знайдемо за формулою (кг/га):

$$g_{га} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{W_{см}} , \quad (2.4)$$

Витрати часу на зупинки агрегата за зміну (год):

$$T_o = (t_{\text{мехн}} + t_{\text{омд}}) \cdot T_p \cdot T_{\text{ЕТО}}, \quad (2.5)$$

де  $t_{\text{омд}} = 0,1 \dots 0,25$  год;  $T_{\text{ЕТО}} = 0,2 \dots 0,5$  год.

Тоді

$$T_o = (0,01 + 0,1) \cdot 5,95 + 0,2 = 0,855 \text{ год}$$

Час, необхідний для маневрування агрегату під час холостих поворотів та заїздів, визначається на основі балансу часу, потрібного для зміни напрямку руху:

$$T_x = T_{\text{см}} - T_p - T_o. \quad (2.6)$$

$$T_x = 7 - 5,95 - 0,855 = 0,195 \text{ год}$$

Застосувавши формулу 2.4, отримаємо:

$$g_{\text{га}_6} = \frac{30,5 \cdot 5,95 + 13,8 \cdot 0,195 + 2,4 \cdot 0,855}{9,8} = 19 \text{ кг/га};$$

$$g_{\text{га}_н} = \frac{30,5 \cdot 5,95 + 13,8 \cdot 0,195 + 2,4 \cdot 0,855}{10,5} = 17,7 \text{ кг/га}.$$

Значення питомих експлуатаційних витрат  $S$  на експлуатацію агрегатів (грн/га):

$$S = \Sigma S_a + \Sigma S_{PTX} + S_{TCM} + S_{3П} . \quad (2.7)$$

Величина питомих витрат на амортизацію агрегата (*грн/га*) знайдемо згідно залежності:

$$\Sigma S_a = \frac{B_T \cdot (a_P + a_K)}{100 \cdot W_q \cdot T_T} + \frac{B_m \cdot a_P}{100 \cdot W_q \cdot T_m} \cdot n_m . \quad (2.8)$$

Балансова ціна трактора Т-150К:

$$1500000 \cdot 1,1 = 1650000 \text{ грн.}$$

Балансова ціна плуга ПЛН-5-35:

$$60700 \cdot 1,1 = 66770 \text{ грн.}$$

Знайдемо величину балансової вартості модернізованого плуга:

$$B_m = B_{\bar{b}} \cdot \frac{m}{m_{\bar{b}}} ; \quad (2.9)$$

$$B_m = 66770 \cdot \frac{1120}{900} = 83092 \text{ грн.}$$

Обсяги річного використання трактора - 1600 год.

Обсяги річного використання модернізованого плуга, год:

$$B_3 = W_{cm} \cdot T_3 ; \quad (2.10)$$

$$B_3 = 1,4 \cdot 320 = 450 \text{ год.}$$

Величина питомих витрат на амортизацію базового та модернізованого плугів:

$$\Sigma S_{a_6} = \frac{1650000 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,4 \cdot 1600} + \frac{66770 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,4 \cdot 450} \cdot 1 = 105,3 \text{ грн / га ;}$$

$$\Sigma S_{a_n} = \frac{1650000 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,5 \cdot 1600} + \frac{83092 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,5 \cdot 450} \cdot 1 = 101,3 \text{ грн / га .}$$

Аналогічно знайдемо величину питомих витрат на поточні ремонти і ТО  
–  $\Sigma S_{PTX}$ .

$$\Sigma S_{PTX} = \frac{B_T \cdot (a_{PT} + a_{TO})}{100 \cdot W_q \cdot T_T} + \frac{B_m \cdot (a_{PT} + a_{TO})}{100 \cdot W_q \cdot T_T} n_m ; \quad (2.11)$$

$$\Sigma S_{PTX_6} = \frac{1650000 \cdot (5 + 2)}{100 \cdot 1,4 \cdot 1600} + \frac{66770 \cdot 5}{100 \cdot 1,4 \cdot 450} \cdot 1 = 56,86 \text{ грн / га ;}$$

$$\Sigma S_{PTX_n} = \frac{1650000 \cdot (5 + 2)}{100 \cdot 1,5 \cdot 1600} + \frac{83092 \cdot 5}{100 \cdot 1,5 \cdot 450} \cdot 1 = 48,13 \text{ грн / га .}$$

Величина питомих витрат на паливо та мастильні матеріали:

$$S_{TCM} = \kappa_T \cdot g_{za} \cdot Ц_K ; \quad (2.12)$$

$$S_{TCM_6} = 1,061 \cdot 19 \cdot 50 = 1008 \text{ грн / га};$$

$$S_{TCM_n} = 1,061 \cdot 17,7 \cdot 50 = 939 \text{ грн / га}.$$

Величина питомих витрат на заробітну плату  $S_{3П}$ , грн/га:

$$S_{3П} = \frac{m_M \cdot f \cdot 1,046}{W_{CM}}, \quad (2.13)$$

де  $f = 160,84$  грн.

$$S_{3П_6} = \frac{1 \cdot 160,84 \cdot 1,046}{9,8} = 17,2 \text{ грн / га};$$

$$S_{3П_n} = \frac{1 \cdot 160,84 \cdot 1,046}{10,5} = 16 \text{ грн / га}.$$

Знайдемо величину витрат праці на одиницю виконаної роботи (люд.-год/га):

$$3 = \frac{m_M}{W_u}. \quad (2.14)$$

$$3_6 = \frac{1}{1,4} = 0,71 \text{ люд.-год / га};$$

$$3_n = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ люд.-год / га}.$$



Використавши формулу 2.7 отримаємо величину питомих експлуатаційних витрат:

$$S_{\sigma} = 105,3 + 56,86 + 1008 + 17,2 = 1187,4 \text{ грн/га};$$

$$S_{\pi} = 101,3 + 48,13 + 939 + 16 = 1104,4 \text{ грн/га}.$$

Величина річних експлуатаційних витрат:

$$I = T_M \cdot W_q \cdot S. \quad (2.15)$$

$$I_{\sigma} = 450 \cdot 1,4 \cdot 1187,4 = 748062 \text{ грн};$$

$$I_{\pi} = 450 \cdot 1,5 \cdot 1104,4 = 745470 \text{ грн}.$$

Величина річного економічного ефекту:

$$\mathcal{E}_r = ((I_n + E_H \cdot K_B) - (I_z + E_H \cdot K_{\Pi})); \quad (2.16)$$

$$\mathcal{E}_r = ((748062 + 0,2 \cdot 66770) - (745470 + 0,2 \cdot 83092)) = 6724 \text{ грн}.$$

