

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2024р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Обґрунтування параметрів комбінованого культиватора з
тросовими і котковими робочими органами для передпосівного обробітку
грунту.»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-з-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»

Павленко В.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник канд. с-г наук, доцент Головатюк А.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

“ ” _____ 2024p

Студенту: Павленкоу Віталію Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; конструктивно-технологічної схеми культиватора з тросовим та катковим робочими органами; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	16.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета та завдання дослідження	14.11.2023 р.	
4.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	05.02.2024 р.	
5.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	4.03.2024 р.	
6.	Розділ 4. Охорона праці	24.05.2024 р.	
7.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології	15.09.2024р.	
8.	Виконання ілюстративної частини роботи	5.10.2024р.	
9.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.10.2024 р.	

Студент _____ Павленко В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Головатюк А.А.,
(підпис)(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Питаннями підвищення ефективності передпосівної обробки ґрунту в різні роки займалися багато вчених у нашій країні і за кордоном. Були розроблені та успішно застосовуються на сільськогосподарських підприємствах культиватори з різними конструктивними параметрами. Вони дозволяють забезпечити обробіток ґрунту відповідно до агротехнічних вимог. Однак, для передпосівного обробітку ґрунту під посів дрібнонасінневих культур, які вимагають особливо ретельної підготовки ґрунту, не було знайдено ефективного технічного рішення. Тому це питання вимагає детального опрацювання.

Метою дослідження є підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту при обробітку дрібнонасінневих культур.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обробітку ґрунту експериментальним культиватором з тросовим та катковим робочими органами.

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

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Встановити закономірності енергетичних показників поверхневого обробітку ґрунту від конструктивних параметрів культиватора з тросовим та катковим робочими органами;

2. Розробити розрахункову схему для визначення тягового опору тросового та каткового робочих органів комбінованого культиватора для передпосівної обробки ґрунту та обґрунтувати його конструктивні параметри;

3. Виготовити за обґрунтованими параметрами культиватор з тросовим та катковим робочими органами, вивчити його працездатність, технологічні та енергетичні показники та закласти польові дослід з обробітку дрібнонасінневих культур;

4. Визначити економічну ефективність застосування експериментального культиватора на передпосівної обробітку ґрунту в порівнянні з традиційними способами передпосівної обробки.

Наукова новизна

1. Встановлено закономірності якісних та енергетичних показників поверхневого обробітку ґрунту від конструктивних параметрів культиватора з тросовим та катковим робочими органами.

2. Обґрунтовано конструктивні параметри культиватора з тросовим та катковим робочими органами.

3. Дано порівняльну економічну оцінку розробленого культиватора.

Теоретична та практична цінність роботи.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено культиватор з тросовим та катковим робочими органами з раціональними конструктивними параметрами, що дозволяють забезпечити якісну передпосівну обробку зі зниженням енерговитрат, мінімальним винесенням вологих шарів ґрунту на поверхню поля та створенням диференційованого складання посівного шару.

Методологія та методи дослідження:

Дослідження технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту культиватором з тросовим та катковим робочими органами проводилися, спираючись на основні закони землеробської механіки, агротехніки, математичного моделювання, за стандартними методиками.

Обґрунтування параметрів комбінованого культиватора з тросовими і катковими робочими органами для передпосівного обробітку ґрунту.

Робота. викладена на 78 сторінках машинописного тексту, включаючи список літератури з 40 найменувань, містить 12 таблиць, 41 .рисунок.

ЗМІСТ

Вступ	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ	
1.1 Вимоги до якості передпосівної обробки ґрунту та огляд конструкцій машин для передпосівної обробки ґрунту.	9
1.2 Методи зниження тягового опору ґрунтообробних машин.	18
1.3 Перспективи розробки конструктивних схем культиваторів з урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту.	21
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВАТОРА З ТРОСОВИМ ТА КАТКОВИМ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.	26
2.1 Обґрунтування оптимального кута тросового робочого органу.	28
2.2 Визначення тягового опору тросового робочого органу	31
2.3 Обґрунтування кінематичних та конструктивних параметрів планчастого двобарабанного котка. Висновки.	35
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1 Завдання та програма експериментальних досліджень	41
3.2 Методика експериментальних досліджень	42
3.3 Основні елементи методики польового досліджу	45
3.4 Порівняльна оцінка якісних показників обробітку ґрунту.	49
3.5 Порівняльна оцінка тягових опорів агрегатів з традиційними та експериментальними робочими органами	50
3.6 Методика обробки експериментальних даних	52
3.7 Вплив різних способів обробки на засміченість	56
3.8 Вплив передпосівної обробки на вологість поверхневих шарів ґрунту.	57
3.9 Оцінка енергетичних показників роботи культиватора з тросовим та катковим робочими органами. Висновки по розділу.	61
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
5.1 Особливості умов праці у сільськогосподарському виробництві.	66
5.2 Основні причини травмування працівників.	67
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КУЛЬТИВАТОРА З ТРОСОВИМ ТА КАТКОВИМ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ.	
5.1 Загальні положення. Висновки по розділу.	69
ВИСНОВКИ	73
Бібліографічний список.	75

Вступ

Метою сучасного сільськогосподарського виробництва є відшукування шляхів зниження енергоресурсовитрат 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 обробітку ґрунту перед посівом. За агротехнічними вимогами передпосівна обробка ґрунту повинна забезпечити вирівнювану поверхню поля, знищення бур'янів, збереження ґрунтової вологи, створення оптимальної щільності та структурного складу посівного шару ґрунту [2, 7]. Виконання цих вимог особливо важливе для дрібнонасіньових культур, мала глибина загортання насіння якого вимагає застосування спеціальної техніки [7, 13].

В останні роки все частіше на полях нашої країни та 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 веснянопольових робіт, зменшити ущільнення ґрунту колесами агрегатів, також суттєво знизити витрати на паливо та підвищити продуктивність праці. Традиційно застосовують робочі органи у наступних комбінаціях: пружинні розпушувальні лапи, що вирівнює брус, котки (РВК-3,6, РВК-5,4); голкова ротаційна мотика, вирівнююча дошка, кільчасто-зубчастий коток (ВІП-5,6); дискова борона, універсальні стрілчасті лапи, котки, що прикочують (АКП-3,6, АКП-5,4, АКП-7,2) та інші [3, 4, 25, 28].

Таким чином, перспективним напрямом у розвитку механізації передпосівного обробітку ґрунту є застосування комбінованих машин, що дозволяють в одному технологічному процесі виконувати кілька операцій з точним дотриманням агротехнічних вимог.

Актуальність теми.

У технології обробітку сільськогосподарських культур передпосівна обробка ґрунту одна із головних її елементів. Від високої якості та своєчасності

проведення передпосівного обробітку ґрунту залежать збереження у ґрунті вологи, вирівняність поверхні поля, знищення бур'янів та глибина посіву оброблюваних культур. Це особливо відноситься до посіву дрібнонасіньових культур (ріпак, люцерна, конюшина та ін), які вимагають дрібне загортання насіння.

Визнаючи високий рівень конструктивної розробки робочих органів та машин для передпосівної обробки ґрунту, слід відзначити недоліки, що мають місце, у показниках якості підготовки ґрунту до посіву. Конструктивні особливості лапових робочих органів культиваторів, особливо стрілчастих універсальних і розпушувальних, не дозволяють проводити 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, які забезпечують виконання вимог до передпосівного обробітку ґрунту, зокрема для дрібнонасіньових 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 дрібнонасіньових культур, є актуальною та потребує практичного вирішення.

.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ

1.1 Вимоги до якості передпосівної обробки ґрунту та огляд конструкцій машин для передпосівної обробки ґрунту.

Відповідно до ГОСТ 26244-84 поверхня поля після передпосівної обробки має бути вирівняна. При цьому допускається висота нерівностей у межах 4 см. На поверхні поля не повинно бути грудок ґрунту розміром більше 10 см за найбільшим розміром або діаметром.

