

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»

на тему:

**Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого  
культиватора для передпосівного обробітку ґрунту**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМз-1-22  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Зубарев Володимир Миколайович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Теслюк Геннадій Володимирович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Зубарев Володимир Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого культиватора для передпосівного обробітку ґрунту

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 26 » грудня 2023 року № 4084

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації рослинництва та існуючого знаряддя для обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Сучасний стан проблеми і вибір напрямків досліджень. 2. Теоретичне обґрунтування параметрів ґрунтообробної машини. 3. Програма і методика проведення експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічна ефективність застосування сепаратора ґрунту. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
6	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Зубарєв В.М.

\_\_\_\_\_

( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Теслюк Г.В.

\_\_\_\_\_

( прізвище та ініціали )



## РЕФЕРАТ

Зубарев В.М. Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого культиватора для передпосівного обробітку ґрунту. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Розглядаються питання застосування робочих органів для передпосівного обробітку ґрунту. Проведено обґрунтування та зроблено огляд існуючих робочих органів і можливість їх пристосування до роботи в комбінованому культиваторі.

Дослідження технологічного процесу передпосівної обробки ґрунту культиватором з тросовим і котковим робочими органами проводилися, спираючись на основні закони землеробської механіки, агротехніки, математичного моделювання, за стандартними методиками.

В роботі приведено:

- конструкцію культиватора з тросовим і катковим робочими органами з раціональними конструктивними параметрами.

- залежності тягового опору тросового та каткового робочого органу від своїх конструктивних параметрів.

- результати експериментальних досліджень культиватора з тросовим та катковим робочими органами, що підтверджують підвищення його агротехнічних показників та зниження енергетичних витрат при підготовці ґрунту до посіву (на прикладі обробітку ріпаку).

Показники економічної ефективності застосування культиватора з тросовим та катковим робочими органами при вирощуванні дрібно насінневих культур.

**Зубарев В.М.** Особливості використання ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами / Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, м. Біла Церква, 2 лютого, 2024 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2024. — 286 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП . . . . .	8
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
1.1. Вимоги до якості передпосівної обробки ґрунту . . . . .	12
1.2. Огляд існуючих конструкцій машин для передпосівної обробки ґрунту . . . . .	12
1.3. Мета роботи і завдання дослідження . . . . .	21
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ . . . . .	23
2.1. Обґрунтування параметрів робочих органів . . . . .	23
2.2. Визначення тягового опору робочого органу . . . . .	29
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ . . . . .	40
3.1. Завдання та програма експериментальних досліджень . . . . .	40
3.2. Методика експериментальних досліджень . . . . .	41
3.2.1. Порівняльна оцінка тягових опорів агрегатів з традиційними та експериментальними робочими органами . . . . .	45
3.2.2. Методика обробки експериментальних даних . . . . .	48
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. . . . .	50
4.1. Результати попередніх випробувань культиватора з тросовим та катковим робочими органами . . . . .	50
4.2. Вплив тросового та каткового робочих органів на структурний склад та гребнистість поверхні поля . . . . .	50
4.3. Вплив різних способів обробки на засміченість . . . . .	54
4.4. Вплив передпосівної обробки на вологість поверхневих шарів ґрунту .	55
4.5 Оцінка експлуатаційних показників роботи культиватора з тросовим та катковими робочими органами ну . . . . .	57
5. ОХОРОНА ПРАЦІ . . . . .	63
5.1. Аналіз стану охорони праці на виробництві . . . . .	63
5.2. Умови праці в сільськогосподарському виробництві; травматизм і захворювання . . . . .	64

5.3. Допуск до роботи на тракторах і сільськогосподарських машинах	65
5.4. Вимоги охорони праці до технічного стану машин . . . . .	.65
5.5. Техніка безпеки при виконанні робіт комбінованим агрегатом .	66
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ . . . . .	69
ВИСНОВКИ . . . . .	79
ЛІТЕРАТУРА . . . . .	81

## ВСТУП

Метою сучасного сільськогосподарського виробництва є відшукування шляхів зниження витрат енергетичних ресурсів та впровадження нових методів у технологіях обробітку сільськогосподарських культур, орієнтованих на збереження родючості ґрунту та підвищення врожайності.

Урожайність сільськогосподарських культур багато в чому залежить від якості обробки ґрунту перед посівом. За агротехнічними вимогами передпосівна обробка ґрунту повинна забезпечити вирівняну поверхню поля, знищення бур'янів, збереження ґрунтової вологи, оптимальної щільності та структурного складу посівного шару ґрунту [2]. Виконання цих вимог особливо важливо для дрібнонасінневих культур, мала глибина закладення насіння яких вимагає застосування спеціальної техніки [7].

В останні роки все частіше на полях нашої країни і за кордоном для передпосівного обробітку ґрунту застосовуються комбіновані машини, які на практиці довели свою економічну ефективність. Вони здатні за рахунок зменшення кількості проходів агрегату по полю забезпечити різке скорочення термінів весняно-польових робіт, зменшити ущільнення ґрунту колесами агрегатів, а також суттєво знизити витрати на паливо та підвищити продуктивність праці. Традиційно застосовують робочі органи у наступних комбінаціях: пружинні розпушувальні лапи, вирівнювальний брус, котки (РВК-3,6, РВК-5,4); голчаста ротаційна борона, вирівнююча дошка, коток зубчастокільчастий (КЗК-5,6); дискова борона, універсальні стрілчасті лапи, котки, що прикочують (АКП-3,6, АКП-5,4, АКП-7,2) та інші [3, 4, 8].

Таким чином, перспективним напрямком у розвитку механізації передпосівної обробки ґрунту є застосування комбінованих машин, що дозволяють в одному технологічному процесі виконувати кілька операцій із точним дотриманням агротехнічних вимог.



## **Актуальність теми**

У технології обробітку сільськогосподарських культур передпосівний обробіток ґрунту є одним з головних його елементів. Від високої якості та своєчасності проведення передпосівного обробітку ґрунту залежить збереження в ґрунті вологи, вирівняність поверхні поля, знищення бур'янів і глибина посіву оброблюваних культур. Це особливо відноситься до посіву дрібнонасіневих культур (ріпак, люцерна, конюшина та ін.), які потребують дрібне загортання насіння.

Визнаючи високий рівень конструктивної розробки робочих органів і машин для передпосівної обробки ґрунту, слід відзначити недоліки, що мають місце, в показниках якості підготовки ґрунту до посіву. Конструктивні особливості лапових робочих органів культиваторів, особливості стрілочастих універсальних і розпушувальних, не дозволяють виконувати обробку ґрунту без винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля. Традиційні культиватори не забезпечують необхідної диференціації ґрунтової структури в посівному шарі, має місце приживання зрізаних бур'янів після обробки. Тому виникає необхідність у розробці нових робочих органів, що забезпечують виконання вимог до передпосівної обробітку ґрунту, зокрема для дрібнонасіневих культур. У зв'язку з цим, розробка та обґрунтування параметрів культиватора для передпосівного обробітку ґрунту з тросовим та котковим робочими органами, які забезпечують умови для зростання та розвитку дрібнонасіневих культур, є актуальним і вимагає практичного рішення.

**Мета дослідження** - підвищення ефективності передпосівної обробки ґрунту при вирощуванні дрібнонасіневих культур.

**Об'єкт дослідження** - технологічний процес обробітку ґрунту експериментальним культиватором з тросовим і котковим робочими органами.

**Предмет дослідження** – закономірності якісних показників обробітку ґрунту експериментальним культиватором та його тягового опору при різних конструктивних параметрах.

### **Наукова новизна**

1. Встановлено закономірності якісних та енергетичних показників поверхневої обробки ґрунту від конструктивних параметрів культиватора з тросовим та катковим робочими органами.
2. Обґрунтовано конструктивні параметри культиватора з тросовим та катковим робочими органами.
3. Зроблено порівняльну економічну оцінку розробленого культиватора.

# **1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ**

## **1.1 Вимоги до якості передпосівної обробки ґрунту**

Згідно з ДСТУ 26244-84 Після передпосівної обробки поверхню поля слід вирівняти. При цьому висота нерівностей не повинна перевищувати 4 см. На поверхні поля не повинно бути грудок ґрунту розміром або діаметром більше 10 см. Оброблений шар ґрунту повинен бути розпушеним і дрібнозернистим; допускається наявність грудок розміром 2,6 см або менше до 80% в обробленому шарі і 10% або менше в шарі 5-10 см.

Щільність обробленого шару ґрунту повинна бути в межах 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. Допускаються відхилення в межах  $\pm 1,0$  см від заданої глибини обробки ґрунту. Бур'яни повинні бути скошені. Не допускається наявність нескошених бур'янів на поверхні поля або необроблених смуг чи ділянок (вад) на полі, підготовленому до сівби [7, 8].

## **1.2 Огляд існуючих конструкцій машин для передпосівної обробки ґрунту**

Для підготовки ґрунту до сівби використовують парові луцильники, культиватори, борони, фрези, котки та комбіновані агрегати, які виконують кілька технічних операцій за один прохід.

На легких міських піщаних або супіщаних ґрунтах з достатнім зволоженням для весняного обробітку після посіву достатньо одного передпосівного проходу культивації на глибину загортання насіння (5-6 см), боронування та вирівнювання поверхні ґрунту. Для цього можна використовувати парові культиватори КПС-4А, КШУ-6-12, КШП-8 та ін., обладнані стрілами з жорсткими і пружинними стійками, розпушувачами і додатковими вирівнюючими органами (боронами і котками різних конструкцій).

На важких глинистих або суглинних ґрунтах рекомендується розпушити ґрунт на глибину 10-12 см для покращення аерації та збереження тепла. Для цього використовують важкі дискові борони, важкі культиватори типу КПЕ-3,8, чизельні культиватори та інші знаряддя. Також можна використовувати машини з активними робочими органами. Якщо поле густо вкрите бур'янами, доцільно використовувати культиватор або плуг для неглибокої оранки (16-17 см) і вирівняти поверхню ґрунту боронуванням або коткуванням.

На полях після скошування багаторічних трав використовуйте важку дискову борону БДТ-3, БДТ-7 або БДТ-10 в поєднанні з зубовою бороною.

Комбіновані луцильники РВК-3,6 і РВК-5,4, фрези та фрезерний культиватор КФГ-3,6 ефективно розпушують ґрунт за один прохід, розбивають грудки, вирівнюють поверхню та ущільнюють її. Це забезпечує рівномірне розміщення насіння, покращує схожість і підвищує врожайність вирощуваних культур.

Дрібнозернові культури, такі як льон, ріпак, конюшина, люцерна та овочеві культури, потребують більш ретельного розпушування та вирівнювання верхнього шару ґрунту. Тому ці культури найчастіше обробляють двічі - боронуванням і коткуванням, або використовують комбіновані агрегати, що поєднують розпушування, вирівнювання та коткування ґрунту [6, 4].

Класифікація існуючих культиваторів для суцільного обробітку ґрунту за типом та комбінацією робочих органів наведена на рисунку 1.1.

Розрізняють три основні типи культиваторів: підлогові (плоскорізні), універсальні та розпушувачі. Вони відрізняються конструктивними параметрами, які визначають характер їх впливу на ґрунт.

Лапи плоскорізних культиваторів підрізають бур'яни на глибину 4-6 см без значного розпушування оброблюваного шару і виводять вологий шар ґрунту на поверхню поля завдяки малому куту нахилу  $\alpha = 9-10^\circ$ .

Універсальні лапи використовуються для суцільного та міжрядного обробітку ґрунту на глибину до 12 см. Застосовуються для підрізання бур'янів і розпушування ґрунту, з кутом різання  $\alpha = 16-18^\circ$ .

Розпушувальні лапи використовуються для суцільного і міжрядного обробітку ґрунту на глибину до 16 см. Кут подрібнення становить до 45° [5, 8].

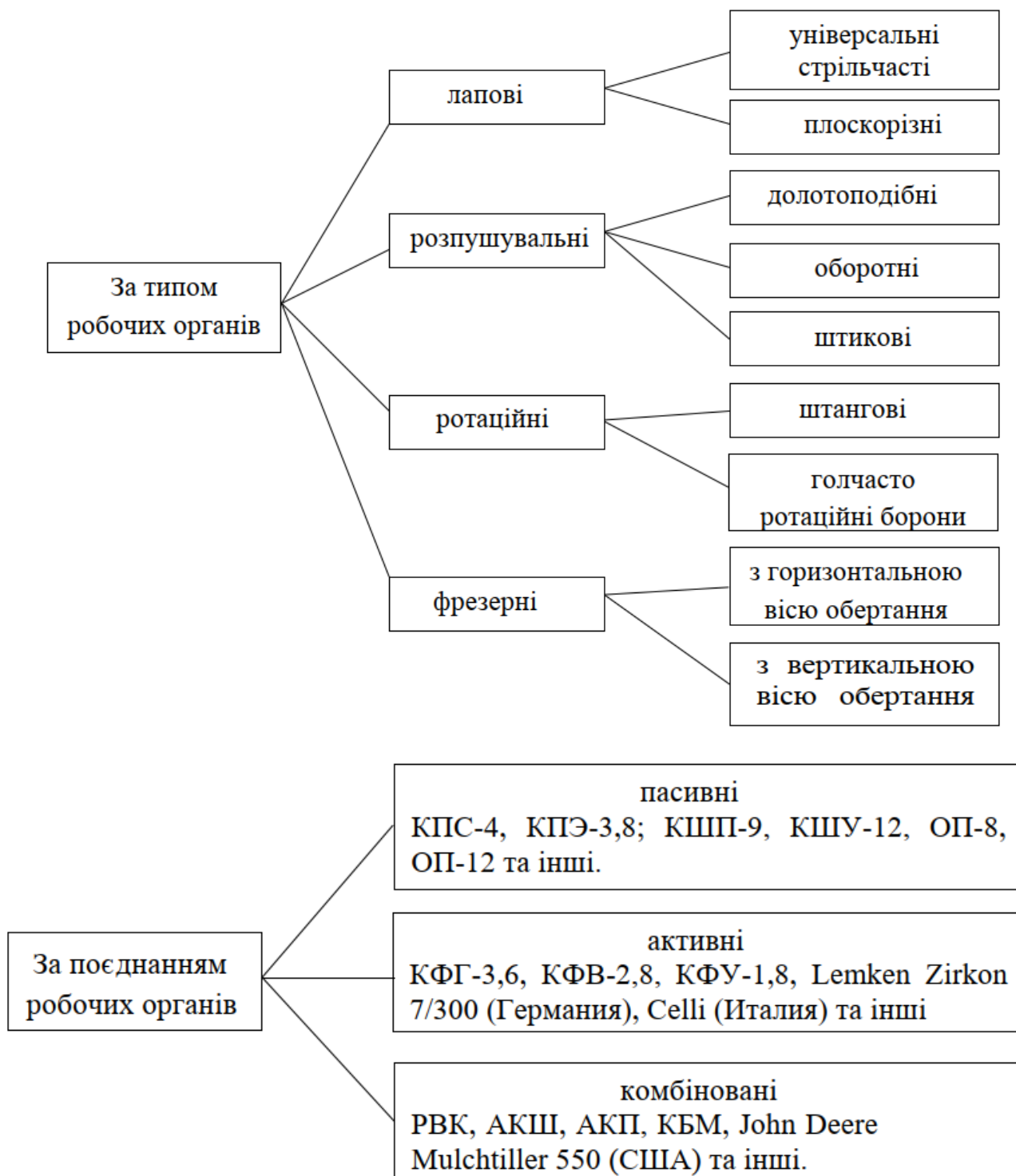


Рис. 1.1 – Класифікація культиваторів для суцільного обробітку ґрунту

Серйозним недоліком цих робочих органів є їх сильний вплив на посівне ложе. Через свої конструктивні параметри вони знімають нижній вологий шар

грунту на поверхню поля, що призводить до значних втрат вологи в посівному ложі.

Розташування робочих органів на рамі культиватора має значний вплив на якість передпосівного обробітку ґрунту. Проблемою обґрунтування розміщення робочих органів в різний час займалися багато дослідників [5, 9].

Аналіз основних існуючих культиваторів показує, що робочі органи культиваторів в основному розміщені за клиноподібною або гребеневою системою. Вітчизняні культиватори для суцільного обробітку ґрунту використовують розташування двох або трьох рядів лап на рамі культиватора. У цьому типі системи робочі органи розташовані рядами, що перекривають один одного (а, б на рис. 1.2), що забезпечує надійний обробіток ґрунту, запобігаючи забиванню робочих органів ґрунтом і рослинними рештками. У випадку розпушувальних лап (рис. 1.2 в) перекриття забезпечується площею деформації ґрунту, більшою за ширину лап.

Культиватор КПС-4 (рис. 1.3) - найпоширеніший в нашій країні агрегат, призначений для суцільної оранки перед посівом і для оранки парів, не засмічених камінням, з одночасним боронуванням; агрегується з трактором тягового класу 1,4 кН; КПС-4 використовується також з трактором 1,4 кН..

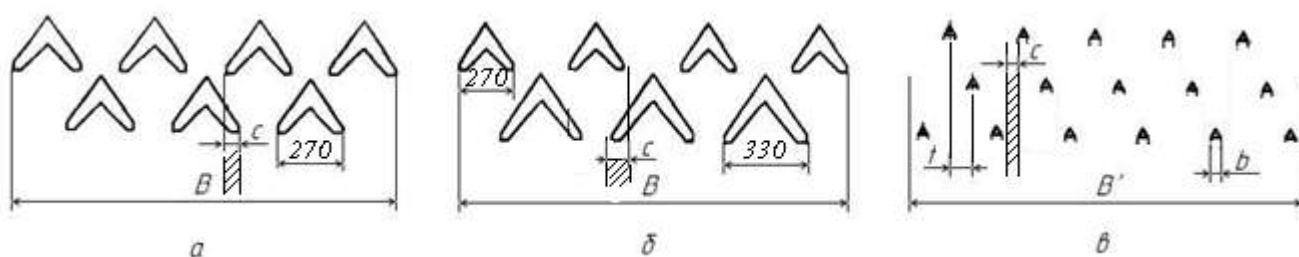


Рис 1.2 – Схема розміщення лап культиватора для суцільної обробки:

а – з лапами однієї ширини захвату; б - з лапами різної ширини захвату;

в – з розпушувальними лапами

Культиватор КПС-4 випускається в навісному та причіпному варіантах. Окремі модифікації комплектуються стрічастими універсальними лапами та розпушуючими лапами з пружинними дугоподібними та S-подібними стійками.



