

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

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого
грунтообробного агрегату з дослідженням впливу технології обробітку
на показники родючості ґрунту**

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Дзьобан В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дзьобану Владиславу Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату з дослідженням впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту

Керівник роботи Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи _____

Технічні характеристики комбінованого ґрунтообробного агрегату,
ширина захвату – 3 м, продуктивність агрегату – 0,8 га/год, робоча швидкість – 3,5 км/год.

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

Реферат. Вступ. 1. Загально-технічний розділ. 2. Аналітико-дослідницький розділ.

3. Проектно-рекомендаційний розділ. 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Загальні висновки.

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

1. Комбінований ґрунтообробний агрегат. Загальний вигляд. 2. Навіска центральна. СК

3. Опорне колесо. СК 4. Зчіп. СК. 5. Сниця. Загальний вигляд. 6. Деталювання.

7. Дослідження НДС стрілкової лапи. 8. Дослідження впливу технології обробітку.

9. Результати досліджень.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Сенчишин В.С., доцент		
	Стручок В.С., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

14.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	30.11.2025 р.	
2	Аналітико-дослідницький розділ	15.11.2025 р.	
3	Проектно-рекомендаційний розділ	30.11.2025 р.	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	10.12.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	15.12.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Специфікації	20.12.2025 р.	

Студент

(підпис)

Дзьобан В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Дзьобан Владислав Іванович.

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату з дослідженням впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту».

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

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Одним із ключових елементів технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур є обробіток ґрунту, який формує його фізичний стан, забезпечує сприятливі умови для проростання насіння, розвитку кореневої системи та доступності вологи й поживних речовин.

У традиційних системах землеробства переважають багатопрохідні технології обробітку – оранка, культивація, боронування, вирівнювання, передпосівне ущільнення. Зростаюча інтенсивність обробітку стимулює деградаційні процеси, зокрема зменшення вмісту органічної речовини та погіршення показників родючості.

Попри наявність широкої номенклатури комбінованих ґрунтообробних машин, науково обґрунтований підхід до вибору параметрів робочих органів часто відсутній або виконаний без урахування агрофізичних властивостей ґрунтів конкретного регіону, їх структури, щільності, вологості та рівня гумусу.

Формування ефективної системи обробітку повинно ґрунтуватися на поєднанні раціональних робочих органів комбінованих агрегатів із технологіями, що мінімізують механічний вплив і максимально зберігають потенціал родючості.

Таким чином, обрана тема є актуальною, важливою для розвитку сучасної

грунтообробної галузі та формування енергоощадних, екологічно орієнтованих та ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту.

Мета роботи

Метою кваліфікаційної роботи є наукове обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату та встановлення впливу технологій обробітку на показники родючості ґрунту.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Процес взаємодії робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом.

Предмет дослідження. Конструктивні параметри робочих органів та показники родючості ґрунту, що змінюються під впливом комбінованого обробітку.

Методи дослідження. Аналітичні, експериментальні, математичного моделювання, лабораторні та польові дослідження агрофізичних властивостей ґрунту, методи статистичної обробки результатів.

Отримані результати:

- проведено аналіз впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту, такі як структурний стан, водно-повітряний режим, щільність, температуру, біологічну активність та гумусний баланс;
- розглянуто вплив технологій обробітку на показники родючості ґрунту і напрями сучасних досліджень у галузі комбінованих ґрунтообробних агрегатів;
- досліджено вплив різних технологій обробітку ґрунту на його основні агрофізичні, фізико-хімічні та біологічні показники родючості, що формують умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур;
- проведено обґрунтування параметрів лап комбінованого ґрунтообробного агрегату;
- здійснено розрахунки тягового опору ґрунтообробного агрегату;
- проведено аналіз напружено-деформівного стану розпушувальної лапи;
- розглянуто вимоги охорони праці при виконанні робіт на комбінованих ґрунтообробних агрегатах та висвітлено питання безпеки при роботі з ґрунтообробними агрегатами в аварійних ситуаціях.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні закономірностей впливу конструктивних параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату на формування агрофізичного стану ґрунту та в уточненні моделей зміни показників родючості залежно від режимів роботи агрегату.

Можливості використання запропонованих параметрів та налаштувань робочих органів для підвищення ефективності системи обробітку ґрунту, покращення його структури та збереження родючості, що забезпечує збільшення врожайності й зменшення енергетичних витрат при виконанні польових робіт.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались VIII Міжнародній студентській конференції „Природничі та гуманітарні науки“, Тернопіль, 24-25 квітня 2025 року.

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 – 69, додатки – 6 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 16 арк. формату А4.

Ключові слова: ґрунтообробний агрегат, показники родючості ґрунту, біологічна активність ґрунту, технологія обробітку

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

φ – величина кута тертя бур'яну по лезі, град.;

Δb – величина перекривання між лапами, мм;

i – кількість бур'яну на одиниці величини площі ділянки, %;

L – довжина середньої лінії трапеції, мм;

Δh – значення висоти трапеції ABCD, мм;

d – величина середнього діаметру стебел бур'янів, мм;

q – величина питомого опору ґрунту, Н/мм;

b – ширина захвату лапи, мм.

n – число лап в ряд, шт.

ЗМІСТ

ВСТУП -----	9
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ-----	11
1.1 Аналіз впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту	11
1.2 Опис ґрунтообробного агрегату	15
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	17
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ -----	21
2.1 Сучасний стан і напрями досліджень впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту	21
2.2 Дослідження впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту	26
2.3 Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту	33
3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Обґрунтування параметрів лап комбінованого ґрунтообробного агрегату	37
3.1.1 Конструктивні розрахунки розпушувальної лапи	37
3.1.2 Вибір способу розміщення лап на рамі	47
3.2 Розрахунок тягового опору ґрунтообробного агрегату	50
3.3 Аналіз напружено-деформівного стану розпушувальної лапи	53
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Охорона праці при експлуатації ґрунтообробних агрегатів	58
4.2 Заходи безпеки при роботі з ґрунтообробними агрегатами в аварійних ситуаціях	61
Загальні висновки	64
Перелік посилань-----	66
Додатки-----	69

ВСТУП

Сучасне сільське господарство функціонує в умовах зростаючого антропогенного навантаження, кліматичних змін та необхідності забезпечення стабільної продуктивності агроценозів.

Одним із ключових чинників ефективності рослинництва є раціональна система обробітку ґрунту, яка забезпечує підтримання фізичних, фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту на рівні, оптимальному для росту та розвитку культурних рослин.

У цьому контексті важливого значення набуває застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що поєднують декілька технологічних операцій за один робочий прохід, знижують енерговитрати та сприяють збереженню родючості ґрунту.

Традиційні системи основного та передпосівного обробітку ґрунту часто характеризуються значною кількістю проходів техніки, що призводить до ущільнення орного шару, порушення структури, збільшення витрат пального та трудомісткості.

Використання комбінованих агрегатів дозволяє мінімізувати ці негативні чинники завдяки поєднанню функцій розпушування, кришіння, вирівнювання та ущільнення у межах однієї агрегатної схеми. Ефективність роботи таких машин значною мірою залежить від конструктивно-технологічних параметрів їх робочих органів, які визначають якість виконання операцій, енергетичні витрати, вплив на ґрунт та, відповідно, рівень його родючості.

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень у галузі ґрунтообробних машин, питання оптимізації параметрів робочих органів саме комбінованих агрегатів у контексті збереження родючості ґрунтів на сьогодні залишаються недостатньо розробленими.

Зокрема, потребують уточнення закономірності формування агрофізичного стану ґрунту під дією різних робочих органів, взаємозв'язок конструктивних параметрів із глибиною розпушування, ступенем кришіння,

ущільненням, вологоутримувальною здатністю та біологічною активністю ґрунту. Важливим є також встановлення залежностей між технологією комбінованої обробки та зміною показників родючості, адже саме вони визначають кінцеву урожайність та довгострокову продуктивність агроландшафту.

Актуальність теми визначається необхідністю переходу до ресурсозберігаючих технологій та гармонізації систем землеробства з екологічними вимогами.

Оптимізація конструкції робочих органів комбінованих агрегатів з урахуванням їх впливу на ґрунтові процеси є важливою передумовою підвищення ефективності виробництва та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту

Рациональна система обробітку ґрунту є ключовим чинником збереження та відтворення родючості, оскільки впливає на структурний стан, водно-повітряний режим, щільність, температуру, біологічну активність та гумусний баланс.

Різні технології обробітку (традиційна оранка, різноглибинне розпушування, поверхневий обробіток, мінімальний та нульовий обробіток) формують різні агрофізичні умови, які безпосередньо визначають продуктивність агроценозів [7].

Проведемо детальний аналіз того, як вибір способу обробітку впливає на основні показники родючості ґрунту.

Вплив технології обробітку на структурний стан ґрунту

Структура ґрунту є визначальним елементом його родючості, оскільки саме стійкі агрегати діаметром 0,25–10 мм забезпечують оптимальні умови для повітрообміну, водопроникності та коренеутворення.

Технології обробітку формують структуру по-різному [6]:

Оранка:

- формує дрібногрудочкуватий шар у верхньому горизонті, але нижче може створювати плужну підшову;
- збільшує частку дрібних агрегатів (<1 мм), що підвищує ризик запливання та кіркоутворення;
- потребує додаткового кришіння та вирівнювання.

Глибоке розпушування:

- сприяє формуванню крупногрудочкуватої структури, поліпшує повітрообмін;

- руйнує ущільнені горизонти, підвищує пористість та водопроникність;
- забезпечує довготривале покращення структури за рахунок зменшення механічного впливу на ґрунт.

Поверхневий і мінімальний обробіток:

- зберігає природну грудочкуватість;
- сприяє накопиченню рослинних решток і утворенню мульчуючого шару;
- покращує структуростійкість за рахунок гумусоутворення в поверхневому шарі.

No-till:

- практично не руйнує структуру;
- формує природний агрорегулятивний профіль, але може накопичуватися
- ущільнення в підповерхневих горизонтах;
- підвищує сукупність стабільних агрегатів.

Вплив технології обробітку на щільність ґрунту

Щільність є інтегральним показником фізичного стану. Оптимальна щільність для більшості культур становить 1,1–1,3 г/см³.

Оранка знижує щільність у верхньому горизонті, але створює ущільнення на глибині 20–35 см; часте виконання сприяє деградації структури.

Глибоке розпушування та чизелювання ефективно зменшує щільність у підорному шарі, забезпечуючи глибше проникнення коренів; забезпечує тривалий розпушений стан (2–3 роки).

Мінімальний обробіток формує помірну щільність (1,30–1,35 г/см³), що є сприятливим для структуроутворення; знижує механічний тиск на ґрунт за рахунок зменшення кількості проходів техніки.

Нульовий обробіток: щільність поступово зростає, але структуру утримують корені та ґрунтові організми; формується біопористість за рахунок діяльності черв'яків та мікроорганізмів.

Вплив технологій обробітку на водно-повітряний режим ґрунту

Раціональна технологія забезпечує рівномірний розподіл вологи; оптимальне співвідношення макро- і мікропор; зменшення втрат вологи шляхом випаровування.

Традиційний обробіток забезпечує значні витрати вологи під час обробітку; меншу інфільтрацію через дрібногрудочкувату структуру; є ризик утворення кірки.

Комбінований та мінімальний обробіток забезпечує достатнє накопичення вологи в ґрунтовому профілі; збереження мульчі знижує випаровування; кращий повітряний режим завдяки природній структурі.

No-till забезпечує найменші втрати вологи; кращий режим інфільтрації; проте можливе надмірне ущільнення за надвологих умов.

Вплив на біологічну активність ґрунту

Біологічна активність напряму пов'язана з гумусоутворенням, розкладом рослинних решток та формуванням стійкої структури [13].

Традиційні системи:

- інтенсивний обробіток знижує активність мезофауни;
- спостерігається уповільнення гуміфікації через руйнування капілярної системи і порушення мікробних осередків.

Мінімальний і комбінований обробіток:

- підтримує стабільні умови для мікроорганізмів;
- забезпечує поступове накопичення органічної речовини та активізацію ферментативних процесів.

Нульовий обробіток:

- максимальна біоактивність;
- швидке наростання чисельності дощових червів;
- інтенсивне утворення органо-мінеральних комплексів.

Вплив технології обробітку на гумусний стан та родючість

Гумус – основний показник довгострокової родючості. Різні технології обробітку впливають на нього неоднаково [7].

Оранка спричиняє інтенсифікацію мінералізації гумусу; призводить до поступового зниження його вмісту.

Глибоке розпушування зменшує інтенсивність мінералізації; сприяє збереженню органічної речовини.

Мінімальний обробіток забезпечує позитивний гумусний баланс завдяки накопиченню рослинних решток.

No-till забезпечує найвищі темпи накопичення гумусу; підвищення вмісту Сорг на 0,05–0,12% щороку залежно від культури.

Висновки

Технологія обробітку є визначальним чинником формування фізичного та біологічного стану ґрунту, а отже – його родючості.

Таблиця 1.1 – Інтегральний вплив технологій обробітку на показники родючості

Показник	Оранка	Глибоке розпушування	Мінімальний	No-till
Структура	руйнується	покращується	стабілізується	природна
Щільність	горизонт ущільнення	оптимальна	помірна	підвищена
Волога	значні втрати	збереження	мульчування	найкраще
Біоактивність	знижується	середня	висока	максимальна
Гумус	зменшується	стабілізується	зростає	швидко зростає
Урожайність (тенденції)	нестабільна	стабільна	висока	залежить від культури

Традиційна оранка забезпечує короткострокове покращення якості

поверхневого шару, але спричиняє деградаційні процеси в середньо- та глибших горизонтах.