Оброблений шар ґрунту має бути розпушеним і дрібнокомкуваним. У обробленому шарі допускається наявність грудок ґрунту розміром менше 2,6 см – до 80 %, від 5 до 10 см – не більше 10 %.

Щільність обробленого шару ґрунту має бути в межах $1,0 \div 1,3$ г/см³. Допускається відхилення від заданої глибини обробітку ґрунту не більше $\pm 1,0$ см. Сміттеві рослини повинні бути підрізані. Не допускається наявність непідрізаних бур'янів на поверхні поля та необроблених смуг або ділянок (огріхів) на полі, підготовленому для посіву [2, 7, 8, 18].

Для обробки ґрунту при підготовці до сівби використовують парові культиватори, культиватори-плоскорези, борони, фрези, котки, а також комбіновані агрегати, які виконують кілька технологічних операцій за один прохід.

На легких піщаних і супіщаних ґрунтах у районах достатнього зволоження при обробітку ярих культур після боронування обмежуються однією передпосівною культивацією на глибину загортання насіння (5-6 см) з боронуванням та вирівнюванням поверхні ґрунту. Для цього можуть застосовуватися парові культиватори КПС-4А, КШУ-6-12, КШП-8 та інші оснащені стрілчастими, розпушувальними робочими органами з жорсткими та пружинними стійками та додатковими робочими органами, що вирівнюють (боронами і котками різних конструкцій).

На важких глинистих і суглинистих ґрунтах для кращої аерації та прогрівання рекомендують глибше розпушування – до $10 \div 12$ см. З цією метою використовують важкі дискові борони, важкі культиватори типу КРЕ-3,8,

чизельні культиватори та інші знаряддя. Також можливе застосування агрегатів із активними робочими органами. При яскравій засміченості поля кореневідпорними бур'янами доцільно застосування лемішних луцильників або плугів, що виконують дрібну оранку ($16\div 17$ см) з боронуванням або прикочуванням для вирівнювання поверхні ґрунту.

Для обробки полів після багаторічних трав застосовуються важкі дискові борони БДТ-3, БДТ-7, БДТ-10 у зчипці із зубними боронами, які ефективно розпушують ґрунт без вилучення на поверхню дернини багаторічних трав.

Ефективне застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів типу РВК-3,6; РВК-5,4, а також фрез та фрезерних культиваторів КФГ-3,6, які за один прохід здійснюють розпушування ґрунту, кришення брил, вирівнювання та ущільнення поверхні. Це забезпечує рівномірне загортання насіння, збільшення повноти сходів та підвищення врожайності оброблюваних культур.

Дрібнонасінні культури – льон, ріпак, конюшина, люцерна, а також овочеві культури вимагають більш ретельного розпушування та вирівнювання верхнього шару ґрунту. Тому під ці культури проводять найчастіше дві культивації з боронуванням і прикочуванням або застосовують комбіновані агрегати, які поєднують розпушування, вирівнювання і коткування ґрунту [6, 14, 18].

Робочі органи культиваторів випускають трьох основних типів: підлогові (плоскорізи), універсальні розпушувальні. Вони відрізняються між собою конструктивними параметрами, що визначають характер їх впливу на ґрунт.

Плоскоріжні лапи культиваторів застосовують для підрізання бур'янів на глибину $4\div 6$ см без істотного розпушування шару, що обробляється, і винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля за рахунок малого кута кришення $\alpha = 9\div 10^\circ$.

Стрільчасті універсальні лапи застосовують для суцільної та міжрядної обробки ґрунту на глибину до 12 см. Служать для підрізання бур'янів та розпушування ґрунту, кут кришення – $\alpha = 16\div 18^\circ$.

Розпушувальні лапи використовують при суцільній і міжрядній обробці ґрунту на глибину до 16 см. Кут кришення – до 45° [25, 28, 29].

Істотним недоліком цих робочих органів є значний вплив на посівний шар ґрунту. Через свої конструктивні параметри вони сприяють виносу нижніх вологих шарів ґрунту на поверхню поля, що призводить до значної втрати вологи посівного шару.

Великий вплив на якість передпосівної обробки робить схема розміщення робочих органів на рамі культиватора. Питаннями обґрунтування схем розміщення робочих органів займалися у час багато дослідники [15, 21, 23, 25].

Проведений аналіз основних існуючих культиваторів показав, що робочі органи культиваторів мають у своєму розпорядженні в основному за клинвою або шеренговою схемами. У вітчизняних культиваторах для суцільної обробки прийнято двох або трирядне шеренгове розміщення лап на рамі культиваторів. Така схема, з одного боку, забезпечує обробіток ґрунту без огріхів за рахунок розміщення робочих органів з перекриттям (рисунок 1.1, а, б), а з іншого боку, виключає забивання робочих органів ґрунтом та рослинними залишками. У разі застосування розпушувальних лап (рисунок 1.1 в) перекриття забезпечується за рахунок більшої зони деформації ґрунту, ніж ширина стійок.

Культиватор КПС-4 (рисунок 1.2) – найбільш поширений в нашій країні агрегат, призначений для суцільної передпосівної обробки та обробки парових полів, не засмічених камінням, з одночасним боронуванням. Агрегатується із тракторами тягового класу 1,4.

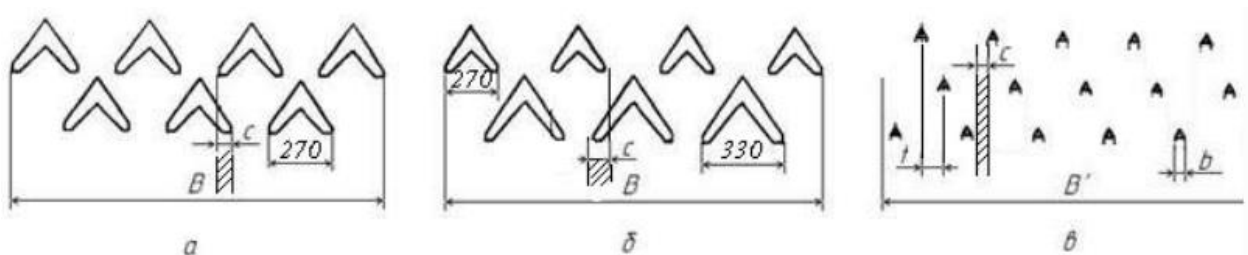


Рисунок 1.1 – Схема розміщення лап культиватора для суцільної обробки: а – з лапами однієї ширини захвату; б - з лапами різної ширини захвату; в – з розпушувальними лапами

Культиватор КПС-4 випускається в навісному та причіпному варіантах. Окремі модифікації комплектуються стрічастими універсальними лапами та

розпушувальними лапами із пружинними дугоподібними та S-подібними стійками.



Рисунок 1.2 – 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 (рисунок 1.3) служить для виконання суцільного передпосівного та осіннього обробітку ґрунту із збереженням на його поверхні стерні для захисту ґрунту від вітрової ерозії.

Культиватор застосовується у всіх ґрунтово-кліматичних зонах та агрегується з тракторами тягового класу 3, а зчіп із 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 тонших стійок у зоні взаємодії з ґрунтом (20 мм замість 50 мм), зменшеного кута нахилу хвостовика лапи (від 53 до 30 °). Мульчуючий пристрій складається з пластинчастої котки і дворядної пружинної борони.

Культиватор КПЕ-3,8 може бути оснащений штанговим пристосуванням ПШП-3,8 (рисунок 1.4).



