

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему:

Модернізація ярусного плуга з розробкою опорного колеса

Виконав здобувач вищої освіти ІV  
курсу, групи ГМ-22мб

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

\_\_\_\_\_ Тітченко Максим Володимирович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Юрій МАЧОК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доц., д.т.н.

\_\_\_\_\_ Володимир ЯЦУН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«   »     2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Тітченка Максима Володимировича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація ярусного плуга з розробкою опорного колеса

2. Керівник роботи (проекту) Мачок Юрій Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 11.06.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Мачок Ю.В.		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання літературного огляду	25.02.2025 р.	
2	Виконання другого розділу роботи	25.03.2025 р.	
3	Виконання конструкторської частини	15.05.2025 р.	
6	Оформлення роботи та підготовка до захисту	06.06.2025 р.	

Дата видачі завдання  
«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)





## 1. Вступ

Підготовка поля до вирощування культурних рослин визначає можливість отримання високого урожаю. Останні роки можна спостерігати дві основні тенденції в цьому плані. Перше спрямування - мінімізація обробітку ґрунту (технології mini-till, strip-till, no-till); друге - глибоке розпушування глибокорозпушувачами, чизельними плугами тощо. В основі обох спрямувань лежить ґрунтозбереження та відмова від обертання скиби. Технології мінімального обробітку передбачають також ресурсозбереження. Але ні ті, ні інші не можуть створити сприятливі умови розвитку рослин [14].

Наразі оранка залишається основним методом механічного обробітку ґрунту та проводиться на майже половині посівних площ України. Для її виконання використовують відвальні плуги загального або спеціального призначення, обрані відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і типу вирощуваної культури. Під час проведення оранки в більш глибокі шари ґрунту заробляються рослинні і поживні залишки, бур'яни та їх насіння решток, заздалегідь розподілені по поверхні добрива, як органічні так і мінеральні, шкідники, збудники хвороб. Важливим агротехнічним заходом є глибока оранка [13].

Актуальність глибокої оранки під просапні культури, такі як цукрові буряки, соняшник, кукурудза залишається високою, особливо в контексті отримання стабільних та високих врожаїв. Вона є ефективним інструментом для формування оптимальних умов для розвитку кореневої системи, накопичення вологи та боротьби з бур'янами. Проте, її застосування має бути обґрунтованим та відповідати конкретним умовам господарства.

Глибоку оранку більше 30см забезпечують ярусні плуги. Це плуги вітчизняного виробника. Як і всі сільськогосподарські машини вони мають певні переваги та недоліки в порівнянні з машинами аналогічного призначення в конструктивному чи технологічному плані.

					ПНЯ 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	Медокум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Тітченко				Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок						6	33
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ		
Затвер.	Васильковський					гр. ГМ-22мб		

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення ярусного плуга для забезпечення його технологічної та конструктивної надійності.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7





Рис. 2.1. Ярусний плуг ПНЯ 4-42.

Глибину оранки встановлюють переміщенням вгору або вниз опорного колеса за допомогою гвинтового регулювального механізму.

Таблиця 2.1

Технічна характеристика плуга

№ п/п	Показники	Одиниця Виміру	Значення
1.	Погодинна продуктивність	га / год	1,2 – 1,55
2.	Робоча швидкість	км / год	до 8
3.	Ширина захвату - корпусу верхнього ярусу - корпусу нижнього ярусу	м м	0,425 ± 0,01 0,425 ± 0,01
4.	Конструктивна ширина захвату	м	1,68 ± 0,05
5.	Глибина оранки	м	0.25...0.35
6.	Маса плуга	кг	1050 ± 30
7.	Відстань між корпусами вздовж рами	м	0,995 ± 0,02
8.	Відстань між опорною поверхнею лемішів корпусів нижнього ярусу та нижньою поверхнею рами	м	0,7 ± 0,01
9.	Кількість корпусів нижнього ярусу	шт	4
10.	Тип робочої (лемішно-полицевої) поверхні корпусів - верхнього ярусу - нижнього ярусу		напівгвинтовий культурний
11.	Швидкість транспортна, до	км / год	15
12.	Термін служби	років	9

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПНЯ 00.000 ПЗ

Арк.