Рис. 1.3 – Культиватор КПС-4 з боронами

Усі модифікації культиватора КПС-4 обладнані пристроєм для навішування борін.

Як недоліки культиваторів типу КПС-4 можна відзначити невелику ширину захвату, високу металоємність, складну конструкцію [6].

*Культиватор КПЕ-3,8* (Рис. 1.4) служить для виконання суцільної передпосівної та осінньої обробки ґрунту із збереженням на її поверхні стерні для захисту ґрунту від вітрової ерозії.

Культиватор застосовується у всіх ґрунтово-кліматичних зонах та агрегується з тракторами тягового класу 3, а зчіпка з двох і більше культиваторів з тракторами тягового класу 5.

Модифікація культиватора КПЕ-3,8В-01 з мульчуючим пристосуванням МП-2-3,8 забезпечує зменшення тягового опору, кращого збереження стерні, меншого винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля за рахунок більш тонких стійок у зоні взаємодії з ґрунтом (20 мм замість 50 мм), зменшеного кута

нахилу хвостовика лапи (від 53 до 30 °). Мультуюче пристосування складається з пластинчастої ковзанки і дворядної пружинної борони.



Рис. 1.4 – Культиватор КПЕ-3,8

Культиватор КПЕ-3,8 може бути оснащений штанговим пристосуванням ПШП-3,8 (Рис. 1.5).

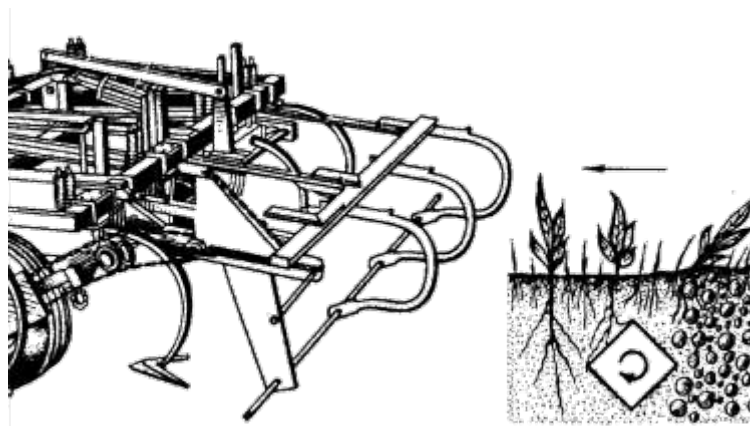


Рис. 1.5 – Пристосування штангове ПШП-3,8 до культиватора КПЕ-3,8А

Пристосування ПШП-3,8 застосовується при передпосівній та паровій обробці стерньових полів, забезпечує винос на поверхню стерні лапою при обробці, знищенні бур'янів, вирівнювання ґрунту, підтримування комкуватої



структури верхнього шару ґрунту та ущільнення нижніх шарів. Робочий орган має вигляд штанги квадратного перерізу, яка приводиться в обертання за допомогою ланцюгової передачі від голчастих дисків і обертається у бік, зворотний коченню привідних дисків.

Недоліки: утворення гребнистої поверхні, низька продуктивність [5].

*Катки* розрізняють за типом робочих органів (гладкі; кільчасто-зубчасті; кільчасто-шпорові та ін) і по заповненню (суцільні, порожнисті). Вони можуть виступати як самостійні знаряддя, так і в зчипці з культиваторами. Їх вибір залежить від мети прикочування, властивостей та стану ґрунту [1].

*Коток гідрофікований секційний КГС-10* (Рис. 1.6) напівнавісний, служить для прикочування ґрунту до або після посівів, здійснює розпушування верхнього та ущільнення посівного шарів ґрунту, руйнування кірки та часткове вирівнювання поверхні поля. Коток складається з трьох секцій: одної центральної та двох бічних, з'єднаних між собою за допомогою шарнірів. Має причіпний пристрій, два ходові колеса, сім секцій катків та гідросистему.



ікований секційний КГС-10

Секція котків складається з двох розташованих один за одним батарей. Катки задньої батареї зміщені щодо котків передньої, а відстань між осями котків

Р

ис.

1.6

–

Кот

ок

гід

роф

у секції менше діаметра котка, що виключає забивання котків ґрунтом та рослинними залишками [4].

Як недоліки даних котків можна відзначити нерівномірний тиск на ґрунт по ширині захвату агрегату, а також складність конструкції.

*Коток кільчастий-зубчастий ККЗ-6* (Рис. 1.7) призначений для дріблення грудок, руйнування ґрунтової кірки, прикочування ґрунту, вирівнювання поверхні поля, ущільнення на глибину до 10 см підповерхневого та розпушування на глибину до 4 см поверхневого шару ґрунту. Коток представляє собою причіпну машину, що складається з рами, двох ходових коліс, причіпного пристрою [6].

Недоліки: складність конструкції робочих органів.

З метою підвищення продуктивності, зниження енерговитрат і зменшення ущільнення ґрунту колесами ґрунтообробних агрегатів за рахунок зменшення кількості проходів агрегату по полю застосовують культиватори з комбінованими робочими органами.



Рис. 1.7 – Коток зубчасто-кільчастий КЗК-10

*Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту РВК-5,4* (Рис 1.8) напівнавісний. Складається з рами, брусів з розпушувальними робочими органами, передньої та задньої секцій з голчастими дисками, вирівнювача,

транспортних пневмоколів, опорних колів, гідросистеми та секцій котків. Розпушувальний робочий орган складається з С-подібної стійки з підпружинником і розпушувальної лапи, секція котків - з набору кільчасто-шпорових котків [3].

Практика застосування агрегатів РВК показала, що вони забезпечують повною мірою виконання агротехнічних вимог. На вологих і засо- ренних багаторічними бур'янами ґрунтах ковзанки забиваються і зайво пере- ууцільнюють ґрунт.

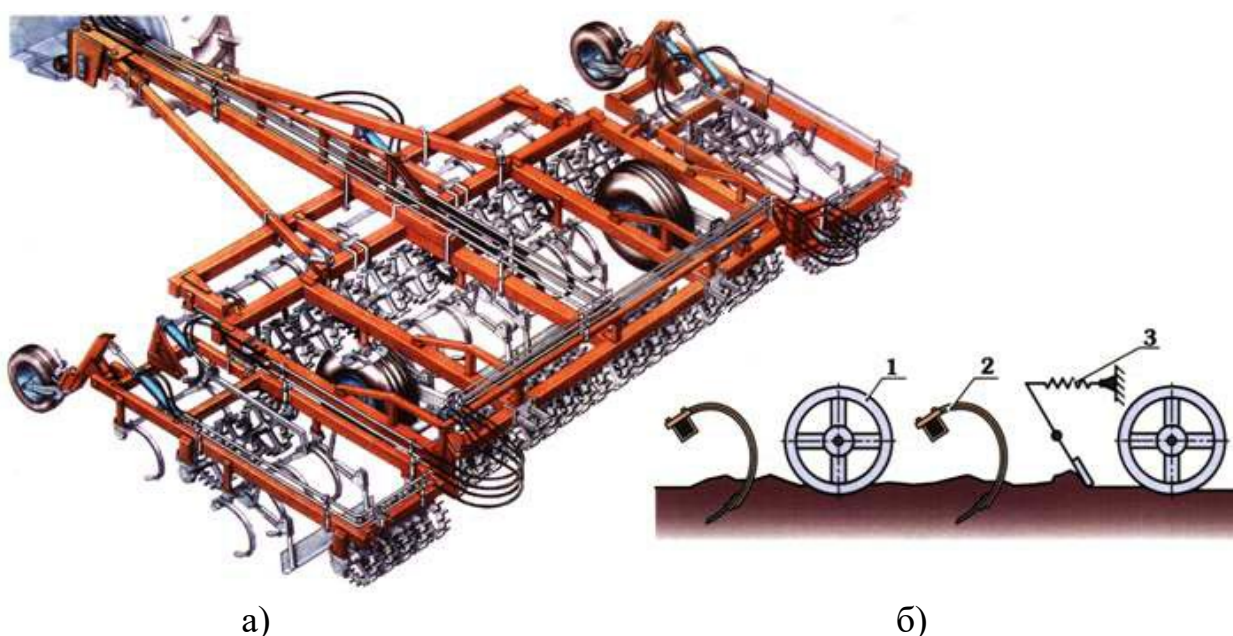


Рис. 1.8 – Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту РВК-5,4:

а – загальний вигляд; б – схема розміщення робочих органів: 1 – ковзанки; 2 – розпушувальні лапи; 3 – вирівнювальні бруси

*Агрегат комбінований ґрунтообробний нвесною «Лідер- 7,2Н»* (рисунок 1.9) призначений для суцільної обробки ґрунту по стерні- вим, зяблевим і паровим фонам з виконанням операцій кришення ґрунту, підрізання і вичісування бур'янів, створення ущільненого насінневого ложа, а над ним – пухкого шару, що мульчує, з вирівнюванням поверхні по- ля. Може працювати у всіх кліматичних зонах при вологості не більше 30% та твердості ґрунту не більше 4,5 МПа, на полях з

ухилом до  $8^\circ$ . Агрегат являє собою навісну гідрофіковану зброю з шарнірною трисекційною рамою. На кронштейнах поперечних брусів рами кріпляться робочі органи – стрілочасті лапи. На задніх поперечних брусах рами приварені кронштейни для під'єднання чотирьох батарей конусних багатоопераційних котків. Ковзанки призначені для вирівнювання поверхні поля. Залежно від стану фону та виду роботи котки можуть встановлюватися як у «пасивне» так і в «активне» положення [4].



Рис. 1.9 – Агрегат комбінований ґрунтообробний навісний "Лідер-7,2Н"

Провідні зарубіжні фірми (Lemken, Amazone, Kongskilde, John Deere та ін) випускають сільськогосподарські машини різної конструкції, які придатні для використання на полях нашої країни. Це, як правило, комбіновані гідрофіковані агрегати з шарнірними багатосекційними рамами. Робочими органами є стрілочасті лапи, для вирівнювання поверхні застосовуються котки різних конструкцій і планки [4, 10].

Недоліком таких агрегатів є їхня висока вартість і великі витрати на ремонт та технічне обслуговування.

Комбіновані культиватори забезпечують передпосівну обробку відповідно до агротехнічних вимог вони гарантують відсутність брил і гребенів з мульчованим поверхневим шаром, ущільнення посівного шару ґрунту, повне

підрізання бур'янів, що забезпечує сприятливі умови для швидких і гарних сходів, зростання та розвитку культурних рослин. Поєднання технологічних операцій забезпечує покращення термінів весняно-польових робіт.

### **1.3 Мета роботи і завдання дослідження**

Проведений огляд конструкцій ґрунтообробних машин показав, що більшість сучасних агрегатів мають комбінації робочих органів. Такі машини здатні за один прохід виконувати підрізання бур'янів, вирівнювання та коткування ґрунту. Це дозволяє скоротити терміни весняно-польових робіт, підвищити продуктивність агрегатів, скоротити енерговитрати на підготовку ґрунту до посіву сільськогосподарських культур. Однак комбіновані машини мають низку недоліків:

- на вологих ділянках поля спостерігається порушення технологічного процесу через забивання котків та робочих органів ґрунтом та рослинними залишками;

- зайве розпушування та винесення робочими органами вологих шарів ґрунту на поверхню поля за рахунок конструктивних особливостей робочих органів та їх стійок;

- висока металомісткість агрегату і, як наслідок, підвищення вартості агрегату та енергоємності технологічного процесу.

Робочі органи всіх сільськогосподарських машин та знарядь, взаємодіючи з оброблюваним матеріалом, виконують технологічні процеси, у яких відбуваються якісні зміни оброблюваного матеріалу – його структури, додавання, фізичних і біологічних властивостей. У процесі обробки робочі органи вступають у безпосередній контакт із живою природою: ґрунтом, рослинами, насінням. Зважаючи на складність цих взаємодій, багато питань механізації сільського господарства мало піддаються теоретичним методам дослідження, у цих випадках перевага віддається експериментальним [3, 19].

Предметом дослідження є культиватор з тросовим та катковим робочими органами для передпосівної обробки ґрунту.

Метою проведення експериментальних досліджень є: порівняльна оцінка якісних показників обробітку ґрунту після проходу агрегатів з традиційними та експериментальними робочими органами [27];

визначення впливу якості передпосівної обробки ґрунту на розвиток та урожайність сільськогосподарських культур;

порівняльна оцінка тягових характеристик традиційних та експериментальних робочих органів [2, 3].

Завданням експериментальних досліджень щодо процесу поверхневого обробітку ґрунту культиватором з тросовим і катковим робочими органами є:

проведення оцінки якісних показників обробітку ґрунту: структурного складу ґрунту, вологості поверхневого шару, гребнистості, степені підрізання та приживаності бур'янів – до та після проходу агрегатів;

виконання польових спостережень: оцінка схожості, показники розвитку та врожайності висіяної культури (на прикладі ріпаку);

проведення лабораторно-польових досліджень тягових характеристик традиційних та експериментальних робочих органів.

### **Висновки:**

Проведений огляд конструкцій ґрунтообробних машин показав, що більшість сучасних агрегатів мають комбінації робочих органів. Такі машини здатні за один прохід виконувати підрізання бур'янів, вирівнювання та коткування ґрунту. Це дозволяє скоротити терміни весняно-польових робіт, підвищити продуктивність агрегатів, скоротити енерговитрати на підготовку ґрунту до посіву сільськогосподарських культур.

Комбіновані культиватори забезпечують передпосівну обробку відповідно до агротехнічних вимог вони гарантують відсутність брил і гребенів з мульчованим поверхневим шаром, ущільнення посівного шару ґрунту, повне підрізання бур'янів, що забезпечує сприятливі умови для швидких і гарних сходів,

зростання та розвитку культурних рослин. Поєднання технологічних операцій забезпечує покращення термінів весняно-польових робіт.

## **2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ**

### **2.1. Обґрунтування параметрів робочих органів**

Напрями досліджень зі створення ґрунтообробних машин для передпосівної обробки визначаються насамперед потребами культурних рослин у сприятливих умовах для зростання та розвитку. Це в першу чергу диференціація структурного складу і щільності за глибиною посівного шару. Вона має виглядати так: у поверхневому шарі повинні переважати агрегати від 5 до 20 мм, а в посівному – від 0,25 до 5 мм; наднасіневий прошарок повинен бути помірно ущільненим  $1,2 \div 1,3$  г/см<sup>3</sup>, насінневої та піднасіневої шари повинні мати щільність  $1,1 \div 1,2$  г/см<sup>3</sup>, а щільність поверхневого шару в межах  $1,0 \div 1,1$  г/см<sup>3</sup>. З-

Будова таких умов особливо актуальна при посіві дрібнонасіневих культур, що вимагають незначної глибини загортання [7].

Так як період фізичної стиглості ґрунту, за який необхідно підготувати ґрунт до посіву, нетривалий, виникає необхідність у створенні комбінованих ґрунтообробних машин і агрегатів, які виконують за один прохід кілька технологічних операцій при високій продуктивності. Робочі органи таких культиваторів повинні мінімально впливати на ґрунт з метою збереження його родючості, зменшення виносу вологих шарів на поверхню поля та зниження енерго- витрат [8].

**Технічна новизна** культиватора з тросовим і катковим робочими органами полягає в тому, що він складається з рами 2 з трьома жорсткими верти- кальними стійками 1, встановленими в два ряди зі зміщенням в поперечному напрямку на половину кроку між ними в ряду. У нижній частині стійок через напрямні ролики натягнутий трос 3, кінці якого з'єднані з рамою через пружний елемент. Гілки троса утворюють стрілоподібну форму з постійним кутом розташування  $2\gamma$ . Для зміни величини кута розчину троса вздовж лінії бісектриси цього кута жорстко

закріпленний брус 4 регулювання з рядом отворів для знімного кріплення передньої стійки. За рамою встановлений каток 5, що складається із зовнішнього барабана, у внутрішній порожнині якого розташований внутрішній барабан, з'єднаний з рамою шарнірно-повідковим пристроєм (рис 2.1) [8].