Рисунок 1.3 – Культиватор КПЕ-3,8

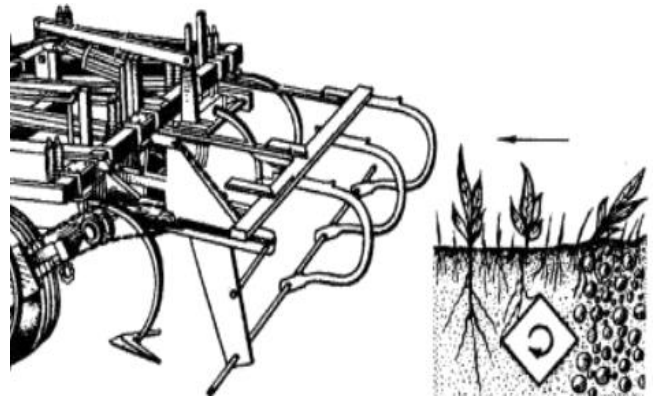


Рисунок 1.4 - Пристосування штангове ПШП-3,8 до культиватора КПЕ-3,8А

Пристосування ПШП-3,8 застосовується при передпосівної та парової обробки стерневих полів, забезпечує винос на поверхню стерні, заробленої при обробці, знищення бур'янів, вирівнювання ґрунту, підтримка комкчастої структури верхнього шару ґрунту та ущільнення нижчих шарів. Робочий орган пристосування є штангою квадратного перерізу, яка приводиться в обертання за допомогою ланцюгової передачі від голчастих дисків і обертається в бік, зворотну коченню приводних дисків.

Недоліки: утворення гребнистої поверхні, низька продуктивність [5, 9].

Катки розрізняють за типом робочих органів (гладкі; кільчасто-зубчасті; кільчасто-шпорові та ін) і по заповненню (суцільні, порожнисті). Вони можуть виступати як самостійні знаряддя, і у зчепці з культиваторами. Їх вибір залежить від мети прикочування, властивостей та стану ґрунту [9, 14].

Коток гідрофікована секційна КГС-10 (Рисунок 1.5) напівнавісна, 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: однієї центральної та двох бічних, з'єднаних між собою за допомогою шарнірів. Має причіпний пристрій, два ходові колеса, сім секцій-котків та гідросистему.



Рисунок 1.5 – Коток гідрофікована секційна КГС-10

Секція котків складена з двох батарей, що розташовані один за одним. На вісь передньої батареї вільно надіті по черзі через проміжні втулки чотири, а на вісь задньої батареї – три сталеві литі котки зі шпорами. Котки задньої батареї зміщені щодо котків передньої, а відстань між осями котків у секції менше діаметра котки, що виключає забивання котків ґрунтом та рослинними залишками [4, 5].

Як недоліки даної котки можна відзначити нерівномірний тиск на ґрунт по ширині захоплення агрегату, а також складність конструкції.

Коток кільчатозубчаста ККЗ-6 (рисунок 1.6) призначена для дроблення комуків, руйнування ґрунтової кірки, прикочування ґрунту, вирівнювання поверхні поля, ущільнення на глибину до 10 см підповерхневого і розпушування на глибину до 4 см поверхневого шару ґрунту. Коток являє собою причіпну машину, що складається з рами, двох ходових коліс, причіпного пристрою [4, 6].



Рисунок 1.6 – Коток кільчасто-зубчаста КЗК-10.

Недолік: складність конструкції робочих органів, що прикочують. З метою підвищення продуктивності, зниження енергоресурсовитрат та зменшення ущільнення ґрунту колесами ґрунтообробних агрегатів за рахунок зменшення кількості проходів агрегату по полю застосовують культиватори з комбінованими робочими органами.

Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту РВК-5,4 (Рисунок 1.7) напівнавісний. Складається з рами, брусів з розпушувальними робочими органами, передньої та задньої секцій з голчастими дисками, вирівнювача, транспортних пневмоколів, опорних колів, гідросистеми, снчиці та секцій котків. Розпушувальний робочий орган складається з образної стійки з подпружинником 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 засмічених багаторічними бур'янами ґрунтах котки забиваються і надмірно переущільнюють ґрунт.

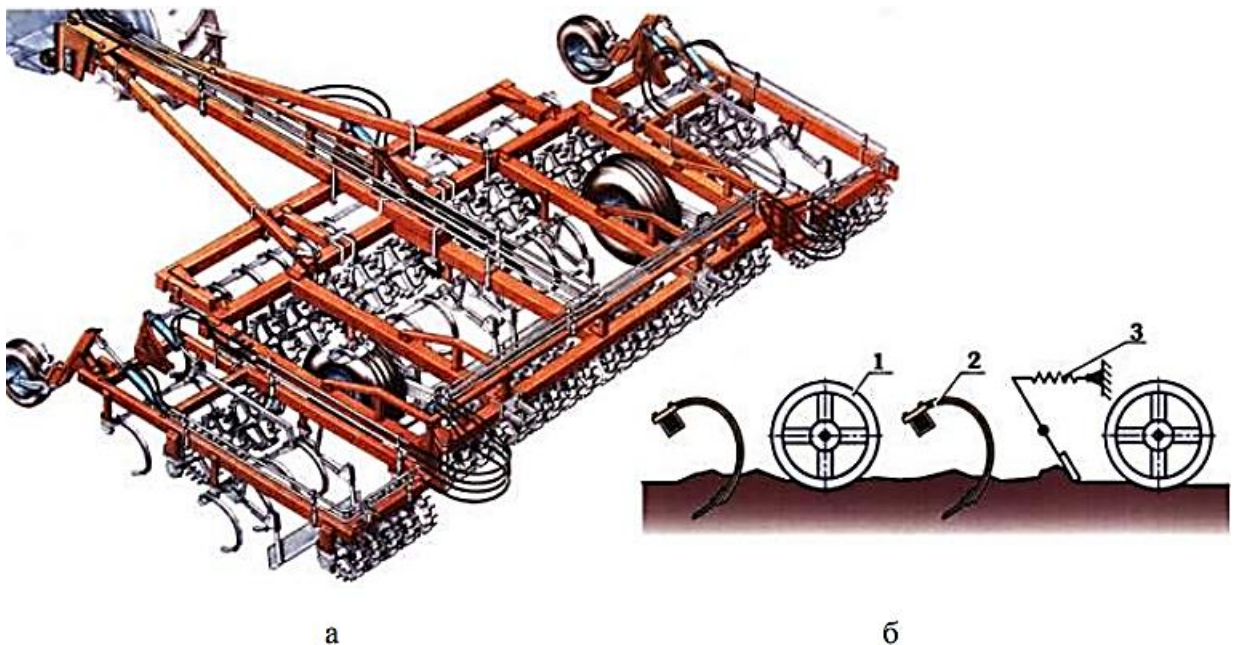


Рисунок 1.7 – Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту РВК-5,4: а – загальний вигляд; б – схема розміщення робочих органів: 1 – котки; 2 – розпушувальні лапи; 3 – вирівнюючі бруси.

Агрегат комбінований ґрунтообробний навісний «Лідер-7,2Н» (рисунок 1.8) призначений для суцільної обробки ґрунту по стерневих, зяблевих і парових фонах з виконанням операцій кришення ґрунту, підрізування і вичісування бур'янів, створення ущільненого насіннєвого ложа, а над ущільненого насіннєвого ложа із вирівнюванням поверхні поля. 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°. Агрегат є навісною гідрофікованою зброєю з шарнірною трисекційною рамою. На кронштейнах поперечних брусів рами кріпляться робочі органи – стрічасті лапи. На задніх поперечних брусах рами приварені кронштейни для приєднання чотирьох батарей конусних котків багатоопераційних. Котки призначені для вирівнювання поверхні поля. Залежно від стану фону та виду роботи котки можуть встановлюватися як у «пасивне» так і в «активне» положення [4].



Рисунок 1.8 – Агрегат комбінований ґрунтообробний навісний «Лідер-7,2Н»

Провідні закордонні 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 із шарнірними багатосекційними рамами. Робочими органами є стрічасті лапи, для вирівнювання поверхні застосовуються котки різних конструкцій та планки [4, 22, 25].