Термін окупності розраховується шляхом ділення загальної суми додаткових капіталовкладень на річний економічний ефект, отриманий від впровадження нового агрегату.

$$T = \Delta K / \mathcal{E}_r; \quad (2.17)$$

$$T = \frac{(83092 - 66770)}{6724} = 2,4 \text{ роки .}$$

Результати визначення техніко-економічних показників застосування ґрунтообробного агрегату наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні показники

№	Найменування	базовий	новий
1	Балансова вартість, грн	66770	83092
2	Продуктивність агрегату за зміну, га/зм	9,8	10,5
3	Витрата палива, кг/га	19	17,7
4	Питомі експлуатаційні витрати, грн/га	1187,4	1104,4
5	Термін окупності, років	-	2,4

### 3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Обґрунтування конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату на базі плуга ПЛН-5-35

Модернізований комбінований ґрунтообробний агрегат, на основ плуга ПЛН-5-35 (рис.3.1), розроблений для виконання комплексних обробкових операцій, що забезпечують повну підготовку ґрунту до висівання сільськогосподарських культур.

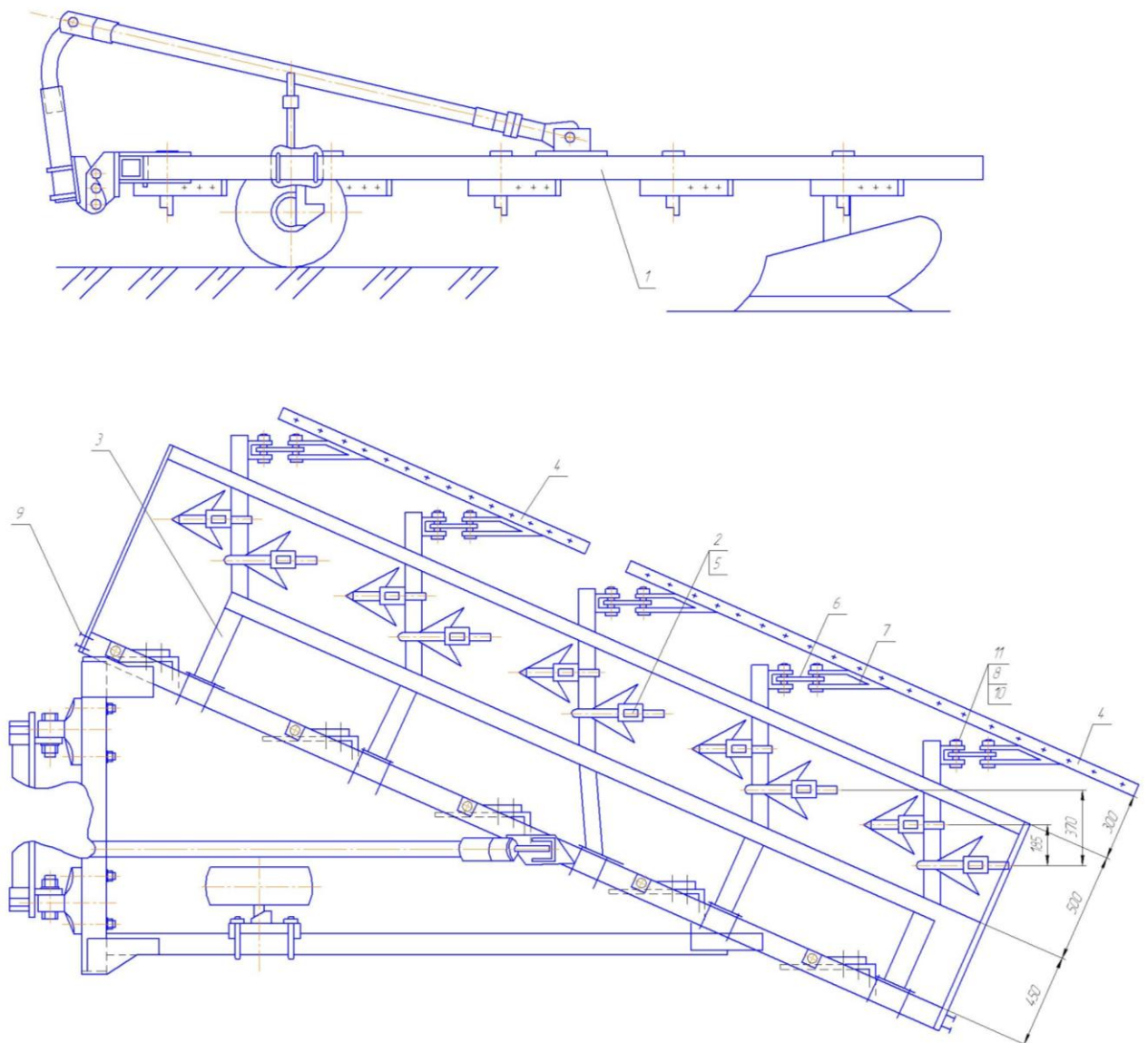
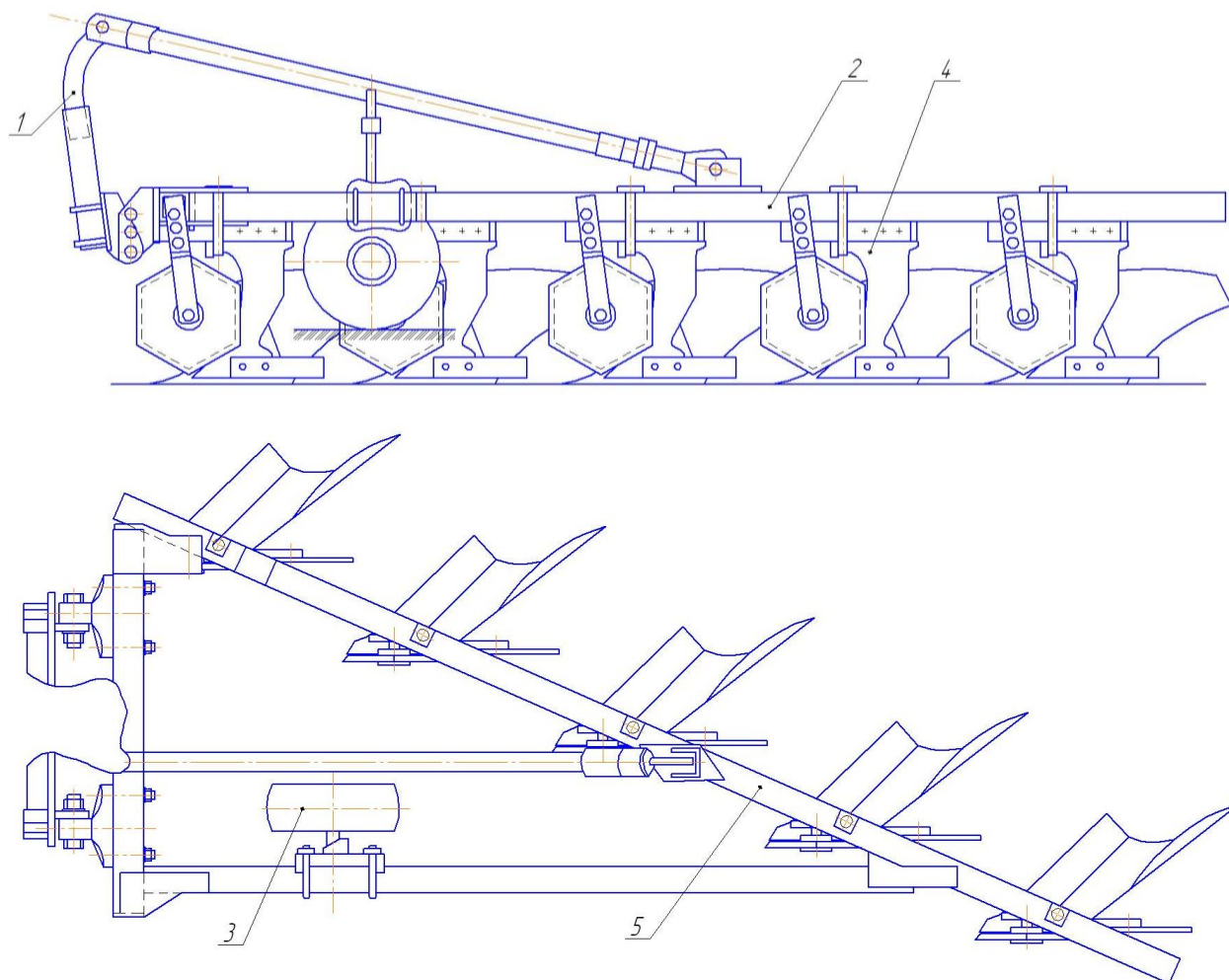