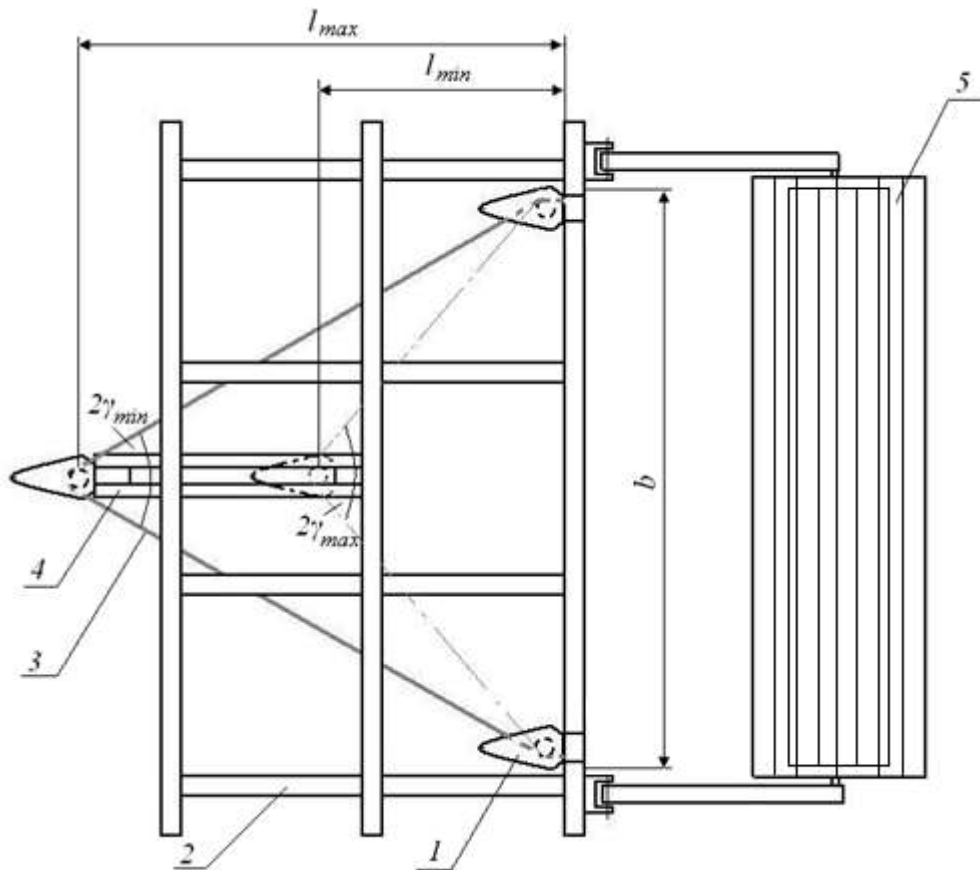


Рис. 2.1 – Конструктивна схема культиватора тросовокаткового

1 – стійка кріплення троса; 2 – рама культиватора; 3 – трос; 4 – брус регулювання положення передньої стійки; 5 – двобарабанный планчастий коток

Така конструкція тросового робочого органу забезпечить повне знищення бур'янів по всій ширині захвату культиватора без винесення вологих шарів на поверхню поля, вільний схід бур'янів з троса в процесі роботи, можливість зміни кута розташування троса дозволить регулювати режим різання без зміни ширини захвату. Планчастий двобарабанный коток планками зовнішнього барабана подрібнить великі ґрунтові грудки, створить ущільнений передпосівний шар і



забезпечить мульчуючий верхнісний шар за рахунок подрібнення ґрунтових грудок, що потрапили під вплив планок внутрішнього барабана.

Для вивчення процесу поверхневого обробітку ґрунту культиватором з тросовим та котковим робочими органами необхідно визначити основні конструктивні параметри тросового робочого органу та планчастого двобарабанного котка з урахуванням агротехнічних вимог до поверхневої обробки та тяговий опір тросового та каткового робочих органів при поверхневій обробці ґрунту.

Кут розташування лез робочих органів культиваторів  $2\gamma$  має велике значення для якості виконуваної роботи. При великих значеннях кута розташування часто спостерігається обволікання робочого органу бур'янами та ґрунтом, що призводить до порушення технологічного процесу. Кут розташування треба вибирати таким, щоб бур'яни в процесі руху агрегату ковзали вздовж леза [10].

Тросовий робочий орган, на відміну від універсальної стрілкової лапи, знищує бур'яни переважно не підрізанням, а витяганням із коренем. Це з відсутністю гострої ріжучої кромки. При зустрічі з бур'яном трос вдавлює стебло бур'яну в його прикореневій частині в ґрунт, при цьому коренева система бур'ян ще не втрачає зв'язку з ґрунтом. Так верхня і нижня частини бур'яну, перегнувшись на тросі і втративши стійкий зв'язок із ґрунтом, захоплюються тросом (рис. 2.2).

Щоб не сталося забивання троса, ґрунт і вирвані рослини повинні ковзати вздовж троса і сходити з нього, тобто трос повинен самоочищатись. Отже, умова ковзання повинна враховувати фрикційні властивості і коренів, і ґрунту, в якому вони розташовані, а в розрахунках кута розташування використовувати той, який більше:

$$\xi > \max(\varphi_k, \varphi_n), \quad (2.1)$$

де  $\varphi_k$  та  $\varphi_n$  – кут тертя коренів бур'янів та ґрунту відповідно.

Враховуючи вище сказане, необхідно визначити максимально можливий кут розташування троса, при якому ймовірність забивання троса відсутня [9].

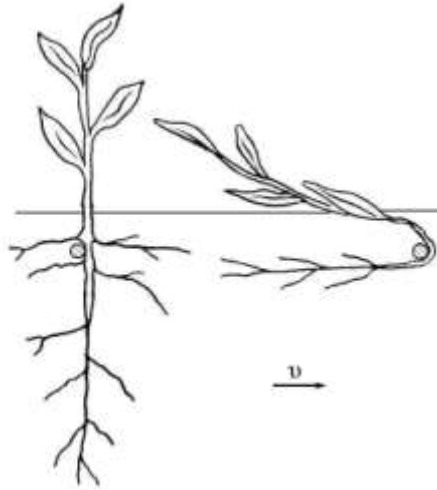


Рис. 2.2 – Вплив троса на рослину

Конструктивно трос закріплений на трьох жорстких вертикальних стійках у точках  $C$ ,  $A$  і  $B$  (рис. 2.3), що лежать в одній горизонтальній площині та утворюють рівнобедрений трикутник з основою  $CB$ .

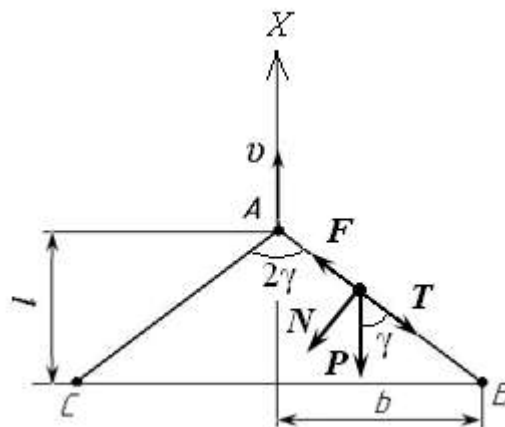


Рис. 2.3 – Схема визначення оптимального кута розчину троса

Нехай гілка троса  $AB$  переміщається у бік осі  $X$  зі швидкістю руху агрегату  $v$ . При цьому на частинку ґрунту (або корінь бур'яну), що діють у контакті з

тросом, діє сила опору  $P$ . Розкладемо силу  $P$  на складові – силу нормального тиску  $N$  та дотичну силу  $T$ . Ці складові можна визначити як

$$T = P \cdot \cos\gamma \quad (2.2)$$

$$N = P \cdot \sin\gamma \quad (2.3)$$

Сила  $T$  прагне перемістити частинку ґрунту (або корінь бур'янів) вздовж троса. Сила  $N$  притискає частинку до троса, від чого виникає сила тертя частинки  $F$ , яка спрямована в протилежний бік.

Тоді умовою ковзання частинки ґрунту (або коріння бур'янів) по тросу є:

$$T \geq F \quad (2.4)$$

Сила тертя  $F$  обчислюється за формулою

$$F = N \cdot f = P \cdot \sin\gamma \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.5)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя ґрунту або коренів бур'янів об сталь ( $f = \operatorname{tg}\varphi$ , де  $\varphi$  - кут тертя;  $f$  і  $\varphi$  залежать від механічного складу та вологості ґрунту:  $f =$  від 0,25 до 0,90,  $\varphi =$  від  $14^\circ$  до  $42^\circ$ ) [5].

Підставляючи значення  $T$  і  $F$  з формул (2.2) і (2.5) за умови (2.4), маємо:

$$\cos\gamma \geq \sin\gamma \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

або

$$\operatorname{tg}(90-\gamma) \geq \operatorname{tg}\varphi,$$

звідси

$$\gamma \leq 90-\varphi.$$

Таким чином, кут розташування троса  $2\gamma$  повинен встановлюватися з умовою

$$2\gamma \leq 2(90-\varphi) \quad (2.6)$$

При відомих значеннях кута тертя  $\phi$  ґрунту різного механічного складу від вологості ґрунту [5] згідно з умовою (2.6), побудуємо залежність (рис. 2.4), що дозволяють визначити кут розташування троса при роботі в різних ґрунтових умовах.

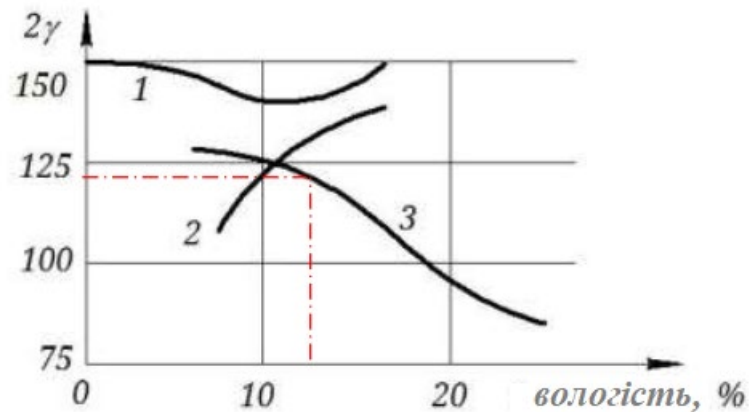


Рис. 2.4 – Залежність кута розташування троса від вологості ґрунтів різного механічного складу:

1 – піщана; 2 – супіщана; 3 – чорноземи

З наведених даних випливає, що для забезпечення роботи тросового робочого органу з дотриманням агротехнічних вимог кут розташування троса повинен регулюватися в межах  $2\gamma = 90 \div 150^\circ$ . Для цього кронштейн кріплення передньої стійки машини повинен мати можливість переміщатися по рамі в межах від  $l_{min}$  до  $l_{max}$ .

Значення  $l_{min}$  та  $l_{max}$  визначаються за формулами:

$$l_{min} = \frac{b}{2 \cdot \operatorname{tg}(2\gamma_{max} / 2)}, \text{ м} \qquad l_{max} = \frac{b}{2 \cdot \operatorname{tg}(2\gamma_{min} / 2)}, \text{ м} \qquad (2.7)$$

де  $b$  - ширина захвату машини, м.

Параметри  $l$ , м при різних значеннях ширини захвату машини  $b$  і кута розташування троса  $2\gamma$  представлені у вигляді графіків на рис. 2.5.

Таким чином, згідно з рис. 2.5, для різних типів ґрунтів можна визначити раціональні значення  $l$ , що визначають кут розташування троса. Конструктивно зміна кута розташування троса в межах  $2\gamma = 90^\circ \div 150^\circ$  для обробки різних типів ґрунтів може бути забезпечено переміщенням передньої стійки вздовж бруса регулювання від  $4 l_{min}$  до  $l_{max}$

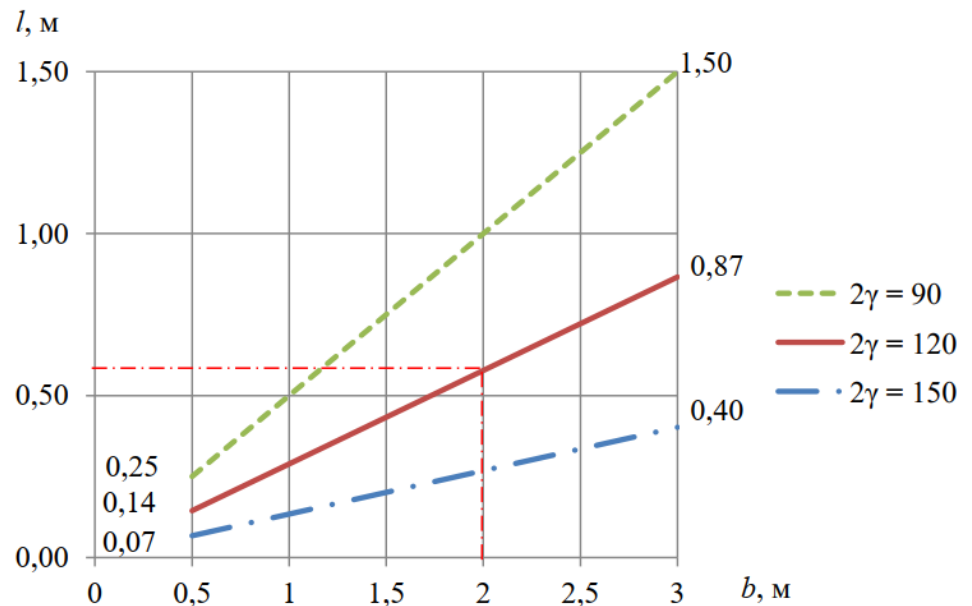


Рис. 2.5 – Залежність відстаней установки передньої стійки  $l$  ( $l_{min}$  та  $l_{max}$ ) від ширини захвату машини  $b$  для різних значень кута розташування троса  $2\gamma$

Так, наприклад, для чорноземів вологістю 12 % необхідно встановити кут розташування троса  $2\gamma = 120^\circ$ , для цього передню стійку культиватора шириною захвату  $b = 2$  м закріпити на відстані  $l$  від заднього бруса рами  $l = 0,58$  м.

## 2.2. Визначення тягового опору робочого органу

У процесі роботи трос є ріжучою кромкою робочого органу з циліндричною робочою поверхнею малого радіуса, на якій у процесі обробки ґрунту можливе утворення ґрунтового клина. Тому обробіток ґрунту тросовим робочим органом можна розглядати як різання. ня клином з певними параметрами (рис. 2.6).

Оскільки тросовий робочий орган розташований до напрямку руху  $V_a$  під кутом  $\gamma$ , клиноутворюючий переріз циліндра буде еліпс, а довжина ріжучої кромки ґрунтового клина

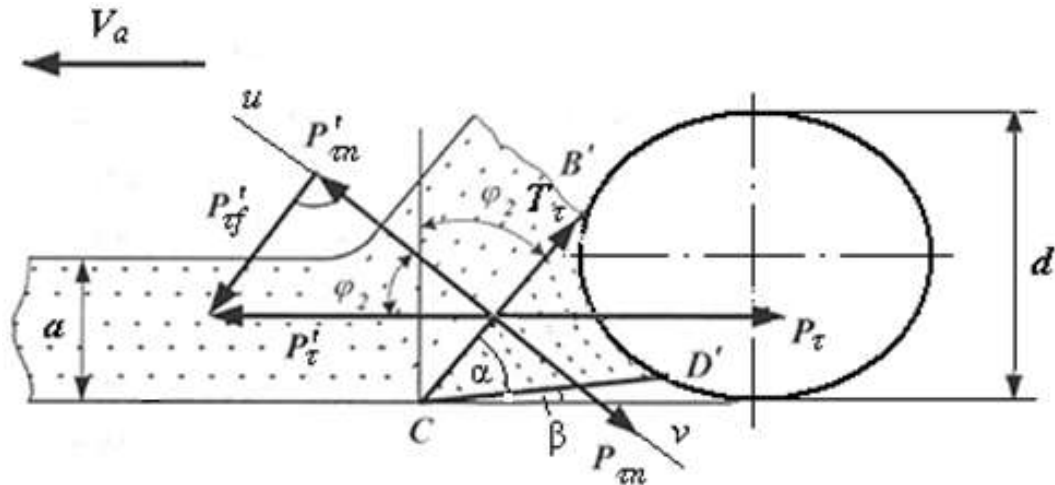


Рис. 2.6 – Схема взаємодії тросового робочого органу із ґрунтом

$$b'C = \frac{b}{\sin \gamma},$$

де  $b$  - ширина захвату тросового робочого органу, м.

Згідно з дослідженнями у процесі роботи на суглинистих чорноземах параметри клина становлять  $\varphi_2 = 40,1^\circ$ ,  $\alpha = 49,9^\circ$ . При малих значеннях діаметра троса  $d = 2 \div 6$  мм, довжина ріжучої поверхні клину  $B'C = d / \sin \alpha = 3 \div 8$  мм.

У процесі роботи горизонтальна складова тягового опору тросового робочого органу  $P_x$  визначається за наступною залежністю:

$$P_x = P_\tau + P_g + P_V + P_c \quad (2.8)$$

де  $P_\tau$  - сила опору зсуву ґрунту, кН,

$P_g$  - сила опору від тяжкості ґрунту на клині, кН,

$P_V$  - сила опору від динамічного тиску ґрунту, кН,

$P_c$  - Сила опору стійок тросового робочого органу, кН.

Для визначення сил  $P_\tau$ ,  $P_g$  та  $P_f$  розглянемо взаємодію ґрунтового клину, утвореного тросовим робочим органом, із ґрунтом.

Під впливом робочої грані  $B'C$  ґрунтового клина  $B'CD'$  на пласт виникає деформація зсуву ґрунту по лінії  $uv$ , нахиленої на дно борозди під кутом  $\alpha$ . При цьому величину сили опору зсуву ґрунту  $P_\tau$  можна розкласти на нормальну силу  $P_{\tau n}$  і рушійну силу дотичну пласту ґрунту  $T_\tau$ . У процесі переміщення пласта по клину при русі агрегата під дією сили  $T_\tau$  виникає сила тертя  $P'_{\tau f}$ , рівна

$$P'_{\tau f} = P_{\tau n} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \quad (2.9)$$

$$P_\tau = \frac{P_{\tau n}}{\cos \varphi_2}, \quad (2.10)$$

Величина сили  $T_\tau$  дорівнює

$$T_\tau = P_\tau \cdot \cos \alpha = \frac{P_{\tau n} \cdot \cos \alpha}{\cos \varphi_2}, \quad (2.11)$$

На поверхні зсуву  $uv$  при переміщенні пласта по площині  $B'C$  діє напруга зсуву  $\tau_f$ , що описується законом Кулона

$$\tau_f = c + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2.12)$$

де  $c$  - сила зчеплення,  $\text{кН/м}^2$  (при вологості ґрунту  $w = 12 \div 30 \%$   $c = 20 \text{ кН/м}^2$ );

$\sigma_n$  – нормальна напруга у площині руйнування,  $\text{кН/м}^2$ .