9





Цей плуг здатний обробляти ґрунт на глибину до 30–35см. Однак навіть поверхневий аналіз конструкції виявив досить суттєві недоліки, зокрема у параметрах корпусів. Ширина захвату одного корпусу становить лише 30см, а загальна ширина плуга - 120см, що для чотирьокорпусного агрегату є недостатнім. Згідно з технічними характеристиками, корпуси мають циліндричну лемішно-полицеву конструкцію, яка викликає сумніви щодо їх ефективності на важких ґрунтах. Крім того, є питання до надійності начіпної системи плуга. Зокрема, відсутність бокових стояків, що утримували б кронштейн, до якого кріпиться розкос, може спричинити проблеми в експлуатації. Виробник заявляє про можливість регулювання ширини захвату переднього корпусу, але виникає логічне запитання: чому ця опція не передбачена для всіх корпусів. А от опорне колесо має металевий обід, що дозволяє виготовляти його на власних потужностях, та уникнути недоліків попередньої конструкції.

Поставлене завдання можна виконати й за допомогою плуга вітчизняного виробництва ПН 4-40, хоча з дещо меншою продуктивністю. (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Плуг ПН 4-40.

Його було спроектовано також для глибокого розпушування до 35см під цукрові, кормові буряки, кукурудзу тощо. Проте, на відміну від плуга ПНЯ 4-42, він менш якісно перевертає та подрібнює скибу, а також не так ефективно загортає рослинні залишки.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12





Ми пропонуємо замінити серійне опорне колесо на модель штампо-зварної конструкції діжкоподібного типу. Запровадження такої конструкції у виробництво сприятиме зменшенню маси колеса і збільшенню довговічності підшипникового вузла.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15