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

Культиватори виробляються у комплектації з S-подібними пружинними стійками. Уніфіковані моделі (У), крім модулів зі стандартними S-подібними стійками, можуть комплектуватися модулями з посиленими S-подібними пружинними стійками зі стрілчастою лапою, що забезпечують суцільне підрізування бур'янів. Культиватори можуть бути виготовлені з чотирма (замість трьох) рядами робочих органів для зменшення забивання рослинними рештками, з подвоєними рядами котків, з планковим вирівнювачем попереду агрегату.

Їх застосовують при комплексній підготовці ґрунту до посіву. За один прохід по полю вони виконують культивацію, створюють насіннєве ложе, вичісують бур'яни, мульчують, вирівнюють та прикочують ґрунт. За рахунок цього забезпечується підвищення продуктивності праці, а також значне зниження енерго- та ресурсозатрат на передпосівну підготовку ґрунту.

Комбіновані культиватори забезпечують передпосівну обробку відповідно до агротехнічних вимог: вони гарантують відсутність брил та гребенів з мульчованим поверхневим шаром, ущільнення посівного шару ґрунту, повне підрізання бур'янів, що забезпечує сприятливі умови для швидких та дружних сходів, росту та розвитку. Поєднання технологічних операцій забезпечує скорочення термінів веснянопольових робіт.

Західні аналоги з такою шириною захвату агрегуються тракторами потужністю до 400 к.с., а КБМ-14,4П – 210 к.с., що дає майже дворазову економію.

Проведений огляд конструкцій ґрунтообробних машин показав, що більшість сучасних агрегатів мають комбінації робочих органів. Такі машини здатні за один прохід виконувати розпушування, знищення бур'янів, вирівнювання та коткування ґрунту. Це дозволяє скоротити терміни веснянопольових робіт, підвищити продуктивність агрегатів, скоротити енерговитрати на підготовку ґрунту до сівби 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;

- надмірне 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.

1.2 Методи зниження тягового опору ґрунтообробних машин.

Зниження тягового опору ґрунтообробних машин – це дуже актуальна проблема, оскільки її вирішення дозволить значно зменшити ресурсозатрати найбільш енергоємних операцій у рослинництві, заснованих на взаємодії робочих органів із ґрунтом.

Невипадково питаннями зниження тягового опору сільськогосподарських знарядь займалися багато вчених: В. П. Горячкін, Г. Н. Синеоков, П. М. Василенко, І. М. Панов, В. І. Вєтохін, В. В. Блідих, Н. В. К. Мазітов, Р. С. Рахімов, Г. З. Гайфуллін, К. Т. Мамбеталін, С. Н. Капов, М. М. Константинов, С. Г. Мударисов, Мачнев А. Ст, Войнов Ст Н і багато інших.

Основними способами зниження тягового опору ґрунтообробних машин є: модернізація геометричних параметрів робочих органів, застосування змащувальних середовищ та матеріалів з низькими фрикційними властивостями, використання вібруючих робочих органів.

При цьому тяговий опір залежно від типу ґрунтів та способу обробки знижувався від 17 до 34 %. Цей спосіб зниження енергоємності обробки ґрунту вважається дуже ефективним, так як крім підвищення продуктивності ґрунтообробних агрегатів і зниження витрати палива, також підвищується ефективність добрив, що вносяться. Однак, подібні способи не знайшли широкого практичного застосування через складність конструкцій [17, 19].

Японські вчені К. Araya та К. Kawanishi при обробці суглинного ґрунту вологістю 30 % досягли зниження тягового опору на 40-50 % за рахунок імпульсної подачі повітря через сопло у долоті робочого органу. Однак, при меншій вологості ґрунту зниження енерговитрат не спостерігалось, зважаючи на більшу пористість ґрунту, що викликає необхідність підвищення потужності на подачу повітря [1, 16].

Деякі заграничні фірми (Lemken, Rabewerk та ін.) розроблені пластинчасті відвали на корпусах плугів для обробки важких ґрунтів, зниження тягового опору яких досягається на 12-15 % за рахунок зменшення поверхні тертя. Проте, міцність таких відвалів дещо нижча, ніж у традиційних.

Одним із способів зниження тягових опорів є використання коливань низької та високої частоти, тобто. створення пластів хвилеподібних імпульсних навантажень. При імпульсному додатку навантаження у ґрунті поширюються пружні та пластичні хвилі деформацій, які впливають насамперед на «слабкі ділянки» моноліту ґрунту – мікро- та макротріщини, порожнечі та інші неоднорідності, що призводить до локального руйнування міжагрегатних зв'язків. Хвилі можна порушити, прикладаючи ударні чи коливальні навантаження.

У своїх працях Мамбеталін К. Т. описав конструкцію лапи, що вібрує, з ударними імпульсами сили. За рахунок цього обсяг ґрунту отримує переміщення вперед із певною швидкістю. На цій ділянці лапа рухається, не зустрічаючи опору, що знижує опір тяговий лапи. Енергетичні витрати при поверхневій обробці ґрунту вібруючими культиваторними лапами знижуються на 16 % порівняно з невібруючими [7].

М. М. Константиновим описаний метод підвищення ефективності обробітку ґрунту, заснований на використанні вібрації за допомогою маятникового вібратора, встановленого на рамі машини, що дозволяє знизити її тяговий опір на 14-23 % [5, 15].

До недоліків застосування вібруючих робочих органів ґрунтообробних машин можна віднести складність конструкцій та можливий негативний вплив вібрацій на елементи сільськогосподарського агрегату та здоров'я механізатора.

Найпоширенішим способом зниження тягового опору ґрунтообробних машин є модернізація геометричних параметрів робочих органів. Величезну роль розвитку цього напрямку зіграли праці У. П. Горячкина, Р. М. Синеокова, Є. З. Босого та його послідовників. В основу роботи будь-якого ґрунтообробного робочого органу покладено теорію клину, який, впроваджуючись у ґрунт, долає сили стиснення та руйнує ґрунт з відділенням стружки [2, 12, 23, 29].

В. І. Вєтохін довів, що зниження енергоємності руйнування ґрунту досягається додатком різноспрямованих деформацій шляхом використання увігнутипуклого поздовжнього профілю робочої поверхні долота розпушувача. Пласт ґрунту, що зазнав граничної деформації стиснення на увігнутій ділянці, деформується розтягуванням на ділянці поверхні з протилежним знаком кривизни. При навантаженні у протилежному напрямку ці ділянки руйнуються раніше за інших, тим самим досягається зниження енергоємності обробітку ґрунту [15, 18].

Капов С. Н. займається розробкою та впровадженням енерго-ґрунтово-зберігаючих ґрунтообробних машин, в основу яких покладено питання управління родючістю ґрунту, обліку ступеня впливу робочих органів на ґрунт та адаптованості застосовуваних знарядь до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Він вважає, що в умовах ґрунтозахисного землеробства перспективним напрямом зниження енергоємності та отримання високого агротехнічного ефекту є пошарова обробка, сутність якої полягає в тому, що верхній ерозійнонебезпечний шар ґрунту розпушується плоскорізальними робочими органами, а нижній – щелерізами [11, 23].

Свічників П. Р. проводить дослідження над робочими органами культиваторів, плоскорізів та глибкорозпушувачів із змінним кутом різання по довжині робочої поверхні, за рахунок чого створюється більший напружений

стан у шарі ґрунту. Такі робочі органи за тих самих енергетичних витратах зменшують ширину розвальної борозни на 10-30 % і забезпечують крошення ґрунту на 20-50 % ефективніше, ніж серійні [9, 18].

1.3 Перспективи розробки конструктивних схем культиваторів з урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту.

Фізико-механічні властивості ґрунту, а особливо щільність і гранулометричний склад - надають вирішальний вплив на зростання, розвиток і, зрештою, на врожайність сільськогосподарських культур.

Даним питанням у різні роки займалися багато дослідників. Роботи Докучаєва В. В., Вершиніна П. В., Качинського Н. А., Ревута І. Б., Бондарєва А. Г. та ін. мали величезне значення для розвитку ґрунтознавства, землеробства та сільськогосподарського машинобудування, стали основою для визначення допустимого питомого тиску ходових систем машин на ґрунт.