Нормальна напруга створюється силою  $P_{\tau f}$ , тоді

$$\sigma_n = \frac{P_{\tau f}}{F} = \frac{P_{\tau n} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}{F}, \quad (2.13)$$

де  $F$  - площа зсуву,  $m^2$ .

$$F = B'C \cdot b = \frac{d \cdot b}{\sin \alpha}, \quad (2.14)$$

тоді

$$\sigma_n = \frac{P_{\tau n} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \sin \alpha}{d \cdot b}, \quad (2.15)$$

Сила опору зрушення  $P_\tau$  визначається з виразу

$$P_\tau = \tau_f \cdot F = \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha} + P_{\tau n} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2.16)$$

На площині зсуву  $T_\tau = P_\tau$  тоді

$$\begin{aligned} \frac{P_{\tau n} \cdot \cos \alpha}{\sin \varphi_2} &= \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha} + P_{\tau n} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2; \\ P_{\tau n} \left( \frac{\cos \alpha}{\sin \varphi_2} - \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \right) &= \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha}; \\ P_{\tau n} &= \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha \cdot \left( \frac{\cos \alpha}{\sin \varphi_2} - \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \right)}; \\ P_\tau = \frac{P_{\tau n}}{\cos \varphi_2} &= \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha \cdot \cos \varphi_2 \cdot \left( \frac{\cos \alpha}{\sin \varphi_2} - \operatorname{tg}^2 \varphi_2 \right)}; \end{aligned} \quad (2.17)$$

При ковзанні ґрунту по поверхні клина  $B'CD'$  її сила тяжкості ви- називає нормальну силу  $P_{gn}$  реакції поверхні  $B'C$  та силу тертя  $P_{gf}$  (рі- сунок 2.7).



Розкладемо силу тяжкості пласта  $G$  на нормальну  $G_n$  та дотичну  $G_\tau$  складові до поверхні  $B'C$ . Вони відповідно рівні

$$\begin{aligned} G_n &= G \cdot \sin\varphi_2 \\ G_\tau &= G \cdot \cos\varphi_2 \end{aligned} \quad (2.18)$$

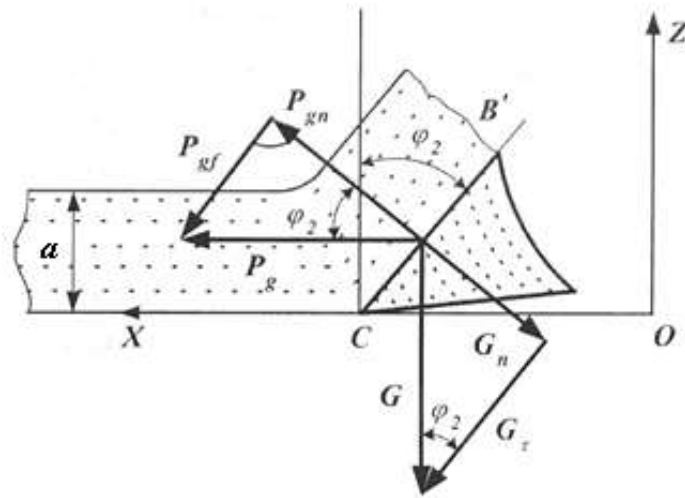


Рис. 2.7 – Схема сил, що діють на ґрунтовий клин від сили тяжіння пласта

Перша сила викликає нормальну реакцію поверхні клину  $P_{gn} = G_n$ ,

а друга – перешкоджає руху пласта площиною  $B'C$ . При русі пласта поверхнею клина нормальна сила  $P_{gn}$  створює силу тертя  $P_{gf}$ , рівну

$$P_{gf} = P_{gn} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2.$$

Результуюча сил  $P_{gn}$  та  $P_{gf}$  реакція поверхні клину від дії сили тяжіння пласта  $P_g$  дорівнює

$$P_g = P_{gn} / \cos\varphi_2$$

або

$$P_g = G \cdot \operatorname{tg}\varphi_2.$$

Сила тяжіння пласта на площині  $B'C$

$$G = B'C \cdot \rho b a = \frac{d \cdot \rho \cdot b \cdot a}{\sin \alpha},$$

Тоді

$$P_g = \frac{d \cdot \rho \cdot b \cdot a \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}{\sin \alpha}, \quad (2.19)$$

При дії сили тяжіння пласта на поверхню ґрунтового клина виникають сили реакції, результуюча яких горизонтальна і ставить тяговий опір, а вертикальна реакція відсутня.

Визначимо силу динамічного тиску ґрунту на поверхню В'С ґрунтового клину В'CD' (рис. 2.8).

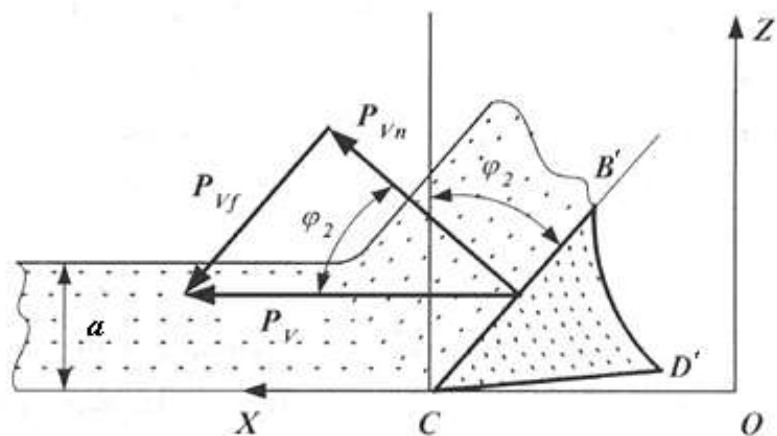


Рис. 2.8 – Схема визначення сил динамічного тиску ґрунту

Повна реакція  $P_v$  поверхні В'С на динамічний тиск ґрунту з урахуванням сили тертя, що виникає  $P_{vf}$  дорівнює

$$P_V = \frac{P_{Vn}}{\cos\varphi_2} = \frac{m \cdot V}{\cos\varphi_2} = \frac{\rho \cdot b \cdot d \cdot V}{\cos\varphi_2}, \quad (2.20)$$

Тяговий опір стійок тросового робочого органу  $P_s$ , кН, залежить від площі деформації ґрунту  $F$ , м<sup>2</sup>, та від питомого опору ґрунту  $k$ , кН/м<sup>2</sup>

$$P_c = F \cdot k. \quad (2.21)$$

Площа деформації  $F$  дорівнює

$$F = (a + \Delta a) \cdot 2[(a + \Delta a) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 + l],$$

де  $a$  - глибина ходу тросового робочого органу, м;

$\Delta a$  - глибина ходу долота нижче глибини ходу троса, м;

$\varphi_2$  - кут тертя ґрунту про ґрунт;  $l$  – ширина долота стійки, м.

Тоді

$$P_c = 2[(a + \Delta a) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 + l] \cdot (a + \Delta a) \cdot k \cdot n, \quad (2.22)$$

де  $n$  – кількість стійок кріплення троса, шт.

Згідно з формулою (2.8) горизонтальна складова тягового опору  $P_x$ , кН, тросового робочого органу визначається як сума сил опору зсуву ґрунту  $P_\tau$ , кН, опору від тяжкості ґрунту на клині  $P_g$ , кН, опору від динамічного тиску ґрунту  $P_V$ , кН, опору стійок тросового робочого органу  $P_c$ , кН:

$$P_x = \frac{c \cdot d \cdot b}{\sin \alpha \cdot \cos \varphi_2 \cdot \left( \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_2} - \operatorname{tg}^2 \varphi_2 \right)} + \frac{d \cdot \rho \cdot b \cdot a \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}{\sin \alpha} = \frac{\rho \cdot b \cdot d \cdot v}{\cos \varphi_2} +$$

$$+ 2[(a + \Delta a) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + l] \cdot (a + \Delta a) \cdot k \cdot n \quad (2.23)$$

Розглянемо частку впливу кожного з доданків ( $P_\tau$ ,  $P_g$ ,  $P_i$  і  $P_s$ ), %, на тяговий опір тросового робочого органу від ширини захвату  $b$ , м, культиватора.

Результати подаємо у вигляді графіків (рис. 2.9).

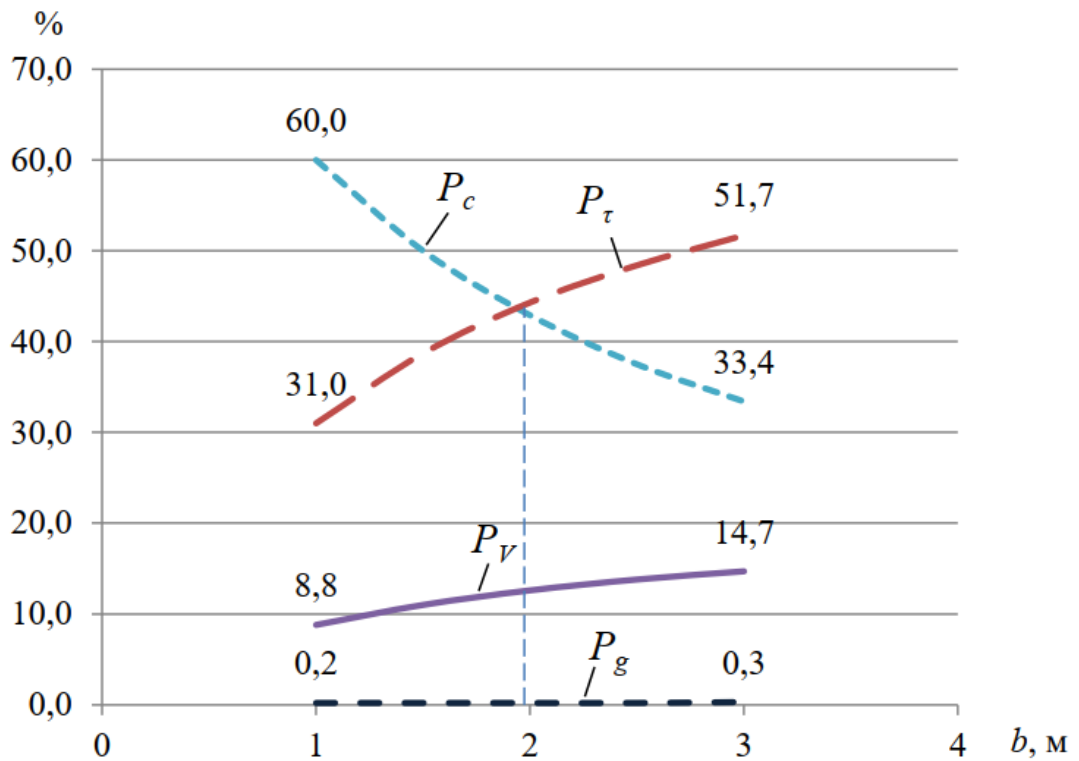


Рис. 2.9 – Частка складових тягового опору залежно від ширини захвату  $b$  культиватора

Отримані дані та їх аналіз показують, що на горизонтальну складову тягового опору тросового робочого органу більшою мірою впливають сили опору зсуву ґрунту  $P_i$  і опір стійок тросового робочого органу  $P_s$ . Зі збільшенням ширини захвату культиватора від 1 до 3 м частка впливу сили опору зсуву ґрунту  $P_\tau$  істотно збільшується (з 31,0 до 51,7%), тоді як з тією ж динамікою зменшується (з 60,0 до 33,4%) частка впливу сили опору стійок  $P_s$  тросового робочого органу.

Вплив сили опору від динамічного тиску ґрунту  $P_{\tau}$  збільшується на 5,9% (з 8,8 до 14,7%). Сила опору від тяжкості ґрунту на клині  $P_g$  впливає незначно і збільшується несуттєво (з 02 до 03%).

При ширині захвату культиватора  $b = 2$  м частки впливу сил опору зсуву ґрунту  $P_{\tau}$  та опору стійок тросового робочого органу  $P_s$  на тяговий опір тросового робочого органу вирівнюються. Це говорить про те, що ширина захвату  $b = 2$  м є оптимальною для тросового культиватора.

Для визначення впливу основних конструктивних параметрів тросового робочого органу на його тяговий опір скористаємося формулою (2.23). Вихідні дані для розрахунків представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунків

№ п/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Позначення	Величина
1	Кут тертя ґрунту об ґрунт	град.	$\varphi_2$	40,1
2	Кут нахилу поверхні зсуву до горизонталі	град.	$\alpha$	49,9
3	Сила зчеплення (при вологості ґрунту $w=12\div 30\%$ )	кН/м <sup>2</sup>	$c$	20
4	Питома вага ґрунту	кН/м <sup>2</sup>	$\rho$	25,5
5	Питомий опір ґрунту стійкі робочого органу	кН/м <sup>2</sup>	$k$	15÷20
6	Швидкість руху агрегату	м/с	$V$	2,8
7	Кількість стійок кріплення тросу	шт.	$n$	3
8	Глибина ходу долота стійки відносно глибини руху троса	м	$\Delta\alpha$	0,02
9	Ширина долота робочого органу	м	$l$	0,05
10	Глибина обробки	м	$a$	0,05
11	Ширина захвату агрегата	м	$b$	1,0÷3,0
12	Діаметр тросу	м	$d$	0,002÷0,006

⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮  
 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮  
 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

Використовуючи залежність, провели орієнтовну оцінку тягового опору культиватора  $P_{кр}$ , кН, (див. малюнок 2.9) для суцільної обробки ґрунту при тих же вихідних даних де  $k$  – питомий опір ґрунту при обробці даними робітниками органами (кН/м<sup>2</sup>);  $a$  – Глибина обробки, м;  $b$  – ширина захоплення зброї, м;  $\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує форму робочого органу зброї (приймаємо  $\varepsilon = 1$  кНс<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>);  $V$  – швидкість руху агрегату під час роботи, м/с; 1,3 - орієнтовний коефіцієнт, що враховує вагу агрегату.

$$P_{кр} = 1,3kab + \varepsilon abV^2, \text{ кН}$$

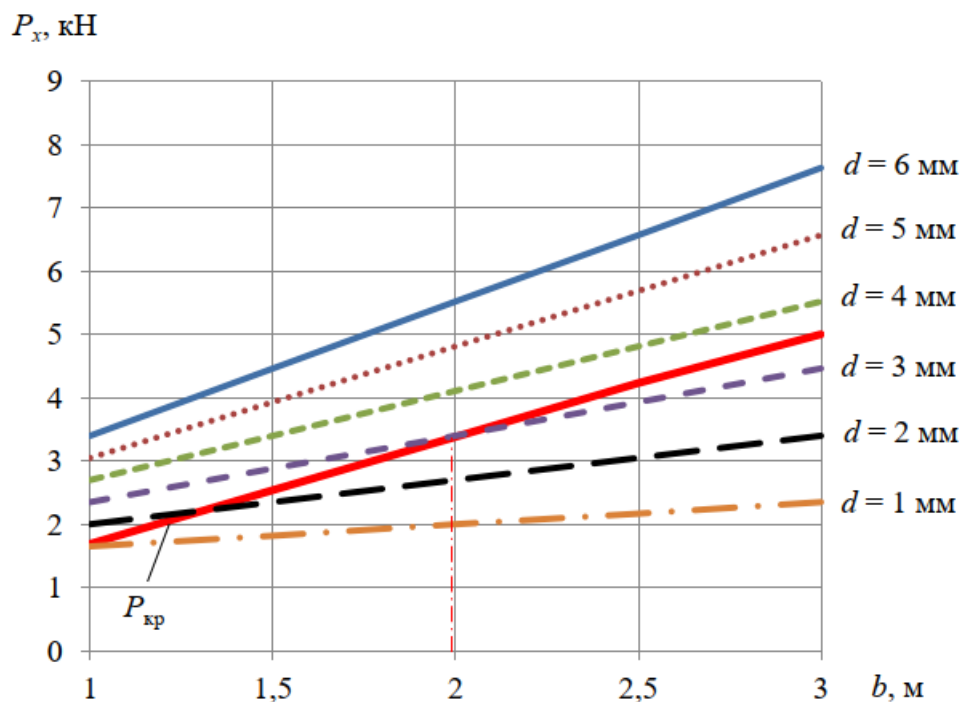


Рис. 2.10 – Залежність горизонтальної складової тягового опору  $P_x$  тросового робочого органу від ширини захвату  $b$  культиватора при різному діаметрі троса  $d$

Для обґрунтування вибору діаметра  $d$  троса, як основного конструктивного параметра тросового культиватора, приймемо умову

$$P_x \leq P_{кр}.$$

Тоді для культиватора шириною захвату  $b = 2$  м необхідно використовувати трос діаметром  $d = 3$  мм (див. Рис. 2.10).

### **Висновки:**

З проведених теоретичних досліджень можна зробити такі висновки

1. Кут розтину троса, закріпленого у горизонтальній площині на трьох жорстких вертикальних стійках, повинен регулюватися в межах  $90 \div 150^\circ$  за рахунок переміщення передньої стійки вздовж бруса регулювання. Для обробки ґрунтів вологістю 12% кут розтину троса  $2\gamma$  дорівнює: для важких суглинистих ґрунтів –  $120^\circ$ , супіщаних –  $130^\circ$ ; піщаних –  $140^\circ$ .

2. На горизонтальну складову тягового опору тросового робочого органу більшою мірою впливають сили опору зсуву ґрунту  $P_\tau$  та опору стійок тросового робочого органу  $P_s$ . Ширина захвату культиватора  $b = 2$  м є оптимальною, так як при цьому значні частки впливу зазначених сил вирівнюються.

3. Виходячи з умов зниження тягового опору культиватора, для культиватора шириною захвату  $b=2$  м необхідно використовувати трос діаметром  $d = 3$  мм.