Рисунок 3.1 – Модернізований ґрунтообробний агрегат

Агрегат складається з рами (1) з плуговими корпусами, культиваторними робочими органами (2), і бороною-гребінкою (4), яка монтується під кутом до напрямку руху.

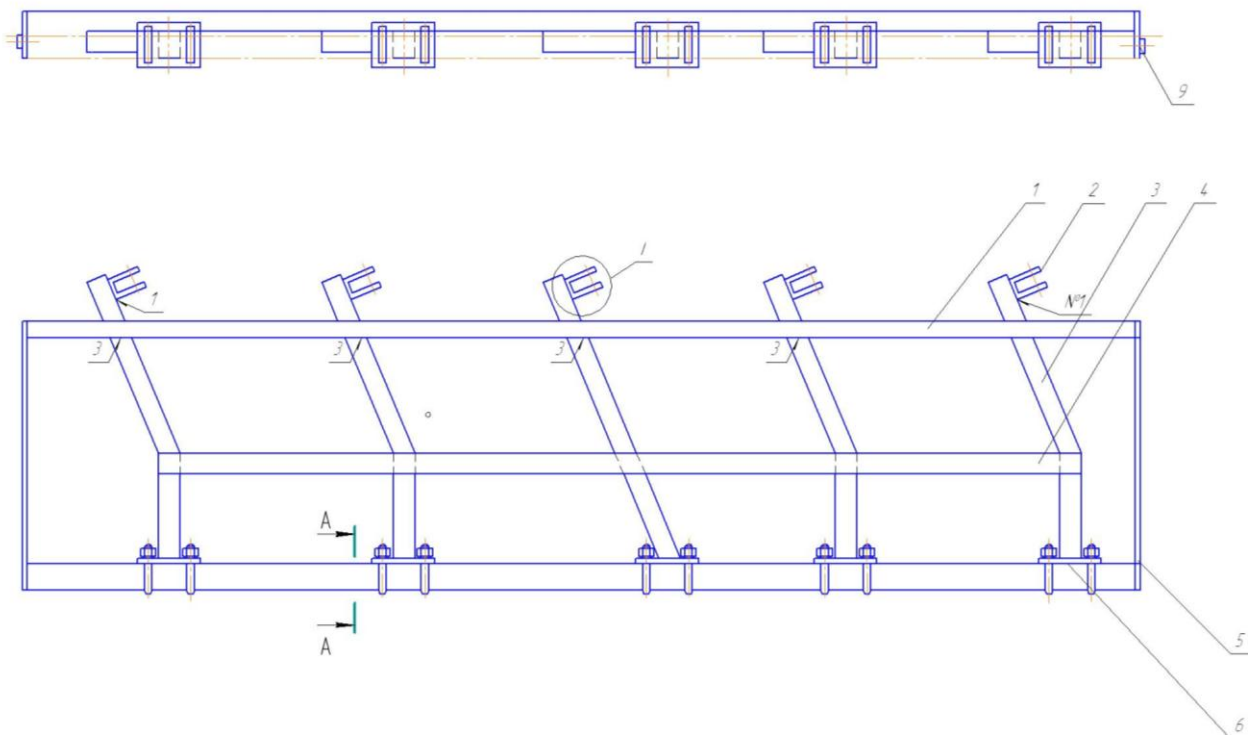


1 – підвіска, 2 – основна балка, 3 – опорне колесо, 4 – корпус плуга,  
5 – виносна балка

Рисунок 3.2 – Базова конструкція плуга ПЛН-5-35

Технічна характеристика плуга ПЛН-5-35:

1. Продуктивність, га/год – 1,7.
2. Робоча швидкість, км/год – 7...9.
3. Число плужних корпусів, шт – 5.
4. Робоча ширина захвату, м – 1,75.
5. Межі регулювання глибини оранки, м – 0,20...0,30.
6. Агрегатується з тракторами – Т-150, Т-150К.
7. Маса плуга, кН – 8,3.
8. Габаритні розміри, м:
  - ширина – 2,5;
  - висота – 1,2;
  - довжина – 4,3.