Глибоке розпушування та комбіновані технології сприяють оптимізації структури, зниженню щільності та збереженню вологи.

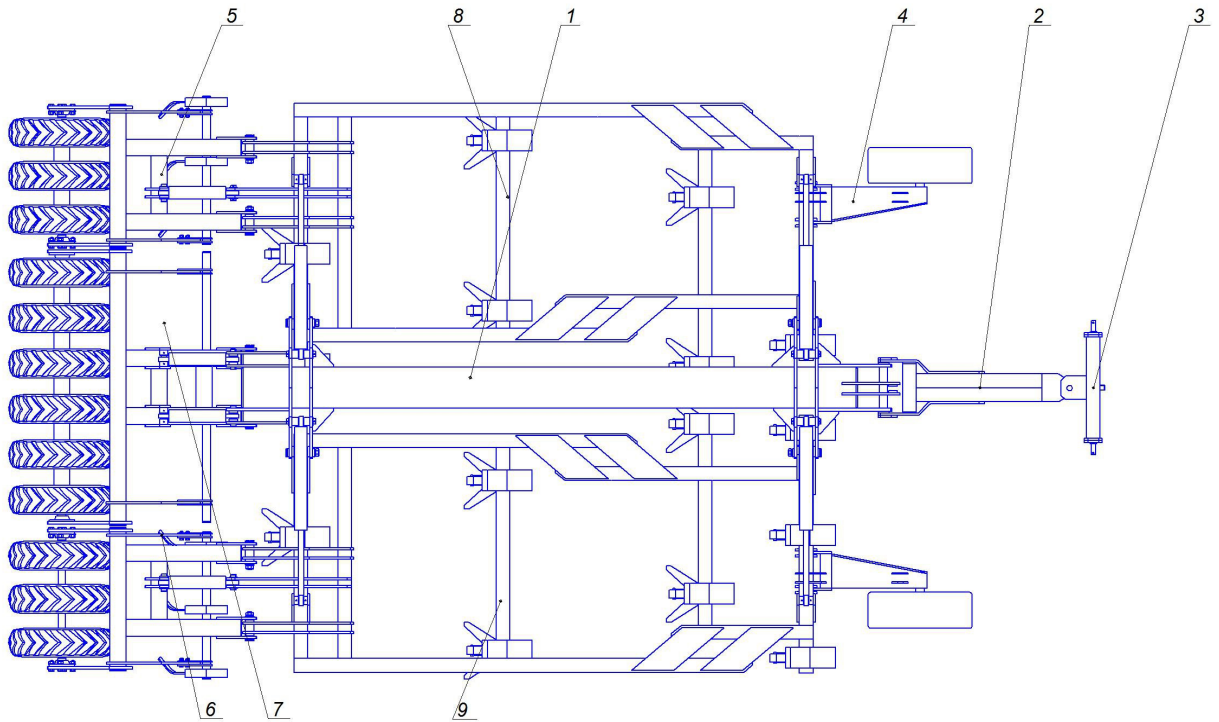
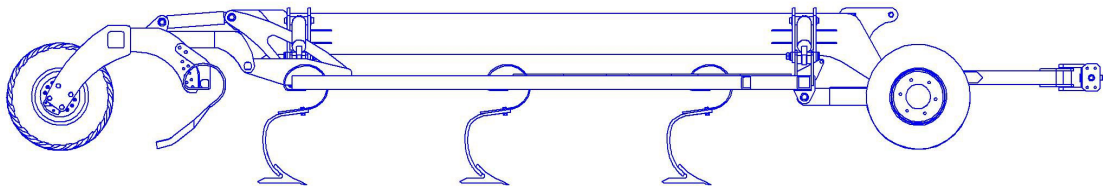
Мінімальний обробіток та нульова технологія забезпечують природну регенерацію структури, активізацію біоти та накопичення гумусу.

Отже, формування ефективної системи обробітку повинно ґрунтуватися на поєднанні раціональних робочих органів комбінованих агрегатів із технологіями, що мінімізують механічний вплив і максимально зберігають потенціал родючості.

1.2. Опис ґрунтообробного агрегату

Комбінований ґрунтообробний агрегат (рис. 1.1) призначений для виконання передпосівного та основного обробітку ґрунту на глибину 8–16 см із забезпеченням збереження не менше ніж 60% стерні та інших пожнивних решток на його поверхні. Такі агрегати ефективно застосовуються для обробітку стерньових ділянок на глибину 6–10 см, а також для знищення бур'янів, вирівнювання мікрорельєфу поля, підтримання грудкуватої структури верхнього шару ґрунту та одночасного ущільнення нижчих горизонтів.

Конструктивно центральна рама 1 комбінованого агрегату виконана з прямокутної труби, до якої шарнірно приєднані дві напіврами 8 і 9 з установленими на них робочими органами. Напіврами мають прямокутну конфігурацію, а на їхніх поперечних брусках закріплено виконавчі елементи обробітку. Крім того, у передній частині напіврам встановлені опорні колеса 4, що забезпечують підтримання заданих режимів роботи агрегату. Переведення напіврам із робочого положення у транспортне та назад здійснюється за допомогою чотирьох гідроциліндрів.



1 – центральна рама; 2 – сніця; 3 – зчіп; 4 – опорне колесо; 5 – ліва навіска; 6 – права навіска; 7 – центральна навіска; 8 – напіврама ліва; 9 – напіврама права.

Рисунок 1.1 – Комбінований ґрунтообробний агрегат

У задній частині комбінованих агрегатів розташовані колеса, які виконують дві ключові функції: по-перше, забезпечують транспортування ґрунтообробного знаряддя, а по-друге, виконують роль прикочувальних елементів, замінюючи застосування котків.

Основними робочими органами культиватора є стрілчасті лапи. Конструктивно агрегат являє собою поєднання двох типів знарядь: стрілчастих лап, розміщених у трьох рядах, та ряду прикочувальних коліс. Лапи закріплені на напіврамах у три ряди таким чином, щоб забезпечити перекривання сліду та

підвищити рівномірність обробітку. Збільшення міжстоякового інтервалу порівняно з типовими схемами базових агрегатів запобігає забиванню робочих органів корінням бур'янів, що підвищує надійність роботи в умовах значної засміченості поля.

Технологічний процес роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату реалізується наступним чином. Під дією маси агрегату стрілчасті лапи та прикочувальні колеса заглиблюються у ґрунт. Під час руху лапи здійснюють розпушування й підрізання ґрунтових шарів на задану глибину. Прикочувальні колеса, обертаючись, забезпечують остаточне вирівнювання поверхні та ущільнення верхнього шару ґрунту.

Вирівнювання поверхні дозволяє зменшити втрати вологи шляхом мінімізації випаровування, створює сприятливі умови для якісного проведення посівних робіт, догляду за культурами та подальшого збирання врожаю. В умовах зрошуваного землеробства рівна поверхня також полегшує проведення додаткових поливів. Процес ущільнення ґрунту прикочувальними колесами сприяє збільшенню капілярної пористості, зменшенню частки некапілярних пор, запобіганню надмірному загортанню насіння та забезпеченню кращого контакту посівного матеріалу з ґрунтом, що позитивно впливає на умови проростання.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Сучасні агротехнології орієнтовані на підвищення продуктивності землеробства, зменшення енергетичних витрат, покращення агрофізичних властивостей ґрунту та забезпечення сталого використання земельних ресурсів [19]. Одним із визначальних елементів технологічного циклу вирощування сільськогосподарських культур є механічний обробіток ґрунту, який формує його фізичний стан, створює оптимальні умови для проростання насіння,

розвитку кореневої системи та забезпечення рослин вологою і поживними елементами.

У традиційних системах землеробства переважають багатопрохідні схеми обробітку, що включають оранку, культивацію, боронування, вирівнювання поверхні та передпосівне ущільнення. Кожна з цих операцій виконується окремим агрегатом, що потребує кількох проходів техніки по полю. Такий підхід супроводжується значними енергозатратами, порушенням структури ґрунту, надмірним ущільненням орного горизонту, формуванням плужної підшви та погіршенням водопроникності. Інтенсифікація механічного впливу сприяє деградаційним процесам, зокрема зниженню вмісту органічної речовини й погіршенню показників родючості.

У відповідь на зазначені проблеми протягом останніх десятиліть широкого поширення набули комбіновані ґрунтообробні агрегати, здатні об'єднувати декілька технологічних операцій у межах одного робочого проходу. Такі машини забезпечують одночасне розпушування, кришіння, перемішування ґрунту з рослинними рештками, вирівнювання поверхні та часткове її ущільнення. Це дозволяє скоротити кількість проходів, знизити енерговитрати, зменшити техногенний вплив на ґрунт і підвищити ресурсозбереження.

Водночас ефективність роботи комбінованих агрегатів значною мірою визначається конструктивними та технологічними параметрами їх робочих органів – стрілочастих лап, чизелів, дискових елементів, вирівнювальних пристроїв та ущільнювальних котків [14]. Геометричні характеристики, просторове розміщення, кут атаки, глибина ходу та режим робочої швидкості впливають на: інтенсивність кришіння ґрунту; якість первинного й вторинного розпушування; рівень ущільнення; здатність агрегату ефективно працювати при значній кількості поживних решток; формування водно-повітряного режиму обробленого шару; і, зрештою, на довгострокові показники родючості ґрунту.

Попри значну різноманітність сучасних комбінованих ґрунтообробних машин, методично обґрунтований підхід до вибору конструктивно-

технологічних параметрів їх робочих органів у багатьох випадках є недостатнім або здійснюється без урахування регіональних агрофізичних характеристик ґрунтів. Зокрема, нерідко ігноруються такі важливі властивості, як структура, щільність, вологість, гранулометричний склад та рівень забезпеченості гумусом, що суттєво впливають на якість механічного обробітку.

Крім того, переважна частина існуючих теоретичних моделей і розрахунків зосереджується переважно на енергетичних параметрах роботи агрегатів. Водночас питання комплексного впливу геометрії й конструкції робочих органів на агрофізичний стан ґрунту та довгострокові показники його родючості залишаються недостатньо дослідженими, що створює прогалини у практиці проектування машин нового покоління.

Актуальність проблеми додатково підсилюється сучасними екологічними вимогами та принципами сталого землеробства, які передбачають мінімізацію негативного антропогенного впливу технічних засобів на ґрунтову екосистему. Це означає, що при конструюванні та виборі робочих органів необхідно враховувати не лише технологічну якість виконання операцій, а й такі аспекти, як: збереження агрегатної та мікроагрегатної структури ґрунту; запобігання надмірному ущільненню; підтримання оптимального гумусового балансу; стимулювання біологічної активності; зменшення втрат вологи з орного шару.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи набуває особливої актуальності, оскільки спрямована на вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань, що включають підвищення ефективності агротехнологій, зниження механічного навантаження на ґрунт, покращення його фізичного стану та довгострокове збереження родючості.

Дослідження, пов'язане з визначенням оптимальних параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату, дозволить:

- встановити закономірності взаємодії робочих органів з ґрунтом;
- оцінити вплив технології комбінованого обробітку на фізичні та біологічні властивості ґрунту;
- визначити параметри, що забезпечують найкращий агрофізичний стан;

- сформулювати рекомендації щодо ефективного застосування таких агрегатів у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Таким чином, обрана тема є науково й практично обґрунтованою, важливою для розвитку сучасної ґрунтообробної галузі та формування енергоощадних, екологічно орієнтованих та ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту.

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Сучасний стан і напрями досліджень впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту

Загальна характеристика сучасного стану досліджень

Родючість ґрунту є визначальним чинником продуктивності агроєкосистем і формується внаслідок взаємодії комплексу фізичних, хімічних та біологічних властивостей, які залежать як від природних процесів, так і від технологічних впливів людини [5]. Серед усіх агротехнічних заходів механічний обробіток ґрунту залишається одним із головних факторів, що визначає стан ґрунтового середовища, його агрегатну структуру, ступінь щільності, повітряно-водний режим, інфільтраційні властивості, біологічну активність та баланс органічної речовини.

Аналіз сучасних наукових досліджень в Україні та за кордоном свідчить, що результативність технологій обробітку значною мірою залежить від типу ґрунту, його гранулометричного складу, рівня гумусованості, вологості, а також від конструктивно-технологічних параметрів машин та їх робочих органів, які здійснюють механічний вплив. Упродовж останніх десятиліть відбувся помітний перехід від інтенсивних систем землеробства, що характеризуються багаторазовими проходами техніки, до ресурсозберігаючих і ґрунтозахисних технологій – мінімального та нульового обробітку, чизелювання, мульчування поверхні та комбінованих методів механічної обробки [12].

У контексті цих тенденцій науковці підкреслюють важливість скорочення кількості проходів техніки по полю, мінімізації руйнування природної структури ґрунту та підтримання його біологічної активності. Комбіновані ґрунтообробні агрегати, здатні поєднувати декілька технологічних операцій у рамках одного робочого циклу, розглядаються як ключовий інструмент модернізації землеробських технологій. Вони забезпечують раціональне

використання енергії та сприяють формуванню оптимального агрофізичного стану ґрунтового середовища [14].