4. З метою зменшення тягового опору двобарабанного планчатого катка та забезпечення його працездатності рекомендується прийняти діаметр внутрішнього барабана  $D_{k2} = 0,25$  м; діаметр зовнішнього барабана  $D_{k1нар} = 0,5$  м.

Планки на барабанах розташовані по колу радіально, рівномірно. Частина планок зовнішнього барабана, що виступає за бічні диски, визначається глибиною посіву і дорівнює 2 см.

Кількість планок на барабанах визначається виходячи з агротехнічних вимог до якості кришення ґрунту. Залежно від рекомендуємих діаметрів барабанів кількість планок на зовнішньому барабані  $n_{n1} = 16$  шт., на внутрішньому –  $n_{n2} = 30$ .

### **3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **3.1. Завдання та програма експериментальних досліджень**

Робочі органи всіх сільськогосподарських машин та знарядь, взаємодіючи з оброблюваним матеріалом, виконують технологічні процеси, у яких відбуваються якісні зміни оброблюваного матеріалу – його структури, додавання, фізичних і біологічних властивостей. У процесі обробки робочі органи вступають у безпосередній контакт із живою природою: ґрунтом, рослинами, насінням. Зважаючи на складність цих взаємодій, багато питань механізації сільського господарства мало піддаються теоретичним методам дослідження, у цих випадках перевага віддається експериментальним [13].

Предметом дослідження є культиватор з тросовим та катковим робочими органами для передпосівної обробки ґрунту.

Метою проведення експериментальних досліджень є: порівняльна оцінка якісних показників обробітку ґрунту після проходу агрегатів з традиційними та експериментальними робочими органами [7];

- визначення впливу якості передпосівної обробки ґрунту на розвиток та врожайність сільськогосподарських культур;
- порівняльна оцінка тягових характеристик традиційних та експериментальних робочих органів [4].

Завданням експериментальних досліджень щодо процесу поверхневого обробітку ґрунту культиватором з тросовим і катковим робочими органами є:

- проведення оцінки якісних показників обробітку ґрунту: структурного складу ґрунту, вологості поверхневого шару, гребнистості, степені підрізання та приживання бур'янів – до та після проходу агрегатів;
- виконання польових досліджень: оцінка схожості, показники розвитку та врожайності висіяної культури (на прикладі ріпаку);
- проведення лабораторно-польових досліджень тягових характеристик традиційних та експериментальних робочих органів.



### 3.2. Методика експериментальних досліджень

На підставі проведених теоретичних досліджень з обґрунтованими конструктивними параметрами була виготовлена експериментальна установка (рис. 3.1) на рамі модуля культиватора КУБМ-14,7 і представлена як один із можливих варіантів змінних модулів [8].



Рис. 3.1 – Експериментальна установка

Експериментальна установка (рис. 3.2) складається з рами 1, на якій закріплені три спеціальні стійки: дві крайні 12 і одна центральна 14. Робочим органом, що підрізає, є трос 13, який натягнутий між цими стійками через напрямні ролики. На крайніх стійках (рис. 3.3) за наральниками 5 встановлені ролики 1, що обертаються в горизонтальній площині, і бічні ролики 2. На центральній стійці встановлений один горизонтальний ролик. Натяг троса забезпечується пружинно-гвинтовим пристроєм 4.

Позаду тросового робочого органу встановлено двобарабанный планчатий ковок (рис. 3.4), що забезпечує суцільну обробку по ширині захвату модуля. Коток складається з внутрішнього барабана 1, який з'єднаний з рамою 4 культиватора шарнірно-поводковим пристроєм 2, забезпеченим пружинним довантажувачем 3. Цей барабан 1 розміщений у внутрішній порожнині зовнішнього барабана 5, з яким не має жорсткого кінематичного зв'язку. Робочі поверхні обох барабанів утворені планками 6 і 7 жорстко закріпленими в бічних дисках. Діаметр бічних дисків внутрішнього барабана 1 більше діаметра робочої поверхні, утвореної планками 7, а у зовнішнього барабана 5 - навпаки. Така конструкція забезпечує стійке

обертання обох барабанів у процесі роботи та самоочищення котка в процесі роботи.

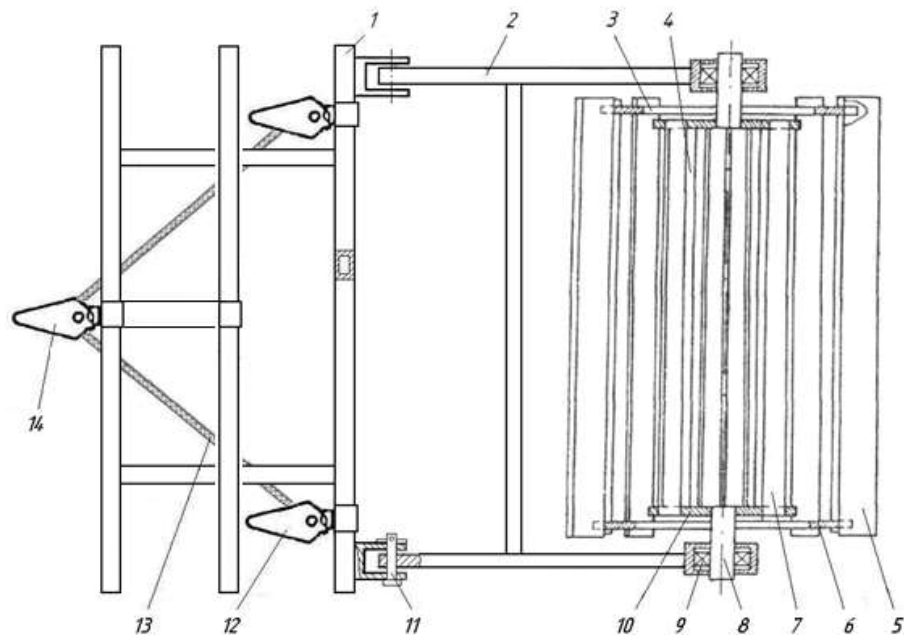


Рис. 3.2 – Схема культиватора з тросовим та катковим робочими органами  
 1 – рама; 2 - повідковий пристрій; 3 – зовнішній барабан; 4 – внутрішній барабан;  
 5 – планка зовнішнього барабана; 6 - бічний диск зовнішнього барабана; 7 –  
 планка внутрішнього барабана; 8 – вісь; 9 – підшипник; 10 – бічний диск  
 внутрішнього барабана; 11 - шпінтове з'єднання; 12 - крайня стійка з  
 наральником; 13 – трос; 14 - центральна стійка з наральником

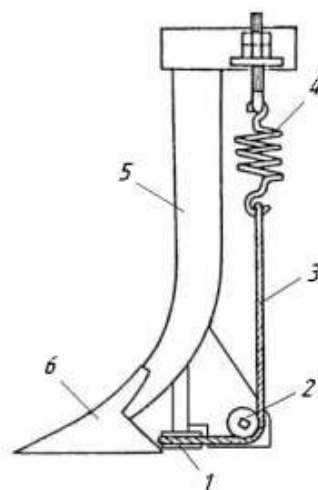


Рис. 3.3 – Схема кріплення троса на крайній стійці  
 1 – горизонтальний ролик; 2 – бічний ролик; 3 – трос; 4 - пружинно-  
 гвинтовий пристрій; 5 - стій- ка; 6 – наральник

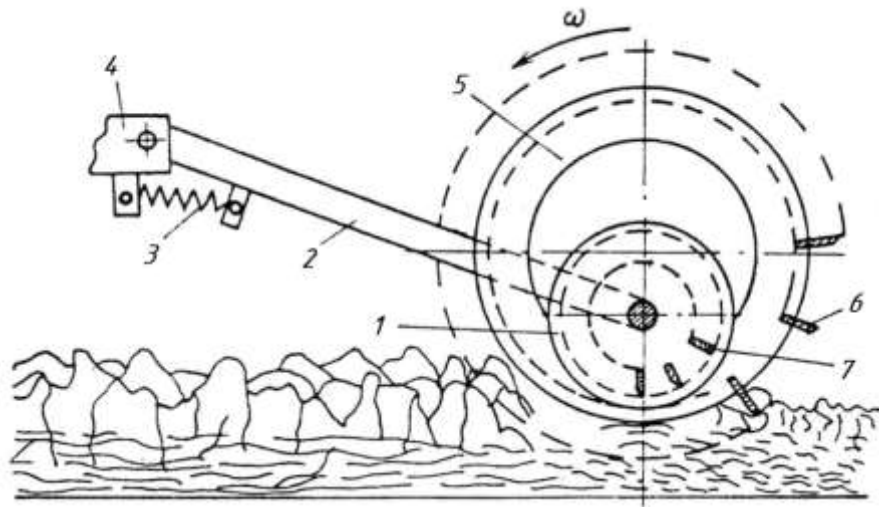


Рис. 3.4 – Двобарабанный планчастий коток (вид збоку)

1 – внутрішній барабан; 2 - шарнірно-поводковий пристрій; 3 - довантажувач; 4 – рама; 5 – зовнішній барабан; 6 – планка зовнішнього барабана; 7 – планка внутрішнього барабана

Загальний вигляд модуля експериментального культиватора представлений на рисунку 3.5.

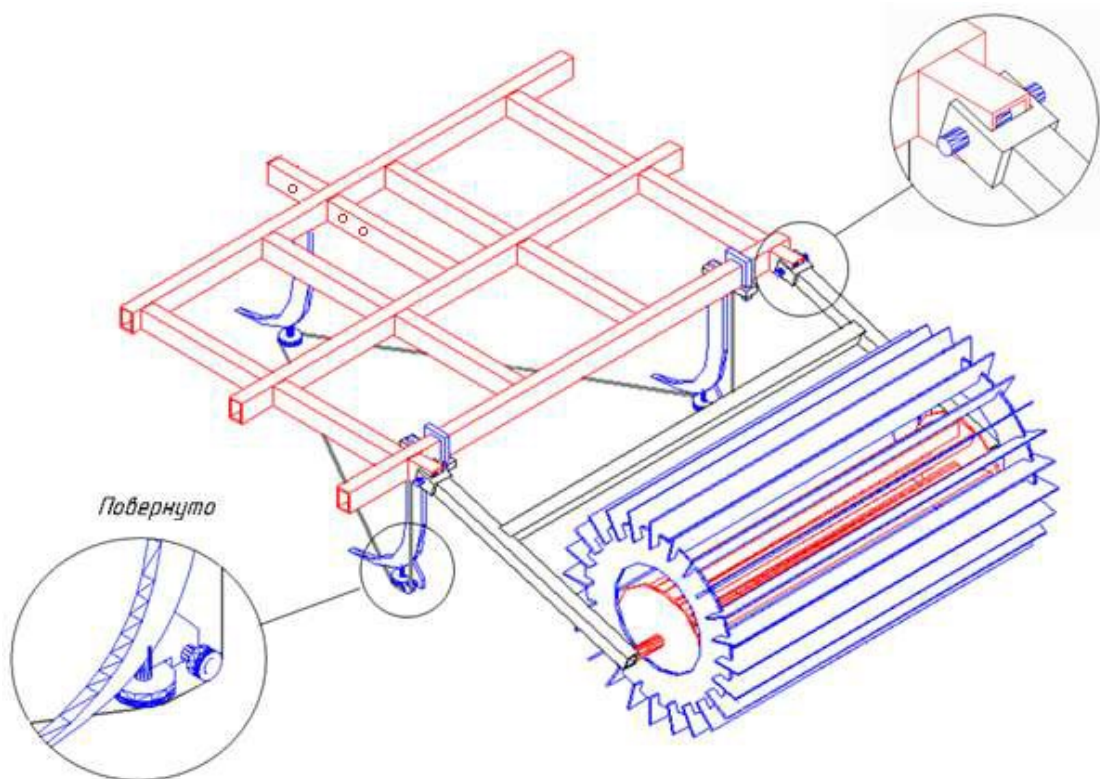
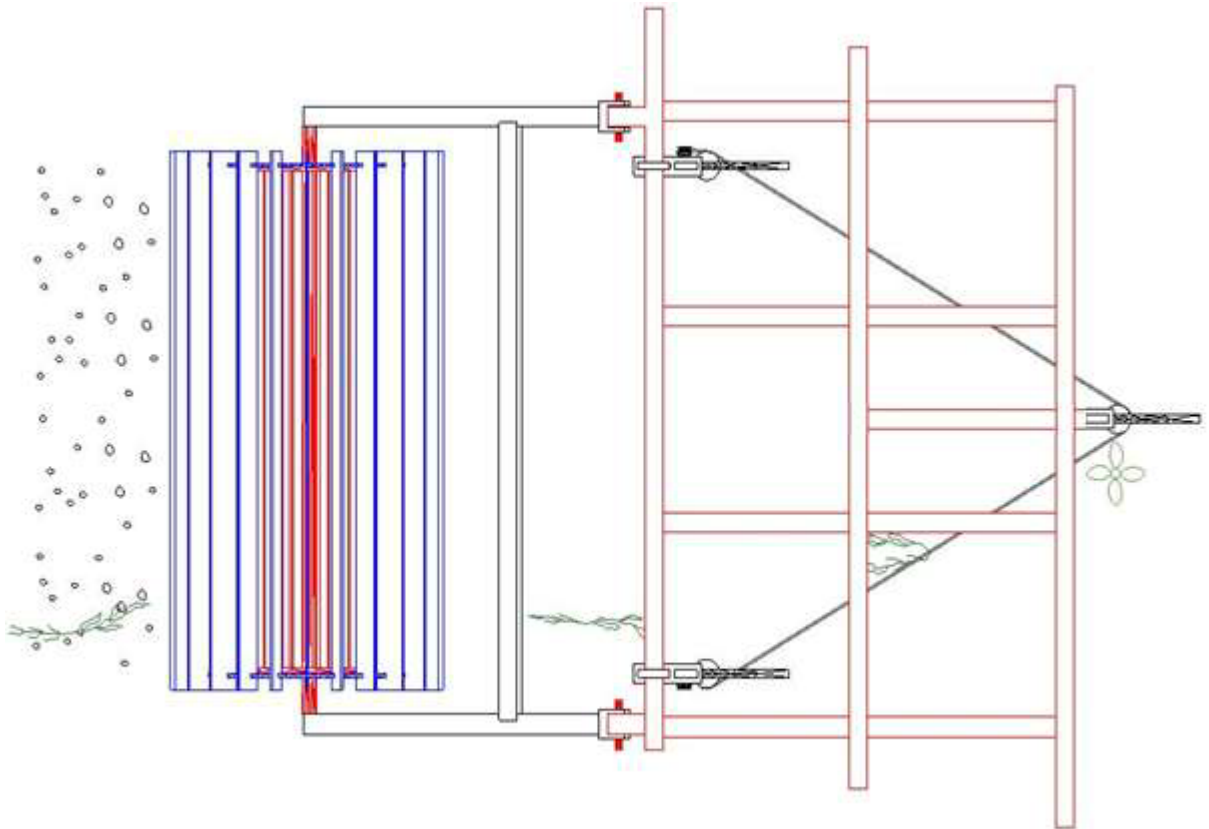
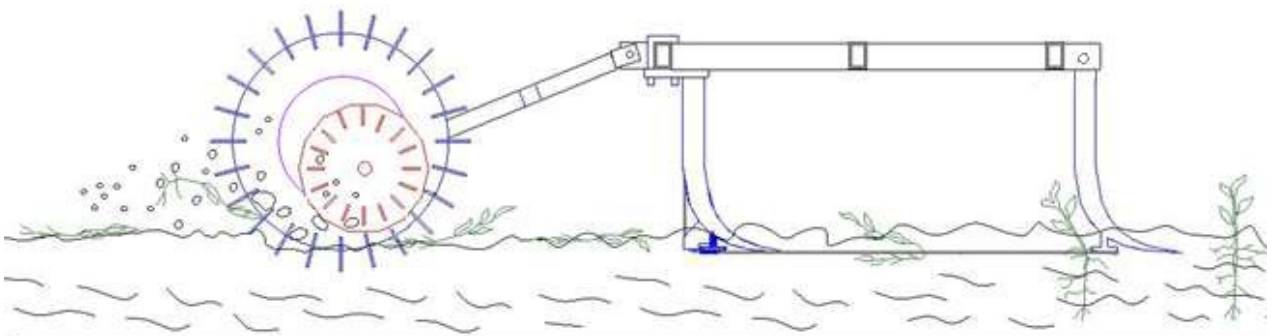


Рис. 3.5. – Загальний вигляд експериментальної установки

Технологічний процес роботи культиватора полягає у наступному (рисунок 3.6). При русі агрегату тросовий робочий орган підрізає об- робочий шар ґрунту на встановленій глибині без істотного розпушування його з повним знищенням бур'янів і без винесення на поверхню вологих шарів ґрунту.



а) вид зверху



б) вид збоку

Рис. 3.6. – Технологічний процес роботи культиватора

Двобарабанний планчастий каток, що йде слідом, планками зовнішнього барабана ущільнює припосівний шар ґрунту і руйнує великі ґрунтові грудки. Грудки ґрунту, що пройшли між планками всередину катка, потрапляють під вплив планок внутрішнього барабана. Подрібнений таким чином ґрунт викидається на поверхню поля, створюючи розпушений мульчистий шар. Тим самим створюється необхідна диференціація посівного шару за щільністю та структурним складом із збереженням ґрунтової вологи.

### **3.2.1. Порівняльна оцінка тягових опорів агрегатів з традиційними та експериментальними робочими органами**

Випробування щодо порівняльної оцінки тягових опорів агрегатів з традиційним та експериментальним культиватором проводилися за ДСТУ 20915-2011. Визначали характеристику поля (схил, засміченість ґрунту пожнивними залишками), характеристику ґрунту (агрегатний склад, вологість, твердість, щільність) [26].