1 – балка, 2 – вилка, 3 – балка-кронштейн, 4 – балка повздожня,  
5 – поперечина, 6 – планка

Рисунок 3.3 – Рама модернізованого агрегату ПЛН-5-35

Культиваторні робочі органи, у формі стрілочастих лап, кріпляться на рамі (рис.3.3) при допомозі хомутів та кронштейнів, з'єднаних планками жорсткості, що дозволяє регулювати їх положення у горизонтальній та вертикальній площинах.

У процесі руху, плугові корпуси перекидають ґрунтові пласти, після чого культиваторні органи їх розпушують. Додаткове вирівнювання та обробка ґрунтових шарів виконується бороною-гребінкою.

Завдяки цьому агрегату продуктивність ґрунтообробних робіт може зрости на 15-20%.

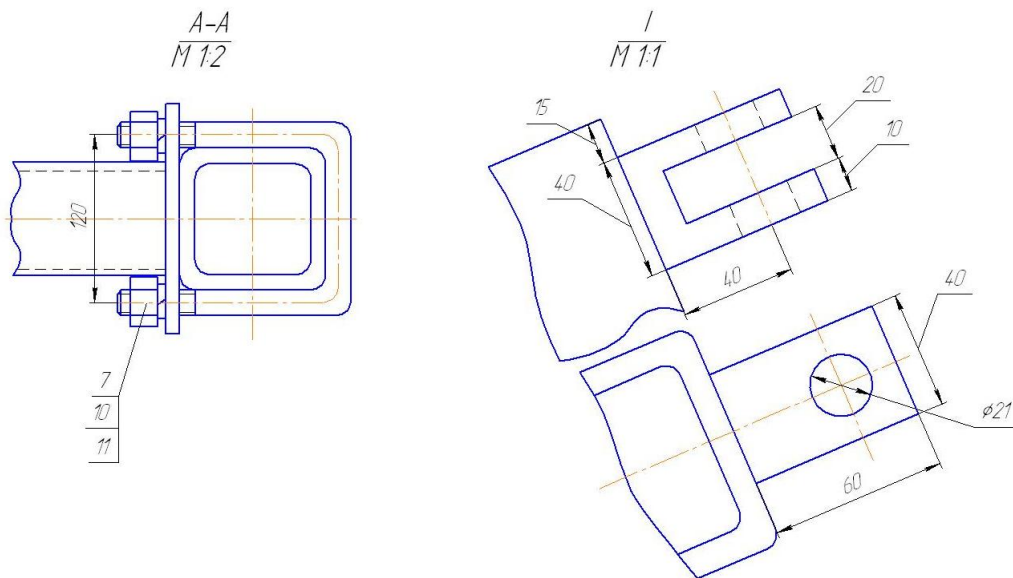


Рисунок 3.4 – Кріплення культиваторних робочих органів

## 3.2 Розрахунки елементів конструкції модернізованого агрегату

### 3.2.1 Розрахунок стійки плуга

Мета даного розрахунку полягає у виборі найоптимальнішого матеріалу

для виготовлення корпусної стійки, враховуючи вартісні та металомісткісні критерії. Завданням є здобуття даних для аналізу та вибору такої марки сталі, яка забезпечить мінімальну масу та вартість корпусної стійки.

З погляду міцності, найбільш складними умовами для роботи плуга є обробка ділянок поля з високою густиною ґрунту, наприклад, оранка польових доріг, попадання сторонніх предметів у орний шар, а також робота у блокованих умовах, наприклад, під час проходження першої борозни. У таких умовах значення навантажень на стійку корпуса може зростати в 2-3 рази [3].

Також передбачається, що із боку стінки борозни може відсутня реакція, як наприклад, при оранці сухих ґрунтів, коли стінка борозни може бути пухкою. В таких умовах взаємодія оброблюваного шару з корпусом плуга може бути представлена як дія згінних і крутних моментів, згідно схеми на рис.3.5 [3].

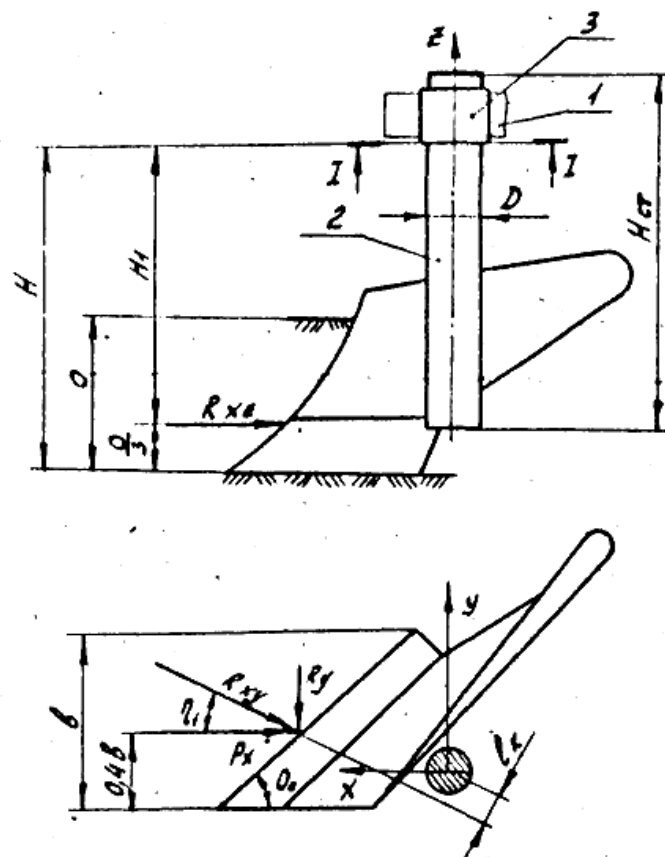


Рисунок 3.5 – Схема для розрахунків міцності стійки корпуса плуга

Визначимо силу опору корпусу з боку ґрунтового пласта у напрямку, протилежному руху агрегату [3]:

$$R_{XH} = \eta \cdot k \cdot a \cdot b, \quad (3.1)$$

де  $\eta=0,7$ .