Вплив технології обробітку на структурний стан ґрунту

Структура ґрунту – це організована система агрегатів, яка значною мірою визначає водно-повітряний режим і здатність ґрунту забезпечувати рослини необхідними умовами.

Актуальні наукові роботи спрямовані на:

- вивчення процесів руйнування і відновлення структури залежно від інтенсивності обробітку;
- оцінку структуростійкості при різних системах обробітку;
- взаємодію робочих органів ґрунтообробних агрегатів із ґрунтом та закономірності формування агрегатів різного розміру.

Дослідження показують, що традиційна оранка формує структуру з переважанням дрібних частинок, що знижує водопроникність і збільшує ризик утворення кірки. У протипагу цьому, мінімальні системи та чизелювання сприяють збереженню крупногрудкуватої структури та підвищенню макропористості [16]. Особливого значення набуває пошук таких параметрів робочих органів, які мінімізують руйнівний вплив і забезпечують оптимальне кришіння ґрунту.

Вивчення впливу обробітку на щільність і ущільнення ґрунту

Сучасні дослідження підтверджують, що щільність ґрунту є одним із найбільш чутливих показників реакції ґрунту на механічний вплив.

Основні аспекти досліджень:

- формування плужної підшви при традиційній оранці;
- зміна щільності орного та підорного шарів залежно від глибини та інтенсивності обробітку;
- вплив різних типів лап, доліт, чизелів і котків на щільність ґрунту;
- методи руйнування ущільнених горизонтів без порушення поверхневого

шару.

Праці останніх років доводять, що чизелювання та глибокорозпушувальні робочі органи ефективно усувають ущільнення, не руйнуючи структури. Комбіновані агрегати з послідовним розміщенням лап, дисків та котків забезпечують оптимальний компроміс між кришінням і збереженням природної пористості [14].

Вплив технологій на водно-повітряний режим ґрунту

Водно-повітряний режим визначає доступність вологи та кисню для кореневої системи.

Сучасні напрями досліджень орієнтовані на:

- оцінку втрат вологи при різних системах обробітку;
- дослідження інфільтраційної здатності;
- вплив мульчування рослинними рештками;
- моделювання капілярно-порової структури в умовах різних агротехнологій.

У роботах з мінімального та нульового обробітку доведено, що мульча знижує випаровування на 25–40%, а також підвищує здатність ґрунту акумулювати вологу [12]. Комбіновані агрегати шляхом зменшення кількості проходів техніки також сприяють збереженню вологи.

Біологічна активність ґрунту як критерій оцінки технологій обробітку

Біологічна активність є важливим інтегральним індикатором стану ґрунту. Досягнення сучасних досліджень охоплюють:

- оцінку чисельності та різноманіття ґрунтової мікрофлори;
- дослідження активності ферментів, що відповідають за гуміфікацію;
- вплив рівня механічного навантаження на біоту;
- вивчення ролі рослинних решток і мульчі в активації біологічних процесів.

Доведено, що інтенсивний механічний обробіток несприятливо впливає на мікробіологічні процеси, тоді як комбіновані та мінімальні технології забезпечують стабільне функціонування біоти та прискорюють утворення органо-мінеральних комплексів.

Гумусний стан ґрунту і його залежність від технології обробітку

Вміст гумусу є базовим показником довгострокової родючості ґрунту.

У фокусі новітніх досліджень:

- динаміка гумусу при різних системах обробітку;
- моделі мінералізації органічної речовини;
- вплив параметрів робочих органів на інтенсивність аерації та, відповідно, на темпи розкладу органічних речовин.

Результати свідчать, що традиційний обробіток прискорює мінералізацію гумусу, тоді як мінімальний і нульовий сприяють накопиченню органічної речовини. Комбіновані агрегати, що працюють в режимах з мінімізацією руйнування структури, дозволяють стабілізувати гумусний баланс.

Напрями сучасних досліджень у галузі комбінованих ґрунтообробних агрегатів

З розвитком технологій увага науковців зосереджена на таких напрямках:

1) Оптимізація конструктивних параметрів робочих органів

- геометрія лап і зубів;
- параметри дисків та кут атаки;
- конфігурація котків та ущільнювальних робочих елементів;
- інтенсивність і напрям перемішування ґрунту.

2) Інтеграція комбінованих операцій в одному агрегаті

- поєднання розпушування, вирівнювання та передпосівного ущільнення;
 - зменшення кількості проходів техніки;
- забезпечення рівномірного формування обробленого шару.

3) Моделювання взаємодії робочих органів із ґрунтом

- 3D-моделі деформації ґрунту;
- CFD та DEM-моделі руху частинок ґрунту;
- оптимізація форм робочих органів за критеріями кришіння, пористості та водопроникності.

4) Дослідження впливу комбінованого обробітку на родючість

- порівняльні польові досліді традиційної, мінімальної і комбінованої технологій;

- визначення показників щільності, пористості, водопроникності, біоактивності;

- оцінка урожайності в довгострокових експериментах.

5) Енергоощадність та екологічна ефективність

- зменшення навантаження на ґрунт;

- скорочення витрат пального;

- оцінка екологічних переваг комбінованих методів.

Висновки

Аналіз сучасного стану досліджень свідчить, що технологія обробітку ґрунту є визначальним фактором формування показників родючості та продуктивності агроєкосистем. Основні тенденції у наукових дослідженнях спрямовані на мінімізацію механічного впливу, збереження структури та біологічної активності ґрунту, а також на створення ефективних комбінованих агрегатів, що забезпечують виконання кількох операцій за один прохід.

Одним із ключових напрямів розвитку є оптимізація параметрів робочих органів комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що дозволяє забезпечити баланс між якістю технологічних операцій, енергозатратами та збереженням родючості ґрунту. Саме тому дослідження впливу комбінованих технологій обробітку на агрофізичні та біологічні показники ґрунту є актуальним і науково значущим.

2.2. Дослідження впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту

Метою досліджень є визначення впливу різних технологій обробітку ґрунту на його основні агрофізичні, фізико-хімічні та біологічні показники родючості, що формують умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Завдання та методика дослідження:

Для реалізації мети були поставлені такі завдання:

1. Провести порівняльну оцінку фізичних параметрів ґрунту за різних технологій обробітку;
2. Оцінити зміни щільності, вологості, водопроникності, біологічної активності та вмісту гумусу;
3. Встановити взаємозв'язок між конструктивними параметрами робочих органів комбінованих агрегатів та зміною показників родючості ґрунту.

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на базі Тернопільського регіонального центру державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», м. Тернопіль.

Було розглянуто такі системи обробітку:

Традиційна оранка (О): Плуг з передплужниками, глибина 20–22 см.

Комбінований обробіток (КО): Перший робочий етап – чизельне розпушування (25–28 см); Другий етап – дискове кришіння; Третій – вирівнювання або коткування.

Мінімальний поверхневий обробіток (М): Дискові борони або лапові культиватори на глибину 6–10 см.

Нульовий обробіток (NO-TILL): Відсутність механічного втручання; мульчування пожнивними рештками.

Результати досліджень та їх аналіз

1. Щільність ґрунту за різних систем обробітку

Таблиця 2.1 – Щільність ґрунту за різних систем обробітку

Глибина, см	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
5.0	1.1	1.15	1.22	1.3
10.0	1.25	1.18	1.28	1.32
15.0	1.45	1.22	1.32	1.35
20.0	1.55	1.25	1.34	1.38
25.0	1.6	1.27	1.35	1.4

Аналіз щільності ґрунту показує чіткі відмінності між чотирма системами обробітку. Традиційна оранка спричиняє різкий перехід від пухкого верхнього шару до ущільненого горизонту на глибині 15–25 см, що свідчить про формування плужної підшви. Комбінований обробіток забезпечує найбільш рівномірний профіль щільності – різниця між поверхнею та глибиною мінімальна. Мінімальний обробіток демонструє поступове збільшення щільності з глибиною, але без різких стрибків. No-till характеризується найвищою загальною щільністю, проте її компенсує підвищена біологічна активність.

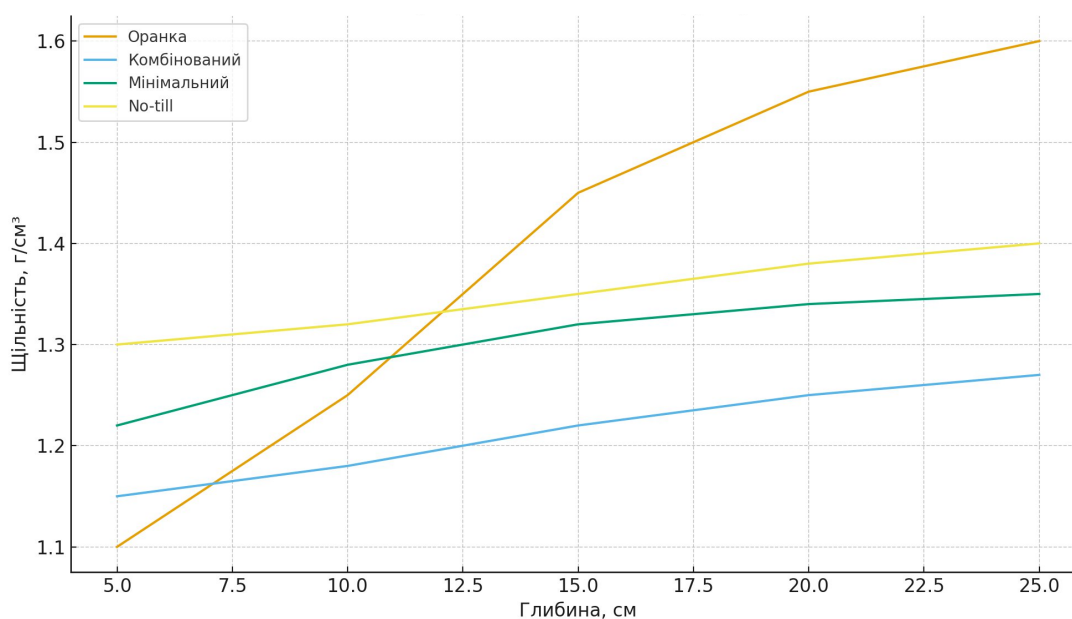


Рисунок 2.1 – Залежність щільності ґрунту від глибини обробітку

2. Вологість ґрунту за різних систем обробітку

Таблиця 2.2 – Вологість ґрунту за різних систем обробітку

Глибина, см	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
5	18	22	24	28
10	17	21	23	27
15	16	20	22	26
20	15	19	20	25
25	14	18	19	24

Аналіз вологості ґрунту показує, що оранка призводить до найбільших втрат, особливо у глибших шарах. Комбінований обробіток зберігає на 12–15% більше води, що важливо для культур у посушливі періоди. Мінімальний обробіток підтримує високий рівень вологоутримання завдяки меншому руйнуванню капілярів. No-till демонструє найкращі показники вологості, що зумовлено мульчуванням та стабільною структурою ґрунту.

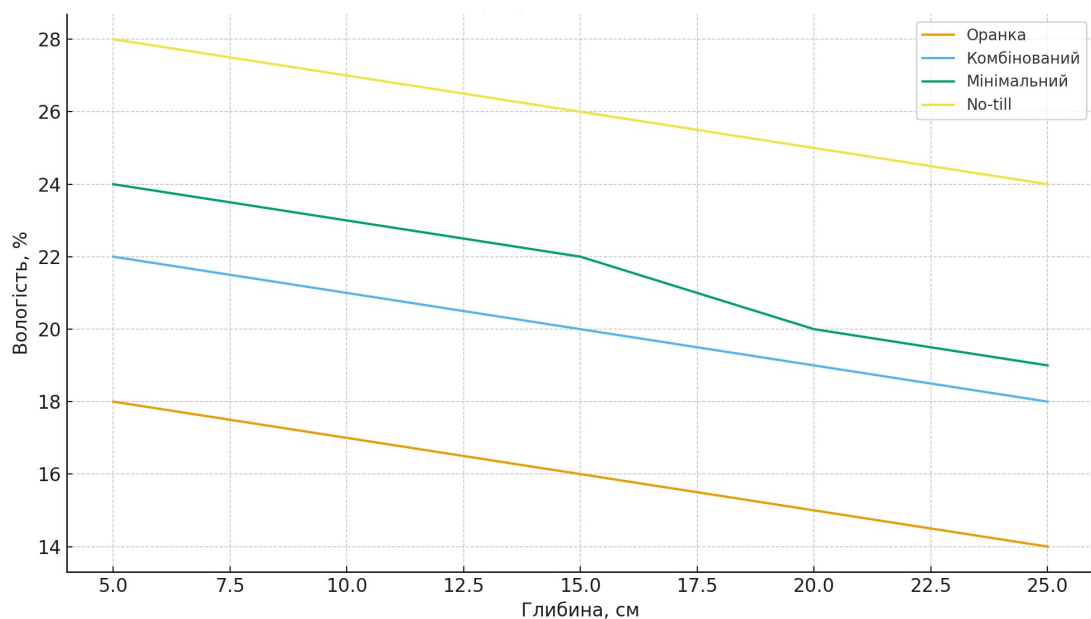


Рисунок 2.2 – Залежність вологості ґрунту від глибини обробітку

3. Динаміка вмісту гумусу за різних систем обробітку

Таблиця 2.3 – Вміст гумусу за різних систем обробітку

Рік	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
1.0	3.12	3.15	3.18	3.2
2.0	3.1	3.16	3.21	3.25
3.0	3.08	3.17	3.23	3.3

Динаміка гумусу показує поступове його зниження при оранці внаслідок активної мінералізації органічної речовини. Комбінований обробіток стабілізує гумусний баланс, забезпечуючи помірні темпи відновлення. Мінімальний обробіток та No-till демонструють позитивну динаміку приросту гумусу завдяки збереженню рослинних решток та розвитку біоти.