Саме проблема переущільнення ґрунту стала наслідком численних порушень принципів раціонального землекористування. Про цю проблему говорили ще Докучаєв В. В (1936), Пігулевський М. Х. (1936),

Качинський Н. А. (1958 р.). У наші дні проблема деградації ґрунту стоїть ще гостріше.

Медведєвим В. В., пропонуються такі заходи щодо запобігання деградації ґрунтів:

- Мінімізація механічного впливу на ґрунт аж до повної відмови від обробки;
- Дотримання високої культури землеробства для збереження складу та структури ґрунту.

Сучасною наукою розроблено низку методів та технологій, спрямованих на захист ґрунтів, збереження родючого шару. До новітніх ґрунтозахисних технологій можна віднести адаптивно-ландшафтне, точне, безпілотне землеробство та ін., в основі яких закладено принципи вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням ґрунтовокліматичних

особливостей території, у тому числі із застосуванням геоінформаційних систем, здатних диференціювати кожен крок технологічного процесу з урахуванням неоднорідності поля. В операціях обробітку ґрунту рекомендується йти шляхом зниження глибини і частоти обробітку, віддаючи перевагу культивації на глибину 5-10 см і менше. В якості робочих органів пропонується застосовувати ґрунтофільні знаряддя, що мають мінімальний кут атаки і мінімальну кількість поверхонь, якими ґрунт пересувається в процесі обробки. У цьому випадку вплив на ґрунт буде мінімальним, а значить краще збережеться його структура за менших енергетичних витрат [7, 14, 16].

Відомо, що обробіток ґрунту слід проводити в період його фізичної стиглості, коли показники опору ґрунту мінімальні та становлять близько 1 кгс/см². Це означає, що з подолання сумарної сили опору досить застосування легкої техніки з помірно активними робочими органами. Той факт, що вологість ґрунту та сила опору зрушенню знаходяться в гіперболічній залежності, показує, що обробіток ґрунту тільки в період фізичної стиглості – це одночасно енерго та ґрунтозберігаючий прийом.

Для визначення сил опору ґрунту різання з урахуванням його фізико-механічних властивостей рядом вчених було розроблено методи, які й досі лягають в основу наукових досліджень сучасних учених. «Першопрохідцями» у цій галузі були Гологурський Т. М. (1916 р.), пізніше - Горячкін В. П. (1965 р.).

Вони ґрунтувалися на теорії Кулона-Мора і розглядали ґрунт як суцільне середовище.

Г. Н. Синеоков доповнив визначення тягового опору клину впливом тиску ґрунту на робочу поверхню клину та сили інерції пласта.

Досліджень про вплив прикочування ґрунту перед посівом недостатньо, набагато більше наукових праць, пов'язаних із ущільненням ґрунту рушіями ґрунтообробних машин та знарядь. Однак, достовірно відомо, що котки забезпечують необхідну для насіння щільність ґрунту, руйнують великі ґрунтові грудки, вирівнюють поверхню поля та забезпечують підйом вологи з нижніх шарів ґрунту. Катки з негладкою робочою поверхнею ущільнюють

припосівний шар ґрунту і створюють поверхневий шар, що мульчує. Застосування котків перед посівом дрібнонасінневих культур обов'язкове [1, 3, 14].

Формула застосовується для гладких котків. Для котків з негладкою робочою поверхнею опір перекочування більше на 10-30%.

Графічне зображення цієї залежності виглядає так (рисунок 1.9).

З графіка видно, що сила опору коченню зі збільшенням діаметра катка зменшується, і зі збільшенням його маси – збільшується практично прямопропорційно.

Таким чином, облік фізико-механічних властивостей ґрунту при розрахунках оптимальних конструктивних параметрів ґрунтообробних машин з точки зору їх тягового опору є визначальним.

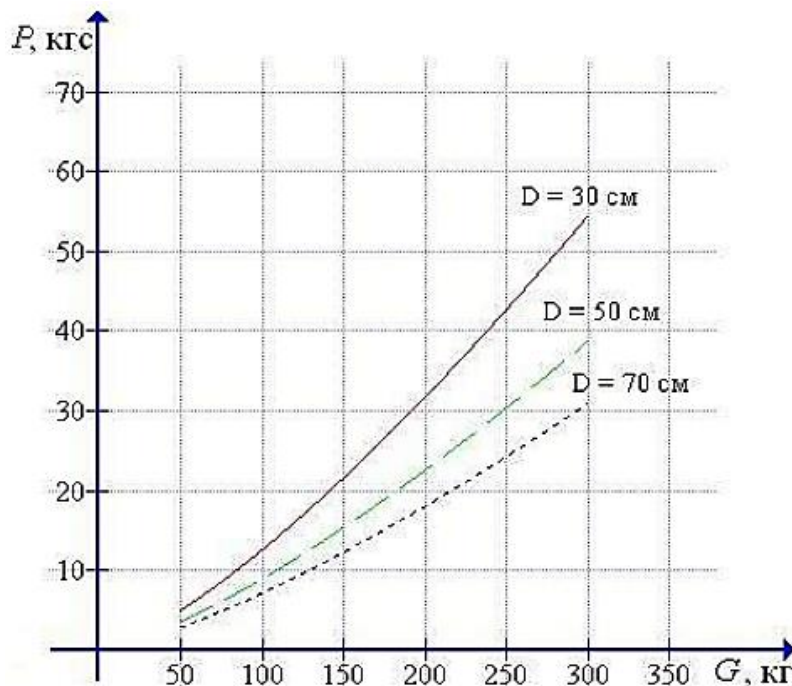


Рисунок 1.9 – Залежність сили опору коченню P від ваги катка G при різних значеннях діаметра D (при ширині катка $b = 1$ м).

У Всесоюзному науково-дослідному інституті зернового господарства ім. А. І. Бараєва у 1989 р. було розроблено комбінований культиватор для суцільної обробки ґрунту [1, 2]. Експериментальна машина створена з урахуванням культиватора КТС-10-1. Замість лап підрізаючим робочим органом є трос, який натягнутий зигзагоподібно між спеціальними стійками в

нижній частині їх через направляючі ролики. За тросовим робочим органом встановлено планчасті котки.

При русі агрегату тросовий робочий орган забезпечує знищення бур'янів, а планчасті котки, що йдуть слідом, руйнують великі ґрунтові грудки, ущільнюють припосівний шар ґрунту і створюють розпушений мульчуючий поверхневий шар [8, 16].

Однак, даний культиватор має такі недоліки:

- трос закріплений на стійках у горизонтальній площині зигзагоподібно так, що в місцях зворотного вигину не можливий сход бур'янів з троса, від чого відбувається забивання робочих органів та порушення технологічного процесу;

- Неможливість зміни величини кута троса, отже, і режиму різання (зі ковзанням або без ковзання), без зміни ширини захвату.

Попередні випробування машини підтверджують працездатність такого поєднання робочих органів.

Аналіз існуючих машин для передпосівної обробки ґрунту виявив необхідність створення ґрунтообробних машин, здатних забезпечити енергозберігаючу якісну обробку ґрунту для посіву дрібнонасінневих культур, що вимагають вирівняної поверхні поля, ущільненого насінневого ложа та збереження ґрунтової вологи.

Мета дослідження – підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту при обробітку дрібнонасінневих культур.

Гіпотеза. Забезпечити енергозберігаючу якісну передпосівну обробіток ґрунту при вирощуванні дрібнонасінневих сільськогосподарських культур можливо застосуванням комбінованого культиватора з тросовим та катковим робочими органами.

Таким чином, науковою проблемою дослідження є встановлення закономірностей підвищення якості та зниження енергоємності передпосівного обробітку ґрунту від конструктивних параметрів культиватора з тросовим та катковим робочими органами.