*Схил поля* визначали нівеліром способом квадратів. Намітивши базову лінію на ділянці випробувань за допомогою теодоліту та вимірювальної лінійки розбили від базової лінії квадрати розміром 40 × 40 м. Куткові точки квадратів пронумерували, рівень яких виміряли нівеліром.

Забрудненість ґрунту рослинними рештками (стернею, пожнивними рештками, кореневищами та висохлими бур'янами) вимірювали на п'яти дослідних ділянках, розташованих на однаковій відстані по діагоналі дослідних ділянок. Розмір дослідних ділянок становив 1 × 1 м. На виділених ділянках з верхнього шару ґрунту (на глибину обробітку) знімали пожнивні рештки та зважували їх, розраховували середню масу пожнивних решток на м<sup>2</sup>.

Для визначення зв'язного складу ґрунту було відібрано п'ять зразків ґрунту масою не менше 0,5 кг кожен по діагоналі з шару, що відповідає робочій глибині культиватора. Зразки висушували на повітрі, зважували і поміщали на сито з отворами 25 мм. Після просіювання вміст сит зважували і визначали масову частку грубих зерен у зразках.

Зразки вологи відбирали зі стінок ґрунтових розрізів у п'яти місцях на глибині 0-5 см і 5-10 см. Пробірки з ґрунтом закривали кришками, нумерували і зважували, поміщали у відкриту сушильну шафу для сушіння протягом 6-8 годин при температурі 105°C і знову зважували. Абсолютну вологість ґрунту визначали за формулою (3.1).

Твердість ґрунту вимірювали на глибині 10 см за допомогою твердоміра в точці вимірювання вологості. Твердість визначалася за наступним рівнянням:

$$P_{II} = \frac{h_{cp} a_{II}}{10S_{II}}, \quad (3.1)$$

де  $h_{cp}$  - середнє значення по вертикальній осі діаграми твердості, см;

$a_{II}$  - коефіцієнт жорсткості пружини, кг/см;

$S_{II}$  - площа поперечного перерізу плунжера, см<sup>2</sup>.

Середня поздовжня вісь визначалася шляхом вимірювання серії поздовжніх осей через кожні 1 см довжини ділянки та обчислення середнього значення.

Зразки для визначення об'ємної маси (щільності) ґрунту відбирали в п'яти точках по діагоналі ділянки на глибину 10 см. Циліндри з ґрунтом висушували до постійної маси при температурі 105 °С. Об'єм (см<sup>3</sup>) ґрунту, що містить непорушені домішки в циліндрі VP, розраховували за наступним рівнянням.

$$V_{II} = \frac{\pi d^2}{4} h, \quad (3.2)$$

де  $d$  - циліндра, см;

$h$  – висота ґрунту в склянці, см.

$$\rho = \frac{m_{II}}{V_{II}}. \quad (3.3)$$

Крім стандартних показників, були визначені значення профілю поверхні поля (поперечного та поздовжнього), рівномірності обробітку поля за глибиною

та стану ґрунтових грудок до і після обробітку традиційними чизельними культиваторами та культиваторами з тросовими і катковими робочими органами (Додаток Б, таблиці Б7-Б9).

Визначення показників енергетичної оцінки проводилося за ДСТУ 52777-2007 [21] і полягало у порівняльній оцінці тягового зусилля експериментального культиватора з тросовим та катковим робочими органами та традиційного культиватора при суцільній обробці ґрунту. Ці показники визначалися за допомогою універсального переносного багатоканального вимірювально-обчислювального комплексу МІС-400D, оснащеного програмним забезпеченням для запису та обробки вимірювальної інформації

(Recorder та WinПОС).

Оцінка тягових опорів окремих робочих органів виконувалась у наступній послідовності.

1. Визначення зусилля на перекочування агрегату з культиватором транспортне положення.

2. Визначення тягового опору при виконанні суцільної обробки експериментальним культиватором у повній комплектації (тросовий робочий орган з планчастим котком).

3. Визначення тягового опору при виконанні суцільної обробки тросовим робочим органом без катка.

4. Визначення тягового опору під час обробки без тросового робочого органа.

5. Визначення тягового опору при виконанні суцільної обробки традиційним культиватором.

Кожен варіант виконувався чотириразової повторності.

Тяговий опір кожного із зазначених варіантів визначався як різницю значень тягового опору попереднього варіанту і наступного:

$$R = R_i - R_{i+1} \quad (3.4)$$

де  $R_i$  - Тяговий опір попереднього варіанту;

$R_{r1}$ - тяговий опір наступного варіанту.

Під час випробувань обчислювали поступальну швидкість руху агрегата  $V$ , м/с. Для цього заміряли час проходження ним гону завдовжки 40 м. Значення швидкості визначали за формулою:

$$V = \frac{S}{t} \quad (3.5)$$

де  $S$  - довжина шляху, пройденого агрегатом, м;

$t$  – час виміру, с.

### 3.2.2. Методика обробки експериментальних даних

При обробці експериментальних даних визначають характеристики випадкових величин, отриманих під час експерименту, порівнюють розраховані характеристики між собою, визначають закони випадкових величин, встановлюють залежності між отриманими випадковими величинами та аналізують стохастичний процес [6].

Для обробки даних, отриманих в результаті польового експерименту, проводився дисперсійний аналіз за допомогою комп'ютера, оснащеного пакетом стандартних програм. Обробка даних енергетичної оцінки проводилася за допомогою програми WinПОС.

#### Висновки:

1. Встановлені закономірності тягового опору культиватора з тросовим і катковим робочими органами від його конструктивних параметрів.

На тяговий опір культиватора більшою мірою впливають ширина захвату культиватора, діаметр троса і діаметри барабанів катка. Тяговий опір тросового робочого органу культиватора шириною захвату  $b = 2$  м з тросом діаметром  $d$  від 1 до 6 мм змінюється від 2,0 до 5,5 кН. Тяговий опір каткового робочого



органу культиватора шириною захвату  $b = 2$  м з внутрішнім катком діаметром  $D_{k2}$  від 0,20 до 0,35 м змінюється від 1,35 до 1,74 кН.

2. Розроблені розрахункові схеми для визначення тягового опору тросового і каткового робочих органів комбінованого культиватора для передпосівної обробки ґрунту і обґрунтовані його конструктивні параметри.

Тросовий робочий орган:

- ширина захвату -  $b = 2$  м.
- кількість стійок - 3 шт.;
- кут розташування троса  $2\gamma = 120^\circ$  для обробки
- діаметр троса  $d = 3$  мм;

Катковий робочий орган:

- діаметр внутрішнього барабана  $D_{k2} = 0,25$  м;
- діаметр зовнішнього барабана  $D_{k1} = 0,5$  м;
- планки на барабанах розташовані по колу радіально;
- кількість планок на зовнішньому барабані  $n_{п1} = 16$  шт., на внутрішньому -  $n_{п2} = 30$  шт.

## **4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **4.1. Результати попередніх випробувань культиватора з тросовим та катковим робочими органами**

Попередні випробування експериментальної установки були проведені у 2021 р. Установка пройшла випробування на працездатність, з можливістю здійснення налаштування на глибину обробки і зроблена візуальна оцінка основних показників якості поверхневого обробітку ґрунту.

При роботі агрегату відзначалася висока ступінь кришення брил за рахунок взаємодії планок зовнішнього та внутрішнього барабанів. При попаданні на вологі ділянки поля спостерігалось повне самоочищення ковзанки від налипшої ґрунту. Сміттева рослинність тросовим робочим органом була витягнута з коренем і планками ковзанки винесена на поверхню поля.

Подальші експериментальні дослідження були спрямовані на оцінку структурного складу, вологості, гребнистості, знищення та приживаємості бур'янів та інших якісних показників обробітку ґрунту в порівнянні з традиційними способами обробітку.

### **4.2. Вплив тросового та каткового робочих органів на структурний склад та гребнистість поверхні поля**

Структура є фундаментальною властивістю ґрунтів, оскільки впливає на їхні екологічні та продуктивні функції [3].

Результати дослідження, проведеного у 2022-2023 роках, показали, що структурно-агрегатний склад ґрунтів змінювався залежно від способу поверхневого обробітку. Порівняльна оцінка структурного складу ґрунтів за різних способів обробітку наведена на рисунку (рис. 4.1).

Як традиційний використовувався культиватор КПЕ-3,8, оснащений робочими органами для передпосівної обробки ґрунту з кутом кришення 12÷18°.

До боронування 37,6% поверхневого шару на глибині 10 см мали глибоку структуру (агрегати розміром більше 10 мм). Після обробітку боронуванням частка таких агрегатів зростає до 45,8%.

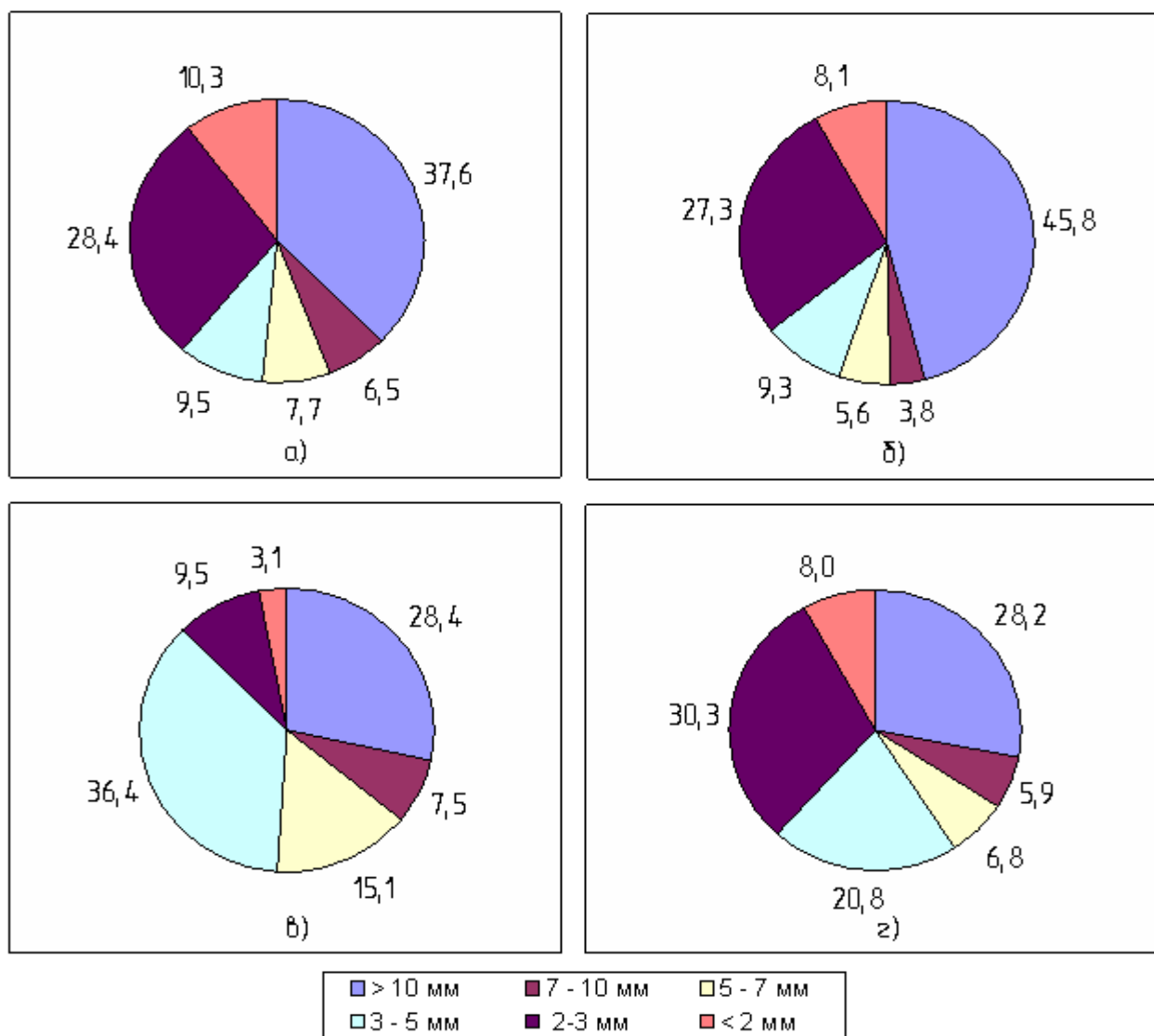


Рис. 4.1 – Структурний склад поверхневого шару ґрунту при різних видах обробки:

а) до обробки; б) культивація традиційним культиватором з боронуванням; в) культивація експериментальною установкою; г) культивація традиційним культиватором з експериментальним катком

Таблиця 4.1

## Вплив обробки ґрунту на його структурний склад

Вид обробки	Зміст фракцій, %					
	> 10 мм	7÷10 мм	5÷7 мм	3÷5 мм	2÷3 мм	< 2 мм
до обробки	37,6	6,5	7,7	9,5	28,4	10,3
традиційна культивуація з боронованням	45,5	3,8	5,6	9,3	27,3	8,1
культивуація експериментальною установкою	28,4	7,5	15,1	36,4	9,5	3,1
традиційна культивуація з експериментальним катком	28,2	5,9	6,8	20,8	30,3	8,0

Після проходу звичайного ґрунтообробного агрегату, оснащеного канатно-роликівим робочим органом, та експериментального котка відсоток агрегатів розміром більше 10 мм значно зменшився до 28,2-28,4%, а грудки ґрунту розміром більше 50 мм взагалі не були виявлені. Майже половину загального об'єму зразка займали агрегати розміром 2-5 мм. Таким чином, виконується умова В. В. Медведєва про те, що "розмір ґрунтових агрегатів, які переважають в посівному шарі, приблизно відповідає розміру висіяного насіння" [7].

Оранка експериментальним культиватором з тросовими та роликівими робочими органами забезпечує більш рівну поверхню поля порівняно з традиційними методами обробітку. Хороші результати також були отримані при використанні експериментального двобарабанного пластинчастого котка після звичайного культиватора (таблиця 4.2) і (рисунок 4.2). Це означає, що стандартне відхилення нерівностей поверхні поля після обробки експериментальними котками становило 1,6-1,7 см, що на 37% менше, ніж при оранці бороною.

## Гребнистість поверхні поля

Вид обробки	Середньоквадратичне відхилення, ( $\sigma$ ), см
традиційна культивуація з боронуванням	2,7
культивуація експериментальною установкою	1,6
традиційна культивуація з експериментальним катком	1,7



а)

б)

в)

Рис. 4.2. Гребнистість поверхні поля порівняно:

а) культивуація традиційним культиватором із боронуванням; б) культивуація експериментальною установкою; в) культивуація традиційним культиватором із експериментальним катком

### 4.3. Вплив різних способів обробки на засміченість

Передпосівний обробіток ґрунту повинен повністю знищити бур'яни і зменшити їх шанси на виживання, що є одним з найважливіших показників ефективності передпосівного обробітку ґрунту.

Кількість бур'янів на м<sup>2</sup> відразу після обробки та через 7 днів після обробки. (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3.

Вплив способів передпосівної підготовки ґрунту на забур'яненість посівів

Вид обробки	Кількість бур'янів на 1 м <sup>2</sup>	
	відразу після обробки	через сім днів після обробки
традиційна культивуація з боронуванням	0,5	5,3
культивуація експериментальною установкою	0,0	1,0
традиційна культивуація з експериментальним катком	0,1	1,3

ватори в експерименті більш-менш повністю контролювали бур'яни. Через сім днів на ділянках, оброблених традиційними методами, було 5,3 бур'янів/м<sup>2</sup>, тоді як на ділянках, оброблених експериментальним агрегатом у поєднанні зі звичайним культиватором та експериментальним котком, було лише 1,0-1,3 бур'янів/м<sup>2</sup>.

На відміну від універсальної стрілкової лапи, тросовий робочий орган знищує бур'яни шляхом "вичісування", а не підрізання. Конструкція експериментального котка також дозволяє більш ефективно викидати бур'яни на поверхню поля, де вони гинуть (рис. 4.3). Таким чином, комбінація кабелів і котків знижує рівень виживання бур'янів майже до нуля. Крім того, коли експериментальний коток використовується після звичайного культиватора, виживання бур'янів значно знижується, оскільки бур'яни видаляються з поверхні поля планками зовнішнього котка.



Рисунок 4.3 – Винесення бур'янів на поверхню під час обробки експериментальною установкою

#### **4.4. Вплив передпосівної обробки на вологість поверхневих шарів ґрунту**

Згідно з агротехнічними вимогами, передпосівний обробіток ґрунту повинен забезпечити розпушення шару ґрунту перед посівом і повне очищення від бур'янів без винесення вологого шару ґрунту на поверхню поля. Однак універсальні стрічасті лапи, що встановлюються на звичайні культиватори, не в повній мірі задовольняють вимогу видалення вологого шару ґрунту на поверхню поля через досить широкі елементи кріплення лап до стійок і велику ширину стійок.

Запропонований тросовий культиватор виконує суцільний обробіток ґрунту без зняття вологого шару ґрунту на поверхню поля, за винятком смуги вздовж колії стійки біля борони.

Вологоутримання ґрунту оцінювали гравіметричним методом. Зразки ґрунту відбирали з поверхневого шару (на глибину 5 см) рівномірно по ширині захвату до і після проходу агрегату. Середні значення поверхневої вологості для різних способів обробки ґрунту наведені в таблиці 4.4.