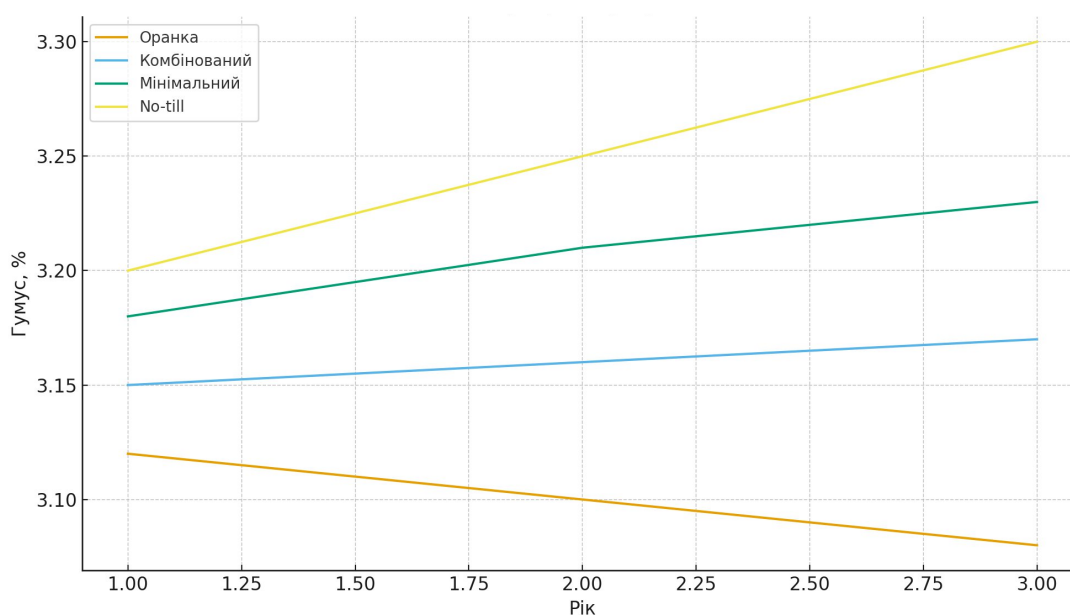


Рисунок 2.3 – Залежність вмісту гумусу за різних систем обробітку

4. Структура ґрунту за різних систем обробітку

Таблиця 2.4 – Структура ґрунту за різних систем обробітку

Глибина, см	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
5	45	60	58	65
10	40	62	59	67
15	38	64	60	68
20	35	63	59	69
25	30	61	58	70

Аналіз структури ґрунту показує, що оранка руйнує агрегати, зменшуючи їх частку з глибиною. Комбінований обробіток навпаки формує стійкі агрегати розміром 1–10 мм, що є оптимальними. Мінімальний обробіток утримує стабільний структурний склад, а No-till забезпечує найвищу структуростійкість завдяки діяльності мікроорганізмів та червів.

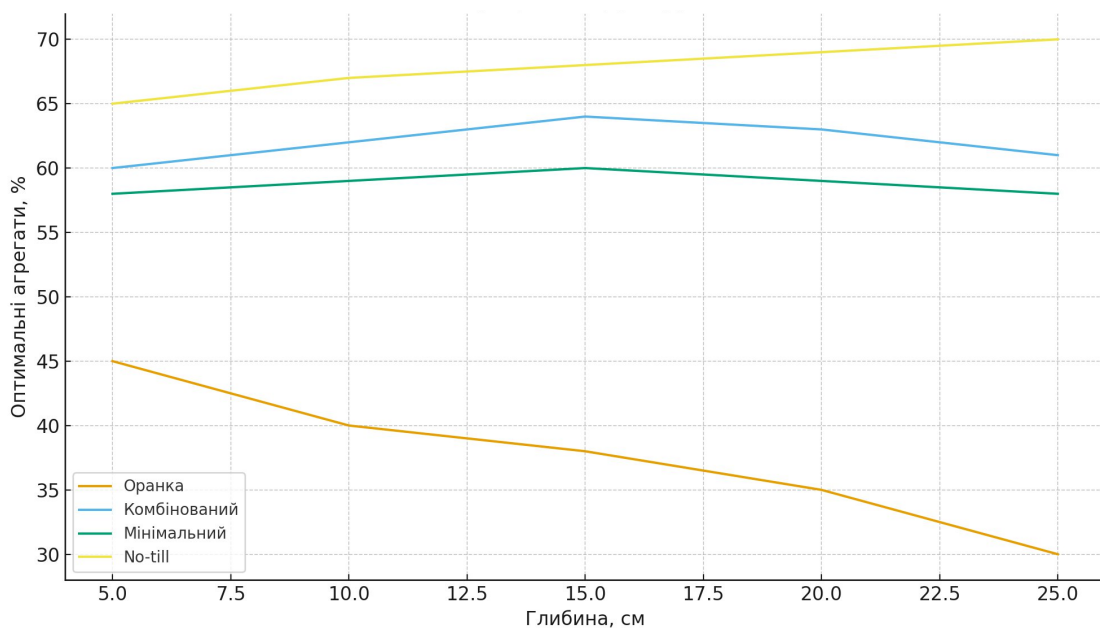


Рисунок 2.4 – Залежність структури ґрунту від глибини обробітку

5. Пористість ґрунту за різних систем обробітку

Таблиця 2.5 – Пористість ґрунту за різних систем обробітку

Глибина, см	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
5	48	52	51	55
10	46	50	49	54
15	40	49	48	53
20	38	48	47	52
25	35	47	46	51

Пористість є одним з провідних факторів повітро- та водопроникності. Оранка різко знижує пористість на глибині 20–25 см. Комбінований та мінімальний обробітки демонструють сприятливу динаміку утримання пористості, тоді як No-till забезпечує найвищі показники завдяки природній структурі та біопорах.

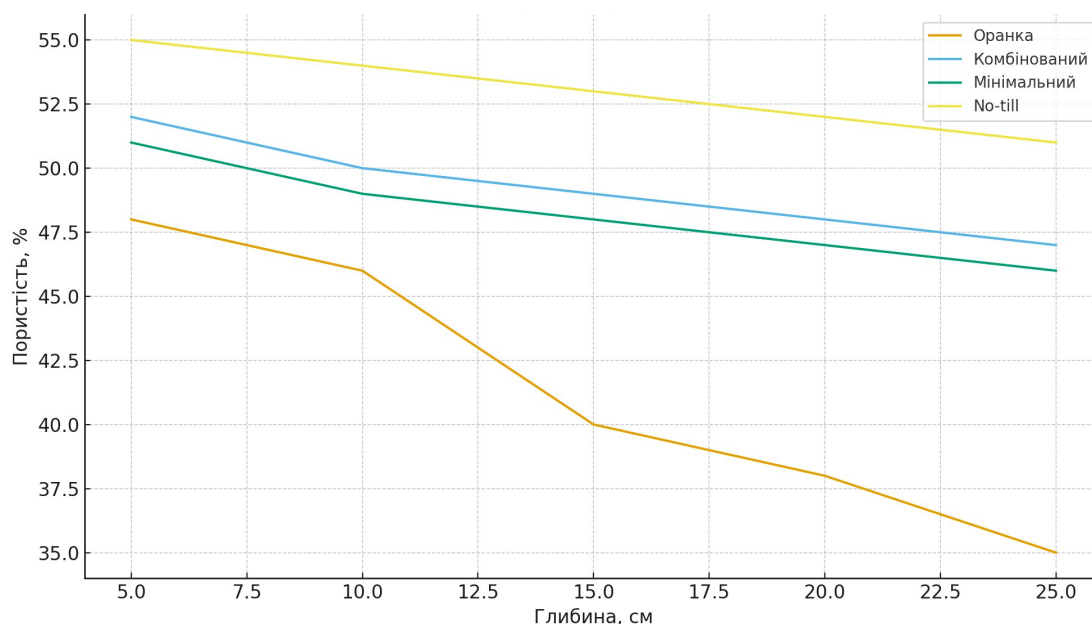


Рисунок 2.5 – Залежність пористості ґрунту від глибини обробітку

6. Біологічна активність ґрунту за різних систем обробітку

Таблиця 2.6— Біологічна активність ґрунту за різних систем обробітку

Глибина, см	Оранка	Комбінований	Мінімальний	No-till
5	120	150	160	180
10	110	145	158	175
15	90	140	155	170
20	70	135	150	168
25	60	130	148	165

Біологічна активність однозначно свідчить про вплив технологій на ґрунтове життя. Оранка спричиняє різке зменшення чисельності організмів. Комбінований обробіток підтримує середній рівень активності. Мінімальний обробіток підсилює ці процеси, а No-till забезпечує найвищі значення завдяки стабільним умовам та наявності органічних решток.

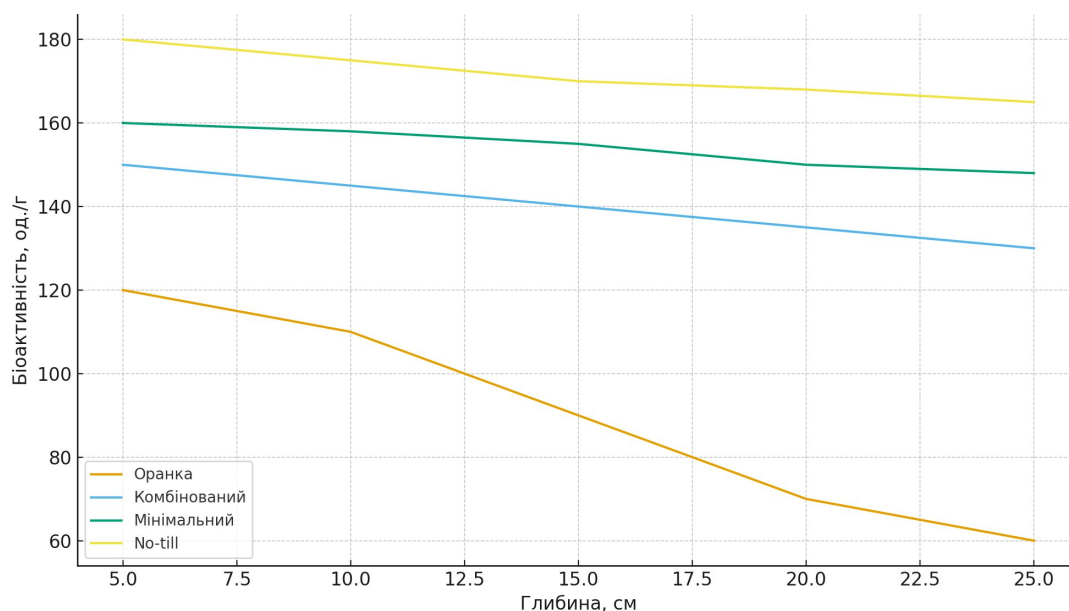


Рисунок 2.6 – Залежність біологічної активності ґрунту від глибини обробітку

Висновки

Технологія обробітку ґрунту істотно впливає на фізичні, біологічні та хімічні показники, що формують його родючість.

Традиційна оранка має короткострокові переваги, але спричиняє деградаційні процеси: ущільнення, зниження біоактивності, зменшення гумусу.

Комбінований обробіток забезпечує покращення структури, оптимальний водний режим, рівномірну щільність і стабілізацію гумусного стану.

Мінімальний обробіток і NO-TILL демонструють найвищі показники щодо збереження родючості, але вимагають адаптації машин і систем живлення.

Використання комбінованих робочих органів в ґрунтообробних агрегатах дає можливість поєднати переваги різних систем обробітку, мінімізувати негативний вплив техніки і забезпечити відтворення родючості ґрунту.

2.3. Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту

Таблиця 2.7– Узагальнення результатів і порівняння технологій

Показник	Оранка	Комбінований	Мінімальний	NO-TILL
Щільність	середня, підшва	оптимальна	підвищена	висока, компенсована біотою
Структура	руйнується	стабільна	природна	природна
Волога	низька	оптимальна	висока	максимальна
Гумус	↓	стабілізація	↑	↑↑
Біоактивність	низька	середня	висока	дуже висока

Рекомендації щодо вибору технології обробітку залежно від стану ґрунту

1. Для ґрунтів з ознаками ущільнення (плужна підошва, щільність $>1,45 \text{ г/см}^3$)

- застосовувати комбінований обробіток із глибоко розпушувальними робочими органами на глибину 25–30 см;

- кут атаки лап – 20–25°, що забезпечує оптимальний злам ущільненого шару;

проводити глибоке розпушування не щороку, а раз на 2–3 роки, щоб стабілізувати структуру ґрунту.

2. Для структурно нестабільних ґрунтів (високий вміст пиловатих фракцій)

- уникати інтенсивного кришіння орудом дискових борін;

- використовувати лапові робочі органи з мінімальним зсувом ґрунту;

- обов'язкове мульчування стернею або рослинними рештками.

3. Для ґрунтів із низьким вмістом гумусу ($<3,0\%$)

- мінімізувати механічний вплив (мінімальний або комбінований);

- забезпечити щорічне внесення органічних решток на поверхню (солома, післяжнивні рештки);

- підтримувати стабільну біологічну активність (компост, сидерати).