Завдання дослідження:

1. встановити закономірності енергетичних показників поверхневого обробітку ґрунту від конструктивних параметрів культиватора з тросовим та котковим робочими органами;

2. розробити розрахункову схему для визначення тягового опору тросового та каткового робочих органів комбінованого культиватора для передпосівної обробки ґрунту та обґрунтувати його конструктивні параметри;

3. виготовити за обґрунтованими параметрами культиватор з тросовим та котковим робочими органами, вивчити його працездатність, технологічні та енергетичні показники та закласти польові дослід з обробітку дрібнонасіненних культур;

4. визначити економічну ефективність застосування експериментального культиватора на передпосівної обробітку ґрунту в порівнянні з традиційними способами передпосівної обробки.

РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВАТОРА З ТРОСОВИМ ТА КАТКОВИМ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.

Напрями досліджень зі створення ґрунтообробних машин для передпосівної обробки визначаються насамперед потребами культурних рослин у сприятливих умовах для зростання та розвитку. Це насамперед диференціація структурного складу та щільності по глибині 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; наднасінний прошарок повинен бути помірно ущільненим $1,2 \div 1,3$ г/см³, насіннєвий і піднасінний шари повинні мати щільність $1,1 \div 1,2$ г/см³, а щільність поверхневого шару в межах $1,0 \div 1,1$ г/см³. Створення таких умов особливо актуально при посіві дрібнонасіннєвих культур, що вимагають незначної глибини загортання [7, 13].

Так як період фізичної стиглості ґрунту, за який необхідно підготувати ґрунт до посіву, нетривалий, виникає необхідність у створенні комбінованих ґрунтообробних машин та агрегатів, що виконують за один прохід кілька технологічних операцій за високої продуктивності. Робочі органи таких культиваторів повинні мінімально впливати на ґрунт з метою збереження його родючості, зменшення виносу вологих шарів на поверхню поля та зниження енерговитрат [7, 28].

Задоволення цих вимог, як випливає з аналізу існуючих конструкцій культиваторів, можливе при поєднанні тросового та каткового робочих органів.

Технічна новизна культиватора з тросовим і катковим робочими органами полягає в тому, що він складається з рами 2 з трьома жорсткими вертикальними стійками 1, встановленими в два ряди зі зміщенням 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 2γ . Для зміни величини кута троса вздовж лінії бісектриси цього кута жорстко закріплений

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 шарнірноповодковим пристроєм (рисунок 2.1) [8, 22].

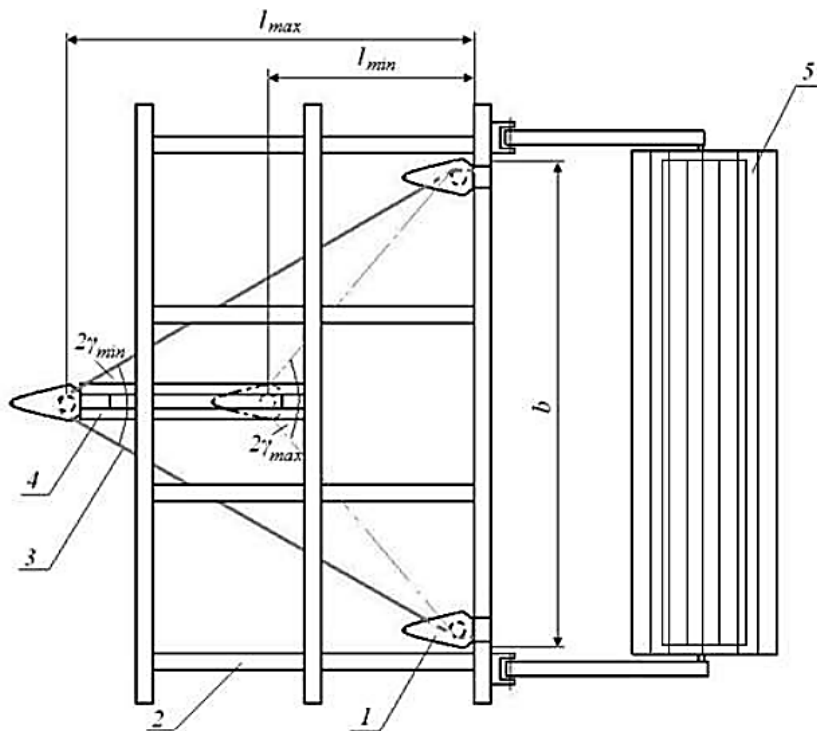


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема культиватора тросовокаткового: 1 – стійка кріплення троса; 2 – рама зброї; 3 – трос; 4 – брус регулювання положення передньої стійки; 5 – двобарабанна планчаста котка .

Така конструкція тросового робочого органу забезпечить повне знищення бур'янів по всій ширині захвату культиватора без винесення вологих шарів на поверхню поля, вільний сход бур'янів з троса в процесі обробки, а можливість зміни кута троса дозволить регулювати режим різання без зміни ширини захвату. Планчаста двобарабанна котка має планки зовнішнього барабана які подрібняють великі ґрунтові грудки, створить ущільнений припосівний шар і забезпечить поверхневий шар, що мульчує, за рахунок подрібнення ґрунтових грудок, що потрапили під вплив планок внутрішнього барабана.

Для вивчення процесу поверхневої обробки ґрунту культиватором з тросовим та котковим робочими органами необхідно визначити основні конструктивні параметри тросового робочого органу та планчастої двобарабанної котки з урахуванням агротехнічних вимог до поверхневої

обробки та тяговий опір тросового та каткового робочих органів при поверхневій.

2.1 Обґрунтування оптимального кута тросового робочого органу.

Кут лез робочих органів культиваторів 2γ має велике значення для якості виконуваної роботи. При великих значеннях кута часто спостерігається обволікання робочого органу бур'янами та ґрунтом, що призводить до порушення технологічного процесу. Кут треба вибирати таким, щоб бур'яни в процесі руху агрегату ковзали вздовж леза [1, 6].

Тросовий робочий орган, на відміну від універсальної стрілкової лапи, знищує бур'яни переважно не підрізанням, а витягуванням з 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. Далі верхня та нижня частини бур'яну, перегнувшись на тросі та втративши стійкий зв'язок із ґрунтом, захоплюються тросом (рисунок 2.2).

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

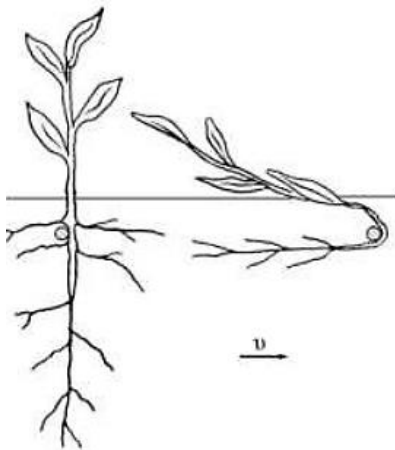


Рисунок 2.2 – Вплив троса на рослину

З огляду на вище сказане необхідно визначити максимально можливий кут троса, при якому ймовірність забивання троса відсутня [9, 25].

Конструктивно трос закріплений на трьох жорстких вертикальних стійках у точках С, А і В (рисунок 2.3), що лежать в одній горизонтальній площині і утворюють трикутник рівнобедрений з основою СВ.

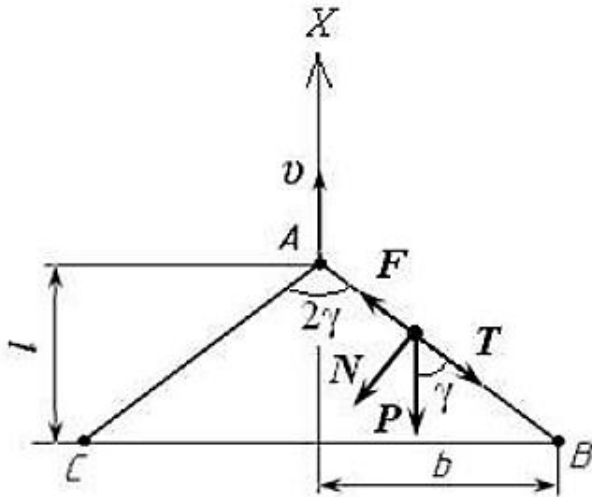


Рисунок 2.3 – Схема визначення оптимального кута троса

Нехай гілка троса АВ переміщається у бік осі X зі швидкістю руху агрегату v . При цьому на частинку ґрунту (або корінь бур'яну), що перебувають у контакті з тросом, діє сила опору P .