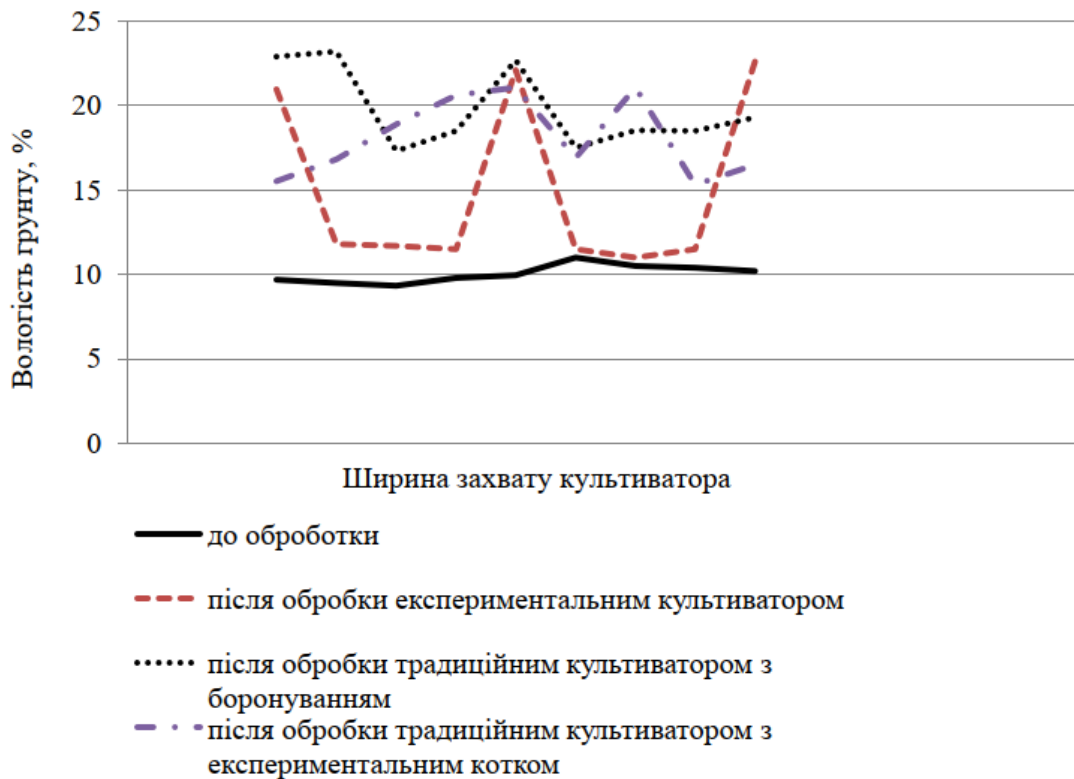
Таблиця 4.4

Вплив способів передпосівної підготовки ґрунту на поверхневу вологість ґрунту.

Вид обробки	Середні значення вологості поверхневого шару ґрунту, %
до обробки	9,6
традиційна культивуація з боронуванням	19,7
культивуація експериментальною установкою	15,1
традиційна культивуація з експериментальним катком	18,0

Дослідження показують, що після проходження через експериментальний агрегат вологість поверхневого шару ґрунту суттєво зростає лише після стійок (до 20-21%), тоді як між стійками вона залишається майже такою ж, як і до обробки (9-10%). Таким чином, середня вологість поверхневого шару ґрунту після оранки експериментальним культиватором значно нижча (15,1%), ніж після оранки звичайним культиватором (19,7%). (рисунок 4.4).





4.4. – Залежність вологості поверхневого шару ґрунту від ширини захвату культиватора при різних варіантах обробки

#### 4.5. Оцінка експлуатаційних показників роботи культиватора з тросовим та катковими робочими органами

Метою даного випробування була порівняльна оцінка тягового опору експериментального культиватора з тросовим і катковим робочими органами та традиційного культиватора при суцільній обробці ґрунту.

Характеристику ділянки проведення випробувань наведено у таблиці 4.5; значення були отримані до випробування за загальноприйнятими методиками.

В експерименті використовувався універсальний переносний багатоканальний вимірювально-обчислювальний комплекс МІС-400D з тензOMETричною ланкою Т-5, оснащений програмним забезпеченням для запису та обробки вимірювальної інформації (Recorder і WinПОС) (рисунок 4.5).

У процесі експерименту були визначені горизонтальні складові тягового опору при переміщенні укомплектованого експериментального культиватора в транспортному положенні і при суцільній обробці культиватором у різній комплектації при встановленій глибині обробки 5 см та швидкості руху агрегату 2,8 м/с.

Таблиця 4.5

Показники агрофону ділянки проведення випробувань



Показник, од. змін.	Середні значення
	
а)	б)

Рис. 4.5. Обладнання для експерименту та обробки експериментальних даних:

а) динамометр; б) багатоканальний вимірювально-обчислювальний комплекс MIC-400D

Експеримент проводився за наступною схемою (рисунок 4.6):

1) переміщення укомплектованого експериментального культиватора в транспортному положенні;

2) виконання суцільної обробки експериментальним культиватором у повній комплектації (тросовий робочий орган з планчастим катком), ширина захвату 1 м (рисунок 4.6 а);

3) виконання суцільної обробки тросовим робочим органом без котка), ширина захвату 1 м (рисунок 4.6, б);

4) виконання суцільної обробки п'ятьма розпушувальними робочими органами, ширина захвату 1 м (рисунок 4.6, в).

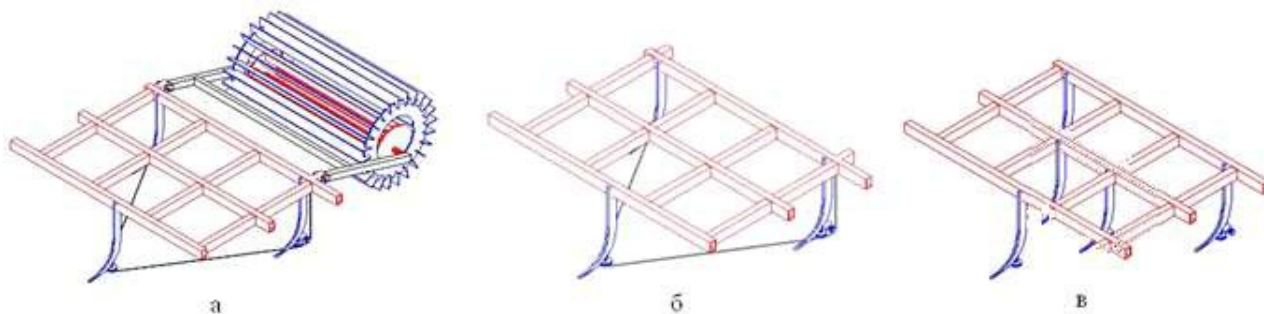


Рисунок 4.6 – Варіанти експерименту:

а) укомплектований експериментальний культиватор; б) тросовий робочий орган; в) розпушувальні робочі органи, ширина захвату 1 м

Переобладнання культиватора для отримання різних варіантів експерименту здійснювалося безпосередньо в польових умовах. Процес проведення експерименту представлений малюнку 4.7.

Тяговий опір при суцільній обробці традиційним культиватором (4,29 кН) більше, ніж при обробці експериментальним культивуванням. тором (3,36 кН) на 21,7%. Це спричиняє зниження енергетичних витрат і дозволяє очікувати на економічну ефективність експериментального культиватора.

Вибрана схема експерименту дозволяє визначити значення тягових опорів, що припадають на тросовий та катковий робочі органи окремо, шляхом віднімання відповідних значень.



#### Рисунок 4.7. – Процес енергетичної оцінки

Так, за даними експерименту, на тросовий робочий орган припадає 2,64 кН. На катковий робочий орган (різниця між другим і третім варіантами) припадає 0,72 кН.

Розбіжність теоретичних та експериментальних даних знаходиться у допустимих межах – 10 % (рис. 4.8).

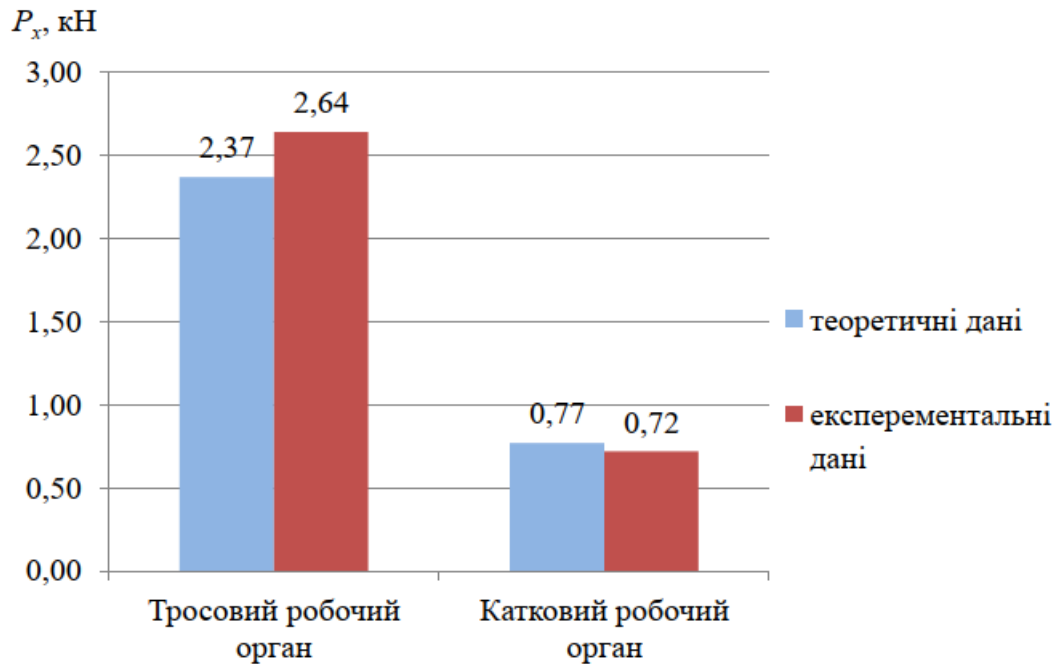


Рисунок 4.8. Значення теоретичних та експериментальних даних горизонтальних складових тягового опору  $P_x$  тросового та каткового робочих органів (ширина захвату  $b = 1$  м).

#### Висновки:

1. Попередні випробування виявили працездатність експериментального культиватора та можливість регулювання основних його параметрів.

2. При роботі культиватора відзначається високий ступінь кришення брил та повне самоочищення катка за рахунок взаємодії планок зовнішнього та внутрішнього барабанів. Сміттева рослинність витягується з коренем тросовим робочим органом і планками котка виноситься на поверхню поля.

3. Культиватор з тросовим та катковим робочими органами забезпечує одержання якісного структурного складу посівного шару ґрунту. З отриманням агрегатів понад 10 мм становило 28,4 % від загального обсягу проби, причому спостерігається повна відсутність грудок ґрунту понад 50 мм. Отримання агрегатів розміром 2÷5 мм, порівнянним із середнім розміром насіння, склало 45,9%.

4. Експериментальний румпель створив більш рівну поверхню поля, ніж звичайний румпель. Середньоквадратичне відхилення нерівностей поверхні поля після обробки експериментальним румпелем становило 1,7 см, що на 37% менше, ніж підняття поля після звичайної обробки.

5. Комбінація тросового та каткового робочих органів забезпечує повне знищення бур'янів по всій ширині захвату і зводить приживаємість бур'янів практично до нуля.

6. Застосування тросового робочого органу в передпосівній обробці ґрунту забезпечує максимальне збереження ґрунтової вологи. Середнє значення вологості поверхневого шару ґрунту після обробки експериментальним культиватором значно менше (15,1%), ніж після обробки традиційним (19,7%).

7. Передпосівна обробка ґрунту експериментальним культиватором забезпечила більш ранні та дружні сходи культури, що обробляється. Урожайність зеленої маси ріпаку, отримана з ділянок, оброблених експериментальним культиватором, на 21,7 % вище врожайності, отриманої з ділянок, оброблених традиційним способом.

8. Тяговий опір при суцільній обробці експериментальним культиватором (3,36 кН) менше, ніж при обробці традиційним культиватором (4,29 кН) на 21,7%.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

Науково-технічний прогрес поряд із досягненнями, безумовно, породжує і нові проблеми, пов'язані, насамперед з екологічним і техногенним навантаженням на навколишнє середовище, частиною якого є і сама людина. Однією з таких проблем є охорона праці з врахуванням сучасного стану механізації й автоматизації виробничих процесів у сільському господарстві.

Якщо в минулому виробнича праця була переважно фізичною і м'язовою, то сьогодні, з розвитком науки і техніки, праця стає дедалі більш інтелектуальною. Технологічні засоби значно розширили можливості людини, і водночас зростають вимоги до охорони праці.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та оздоровчих заходів, що ґрунтуються на наукових даних і забезпечують збереження здоров'я та працездатності людини в процесі виробничої діяльності.

Основна мета охорони праці - створення здорових і безпечних умов праці у виробничих комплексах.

### **5.1. Організація роботи з охорони праці**

Безпосередньо в господарствах за роботу з охорони праці відповідальність несе керівник або правління, що доручає вести практичну роботу інженеру, відповідальному за ремонт і експлуатацію техніки.

Практичну роботу в господарстві веде інженер по охороні праці, техніці безпеки й організації пожежної охорони.

Усі фахівці та співробітники компанії зобов'язані виконувати вказівки інженера з охорони праці.

Інженер з охорони праці має право

- заборонити роботу на тракторах, комбайнах, машинах, обладнанні та механізмах. Також зупинити виробництво, будівництво, навантажувально-розвантажувальні та інші роботи, якщо існує загроза життю і здоров'ю працівників, небезпека аварії або пожежі, та негайно повідомити про це керівництву підприємства або особу, відповідальну за виробничу дільницю;

- відсторонити від роботи особу, яка грубо порушує правила, інструкції та приписи з техніки безпеки, охорони праці та пожежної безпеки, і повідомити про це рішення керівництву підприємства або відповідальному за виробничу дільницю;

- клопотати перед керівництвом підприємства про притягнення до дисциплінарної відповідальності або передачу до суду порушників правил, інструкцій і положень з охорони праці та техніки безпеки.

## **5.2. Умови праці в сільськогосподарському виробництві; травматизм і захворювання.**

Умови праці сільського механізатора навіть протягом однієї робочої зміни можуть різко і зненацька змінюватися через випадання опадів, зміни температури, швидкості вітру і т.д. Тракторні агрегати і самохідні машини часто доводиться переміщати на великі відстані по бездоріжжю, різко пересіченій місцевості. Усе це при недотриманні правил і інструкцій з охорони праці може привести до нещасливих випадків.

Нещасливий випадок може відбутися під час роботи на виробництві, по дорозі на роботу або з роботи й у побуті.

До виробничої (або травми, пов'язаної з виробництвом) відносять травму, отриману при виконанні виробничого завдання в робочий час, перед початком роботи (підготовка до роботи), по закінченні роботи (збирання робочого місця), а також при виконанні робіт у понаднормовий час, у вихідні і святкові дні. До травми, зв'язаної з виробництвом, не відносять травми, отримані під час розкрадання і при виконанні роботи або використанні транспорту в особистих

цілях без дозволу адміністрації. Ці травми називають травмами, не пов'язаними з виробництвом.

### **5.3. Допуск до роботи на тракторах і сільськогосподарських машинах; забезпечення механізаторів засобами індивідуального захисту і спецодягом**

До роботи на тракторі, складних сільськогосподарських і спеціалізованих машинах допускаються особи не молодші 18 років після спеціального навчання, які отримали посвідчення на право керування і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Як виняток, до роботи на нескладних причіпних і стаціонарних машинах допускаються особи віком 16 років, що вивчили будову, роботу і догляд за цими машинами і отримали інструктаж із техніки безпеки і протипожежного режиму. Таке виключення можливо тільки в тому випадку, якщо для допуску до роботи на машині не потрібно наявності прав (посвідчення).

Не допускаються до роботи на будь-яких машинах особи, що знаходяться в будь-якому ступені сп'яніння, хворі і перевтомлені, а також механізатори, що не пройшли додаткового інструктажу з техніки безпеки після порушення ними правил техніки безпеки.

Усі механізатори сільського господарства забезпечуються відповідно до існуючих норм безкоштовно спецодягом, засобами індивідуального захисту і т.д.

Тракторист-машиніст, помічник бригадира і бригадир тракторної бригади, комбайнер і помічник комбайнера щорічно забезпечуються комбінезонами з бавовняної, пилонепроникної тканини і кожні шість місяців – комбінованими рукавицями. Крім того, їм видаються захисні окуляри. При роботі взимку – ватяні куртки і штани, а трактористам ще і валянки.

### **5.4. Вимоги охорони праці до технічного стану машин**

Трактор, комбайн, автомобіль і кожна сільськогосподарська машина, що призначена для роботи, повинна бути справною і цілком укомплектованою,



включаючи набір інструментів, пристосувань і медичної аптечки, відповідно до заводського керівництва і вимог техніки безпеки. Перед роботою в місцях, небезпечних у пожежному відношенні, на випускні труби двигунів потрібно встановити іскрогасники і обладнати агрегати засобами гасіння пожежі: металевими лопатами, ручними вогнегасниками і т.д. Не можна використовувати машини, що мають підтікання масла і палива.

Місця, де можливе травмування, називають небезпечними зонами машин. Щоб виключити травматизм, усі небезпечні зони закривають (де можливо) захисними огороженнями стандартного типу.

Усі машини перед роботою потрібно обкатувати. Справність механізмів тракторів, комбайнів і автомобілів (рульового керування, гальма, ходової частини, зчеплення, коробки передач, навісної системи, причіпного пристрою, систем сигналізації і освітлення) – необхідна умова безпечної роботи.

При нормальному вільному ході рульового колеса рульовий механізм повинний легко забезпечувати поворот машини в обидва боки.

Вільний і повний хід гальмівних педалей у машин повинний бути в межах, рекомендованих заводами-виготовлювачами. Ліві і праві гальма всіх колісних машин повинні діяти однаково; педалі легко блокуватися і надійно утримуватися у включеному стані засувкою, гребінкою (гірським гальмом). Шлях гальмування колісного трактора на сухій рівній бетонованій дорозі при швидкості руху 20 км/год (5,5 м/с) і масі агрегату до 4 т допускається до 6 м, а при масі понад 4 т – до 6,5 м.