Рекомендації щодо параметрів робочих органів комбінованого агрегату

1. Лапи розпушувача

- глибина роботи: 22–30 см (залежно від типу ґрунту);

- оптимальний кут атаки: 20–35°;

- міжряддя розпушувачів: 25–35 см для важких ґрунтів, 35–45 см – для легких.

2. Дискові робочі органи

- діаметр дисків: 450–560 мм;
- кут атаки дисків повинен забезпечувати перемішування без надмірного подрібнення, тобто 16–20°;
- глибина роботи: 6–12 см.

3. Вирівнювальні та ущільнювальні катки

- спіральні катки – для структурно нестабільних ґрунтів;
- Т-подібні або клиноподібні – для важких глинистих ґрунтів;
- тиск катка має забезпечувати щільність після обробітку 1,15–1,25 г/см³.

Рекомендації збереження вологи та структури

- зменшувати кількість проходів техніки до 1–2 за сезон;
- уникати роботи на перезволожених ґрунтах – це різко погіршує структуру і формує ущільнення;
- зберігати на поверхні 30–40% рослинних решток;
- використовувати комбінований агрегат у ранньовесняний період для закриття вологи.

Рекомендації з підвищення біологічної активності ґрунту

- впроваджувати сидерати (люпин, гірчиця, фацелія);
- уникати глибокої оранки, яка знижує чисельність мікрофлори на 20–40%;
- застосовувати комбінований або мінімальний обробіток;
- забезпечувати рівномірне внесення органіки (солома + біодеструктор);
- підтримувати рН у межах 6,0–7,0.

Рекомендації щодо підвищення гумусного стану

- не застосовувати інтенсивну оранку щороку;
- оцінювати гумусний стан раз на 2 роки (аналіз ґрунту за Тюріним);
- обирати технології, що не руйнують структуру – мінімальний та комбінований обробітки;
- уникати надмірної аерації ґрунту, що веде до мінералізації гумусу.

Отже, найоптимальнішою технологією з точки зору продуктивності, енергозбереження та збереження родючості є комбінований обробіток, який забезпечує: відсутність ущільнень, покращення структури, стабільність гумусного балансу, збереження вологи, високу біологічну активність.

3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування параметрів лап комбінованого ґрунтообробного агрегату

3.1.1. Конструктивні розрахунки розпушувальної лапи

Комбіновані ґрунтообробні агрегати, що застосовуються для передпосівного обробітку, зазвичай оснащуються робочими органами розпушувального типу. Розпушувальні лапи призначені для ефективного знищення бур'янів та виконання розпушування ґрунту на глибину 6–12 см, а за окремих технологічних умов – до 25 см. Основними робочими елементами цього типу є стрілочасті лапи, що можуть виготовлятися як із хвостовиком, так і у безхвостовиковому виконанні.

Для забезпечення високої якості розпушування та рівномірного підрізання ґрунтового шару необхідно виконати обґрунтований розрахунок конструктивних параметрів стрілочастих лап. До таких параметрів належать: кут 2γ у вершині лапи, раціональна величина перекриття Δb , робоча ширина захвату b , а також низка інших конструктивних величин, що підбираються на основі рекомендованих нормативних значень.

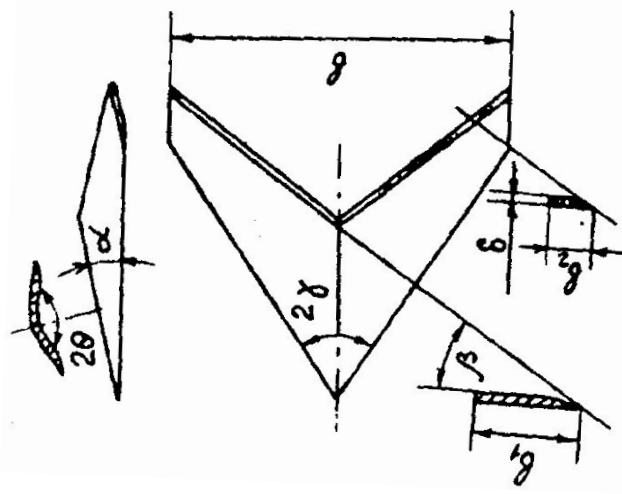


Рисунок 3.1 – Розпушуюча лапа

Вихідними параметрами для вибору конструктивних характеристик розпушувальних лап є тип ґрунту та необхідна величина зміщення S бур'янів, яка забезпечує гарантоване їх підрізування або відрив від кореневої системи. Геометрична форма та розміри лап визначаються величинами кутів 2γ і β , робочою шириною захвату b , а також шириною крил у початковій (b_1) і кінцевій (b_2) частинах та обрисами грудей лапи (рис. 3.1).

Кут γ є ключовим параметром, що впливає на характер взаємодії леза з бур'яном. Його значення повинно забезпечувати здійснення підрізування за механізмом ковзного різання, за якого корені бур'яну після відриву безперешкодно ковзають уздовж леза. У разі недотримання цієї вимоги може виникати явище обволікання лез рослинними рештками, що знижує якість роботи агрегату та підвищує ризик забивання робочих органів.

Для забезпечення ковзного руху бур'янів уздовж лез стрілкової лапи (рис. 3.2, а) повинна виконуватися умова [4]:

$$g \leq 90^\circ - j, \quad (3.1)$$

Якщо зазначена умова не виконується, лобовий опір ґрунту P , який діє на бур'яни під час їх підрізування, прикладатиметься всередині кута тертя NOA . У такому випадку сила P не здатна забезпечити необхідне ковзання рослинних решток уздовж лез стрілкової лапи, що призводить до їхнього зависання та порушення стабільності технологічного процесу.

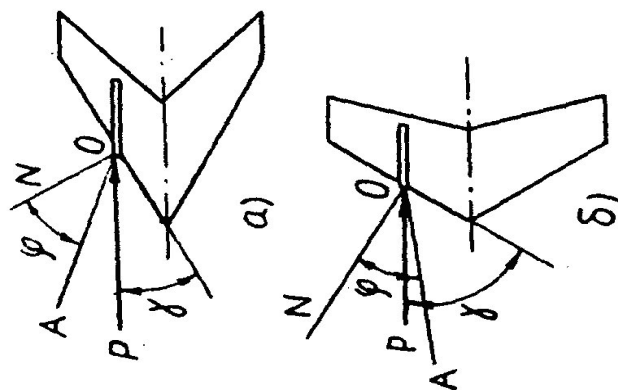


Рисунок 3.2 – Схема до обґрунтування кута γ :
а – різання з ковзанням; б – різання без ковзання.

Згідно із залежністю (3.1), значення кута тертя переважно становить $\varphi \approx 47,7^\circ$, що зумовлює необхідність вибору кута стрілчастих лап у межах $2\gamma \leq 90^\circ$. Проте слід враховувати, що налипання вологого ґрунту на поверхні лез утруднює ковзання бур'янів, тому при обробітці клейких, надмірно зволжених ґрунтів фактичне значення γ має бути меншим за нормативне, визначене співвідношенням (3.1).

Водночас надмірне зменшення кута γ негативно впливає на якість підрізування бур'янів, оскільки зменшується величина вигину S , а отже – і ефективність зсуву рослинних решток. Тому для забезпечення повного підрізування кореневої системи бур'яну не можна надмірно зменшувати кут 2γ , а слід дотримуватися рекомендованих діапазонів. Зокрема, для лап, що працюють на важких клейких ґрунтах (глинисті ґрунти, чорноземи), доцільно встановлювати кут $2\gamma \approx 55\text{--}60^\circ$, тоді як для легких піщаних ґрунтів раціональним є діапазон $2\gamma \approx 75\text{--}80^\circ$ [4].

Прийmemo $2\gamma = 55\text{--}75^\circ$.

Є необхідним розрахунок необхідної величини вигину S і зсування бур'янів, які забезпечуватимуть задане перекривання лап.

Під час наїзду робочого органа на бур'яни O (рис. 3.3) лезо стрілчастої лапи чинить тиск на їх кореневу систему, викликаючи її вигинання та зміщення вздовж траєкторії OO_1 , яка відхилена від нормалі до леза на кут φ . Якщо на момент сходження коренів із крил лапи рослини залишаються непідрізнаними, то їхнє зміщення становитиме:

$$s = \frac{Db}{\cos(\gamma + \varphi)}. \quad (3.2)$$

Ймовірність виживання бур'янів, що зазнали лише часткового механічного пошкодження, зростає зі зменшенням величини зміщення S . Із залежності (3.2) випливає, що значення S зменшується як із зменшенням величини перекривання, так і зі зменшенням кута γ . Визначивши раціональне

значення перекриття, можна перейти до обчислення величини зміщення бур'янів S для конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату, що пропонується.

Перекривання між лапами $\Delta b = 30$ мм. Кут $\gamma_1 = 55^\circ$.

При куті $\gamma_2 = 75^\circ$ і $\Delta b = 50$ мм зсув S_1 складемо:

$$S_1 = 30 / \cos (27,5 + 47,7) = 99,765 \text{ (мм)};$$

$$S_2 = 50 / \cos (37,5 + 47,7) = 131 \text{ (мм)}.$$

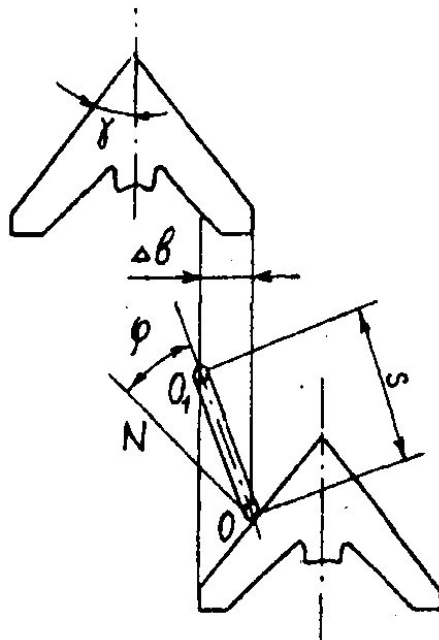


Рисунок 3.3 – Схема переміщень бур'янів під дією лап

Робоча ширина захвату стрічкових лап має визначатися з урахуванням того, що цей параметр безпосередньо впливає на ймовірність накопичення непідрізаних бур'янів на кінцевих ділянках їх крил [4].

Під час переміщення лапи в пухкому ґрунті з положення I у положення II (рис. 3.3) уся рослинність, що розміщується в межах площі ABCD, буде відокремлена від ґрунту. Надалі, зміщуючись разом із лапою та водночас

ковзаючи вздовж її лез, бур'яни поступово накопичуватимуться на ділянках лез CD.

Кількість бур'янів на цих ділянках лез:

$$n = iLDh \quad (3.3)$$

Накопичення бур'янів на лезах стрілочастих лап, як правило, спостерігається саме на кінцевих ділянках їх крил. Це пояснюється тим, що лапи зі збільшеною шириною захвату зазвичай встановлюються на комбінованих агрегатах у другому ряду.

Під час роботи кінці їхніх крил переміщуються в уже розпушеному першим рядом ґрунті, тому величина лобового опору бур'янів на цих ділянках може бути недостатньою для подолання тангенціальної складової сили тертя, а також опору зрушенню шарів ґрунту, які налипають на поверхню леза. У такій ситуації бур'яни, ковзаючи по лезу, повинні додатково долати шар налиплого ґрунту, який залишається за лапою.

Як видно з рисунка 3.4, ділянки CD леза є найбільш навантаженими за кількістю бур'янів, що проходять через них у разі неповного підрізування рослин на інших частинах леза.

Величину довжини цієї ділянки $CD = \Delta l$ визначають відповідно до значення перекривання стрілочастих лап, яке встановлюється для забезпечення повного підрізування бур'янів:

$$\Delta l = \frac{Db}{\sin g} \quad (3.4)$$

Таким чином, для забезпечення надійного безпосереднього контакту бур'янів із лезами стрілчастої лапи кількість рослин, що накопичуються на цих ділянках леза, не повинна перевищувати:

$$n = \frac{Dl}{d} \quad (3.5)$$

Приймаємо $d = 4$ мм.