Тоді

$$R_{XH} = 0,7 \cdot 9 \cdot 25 \cdot 35 = 5512,5 \text{ Н.}$$

У разі несприятливих умов ця сила збільшується в  $n$  разів:

$$R_X = n \cdot R_{XH} = 1,5 \cdot 5512,5 = 8268,7 \text{ Н,} \quad (3.2)$$

де  $n=1,3 - 3$ .

Величину кута між вектором руху корпусу та проекцією сили опору шару на горизонтальну площину визначимо за допомогою відповідної залежності:

$$\eta_1 = \frac{\pi}{2} - (\theta_0 + \varphi), \quad (3.3)$$

де  $\theta_0=0,663...0,785 \text{ рад}$ ;

$\varphi=0,262...0,349 \text{ рад}$ .

$$\eta_1 = \frac{3,14}{2} - (0,663 + 0,262) = 0,645 = 36,9^\circ.$$

Визначаємо величину поперечної сили в горизонтальній площині:

$$R_Y = R_X \cdot \operatorname{tg} \eta_1 = 8268,7 \cdot \operatorname{tg} 36,9^\circ = 6208,3 \text{ Н.} \quad (3.4)$$

Сумарне значення сили в горизонтальній площині



$$R_{XY} = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2} = \sqrt{8268.7^2 + 6208.3} = 10340. \quad (3.5)$$

Визначимо величину плеча дії сил  $R_X$  і  $R_Y$  відносно критичного перетину стійки корпусу [3]:

$$H_1 = H - \frac{a}{3}, \quad (3.6)$$

де  $H=65...85$  см.

$$H_1 = 0.65 - \frac{0.25}{3} = 0.56 \text{ м.}$$

Обчислимо згинальні моменти відносно осей X і Y, та величину крутних моментів відносно осі Z у найбільш навантаженому перерізі стійки:

$$M_X = R_Y \cdot H_1 = 6208.3 \cdot 0.56 = 3476.6 \text{ Нм}; \quad (3.7)$$

$$M_Y = R_X \cdot H_1 = 8268.7 \cdot 0.56 = 4630.5 \text{ Нм}; \quad (3.8)$$

$$M_{KP} = R_{XY} \cdot l_K = 10340 \cdot 0.04 = 413.6 \text{ Нм}, \quad (3.9)$$

де  $l_K=4$  см.

Величина приведенного моменту:

$$M_{np} = \sqrt{0.75 \cdot M_{KP}^2 + M_X^2 + M_Y^2} = \sqrt{0.75 \cdot 413.6^2 + 3476.6^2 + 4630.5^2} = 5801.4 \text{ Нм} \quad (3.10)$$

Прийнявши коефіцієнт запасу міцності  $[n]=3$ , визначимо допустимі значення напружень для різних марок сталі [10, 12]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[n]}. \quad (3.11)$$

Сталь 40    ГОСТ 4543-71     $[\sigma]_1 = \frac{400}{3} = 133.3 \text{ МПа};$

Сталь 45    ГОСТ 4543-71     $[\sigma]_2 = \frac{450}{3} = 150 \text{ МПа};$

Сталь 50    ГОСТ 4543-71     $[\sigma]_3 = \frac{700}{3} = 230.3 \text{ МПа};$

Сталь 38ХС    ГОСТ 4543-71     $[\sigma]_4 = \frac{750}{3} = 250 \text{ МПа}.$

Потрібне значення моменту опору згину круглого перерізу стійки розрахуємо за відповідною залежністю [10]:

$$W = \frac{M_{np}}{[\sigma]}. \quad (3.12)$$

Сталь 40    ГОСТ 4543-71     $W_1 = \frac{5801.4}{133.3} = 43.521 \cdot 10^3 \text{ мм}^3;$

Сталь 45    ГОСТ 4543-71     $W_2 = \frac{5801.4}{150} = 38.676 \cdot 10^3 \text{ мм}^3;$

Сталь 50    ГОСТ 4543-71     $W_3 = \frac{5801.4}{230.3} = 25.191 \cdot 10^3 \text{ мм}^3;$

Сталь 38ХС    ГОСТ 4543-71     $W_4 = \frac{5801.4}{250} = 23.206 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$

Значення розрахункових діаметрів стійок для різних марок сталей:

$$D = \sqrt[3]{10 \cdot W} . \quad (3.13)$$

Сталь 40    ГОСТ 4543-71     $D_1 = \sqrt[3]{10 \cdot 43.521 \cdot 10^3} = 0.145 \text{ м};$

Сталь 45    ГОСТ 4543-71     $D_2 = \sqrt[3]{10 \cdot 38.676 \cdot 10^3} = 0.129 \text{ м};$

Сталь 50    ГОСТ 4543-71     $D_3 = \sqrt[3]{10 \cdot 25.191 \cdot 10^3} = 0.084 \text{ м};$

Сталь 38ХС    ГОСТ 4543-71     $D_4 = \sqrt[3]{10 \cdot 23.206 \cdot 10^3} = 0.077 \text{ м}.$

Порівнюючи отримані результати з оптовими цінами на матеріал за марками сталі, можна зробити важливий висновок: використання вищої якості сталі, хоча і дорожче, зменшує металоємність і робить деталь та машину в цілому менш дорогавартісною.

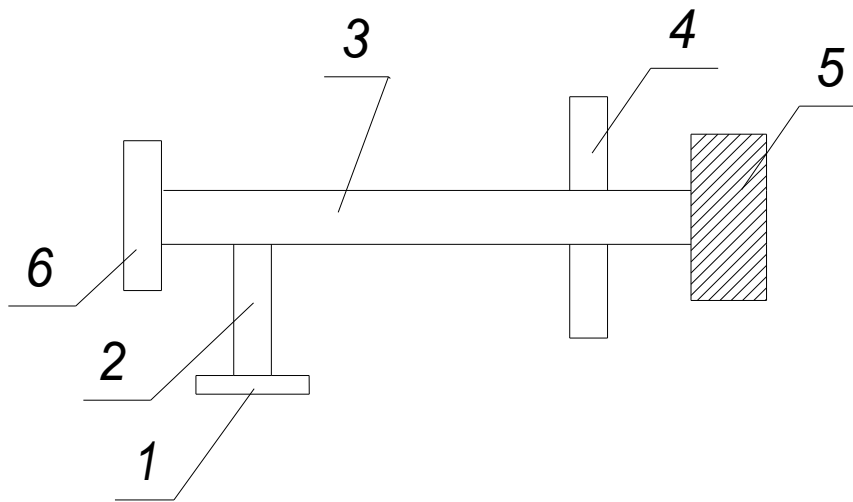
Тому виберем в якості матеріалу стійки - Сталь 38ХСГОСТ 4543-71.