У тракторних вантажних візків (причепів) повинне бути гальмо з приводом із кабіни водія. Незагальмований причіп великої маси може змусити рухатися навіть загальмований трактор і перекинути його.

Гальмівний шлях комбайна при русі по твердому ґрунту з максимальною швидкістю не повинний бути більш 8 м.

Під час руху машини гальма не повинні нагріватися і при гальмуванні заклинювати.

## **5.5. Техніка безпеки при виконанні робіт комбінованим агрегатом.**

1. Забороняється знаходитись під час роботи попереду агрегата, сидіти на рамі та інших частинах агрегату.

2. Під час роботи агрегата забороняється:

- проводити регулювання робочих органів;
- очищувати від залишків ґрунту та технологічних матеріалів робочі органи комбінованого агрегата;

- сідати в трактор та виходити з нього;

- змінювати положення робочих органів вручну.

3. Монтажні роботи, технічне обслуговування агрегата, усунення несправностей необхідно проводити при зупиненому двигуні.

4. Забороняється знаходитись між трактором і агрегатом під час його монтажу на гідронавіску трактора.

5. Транспортування агрегата на великі відстані необхідно проводити тільки при позначені габаритів агрегата відповідними знаками, які передбачені Правилами Дорожнього Руху.

6. Вимоги по техніці безпеки при підготовці комбінованого агрегату для передпосівної обробки ґрунту:

- до роботи з агрегатом допускаються особи, які ознайомлені з будовою агрегата, його регулюваннями і організацією проведення робіт;

- підняти агрегат у зборі, забрати підпірки й оглянути весь агрегат.

- заїхати на регульовальний майданчик, відкинути підставки, опустити агрегат на опорні колеса.

- установити підпірки таким чином, щоб вони торкалися майданчика, при цьому агрегат ними підтримується.

- установити глибину заглиблення культиватора.

Запропонований порядок підготовки комбінованого агрегату до роботи дозволить уникнути травматизму.

Перед виїздом із регульовального майданчика переконатися, що в зоні маневрування немає сторонніх і об'єктів, що заважають руху.

**Висновки:**

1. Проведений аналіз стану охорони праці та техніки безпеки в дослідному господарстві доводить, що існують значні резерви в покращенні рівня вирішення цього питання.

2. Розроблені і запропоновані заходи в зв'язку з впровадженням комбінованого агрегату дозволять підвищити стан по охороні праці і техніці безпеки в господарстві.

## 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічну оцінку дипломної роботи проведено в порівнянні машино-тракторних агрегатів:

- базовий МТЗ-80.1+КПС-4 та проектний в складі трактора МТЗ-80.1 і експериментального комбінованого культиватора.

Балансова вартість базового варіанту складе 380000 грн;

Балансова вартість проектного варіанту складе 350000 грн.

По даним розрахунку операційної карти, продуктивність агрегату за годину робочої зміни складе:

$$W_{\text{год}}^{\text{б}} = 1,8 \text{ га/год}$$

$$W_{\text{год}}^{\text{п}} = 1,8 \text{ га/год}$$

Збільшення продуктивності досягнуто за рахунок покращення тягово-швидкісних характеристик машино-тракторного агрегату.

Тоді зміна продуктивність агрегату складатиме:

$$W_{\text{зм}}^{\text{б}} = 1,8 * 7 = 12,6 \text{ га/зм}$$

$$W_{\text{зм}}^{\text{п}} = 1,8 * 7 = 12,6 \text{ га/зм}$$

Витрати праці на одиницю роботи підрозділу визначають за формулою:

$$B = \frac{m \cdot T_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}}, \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}} \quad (6.1)$$

Де  $m$  – кількість механізаторів, чол;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.

$$B^{\delta} = \frac{1 \cdot 7}{12,6} = 0,5555 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

$$B^n = \frac{1 \cdot 7}{12,6} = 0,5555 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

Нормативне завантаження агрегата визначаємо по формулі:

$$T_n = \frac{W_p}{W_{год}}, \text{га} \quad (6.2)$$

$W_p$  – річна продуктивність агрегату, га

$$T_n^{\delta} = \frac{285}{1,8} = 158,33 \text{ год}$$

$$T_n^n = \frac{285}{1,8} = 158,33 \text{ год}$$

Нормативні витрати на ТО, ПР, КР, зберігання визначаємо по формулі:

$$T_{ні} = \frac{B \cdot 9,7\%}{T_n \cdot W_{год} \cdot 100}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (6.3)$$

де  $B$  – балансова вартість, грн

$$T_{ні}^{\delta} = \frac{380000 \cdot 9,7}{158,33 \cdot 1,8 \cdot 100} = 129,3 \frac{\text{грн}}{\text{га}}$$

$$T_{ны}^n = \frac{350000 \cdot 9,7}{158,33 \cdot 1,8 \cdot 100} = 119,1 \frac{\text{грн}}{\text{га}}$$

Визначаємо експлуатаційні витрати по формулі:

$$V_{\Sigma e} = 3n + G_{пмм} + T_p, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (6.4)$$

- де  $3_n$  - заробітна платня з нарахуваннями, грн/га;  
 $A_i$  – амортизаційні відрахування, грн/га;  
 $G_{пмм}$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га;  
 $T_{п}$  – витрати на ТО, ПР, КР і зберігання, грн/га.

Визначаємо заробітню платню по формулі:

$$3_n = \frac{T_c \cdot 1,2 \cdot 1,375}{W_{год}}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (6.5)$$

- де  $T_c$  – тарифна ставка, грн,год;  
1,2 – коефіцієнт, що враховує розмір додаткової оплати до основної;  
1,375 – коефіцієнт, що враховує розмір відрахувань на соціальне страхування.

Тарифна ставка по оплаті праці складе:

$$T_c = \frac{W\phi \cdot S_n}{W_n}, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де  $S_H$  – розцінка за норму,  $S_H = 750$  грн

$W$  – норма змінної продуктивності роботи, га/зм.

$$W_H = 12,6 \text{ га/зм}$$

$$T_C^B = \frac{1,8 \cdot 750}{12,6} = 107,1 \text{ грн}$$

$$T_C^H = \frac{1,8 \cdot 750}{12,6} = 107,1 \text{ грн}$$

$$3_{II}^B = \frac{107,1 \cdot 1,2 \cdot 1,375}{1,8} = 98,2 \text{ грн/га}$$

$$3_{II}^H = \frac{107,1 \cdot 1,2 \cdot 1,375}{1,8} = 98,2 \text{ грн/га}$$

Визначаємо норму амортизації по формулі:

$$A_i = \frac{B \cdot a \cdot A_i}{T_H \cdot W_{год} \cdot 100} \text{ грн/га} \quad (6.7)$$

де  $a \cdot A_i$  – норма відрахувань на амортизацію, %.

$$A_I^B = \frac{380000 \cdot 15}{158,33 \cdot 1,8 \cdot 100} = 200 \text{ грн/га}$$

$$A_I^H = \frac{350000 \cdot 15}{158,33 \cdot 1,8 \cdot 100} = 184,2 \text{ грн/га}$$

Визначаємо витрати на паливомастильні матеріали по формулі:

$$G_{\text{ПММ}} = g * C, \text{ грн/га} \quad (6.8)$$

де  $g$  – витрати палива на 1 га, кг;

$C$  – комплексна вартість паливомастильних матеріалів, грн/кг

Приймаємо  $C = 49$  грн/кг.

Із операційно-технологічної карти на культивуацію маємо:

$$g^6 = 10 \text{ кг/га}$$

Прогнозуючи зменшення витрати палива проектним трактором на 18 %,

Можна записати:

$$g^{\text{п}} = 10 * 0,82 = 8,2 \text{ кг/га}$$

$$G_{\text{ПММ}}^6 = 10 * 49 = 490 \text{ грн/га}$$

$$G_{\text{ПММ}}^{\text{п}} = 8,2 * 49 = 401,8 \text{ грн/га}$$

Визначаємо витрати на ТО, поточний ремонт і капітальний ремонт по формулі:

$$T_p = \frac{K \cdot T_{\text{ні}}}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га} \quad (6.9)$$

де  $K$  – коефіцієнт переведення трактора в умовний еталонний трактор.

Приймаємо  $K = 0,7$ .



$$T_P^B = \frac{129,3 \cdot 0,7}{1,8} = 50,2 \text{ грн/га}$$

$$T_P^H = \frac{119,1 \cdot 0,7}{1,8} = 46,3 \text{ грн/га}$$

Тоді сумарні експлуатаційні витрати складуть:

$$V_{\Sigma E}^B = 98,2 + 490 + 50,2 = 638,4 \text{ грн/га}$$

$$V_{\Sigma E}^H = 98,2 + 401,8 + 46,3 = 546,3 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг робіт визначаємо по формулі:

$$V_e = V_{se} * W_p, \text{ грн} \quad (6.10)$$

$$V_e^B = 638,4 * 285 = 181944 \text{ грн}$$

$$V_e^H = 546,3 * 285 = 155695,5 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га визначаємо по формулі:

$$K_B^B = \frac{B}{W_p}, \text{ грн} \quad (6.11)$$

$$K_B^B = \frac{380000}{285} = 1333,3 \text{ грн}$$

$$K_B^{\Pi} = \frac{350000}{285} = 1228 \text{ грн}$$

Визначаємо приведені витрати на 1 га по формулі:

$$\Pi_{B1} = V_{\Sigma c} + 0,15 * K_B, \text{ грн} \quad (6.12)$$

$$\Pi_{B1}^{\circ} = 638,4 + 0,15 * 1333,3 = 838,39 \text{ грн}$$

$$\Pi_{B1}^{\Pi} = 546,3 + 0,15 * 1228 = 730,5 \text{ грн}$$

Визначаємо приведені витрати на весь обсяг робіт по формулі:

$$\Pi_{B2} = \Pi_{B1} * W_p, \text{ грн} \quad (6.13)$$

$$\Pi_{B2}^{\circ} = 838,39 * 285 = 238941,15 \text{ грн}$$

$$\Pi_{B2}^{\Pi} = 730,5 * 285 = 208192,5 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначаємо по формулі:

$$E_p = \Pi_{B2}^{\circ} - \Pi_{B2}^{\Pi}, \text{ грн} \quad (6.14)$$

$$E_p = (238941,15 - 208192,5) = 30748,65 \text{ грн}$$

Термін окупності допоміжних капіталовкладень визначаємо по формулі:

$$T_{ок} = \frac{S_{заг}}{E_p}, \text{ років} \quad (6.15)$$

де  $S_{\text{заг}}$  – загальні витрати на запровадження проекту, грн.

$$S_{\text{заг}} = (380000 - 350000) = 30000 \text{ грн}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{30000}{30748,65} = 0,98 \text{ року}$$

Таблиця 6.1

Результати техніко-економічних показників

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
Об'єм робіт, га	285	285
Годинна продуктивність, га/год	1,8	1,8
Витрата палива на 1 га, кг	10	8,2
Балансова вартість машин, грн	380000	350000
Нормативне навантаження, год	158,33	158,33
Експлуатаційні витрати всього, грн/га	638,4	546,3
-основні і допоміжні, заробітна платня з нарахуваннями, грн/га	98,2	98,2
-амортизація основних засобів, грн/га	200	184,2
-паливо-мастильні матеріали, грн/га	490	401,8
-витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн/га	50,2	46,3
Капітальні вкладення на 1га, грн	1333,3	1228

Річний економічний ефект, грн	-	30748,65
Термін окупності допоміжних капіталовкладень, років	-	0,98

### **Висновок**

Економічні розрахунки показали, що розроблений комбінований культиватор може бути впроваджений. Річний ефект становить 30748,65 грн. Строк окупності допоміжних інвестицій - 0,98 року Емпіричні дані щодо економічної ефективності проєкту наведено в таблиці 6.1.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлені закономірності тягового опору культиватора з тросовим і катковим робочими органами від його конструктивних параметрів.

На тяговий опір культиватора більшою мірою впливають ширина захвату культиватора, діаметр троса і діаметри барабанів катка. Тяговий опір тросового робочого органу культиватора шириною захвату  $b = 2$  м з тросом діаметром  $d$  від 1 до 6 мм змінюється від 2,0 до 5,5 кН. Тяговий опір каткового робочого органу культиватора шириною захвату  $b = 2$  м з внутрішнім катком діаметром  $D_{k2}$  від 0,20 до 0,35 м змінюється від 1,35 до 1,74 кН.

2. Розроблені розрахункові схеми для визначення тягового опору тросового і каткового робочих органів комбінованого культиватора для передпосівної обробки ґрунту і обґрунтовані його конструктивні параметри.

Тросовий робочий орган:

- ширина захвату -  $b = 2$  м.
- кількість стійок - 3 шт.;
- кут розташування троса  $2\gamma = 120^\circ$  для обробки
- діаметр троса  $d = 3$  мм;

Катковий робочий орган:

- діаметр внутрішнього барабана  $D_{k2} = 0,25$  м;
- діаметр зовнішнього барабана  $D_{k1} = 0,5$  м;
- планки на барабанах розташовані по колу радіально;
- кількість планок на зовнішньому барабані  $n_{п1} = 16$  шт., на внутрішньому -  $n_{п2} = 30$  шт.

3. При постійній швидкості руху агрегату ( $V = 10$  км/год) і глибині обробки  $a = 5$  см експериментальний культиватор забезпечує наступні технологічні і якісні показники:

- якісний структурний склад посівного шару ґрунту: вміст агрегатів більше 10 мм склало 28,4 % від загального об'єму проби, а також спостерігається повна

відсутність грудок ґрунту більше 50 мм; вміст агрегатів розміром 2-5 мм склало 45,9 %;

- кращу вирівняність поверхні поля в порівнянні з традиційним видом обробки середнє квадратичне відхилення нерівностей після обробки експериментальним культиватором склало 1,7 см, що менше за гребнистості поле після традиційної обробки на 37 %;

- повне знищення бур'янів по усій ширині захвату і виключає їх приживаність;  
- максимальне збереження ґрунтової вологи : вологість поверхневого шару ґрунту підвищується тільки по сліду стоек, тоді як в проміжках між стойками залишається практично такою ж, як до обробки;

- більше ранні і дружні сходи оброблюваної культури і підвищення врожайності: врожайність зеленої маси рапсу, отримана з ділянок, оброблених експериментальним культиватором, на 21,7 % вище за врожайність, отриману з ділянок, оброблених традиційним способом;

- зниження тягового опору : при обробці експериментальним культиватором тяговий опір склав 3,36 кН, що на 21,7 % нижче, ніж при обробці традиційним культиватором (4,29 кН).

4. Економічні розрахунки довели, що розроблений комбінований культиватор може бути впроваджений у виробництво. Річний ефект становить 30748,65 грн. Термін окупності допоміжних інвестицій - 0,98 року Емпіричні дані щодо економічної ефективності проекту наведені в таблиці 6.1.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. – К.: „Вища школа”, 1995, с 236.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: „Урожай”, 1994, с 446.
3. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К.: Агроосвіта, 2012. – 584 с.
4. Практикум з використання машин у рослинництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, В.П. Мельник, П.І. Карасьов, П.М. Кухаренко. ДДАУ. – Дніпропетровськ, 2002. – 212 с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
6. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. "Сільськогосподарські машини". - К.: Урожай, 1994 р.- 346 с.
7. Головчук А.Ф., Марченко В., Орлов В.Ф.,: Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Підручник: УЗ кн./ за ред. А.Ф. Головчука – К.: «Грамота», 2005. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські. – 576с.
8. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
9. Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.
10. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Дис... докт. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2003. – 403 с.

11. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.
12. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc hydrauliczna nasyciona i nienasyciona warstwy ornej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.
13. Ротаційний сепаруючий робочий орган картоплезбиральної машини: Патент № 37836А. Україна // І.Шевченко, В.Ткачук, А.Курко. – 17.07.2001. Бюл. № 6. – 4 с.
14. Шевченко І.А., Ковязин О.С. Обґрунтування максимально можливої продуктивності пруткового двобарабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 21. – Мелітополь, 2004. – С. 188-197.
15. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / За ред. В.М.Булгакова, В.П.Василенко. – К.: Вид-во НАУ, 1998. – 29 с.
16. Nawozenie mineralne rowlin uprawnych / Z. Ciecko, W. Cwojdzinski, R. Czuba, E. Gorlach, W. Grzebisz, A. Grzeskowiak, E. Kaminski / Pod redakcja R. Czuby. – Szczecin: Police, 1996. – 413 s.
17. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
18. Ковязин О.С. Методика проведення експериментальних досліджень лемішно-барабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 28. – Мелітополь, 2005. – С. 152-157.
19. Законах України «Про охорону праці». Документ 2694-ХІІ, **чинний**, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - [124-IX](#) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
20. В. Ю. Ільченко, А. С. Кобець, В. Р. Мельник та ін. “Практикум з використання машин у рослинництві”, Дніпропетровськ 2002.
21. В. Д. Гречкосій, О. М. Підгорілець, І. І. та ін. “Довідник сільського інженера” К. Урожай, 1991.



23. А. Н. Панченко “Теорія і розрахунок с.-г. машин”, Дніпропетровськ 2002. Д.  
Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилук “Сільськогосподарські машини”, Урожай, К, 1994  
р.
24. Н.С. Красніченко “Довідник конструктора по сільськогосподарським  
машинам”, К. Урожай, 1999 р.
25. В. І. Пастухов, А. Г. Чигрин, П.А. Джолос та ін. “Довідник з машино  
використання в землеробстві”, Харків, “Весна”, 2001.
26. І. І. Водяник, “Довідник по шинах сільськогосподарської техніки”, К.,  
Урожай, 1992.
27. “Довідник з механізації приготування та внесення добрив” за ред. В. М.  
Соколова, Київ, Урожай, 1983.