Площа трапеції, з якої бур'яни потрапляють на ділянку леза довжиною Δl , визначається висотою Δh та довжинами сторін AD і BC :

$$\Delta h = \frac{Db \cos j}{\sin g} \quad (3.6)$$

$$AD = \frac{b}{2 \cos(g + j)} \quad (3.7)$$

$$BC = \frac{b}{2 \cos(g + j)} + \frac{Db \sin j}{\sin g} - \frac{Db \cos j \operatorname{tg}(g + j)}{\sin g} \quad (3.8)$$

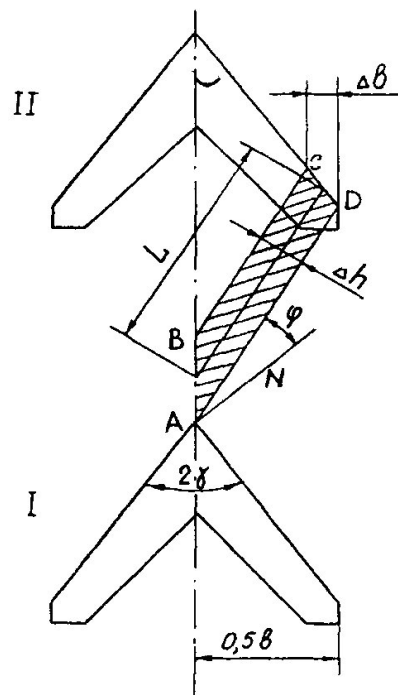


Рисунок 3.4 – Схема обволікування лап бур'янами

З урахуванням залежності (3.3) можна виконати перевірку вибраної ширини захвату стрілочастих лап, за якої забезпечується гарантоване підрізування бур'янів навіть на кінцевих ділянках їх крил [4]:

$$b \geq Db + \frac{2n \cos(j + g) \sin g}{iDb \cos j} \quad (3.9)$$

Знайдемо Δh :

$$\Delta h_1 = 30 \cdot \cos 47.7 / \sin 27.5 = 45,941 \text{ мм};$$

$$\Delta h_2 = 30 \cdot \cos 47.7 / \sin 37.5 = 58,077 \text{ мм}.$$

Приймаємо $b_1 = 270$ мм, тоді:

$$A_1 D_1 = 270 / 2 \cos(27.5 + 47.7) = 448,944 \text{ мм};$$

$$B_1 C_1 = 448,944 + 30 \cdot 0,707 / 0,4617 - 30 \cdot 0,707 \cdot 3,1716 / 0,46 = 348,644 \text{ мм};$$

$$L_1 = A_1 D_1 + B_1 C_1 / 2;$$

$$L_1 = 448,944 + 348,644 / 2 = 398,794 \text{ мм}.$$

В кінцевому випадку отримуємо :

$$b \geq Db + \frac{2iL_1 Dh_1 \cos(j + g) \sin g}{iDb_1 \cos j} \quad (3.10)$$

Отже b_1 буде рівним:

$$b_1 = 30 + [(2 \cdot 1 \cdot 398,794 \cdot 45,941) \cdot \cos(47.7 + 27.5) \cdot \sin 27.5 / 30 \cdot \cos 47.7] = 268,37 \text{ мм}.$$

Отже умова (3.10) виконується.

Проведемо розрахунки при $\gamma = 37,5^\circ$.

Приймаємо $b_2 = 330$ мм.

$$A_2D_2 = 330 / 2 \cos(37,5 + 47,7) = 1264,1 \text{ мм};$$

$$B_2C_2 = 1264,1 + (50 \cdot 0,707 / 0,608) - (50 \cdot 0,707 \cdot 7,59 / 0,608) = 880,95 \text{ мм};$$

$$L_2 = A_2D_2 + B_2C_2 / 2;$$

$$L_2 = 1264,1 + 880,95 / 2 = 1072,525 \text{ мм};$$

$$e_2 \geq 50 + [(2 \cdot 1 \cdot 1072,525 \cdot 58,07) \cdot 0,1305 \cdot 0,608 / 1 \cdot 50 \cdot 0,707] = 279,58 \text{ мм}.$$

Умова (3.10) також виконується.

Отримані в результаті розрахунків значення необхідно зіставити з рекомендованими параметрами, що ґрунтуються на практичному досвіді. Зокрема, для клейких глинистих ґрунтів раціональна ширина захвату становить $b \leq 35$ см, тоді як для супіщаних ґрунтів допускається збільшення цього параметра до $b \leq 45$ см.

Під час вибору ширини захвату лап відповідно до залежності (3.9) слід враховувати, що даний параметр має визначатися окремо для переднього та заднього рядів лап. Це зумовлено тим, що робочі органи задніх рядів переміщуються по частково розпушеному ґрунті, що знижує навантаження на них. Відповідно, лапи заднього ряду можуть мати більшу ширину захвату порівняно з лапами переднього ряду.

За аналогією до стандартизованих рядових значень можливо прийняти таку узагальнену залежність:

$$b_{\text{пер}} = 0,82 b_{\text{зад}} ; \quad (3.11)$$

$$b_I = 270 / 0,82 = 329,27 \text{ мм}.$$

Клейкий глинистий ґрунт $b_1 \leq 350$ мм. Отже умова дотримується.

$$b_2 = 330 / 0,82 = 402,44 \text{ мм.}$$

Супіщаний ґрунт $b_2 \leq 450$ мм. Отже умова дотримується.

Отже проведені розрахунки є вірними.

Ступінь розпушення ґрунту, який забезпечується стрілочастими лапами, визначається передусім значенням кута β та шириною їхніх крил. При зменшенні кута β , а відповідно й робочої ширини крила лапи, інтенсивність розпушення ґрунту зменшується. У більшості конструкцій ширина крил поступово зменшується до їх кінцевої частини.

Мінімальна ширина крила зазвичай становить $b_2 = 30\text{--}50$ мм, тоді як максимальна ширина – $b_1 = 1,5$ мм.

У даному випадку приймаємо мінімальну ширину крила $b_2 = 50$ мм, відповідно максимальна ширина становитиме $b_1 = 1,5 \times 50 = 75$ мм.

Товщину матеріалу леза δ визначають залежно від прийнятої ширини захвату стрілчастої лапи: $\delta \leq 0,03 b$:

$$\delta \leq 0,03 \times 330 = 6,6 \text{ мм.}$$

Для забезпечення стабільності заглиблення стрілчастих лап у ґрунт їхні леза повинні мати задні кути різання $\epsilon \geq 10^\circ$ у площині перерізу крила вертикальною площиною, перпендикулярною до леза. Відповідно до механічних властивостей матеріалів, що застосовуються при виготовленні лап, кут загострення леза не може бути меншим за $12\text{--}15^\circ$, оскільки зменшення цього показника призводить до зниження міцності робочої кромки та прискореного її зношування.

$$\beta_0 = i + \epsilon = (12 \div 15^\circ) + 10^\circ = 22 \div 25^\circ.$$

Спосіб заточування лез – комбінований.

Кут α , утворений лінією $A'B'$ з опорною поверхнею, визначають відповідно до залежності:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B\phi C\phi}{A\phi C\phi},$$

однак

$$B\phi C\phi = b_1 \sin b \quad \text{і} \quad A\phi C\phi = \frac{b_1 \cos b}{\sin g},$$

отже:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} b \sin g. \quad (3.12)$$

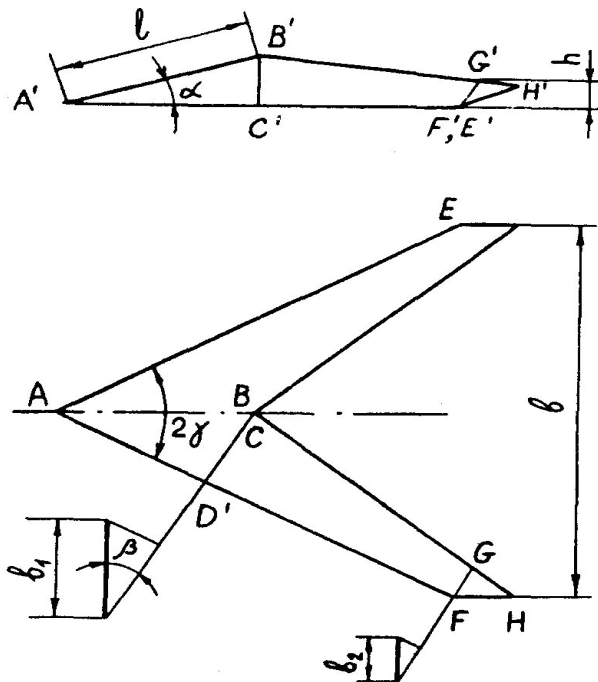


Рисунок 3.5 – Схема стріловидної лапи

Відрізок l , для визначення положення точки $B\phi$:

$$l = b_1 \frac{\sin b}{\sin a}. \quad (3.13)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 15 \cdot \sin 27,5 = 0,27 \cdot 0,47 = 0,13 \text{ кут } \alpha = 7,4^{\circ};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 25 \cdot \sin 37,5 = 0,284 \text{ кут } \alpha = 15;$$

$$l_1 = 75 \cdot 0,258 / 0,128 = 151 \text{ мм};$$

$$l_2 = 57 \cdot 0,422 / 0,258 = 122,64 \text{ мм}.$$

3.1.2. Вибір способу розміщення лап на рамі

Схема розміщення стрілочастих лап на рамах комбінованих ґрунтообробних агрегатів визначається трьома основними параметрами: величиною перекривання, кількістю рядів лап та міжрядною відстанню L . Для обґрунтування оптимального розташування робочих органів необхідно встановити зони деформації ґрунту, що виникають під час їх роботи.

Для цього застосуємо метод проф. В. С. Жегалова. Розглянемо випадок, коли лапа переміщується в ґрунті та заглиблена на максимальну робочу глибину $a_{\max}$. Перед робочим органом формується зона деформації, яка обмежується прямою mn , нахиленою під кутом φ до нормалі nN , що проходить через носок n лапи (рис. 3.6). Збоку зона деформації обмежується площинами, що утворюють із напрямком mn кут $\omega/2$.

На основі цих геометричних співвідношень ширина смуги деформації ґрунту на його поверхні позначається величиною B , яка визначається за залежністю [1]:

$$B = b + 2m_1m_2 = m + 2mntg \frac{w}{2}, \quad (3.14)$$

де

$$mn = \frac{a_{\max}}{\cos(a + j)} \quad (3.15)$$

Звідси

$$B = b + \frac{2a_{\max} \operatorname{tg} \frac{w}{2}}{\cos(a + j)} \quad (3.16)$$

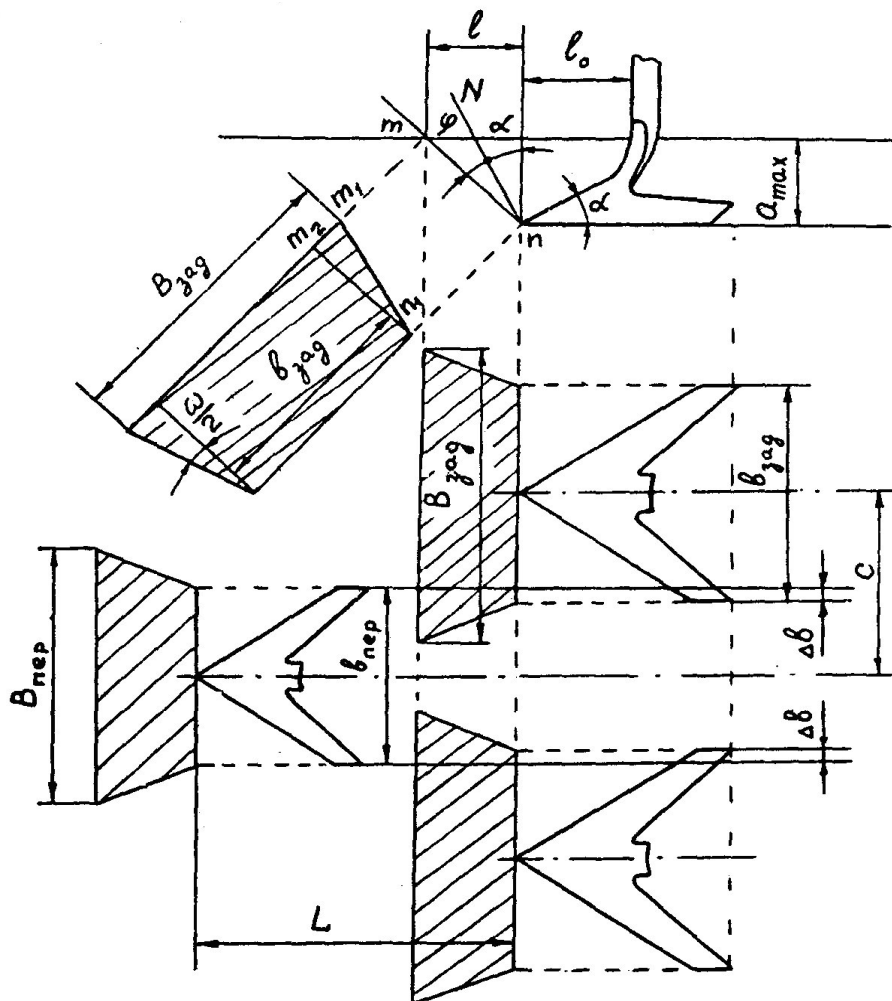


Рисунок 3.6 – Розміщення лап ґрунтообробного агрегату

Приймаємо $a_{\max} = 120$ мм; $\varphi = 47,7^\circ$; $w = 50$.

Тоді:

$$B_{nep1}=270+(2\cdot120\cdot tg25/\cos 55,1)=466 \text{ мм};$$

$$B_{nep2}=330+(2\cdot120\cdot tg25/\cos 55,1)=526 \text{ мм};$$

$$B_{зад1}=329,27+(2\cdot120\cdot tg25/\cos 62,7)=573 \text{ мм};$$

$$B_{зад2}=402,44+(2\cdot120\cdot tg25/\cos 62,7)=646 \text{ мм}.$$

З огляду на те, що величину перекривання Δb було визначено на попередньому етапі, на даному етапі розрахунків необхідно встановити наступні параметри:

Відстань між сусідніми борознами

$$c = 0,5(b_{nep} + b_{зад}) - b; \quad (3.17)$$

$$c = 0,5(270 + 330) - 30 = 270 \text{ мм};$$

$$c = 0,5(330 + 400) - 50 = 315 \text{ мм}.$$

Перекривання зон деформації

$$\Delta B = 0,5(b_{nep} + b_{зад}) - c. \quad (3.18)$$

$$\Delta B = 0,5(466 + 573) - 270 = 250 \text{ мм};$$

$$\Delta B = 0,5(526 + 646) - 315 = 271 \text{ мм}.$$

Відстань l між рядами лап визначається умовами вільного виходу випереджальних тріщин у ґрунтовому шарі на поверхню без створення перешкод з боку робочих органів, розташованих у передньому ряду. Забезпечення такого виходу тріщин істотно знижує ризик забивання робочих

органів бур'янами чи грудкуватими частками ґрунту, що підвищує надійність та стабільність роботи агрегату.