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

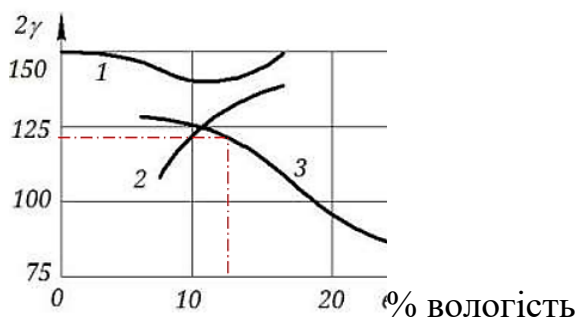


Рисунок 2.4 – Залежність кута троса від вологості ґрунтів різного механічного складу: 1 – піщана; 2 – супіщана; 3 – важкі суглинки та глини.

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

Параметри l м при різних значеннях ширини захоплення зброї b і кутів троса 2γ представлені у вигляді графіків на рисунку 2.5.

Таким чином, згідно з Рисунком 2.5, для різних типів ґрунтів можна визначити раціональні значення l , що визначають кут 2γ троса.

Конструктивно зміна кута троса в межах $2\gamma = 90 \div 150^\circ$ для обробки різних типів ґрунтів може бути забезпечена переміщенням передньої стійки вздовж бруса регулювання 4 від $l_{\min}$ до $l_{\max}$ (див. рисунок 2.1).

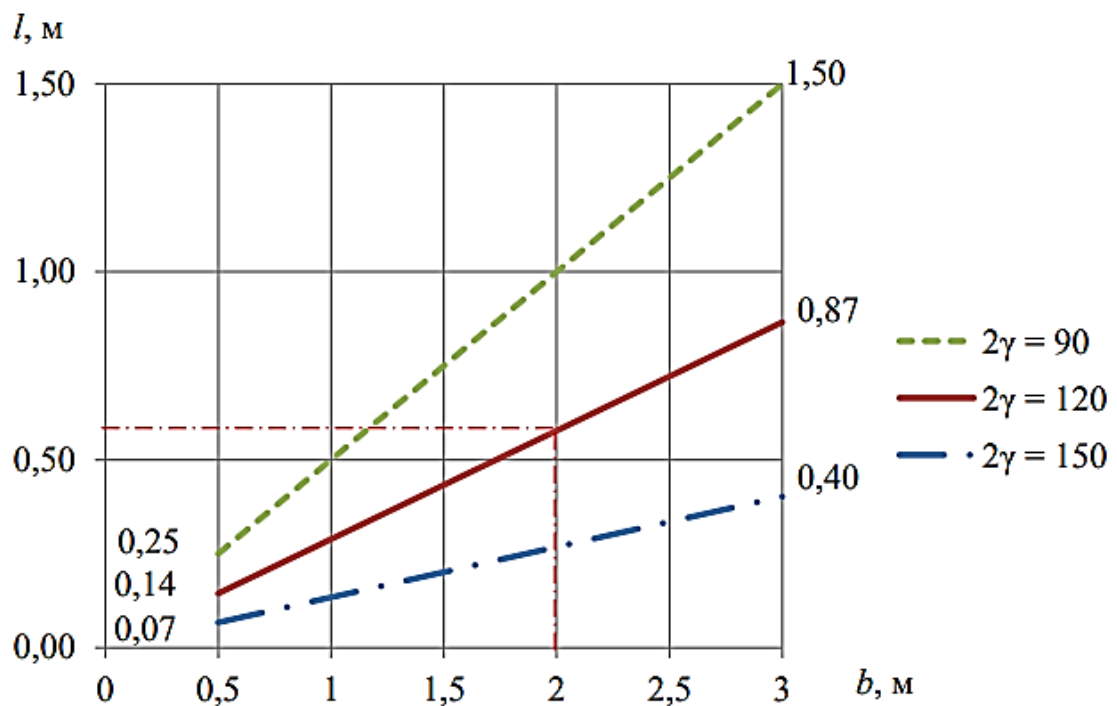


Рисунок 2.5 – Залежність відстаней установки передньої стійки l ($l_{\min}$ та $l_{\max}$) від ширини захвату зброї b для різних значень кута троса 2γ

Так, наприклад, для важкосуглинистих ґрунтів вологістю 12 % необхідно встановити кут троса $2\gamma = 120^\circ$ (див. Рисунок 2.4), для цього передню стійку культиватора шириною захвату $b = 2$ м закріпити на відстані від заднього бруса рами $l = 0,58$ м (Див. Рисунок 2.5).

Під впливом робочої грані $B'C$ ґрунтового клина $B'CD'$ на пласт виникає деформація зсуву ґрунту по лінії uv , нахиленої на дно борозни під кутом α . При цьому величину сили опору зсуву ґрунту P_τ можна розкласти на нормальну силу P_{tn} і рушійну пласт ґрунту дотичну силу T_τ . У процесі переміщення пласта по клину під час руху агрегату під дією сили T_τ виникає сила тертя $P'_\tau f$.

На поверхні зсуву uv при переміщенні пласта по площині $B'C$ діє напруга зсуву τf , що описується законом Кулону.

При ковзанні ґрунту поверхнею клина $B'CD'$ його сила тяжкості викликає нормальну силу P_{gn} реакції поверхні $B'C$ і силу тертя P_{gf} (рисунок 2.7). Розкладемо силу тяжкості пласта G на нормальну G_n та дотичну G_τ складові до поверхні $B'C$.

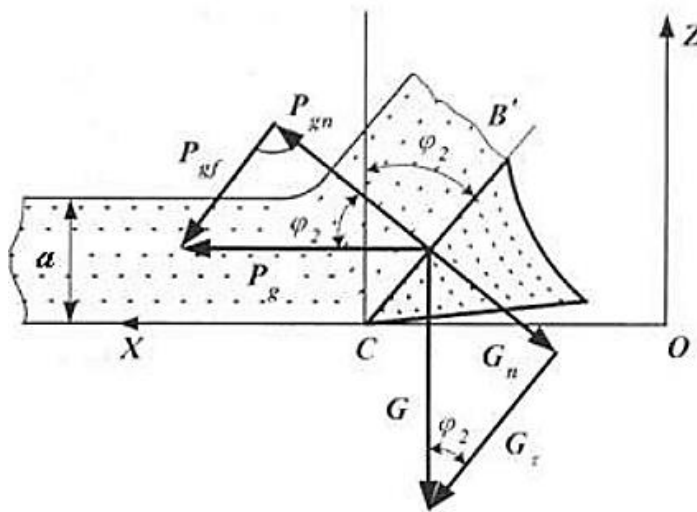


Рисунок 2.7 – Схема сил, що діють на ґрунтовий клин від сили тяжіння пласта.

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 gf

При дії сили тяжіння пласта на поверхню ґрунтового клина виникають сили реакції, що результує горизонтальна і представляє тяговий опір, а вертикальна реакція відсутня.

Визначимо силу динамічного тиску ґрунту на поверхню $B'C$ ґрунтового клина $B'CD'$ (рисунок 2.8).