### 3.2.2 Розрахунки елементів конструкції рами агрегату

В процесі модернізації базового ґрунтообробного агрегату, рама плуга ПЛН-5-35, пройшла ряд змін.

Під час робочого процесу ґрунт впливає на раму конструкції. За нашими спостереженнями, найбільш вразливим елементом рами є стійка, що кріпить культиваторну лапу.

На рис. 3.5 наведено схематичне зображення рами модернізованого агрегату.



1 – культиваторна стрілчаста лапа; 2 – стійка; 3 – брус; 4 – поперечина 1;  
5 – рама плуга; 6 – поперечина 2

Рисунок 3.5 – Схема рами модернізованого плуга ПЛН-5-35

Розрахуємо значення максимального згинального моменту, який діє на стійку [12]:

$$M_{\max} = R_x \cdot l, \quad (3.14)$$

де

$$R_x = K \cdot B, \quad (3.15)$$

де:  $K_x = 1,2 \dots 2,4$ ;

$$B = 0,33 \text{ м.}$$

Тоді

$$R_x = 2,4 \cdot 0,33 = 0,80 \text{ кН};$$

$$M_{\max} = 0,80 \cdot 0,6 = 0,48 \text{ кНм.}$$

В якості матеріалу стійки беремо сталь Ст. 3 (допустимі напруження  $[\sigma] = 160$  МПа).

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{32}} \leq [\sigma], \quad (3.16)$$

де  $W_{32} = \frac{b \cdot h^2}{6}$ .

Тоді

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot 6}{b \cdot h^2};$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0.48 \cdot 6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-2} \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2} = 26,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\max} = 26,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$

Таким чином, для сталі Ст. 3, використаної для стійки, міцність забезпечується.

### 3.3 Аналіз напружено-деформованого стану стрільчатої лапи та стійки

Стрільчата лапа ґрунтообробного агрегату прикріплюється до рами при допомозі стійки.

У програмі SolidWorks створимо твердотільну модель лапи закріпленої на стійці (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Модель стрілкової лапи

Проводимо аналіз напружено-деформованого стану стрілкової лапи.

Створюємо мережу кінцевих елементів на 3D-моделі культиваторної лапи (рис. 3.7, а).

Встановлюємо умови закріплення - защемлення в отворах кріплення стійки культиваторної лапи, та прикладаємо навантаження на лапу - силу опору ґрунту 800 Н, розподілену на робочій поверхні лапи (рис. 3.7, б).

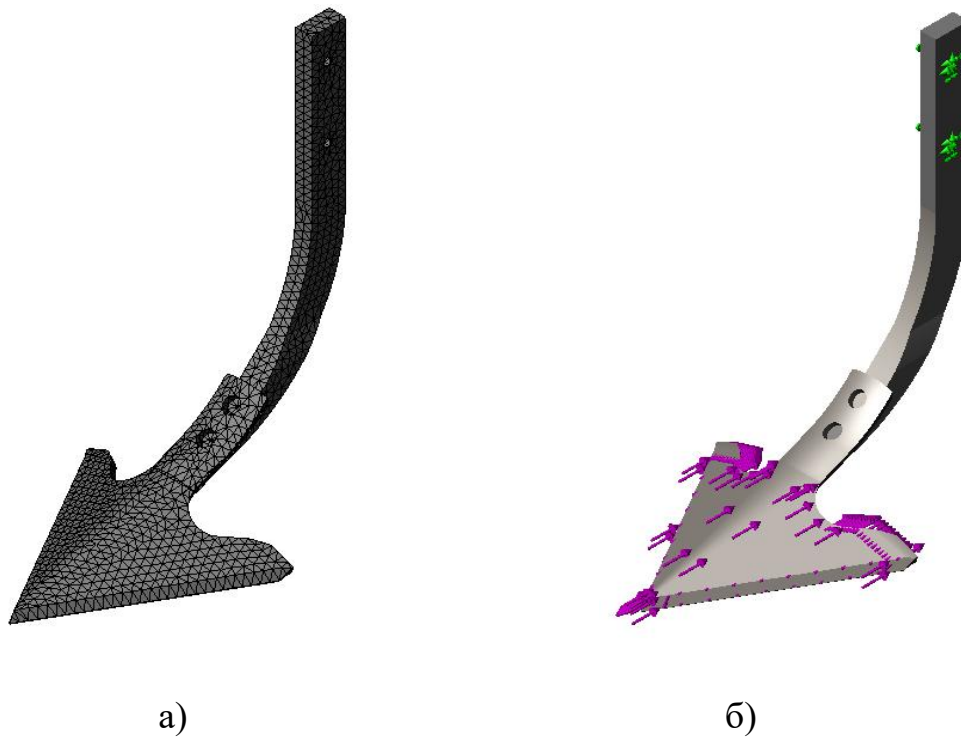


Рисунок 3.7 – Моделювання стріловидної лапи

Результати розрахунків напружено-деформованого стану стріловидної лапи представлені на рис. 3.8.