Це є можливим при [1]:

$$L \geq l_0 + l, \quad (3.19)$$

$$l = a_{\max} \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \quad (3.20)$$

Тоді

$$L \geq l_0 + a_{\max} \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$$

$$l_0 = l_1 \cdot \cos \alpha = 151 \cdot 0,992 = 150 \text{ мм};$$

$$l = 120 \cdot \operatorname{tg}(15 + 47,7) = 233 \text{ мм}.$$

Отже

$$L \geq 233 + 150 = 383 \text{ мм},$$

Отримане значення знаходиться в межах $L = 350 \dots 550$.

Тобто розрахунки вірні.

3.2. Розрахунок тягового опору ґрунтообробного агрегату

Розрахунок необхідно розпочинати з визначення сил, що діють на робочі органи передніх та задніх рядів. Ці сили залежать від ширини захвату лап, глибини обробітку та фізико-механічних властивостей ґрунту.

У загальному випадку тяговий опір однієї лапи визначають за величиною питомого опору ґрунту q та робочою шириною захвату b згідно з формулою [1]:

$$R_x = qb \quad (3.21)$$

Значення питомого тягового опору стрілочастих лап із шириною захвату 250–330 мм, характерні для вітчизняних моделей культиваторів при робочій швидкості 6 км/год, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Питомий опір стрілочастих культиваторних лап

Глибина обробітку, см	6	8	10	12
Питомий опір, Н/мм	0,8-1,0	0,9-1,3	2,1-2,7	3,0-3,8

За збільшення швидкості руху культиватора на кожні 1 км/год понад базові 6 км/год, тяговий опір стрілочастих лап зростає приблизно на 10 %. Для розрахунків приймаємо питомий опір ґрунту $q=2,4$ Н/мм, що відповідає умовам передпосівного обробітку на глибину 12 см. Робочу ширину захвату приймаємо максимальною – $b = 330$ мм.

Слід урахувати, що тяговий опір лап, встановлених у передньому ряду, є приблизно удвічі більшим порівняно з опором лап заднього ряду (за однакової ширини захвату). Цей фактор необхідно включати до подальших розрахунків тягового навантаження на кожен робочий орган агрегату [1].

$$q_{\text{пер}} = 1,33q \quad (3.22)$$

$$q_{\text{зад}} = 0,67q \quad (3.23)$$

Тяговий опір лап :

$$R_{хпте} = q_{пер} b_{пер} ; \quad (3.24)$$

$$R_{хзза} = q_{зад} b_{зад} . \quad (3.25)$$

Окрім горизонтальної складової тягового опору, на стрілчасті лапи діють також вертикальні сили взаємодії з ґрунтом R_z . Співвідношення між вертикальною складовою R_z та горизонтальною R_x характеризується коефіцієнтом $m = \operatorname{tg} \Psi$.

Значення кута Ψ залежить від гостроти леза, глибини обробітку та твердості ґрунту, тому може змінюватися в широких межах і набувати як додатних, так і від’ємних значень. Від’ємний кут Ψ спостерігається за умов роботи на твердих сухих ґрунтах із затупленими лезами, коли вертикальна складова спрямована вгору.

Для глибини ходу 10–12 см, що відповідає середньому рівню вологості ґрунту та роботі гострим лезом, кут Ψ зазвичай становить 22–28°. У подальших розрахунках приймаємо значення $\Psi = 25^\circ$.

$$q_{пер} = 1,33 \cdot 3,8 = 5,05 \text{ Н/мм};$$

$$q_{зад} = 0,67 \cdot 3,8 = 2,546 \text{ Н/мм}.$$

Передній ряду лап R_{xz} :

$$R_{xz пер} = q_{пер} \cdot b_{пер} \cdot \cos 25 = 5,05 \cdot 330 \cdot 0,906 = 1511 \text{ Н}.$$

Другий і третій ряд лап R_{xz} :

$$R_{xz зад} = q_{зад} \cdot b_{пер} \cdot \cos 25 = 2,546 \cdot 400 \cdot 0,906 = 929 \text{ Н}.$$

Положення точки перетину напрямку дії результуючої сили R_{xz} визначається величиною h , яка встановлюється відповідно до заданої глибини обробітку ґрунту [1]:

$$h = (0,5, 0,3) a ; \quad (3.26)$$

$$H = 0,5 \cdot 120 = 60 \text{ мм.}$$

Загальний тяговий опір комбінованого агрегату:

$$P = R_{x_{\text{пер}}} z n + R_{xz_{\text{зад}}} n + R_{xz_{\text{зад}}} n \quad (3.27)$$

Число лап в ґрунтообробному агрегаті:

1 ряд $n = 4$ шт,

2 ряд $n = 4$ шт,

3 ряд $n = 2$ шт.

Отже загальний тяговий опір:

$$P = 1511 \cdot 4 + 929 \cdot 4 + 929 \cdot 2 = 11618 \text{ Н.}$$

Приймаємо клас тяги енергозасобу 30 кН.

3.3. Аналіз напружено-деформівного стану розпушувальної лапи

Для виконання аналізу напружено-деформованого стану (НДС) розпушувальної лапи з пружинною стійкою було застосовано інструментарій тривимірному параметричного моделювання у програмному середовищі SolidWorks.

На першому етапі побудовано твердотільну 3D-модель лапи (рис. 3.7), що відтворює її геометричні та конструктивні особливості.

Подальше дослідження НДС здійснено із використанням модуля Simulation, який входить до складу програмної системи SolidWorks і реалізує метод кінцевих елементів. Застосування даного інструменту дало змогу змодельовати роботу розпушувальної лапи під дією зовнішніх силових навантажень, оцінити розподіл напружень, деформацій та визначити найбільш напружені ділянки конструкції пружинної стійки.



Рисунок 3.7 – Модель розпушувальної лапи з пружинною стійкою

З цією метою на тривимірній моделі розпушувальної лапи з пружинною стійкою будується кінцеелементна сітка (рис. 3.8, а).

Далі задаються граничні умови: один вільний кінець пружинної стійки фіксується шляхом повного защемлення. На лезо лапи прикладається горизонтальне навантаження величиною 100 Н, що імітує робочі зусилля під час взаємодії робочого органа з ґрунтом (рис. 3.8, б).

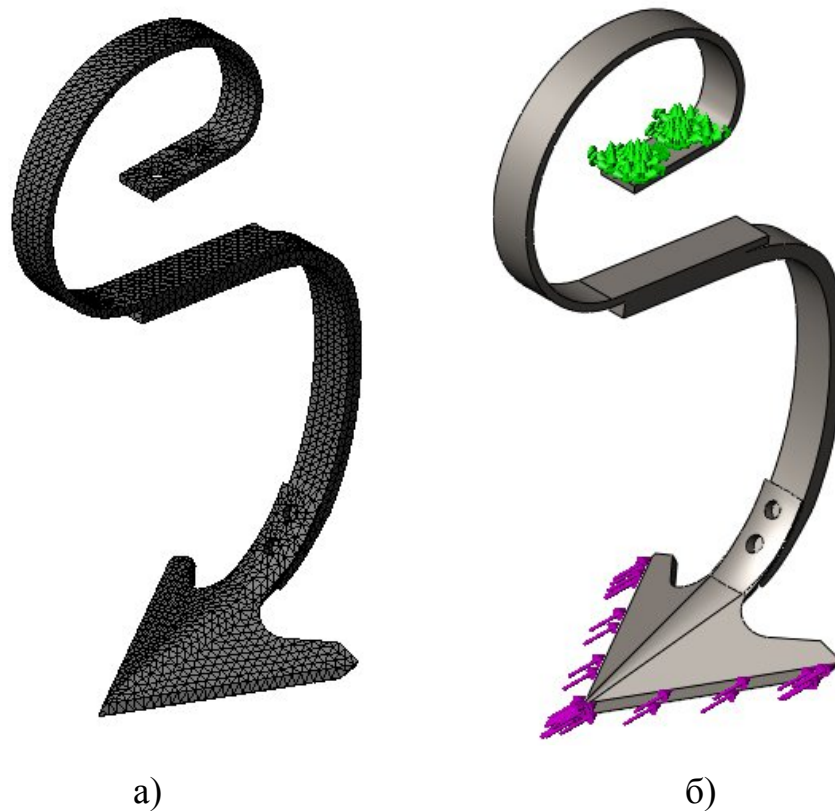
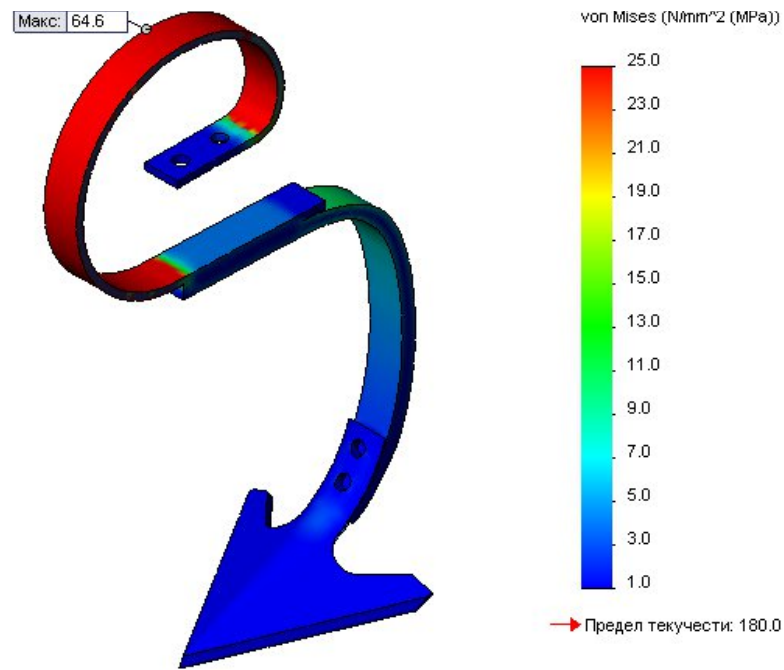


Рисунок 3.8 – Моделювання розпушувальної лапи:

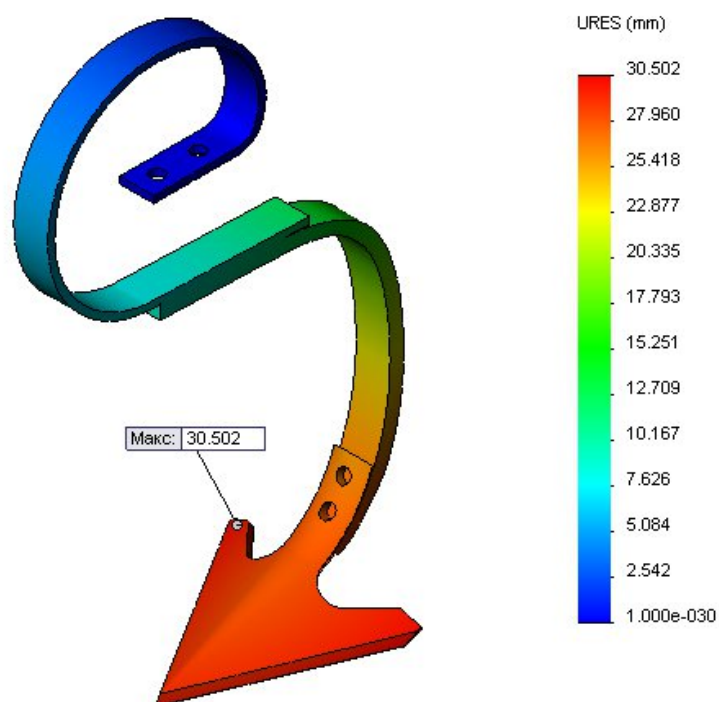
а – сітка кінцевих елементів; б – умови закріплення та навантаження.

Результати НДС розпушувальної лапи з пружинною стійкою, виконаного за допомогою модуля кінцеелементного моделювання Simulation пакету тривимірного проектування SolidWorks, представлені на рис. 3.9.

Отримані дані відображають розподіл напружень і деформацій у конструктивних елементах лапи за заданих умов навантаження та закріплення, що дає можливість оцінити її робочу надійність та визначити потенційні зони підвищених механічних навантажень.



а)



б)

Рисунок 3.9 – Результати розрахунку НДС розпушувальної лапи:
а - напруження, МПа; б - переміщення точок, мм.

На підставі результатів кінцевоелементного аналізу встановлено, що найбільші еквівалентні напруження виникають у зоні пружинної стійки та сягають приблизно 65 МПа. Максимальне лінійне переміщення стрілкової лапи, зумовлене пружною деформацією стійки, становить близько 30,5 мм.

Графічний розподіл коефіцієнта запасу міцності для конструкції стрілкової лапи з пружинною стійкою наведено на рис. 3.10.