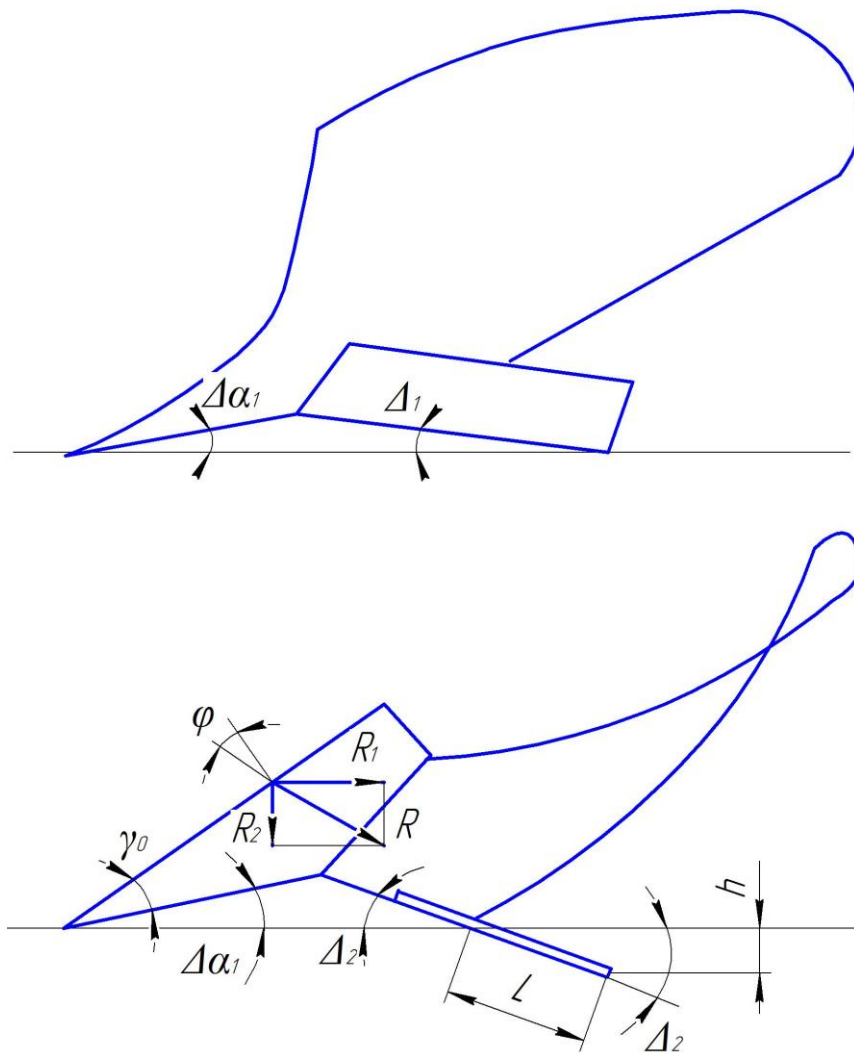


Рис. 3.3. Установка польової дошки

### 3.1.4. Вибір основних параметрів леміша

В процесі роботи плуга леміш виконує функцію підрізання шару ґрунту, піднімаючи його та спрямовуючи на поверхню полиці. Від правильного вибору параметрів леміша та його належної підготовки суттєво залежить якість і економічність процесу оранки. На цю деталь припадає приблизно 40% енерговитрат, що становить 50...60% від загального опору плуга [1,11].

За умови, що лезо леміша встановлено нормально до напрямку вектору швидкості різання, його геометрію можна зобразити наступним чином (рис. 3.4).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

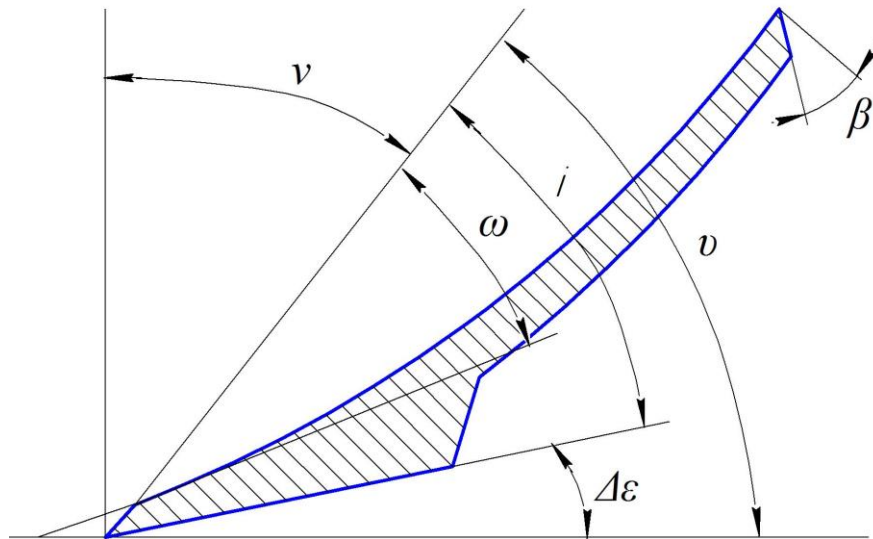


Рис. 3.4 Геометрія леміша.

Задній кут  $\Delta\epsilon$  знаходиться в межах

$$5^\circ \leq \Delta\epsilon \leq 10^\circ$$

Приймаємо кут  $\Delta\epsilon = 6,5^\circ$

Кут  $i$  загострення леза визначає якість процесу різання ґрунту, тяговий опір ґрунту. Найбільш якісно леміш виконує свої функції за умови, що значення цього кута лежить в межах  $25 \leq i \leq 35^\circ$  [11]. Приймаємо  $i = 30^\circ$ . Інші геометричні параметри:

$$\text{Кут різання } \vartheta = i + \Delta\epsilon = 30^\circ + 6,5^\circ = 36,5^\circ;$$

$$\text{Передній кут } \nu = \frac{\pi}{2} - \vartheta = 90^\circ - 36,5^\circ = 53,5^\circ$$

Кут  $\beta$  призначаємо  $\beta = 10^\circ$ .