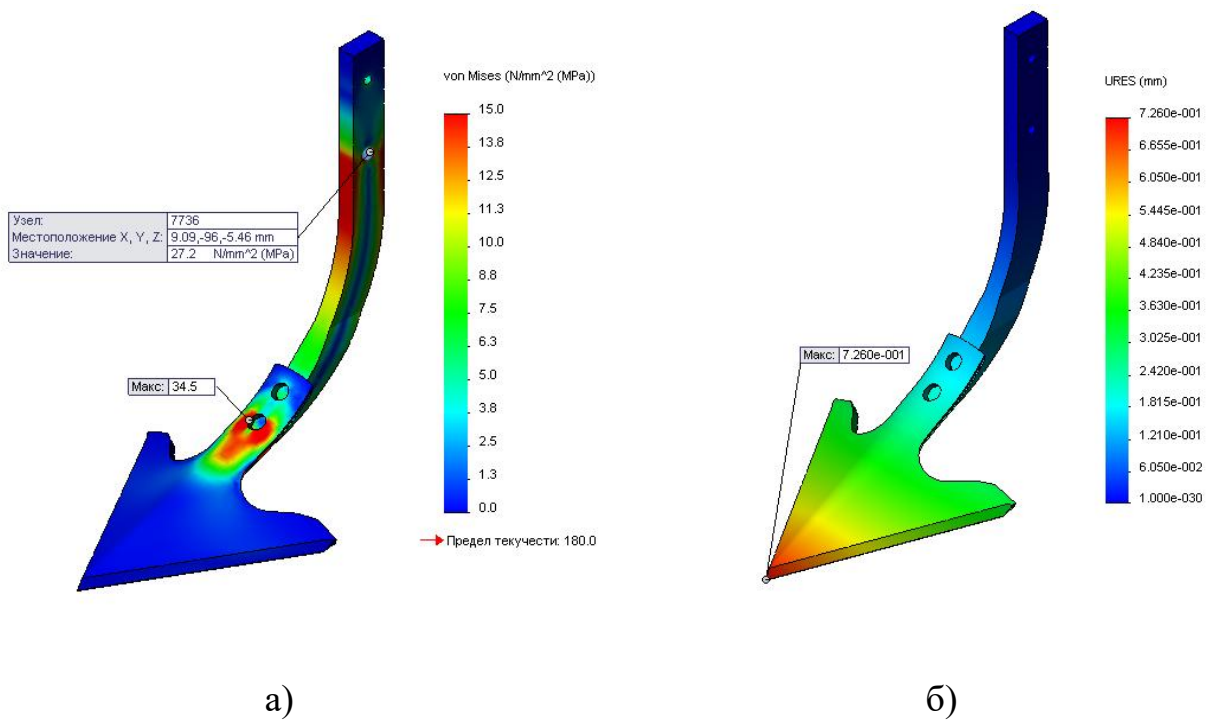


Рисунок 3.8 – Результати розрахунку НДС стріловидної лапи:  
а - напруження, МПа; б - переміщення точок, мм.

Як видно з результатів розрахунку, виконаного методом скінчених елементів, максимальні контактні напруження на рівні 34,5 МПа виявлені в місці приєднання лапи до стійки, а не в місці кріплення стійки до рами, де напруження становлять 27,2 МПа.

Максимальна деформація, яка відбувається в стійці лапи (згин), досягає приблизно 0,7 мм.

Розподіл коефіцієнтів запасу міцності по стріловидній лапі агрегату представлений на рис. 3.9.



Рисунок 3.9 – Розподіл запасів міцності по стріловидній лапі

Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності для стріловидної лапи агрегату приблизно становить 4.



## **4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Аналіз стану безпеки праці та організація контролю за її дотриманням при роботі з ґрунтообробними агрегатами**

Верховною Радою України прийнято закон, який відображає державну політику в сфері охорони праці і базується на наступних основних принципах:

- соціальний захист працівників, повна компенсація збитків особам, що потерпіли від нещасливих випадків на виробництві і професійних захворювань;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для усіх видів підприємств незалежно від форми власності і видів їхньої діяльності;
- використання економічних методів охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду в організації роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Використання цих принципів на практиці вимагає знання багатьох галузей науки і техніки, однак, тільки такий усебічний підхід до питань охорони праці, може забезпечити необхідний захист здоров'я і життя працівників.

Не менш важливою умовою даної роботи є облік необхідних вимог безпеки вже на етапі конструювання нової техніки, що дозволяє послабити чи навіть усунути небезпечні фактори на самому ранньому етапі.

Відповідно до закону України "Про охорону праці" відповідальними за безпечний стан робочих місць є безпосередні керівники робіт, що забезпечують відомчий контроль (голова фермерського господарства).

При господарських взаємодіях, ситуаціях купівлі-продажу, оренди, передачі об'єктів у розпорядження відповідальних осіб, передача права володіння матеріальною відповідальністю однієї особи іншій спричиняє юридичну відповідальність за стан безпеки переданої технічної системи у виді об'єкта (машинної системи), процесу (технологічної системи).

Юридична особа несе відповідальність за раціональне використання

виробничих ресурсів, основні з яких - матеріальні, трудові, фінансові. Юридична особа може покласти спеціальні функції і на інші особи, забезпечивши їхню атестацію.

Мобільні робочі місця (у даному випадку трактор з комбінованим ґрунтообробним агрегатом) складають основну частку в матеріальних ресурсах і, через їхню підвищену небезпеку, поряд з матеріальною вимагають додаткової відповідальності за їх технічний стан і безпечну експлуатацію.

Ці види відповідальності залежать від організаційної структури господарства, набору кваліфікаційних вимог до атестовуваних фахівців. Тому в процесі господарської діяльності є необхідним розподіл відповідальності між особами, що забезпечують керування виробничими процесами.

Якщо матеріально відповідальна особа не може бути атестована, як відповідальна за безпечний стан підвідомчої техніки, це покладається на старшого фахівця, що має відповідну освіту та допуск.

Якщо техніка передається на обслуговування як зовнішня послуга, то в умовах договору визначається відповідальна особа. (В умовах фермерського господарства, а особливо невеликих господарств, як правило вся відповідальність полягає на голові.)

#### **4.2 Заходи із техніки безпеки при роботі на ґрунтообробних машинах**

Перед виїздом в поле перевіряють справність машин, надійність кріплень запобіжних огорожень передаточних механізмів: зубчастих передач, карданних валів і т.п. Крім того, огляду підлягають сидіння, драбинки, платформи, перила, підніжки, зчпні пристрої, надійність і правильність кріплень пальців до бруса ріжучого апарату і міцність з'єднання сегментів ножа. Перевіряють, чи є на машині необхідні чистки для очищення ріжучого апарату від рослинних решток, а також комплект справного інструменту і первинні засоби гасіння пожежі.

В ґрунтообробних машинах оглядають кріплення підшипників ножового барабану, подрібнювачів і їх ножів. Замки кожуха барабану повинні щільно утримувати кожух і самовільно не відкриватися. Поміж лезами ножів барабану і проти різальної пластиною залишають зазор.

Запасні ножі ротаційних фрезерних машин зберігають в дерев'яних чохлах на стані. Однак якщо ніж знаходиться на барабані, його кладуть так, щоб він не наніс травми під час регулювань і технічного обслуговування.

Усі органи управління збиральною машиною повинні легко переміщуватися в потрібному напрямку і надійно фіксуватись у встановленому положення. Причіпні машини повинні мати двохсторонню звукову сигналізацію.