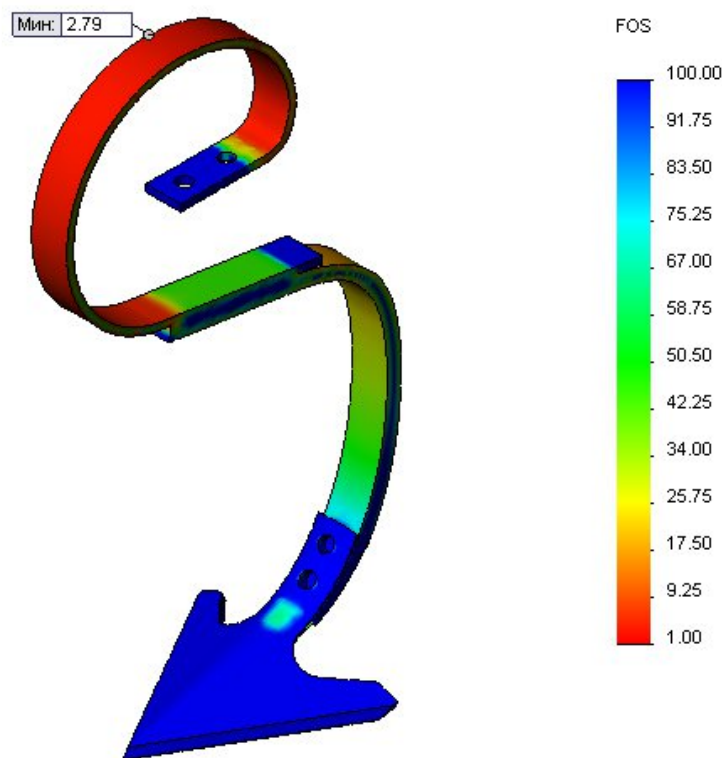


Рисунок 3.10 – Розподіл запасу міцності стрілкової лапи

Мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності стрілкової лапи з пружинною стійкою становить приблизно 2,8, що свідчить про достатній рівень її конструкційної міцності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.2. Охорона праці при експлуатації ґрунтообробних агрегатів

У процесі експлуатації комбінованих ґрунтообробних агрегатів виникає комплекс небезпечних виробничих факторів, що можуть призвести до травмування персоналу, пошкодження техніки та негативного впливу на довкілля. Забезпечення безпечних умов праці під час роботи машинно-тракторних агрегатів регламентується чинними нормативно-правовими актами України.

Виконання вимог зазначених нормативів є обов'язковою умовою безпечної організації праці з комбінованими ґрунтообробними агрегатами.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час роботи комбінованих ґрунтообробних агрегатів працівники можуть зазнавати впливу таких небезпечних факторів:

- *Механічні небезпеки*: обертальні частини валів і дисків; гострі кромки робочих органів (лапи, долота, диски); небезпека защемлення між вузлами навіски трактора; падіння або перекидання агрегату під час обслуговування.

- *Транспортні небезпеки*: рух тракторів і агрегатів між полями; зменшена видимість оператора під час руху заднім ходом; підвищений гальмівний шлях при перевезенні агрегату дорогами загального користування.

- *Фізичні фактори*: підвищений рівень шуму та вібрації в кабіні трактора; рух пилу та ґрунтових частинок під час роботи агрегату; можливість потрапляння сторонніх предметів у зону робочих органів.

- *Хімічні та біологічні фактори*: забруднення пилом, що може містити спори грибів та мікроорганізми; можливий контакт із мастильними матеріалами, паливом та технічними рідинами.

- *Психофізіологічні фактори*: монотонність роботи; висока напруга уваги; робота в умовах спеки, холоду або підвищеної вологості.

Вимоги охорони праці до організації та проведення робіт

Вимоги до персоналу. До роботи допускаються особи не молодші 18 років; які пройшли медичний огляд; пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці; мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

Оператор повинен бути ознайомлений з інструкцією з експлуатації агрегату та інструкцією з охорони праці.

Вимоги перед початком роботи

Перед початком зміни необхідно:

- Оглянути агрегат і трактор: перевірити кріплення лап, дисків, котків; перевірити гідросистему на відсутність витоків; оцінити стан шин та тиску в них; переконатися у справності світлової сигналізації.

- Перевірити надійність зчеплення: пальці навіски повинні мати шплінти; ланцюги стабілізації – відрегульовані.

- Встановити огороження рухомих елементів.

- Перевірити наявність аптечки; вогнегасника; знака аварійної зупинки.

Вимоги під час роботи

Оператор повинен:

- працювати на рівномірній швидкості, без різких розворотів і зупинок;
- не перебувати між трактором та агрегатом при приєднанні;
- не очищувати робочі органи під час руху;
- дотримуватись мінімальної дистанції 50 м до інших тракторів;
- контролювати шум і вібрацію – використовувати засоби індивідуального захисту.

Забороняється:

- працювати на схилах понад 10–12° без додаткової стабілізації;
- перевозити людей на агрегаті;
- проводити ремонт при піднятому агрегаті без підставок.

Вимоги після закінчення роботи

- відірвати агрегат від ґрунту, опустити на рівну площадку;

- очистити лапи, диски та котки спеціальними скребками;
- змастити вузли згідно інструкції;
- перевірити наявність тріщин або зношення робочих органів;
- закріпити агрегат для запобігання самовільному руху.

Пожежна та екологічна безпека

Пожежна безпека

- у тракторі повинен бути вогнегасник ОП-2 або ОП-5;
- забороняється палити під час заправки;
- забороняється зберігати ганчірки, просочені паливом, у кабіні.

Екологічна безпека

При експлуатації комбінованих ґрунтообробних агрегатів необхідно:

- уникати роботи на перезволожених полях – ризик руйнування структури ґрунту;
- мінімізувати викиди продуктів згорання за рахунок своєчасного техобслуговування двигуна;
- запобігати витокам оливи та палива у ґрунт;
- зменшувати кількість проходів техніки (ресурсозбереження).

Висновки

Експлуатація комбінованих ґрунтообробних агрегатів вимагає суворого дотримання правил охорони праці, адже робота з багатокомпонентними знаряддями супроводжується механічними, транспортними, фізичними і хімічними ризиками. Виконання вимог безпеки, контроль технічного стану агрегату і використання засобів індивідуального захисту забезпечують мінімізацію виробничих травм, підвищення ефективності роботи та збереження життя і здоров'я персоналу.

4.2. Заходи безпеки при роботі з ґрунтообробними агрегатами в аварійних ситуаціях

Експлуатація комбінованих та традиційних ґрунтообробних агрегатів може супроводжуватись виникненням аварійних ситуацій, пов'язаних із механічними пошкодженнями робочих органів, порушенням роботи гідросистеми, відмовою вузлів трактора, зіткненням агрегатів у полі або небезпечними погодними умовами. Своєчасне реагування на такі ситуації є необхідною умовою забезпечення безпеки оператора та збереження техніки.

Дії оператора при раптовій відмові робочих органів

- негайно зупинити трактор, вимкнути передачу та привести агрегат у підняте положення.
- Увімкнути стоянкове гальмо та вимкнути двигун.
- Забороняється підходити до агрегату з боку можливого обвалу ґрунту або самовільного опускання робочих органів.
- Здійснити візуальний огляд на безпечній відстані.
- Якщо пошкоджені лапи, диски, котки чи рама – ремонт виконувати лише після повної фіксації агрегату підставками.

Дії при пошкодженні або розриві гідросистеми

- негайно припинити рух і вимкнути двигун.
- Не торкатися шлангів, що знаходяться під тиском – можливе ураження струменем рідини, що пробиває шкіру.
- Перевірка витоків дозволяється лише за допомогою картону або паперу, не руками.
- У разі значного витoku – встановити знак аварійної зупинки, відбуксирувати машину у безпечне місце.
- Заміна шлангів виконується тільки після повного скидання тиску.

Дії при самовільному опусканні робочих органів

- Оператор повинен одразу відійти з небезпечної зони (не менше 10 м).

- Перевірити рівень тиску у гідросистемі.
- Застосувати механічні фіксатори або підставки.

Забороняється: проводити ремонт під незакріпленим агрегатом; піднімати агрегат піддомкратником без підставок.

Дії при загорянні трактора або агрегату

- Негайно вимкнути двигун та від'єднати акумулятор.
- Застосувати вогнегасник типу ОП-2 або ОП-5.
- Гасити слід проти напрямку вітру, з відстані 2–3 м.
- Після ліквідації вогню – оцінити стан електропроводки і паливної системи.

- Забороняється використовувати воду для гасіння електричних систем і ПММ.

Дії при зіткненні агрегатів або наїзді на перешкоду

- Зупинити трактор і вимкнути двигун.
- Перевірити, чи є потерпілі – у разі потреби надати першу допомогу.
- Оглянути пошкодження рами, навісної системи та робочих органів.

Забороняється продовжувати роботу при: деформації рами; зламаних лапах або дисках; зміщенні центру ваги агрегату.

- Викликати фахівця для оцінки технічного стану.

Дії при погіршенні погодних умов (злива, гроза, сильний вітер)

- Зупинити агрегат та відійти від високих металевих конструкцій.
- У разі грози негайно припинити роботу – трактор може діяти як провідник блискавки.

- За умов сильного вітру – зменшити швидкість та уникати різких поворотів.

- При зниженні видимості нижче 50 м – роботу припинити.

Дії при травмуванні працівника

- Негайно зупинити трактор та викликати швидку допомогу.
- Надати допомогу відповідно до характеру травми: зупинка кровотечі; накладення пов'язки; іммобілізація кінцівок.

- Забороняється переміщати потерпілого без необхідності, якщо підозрюється травма хребта.

- Після надання допомоги – повідомити керівництво господарства та зафіксувати інцидент.

Загальні вимоги до попередження аварійних ситуацій

- регулярне технічне обслуговування агрегату;
- перевірка тиску в гідросистемі перед кожним виїздом;
- заміна зношених робочих органів;
- контроль наявності та стану огорожень;
- інструктажі з безпечної експлуатації техніки;
- заборона роботи в темний час без освітлення;
- використання засобів індивідуального захисту.

Висновок

Наявність чітких інструкцій і грамотних дій оператора в аварійних ситуаціях значно знижує ризик травмування, дозволяє оперативно локалізувати небезпеку і забезпечує безпечну експлуатацію ґрунтообробних агрегатів. Дотримання вимог безпеки має бути невід’ємною частиною виробничого процесу в аграрних підприємствах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату, а також визначення впливу технології комбінованого обробітку на показники родючості ґрунту.

Об'єктом дослідження у цій роботі є процес взаємодії робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом. Предметом дослідження – конструктивні параметри робочих органів та показники родючості ґрунту, що змінюються під впливом комбінованого обробітку

У роботі магістра проведено аналіз впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту, такі як структурний стан, водно-повітряний режим, щільність, температуру, біологічну активність та гумусний баланс.

Ґрунтуючись на аналізі будови комбінованого ґрунтообробного агрегату та даних про технологічні процеси обробітку ґрунту здійснено обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра.

В кваліфікаційній роботі розглянуто вплив технологій обробітку на показники родючості ґрунту і напрями сучасних досліджень у галузі комбінованих ґрунтообробних агрегатів.

Досліджено вплив різних технологій обробітку ґрунту на його основні агрофізичні, фізико-хімічні та біологічні показники родючості, що формують умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Наведено узагальнення досліджень і запропоновано практичні рекомендації щодо впливу технології обробітку на показники родючості ґрунту.

У роботі проведено обґрунтування параметрів лап комбінованого ґрунтообробного агрегату, зокрема конструктивні розрахунки розпушувальної лапи та вибір способу розміщення лап на рамі. Наведено розрахунки тягового опору ґрунтообробного агрегату, а також здійснено аналіз напружено-деформівного стану розпушувальної лапи.

У роботі також проаналізовано вимоги з охорони праці під час

експлуатації комбінованих ґрунтообробних агрегатів та розглянуто особливості забезпечення безпеки при виникненні аварійних і нестандартних ситуацій.

Застосування комбінованих робочих органів у складі ґрунтообробних агрегатів дає змогу поєднати переваги різних систем механічного обробітку, зменшити техногенний вплив на ґрунтове середовище та сприяти відновленню й підтриманню його родючості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. 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.
3. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
5. Каленська, С. М., Шевчук, О. М. Екологічні аспекти впливу систем обробітку ґрунту на його родючість. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 208 с.
6. Медведєв, В. В. Структура ґрунту і родючість. Харків: Міленіум, 2017. 412 с.
7. Мельник, В. І., Кравченко, О. М. Вплив різних технологій обробітку на агрофізичні властивості ґрунту. Агрохімія і ґрунтознавство. 2019. № 88. С. 54–62.
8. Олексюк В.П. 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.
9. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій,

М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк.
Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.

10. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi

11. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

12. Панько, Т. В., Горбачов, В. С. Мінімальний обробіток ґрунту: наукові основи та практика. Вінниця: Нова Книга, 2016. 192 с.

13. Рижук, С. М., Марчук, І. І. Біологічна активність ґрунту залежно від системи обробітку. Вісник аграрної науки. 2018. № 5. С. 42–50.

14. Сидоренко, В. П. Комбіновані ґрунтообробні агрегати: конструкції та ефективність. Харків: ХНАУ, 2019. 220 с.

15. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 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. FAO. Conservation Agriculture: Global Overview. Rome: FAO, 2016. 52 p.

18. 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.

19. Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. Conservation agriculture and soil quality improvement. International Journal of Agricultural Sustainability. 2018. Vol. 16. P. 1–23.

20. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of

TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

21. Roman Hevko; 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.

22. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

23. USDA. Soil Quality Indicators: Tillage Intensity Impacts. Washington, 2019. 45 p.

ДОДАТКИ