### 3.1.5. Розрахунок параметрів опорного колеса

В процесі оранки опорне колесо плуга знаходиться під дією сили  $Q$  (рис. 3.5) та відхилена на кут  $\varphi = 5 \dots 10^\circ$  від вертикалі [1,8,11].

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата









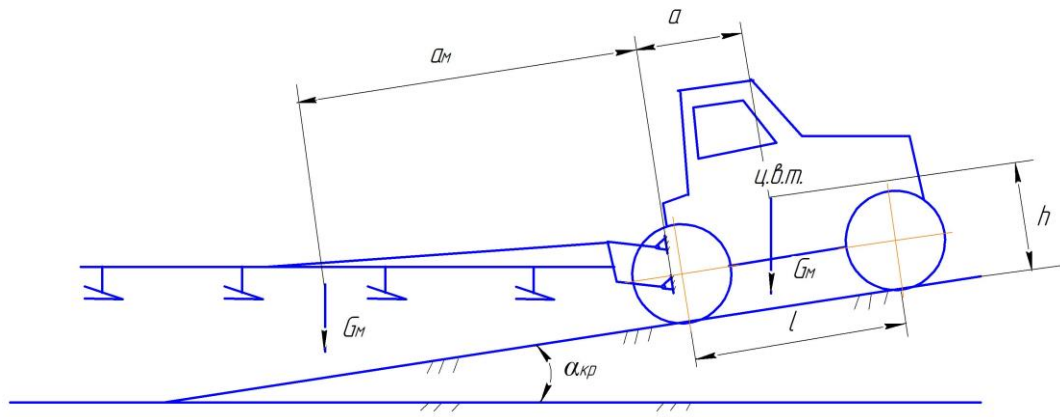


Рис. 3.6. Розрахункова схема агрегату

$a = 1,82\text{ м}$  - повздожня координата центру мас трактора по відношенню до ведучих коліс, м. (рис. 3.6)

Тоді

$$x_n = \frac{10,5 \cdot 1,82}{76,0 \cdot 1,82} = 0,14 \text{ р } [0,4]$$

Повздожня стійкість агрегату забезпечується.

Критичний кут нахилу схилу, при якому може працювати даний агрегат без аварійних ситуацій.

Критичний кут нахилу схилу визначимо за формулою:

$$tg \alpha_{кр} = \left( \frac{tg \alpha_{гран} \cdot (1 - X_n)}{1 + \delta_n} \right) - f \quad (3.27)$$

$$\text{де } tg \alpha_{гран} = \frac{a}{h} = \frac{1,82}{0,966} = 1,88$$

$h = 0,966\text{ м}$  - вертикальна координата центру мас трактора;

$f = 0,1$  - коефіцієнт перевертання;

$$\delta_n = \frac{G_M}{G} = \frac{10,5}{76} = 0,14$$

Тоді,

$$tg \alpha_{кр} = \left( \frac{1,88(1 - 0,14)}{1 + 0,14} \right) - 0,1 = 1,318$$

Звідси

$$\alpha_{кр} = \arctg 1,318 = 52^{\circ}48'$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата





#### 4. Висновки.

В даній кваліфікаційній роботі виконано всі розділи передбачені завданням.

Обґрунтовано актуальність теми та встановлено мету кваліфікаційної роботи.

Наведено огляд конструкцій плугів вітчизняного та закордонного виробництва, які забезпечують глибоку оранку під просапні культури, встановлено недоліки конструкції ярусного плуга ПНЯ 4-42 та запропоновано шляхи модернізації.

В конструкторській частині було вдосконалено конструкцію опорного колеса. Замість серійного опорного колеса запропоновано встановити штамповане колесо діжковидного типу. Впровадження цієї конструкції у виробництво сприятиме зменшенню маси та підвищенню довговічності підшипникового вузла. Наведені інженерні розрахунки підтверджують доцільність запропонованої модернізації.

У ході роботи були розроблені заходи для безпечного використання орного агрегату.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30





# Додатки

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33