Перед виїздом машини на поле спочатку прокручують вручну всі робочі органи, потім заводять двигун і вмикають вал відбору потужності при малій частоті обертання. Особливо уважно перевіряють роботу ріжучого апарату, транспортерів, молотильного барабану, рульового керування, гальмів, системи освітлення і сигналізації.

Робоче місце тракториста звільняють від усіх сторонніх предметів.

На кожному тракторі повинна бути аптечка для надання першої допомоги і бачок чи термос з питною водою.

Всі трактористи забезпечуються індивідуальними засобами захисту – очками і рукавичками.

Під час зчіпки і від'єднання машин не можна підходити до зчіпного пристрою зі сторони ріжучих і підбираючих апаратів.

Перед тим як почати рух, необхідно дати попереджувальний сигнал і перевірити, чи не має людей попереду і збоку машини.

Тракторист повинен рухатися строго по затвердженому маршруту. Поле повинне бути попередньо оглянуте та підготоване; відмічені усі небезпечні місця і зроблені відповідні обкоси та прокоси.

Забороняється самовільно змінювати склад агрегату і допускати сторонніх осіб на агрегат. На тракторі під час його руху може знаходитись

лише тракторист або його помічник (якщо має посвідчення).

Усі регулювальні і ремонтні роботи повинні виконуватись після зупинки комбайна і двигуна.

Забороняється надягати паси і ланцюги на шків і зірочки під час роботи комбайна.

Перед проведенням регулювальних або ремонтних робіт в молотильному апараті глушать двигун і знімають привідний пас із шківа барабану. Не можна повертати барабан молотарки в той момент, коли руки знаходяться між білами барабану і декою.

Під час роботи систематично перевіряють дію рульового керування і гальмів. Після зупинки машини обов'язково переводять важіль коробки передач в нейтральне положення, і вмикають гальмо.

Щоб замінити ножі ріжучого апарату, які затупилися, машину зупиняють, глушать двигун і вимикають механізм, що приводить в рух ніж. Виймають і вставляють ніж в пальцевий брус за допомогою шатуна: підтримувати і направляти ніж при заїданні його в пальцевому брусі, необхідно дерев'яним стержнем (ні в якому разі не руками).

Під час роботи трактора забороняється підправляти навислі і видаляти намотані стебла, підштовхувати їх до живильних вальців. Не можна перевіряти стан робочих органів руками і відкривати кришки кожухів і оглядові люки ріжучих барабанів, подрібнювального апарату і інших механізмів під час їх дії.

На підвищених швидкостях агрегати можуть працювати тільки на добре оброблених вирівняних ділянках. Поворот трактора дозволяється здійснювати при швидкості не більше 3-4 км/год.

Після виконання яких-небудь ремонтних і регулювальних робіт в польових умовах не можна залишати на конвеєрах тракторів інструмент, кріпильні матеріали і сторонні предмети.

Під час роботи ґрунтообробних машин, в повітрі накопичується багато органічного пилу і легкозаймистих рослинних решток, тому необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки: не можна запалювати сірники,

палити, користуватися відкритим вогнем. На ділянках де працюють ротаційні ґрунтообробні агрегати не можна допускати присутності сторонніх осіб, влаштовувати на них місця відпочинку, лежати і харчуватись.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основна мета цієї кваліфікаційної роботи полягає в удосконаленні процесу механізації комплексної обробки ґрунту через модернізацію плуга ПЛН-5-35.

У роботі досліджено особливості технологій і методів обробки ґрунту, проаналізовано агротехнічні вимоги до комплексної обробки ґрунту та надано обґрунтування технологій для виконання комплексної обробки ґрунту.

Ми запропонували комбінований ґрунтообробний агрегат на базі плуга ПЛН-5-35, призначений для комплексної обробки ґрунту (оранка, культивування, вирівнювання), за допомогою використання додаткових робочих органів.

Також були проведені розрахунки техніко-економічних показників удосконаленого агрегату (для порівняння використано базову модель плуга ПЛН-5-35).

У проектній частині цієї кваліфікаційної роботи представлено обґрунтування комбінованого ґрунтообробного агрегату, створеного на основі плуга ПЛН-5-35, і здійснено розрахунки для елементів конструкції, що піддаються найбільшому навантаженню в модернізованому агрегаті.

Проаналізовано стан охорони праці та організацію контролю за дотриманням вимог безпеки при використанні ґрунтообробних агрегатів, а також розроблено заходи з техніки безпеки для роботи на таких машинах.

Розрахунки показників ефективності використання агрегату вказують, що собівартість робіт з комплексного обробітку ґрунту становить 1104,4 грн/га при змінній продуктивності агрегату 10,5 га/зм.

Запропонований агрегат дозволяє інтегрувати кілька сільськогосподарських операцій, таких як оранка, культивування та вирівнювання ґрунту, забезпечуючи повну підготовку ґрунту до посіву одразу після проходження знаряддя.

Завдяки застосуванню ґрунтообробного агрегату продуктивність праці може зрости на 15-20%.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабицький А.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. Київ: "Урожай", 1998 р.
2. Білоножко М.А. Рослинництво з основами землеробства /М.А. Білоножко, І.С. Руденко, В.І. Мойсеєнко та ін. К.: Урожай, 1986. 224 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга, 2008. 450 с.
4. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін., // За ред. В.Ю.Зінченка. К.: Урожай, 1993. 288 с.
6. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
7. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
8. Засуха В. Забезпечення агрофірм сучасною ґрунтообробною технікою та ефективність її використання. Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу [Електронний ресурс]: стаття / В. Засуха // Режим доступу до статті.: <http://www.galmash.com/technol.php?ln=ukr>.
9. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.

10. Опір матеріалів. / Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. К.: Вища школа, 1974. 304 с.
11. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: [http://ipal.at.ua/publ/okhorona\\_praci/mozhlivi](http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi)
12. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлице. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
13. Пивовар В. Вітчизняна техніка для основного обробітку ґрунту [Електронний ресурс]: стаття / В. Пивовар // Режим доступу до статті.: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=3322&number=110>
14. Скоцик В.Є. Оранка, мінімальний обробіток чи ноутіл? (точка зору науковців НАУ та спеціалістів АМАКО) / В.Є.Скоцик, С.П. Танчик, С.М. Бовсуновський // АМАКО ІНФОРМ Інформаційно науково-технічне видання. 2008. Вип. 1/2008. С. 12-15.
15. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. Харків: ХДТУСГ, 2001. 173 с.
16. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
17. Nevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
18. Roman Nevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.



## **ДОДАТКИ**