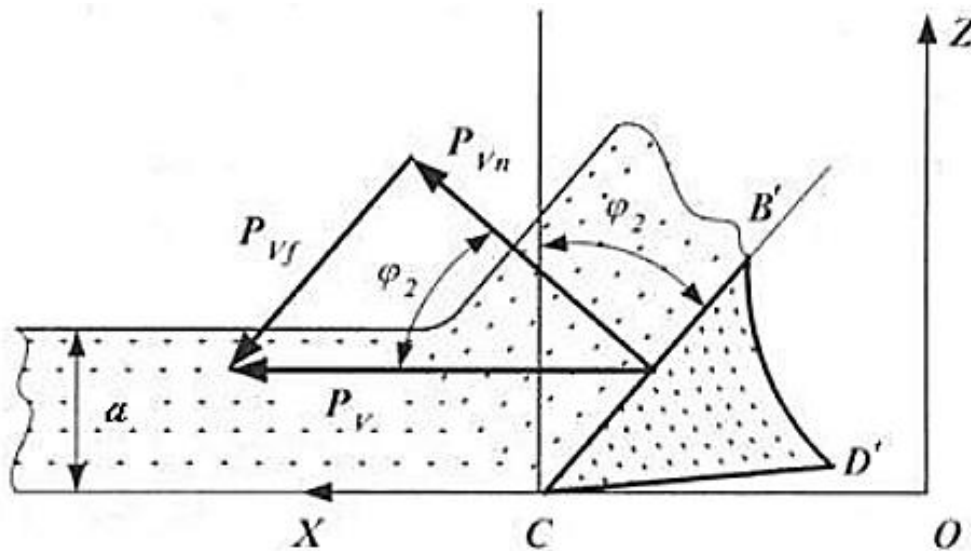


Рисунок 2.8 – Схема визначення сил динамічного тиску ґрунту.

Тяговий опір стійок тросового робочого органу P_c , кН, залежить від площі деформації ґрунту F , m^2 , і від питомого опору ґрунту k , $кН/м^2$.

Відповідно горизонтальна складова тягового опору P_x , кН, тросового робочого органу визначається як сума сил опору зсуву ґрунту P_τ , кН, опору від тяжкості ґрунту на клині P_g , кН, опору від динамічного тиску ґрунту P_V , кН, опору стійок тросового органу P_c , кН.

Розглянемо частку впливу кожного із (P_τ , P_g , P_V та P_c), %, на тяговий опір тросового робочого органу від ширини захвату b , м, культиватора.

Результати подаємо у вигляді графіків (рисунок 2.9).

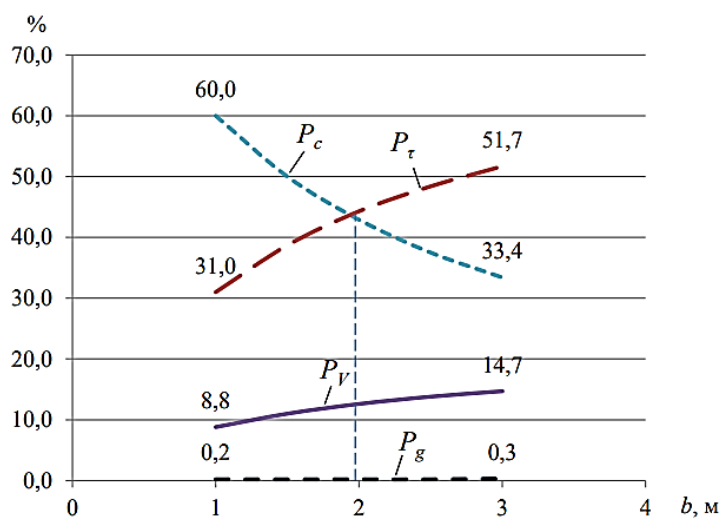


Рисунок 2.9 – Частка складових тягового опору залежно від ширини захвату b культиватора.

Отримані дані та їх аналіз показують, що на горизонтальну складову тягового опору тросового робочого органу більшою мірою впливають сили опору зсуву ґрунту P_t та опору стійок тросового робочого органу P_c . Зі збільшенням ширини захоплення культиватора від 1 до 3 м частка впливу сили опору зсуву ґрунту P_t суттєво збільшується (з 31,0 до 51,7 %), тоді як із тією ж динамікою зменшується (з 60,0 до 33,4 %) частка впливу сили опору стійок P_c тросового робочого органу

Вплив сили опору від динамічного тиску ґрунту P_V збільшується на 5,9 % (з 8,8 до 14,7 %). Сила опору від тяжкості ґрунту на клині P_g незначно впливає і збільшується несуттєво (з 0,2 до 0,3 %).

При ширині захоплення культиватора $b = 2$ м частки впливу сил опору зсуву ґрунту P_t та опору стійок тросового робочого органу P_c на тяговий опір тросового робочого органу вирівнюються. Це свідчить, що ширина захоплення $b = 2$ м є оптимальною для тросового культиватора.

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

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунків

Параметр	Од. вимірювання	Позначення	Величина
Кут тертя ґрунту про ґрунт	град.	φ_2	40,1
Кут нахилу поверхні зсуву до горизонталі	град.	α	49,9
Сила зчеплення (при вологості ґрунту $w = 12 \div 30\%$)	кН/м ²	c	20
Питома вага ґрунту	кН/м ³	ρ	25,5
Питомий опір ґрунту стійці робочого органу	кН/м ²	k	15/20
Швидкість руху агрегату	м/с	V	2,8
Кількість стійок кріплення троса	шт	n	3
Глибина ходу долота стійки щодо глибини ходу троса	м	Δa	0,02
Ширина долота робочого органу	м	l	0,05
Глибина обробки	м	a	0,05
Ширина захвату агрегату	м	b	1,0/3,0
Діаметр троса	м	d	0,002/0,006

Отримані дані як графіків представлені рисунку 2.9. Використовуючи залежність Бледних Ст Ст [10], провели орієнтовну оцінку тягового опору культиватора $P_{кр}$, кН, (див. Рисунок 2.10) для суцільної обробки ґрунту при тих же вихідних даних

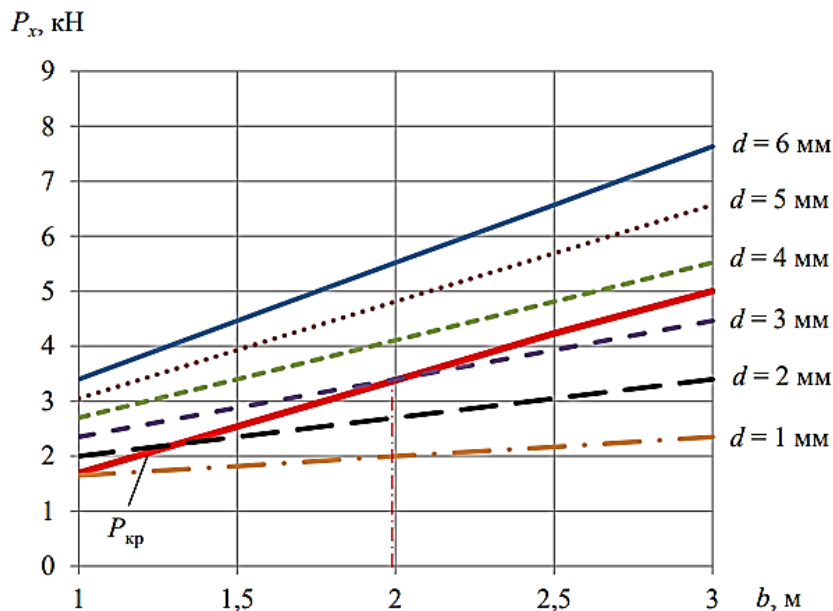


Рисунок 2.10 – Залежність горизонтальної складової тягового опору P_x тросового робочого органу від ширини захвату b культиватора при різному діаметрі троса d

Для обґрунтування вибору діаметра d троса, як основного конструктивного параметра тросового культиватора.

Тоді для культиватора шириною захвату $b = 2$ м необхідно використовувати трос діаметром $d = 3$ мм (див. рис. 2.9).

2.3 Обґрунтування кінематичних та конструктивних параметрів планчастого двобарабанного котка.

Для забезпечення якісної передпосівної обробки ґрунту, зокрема отримання вирівняної поверхні поля та дрібнокомкуватої структури, застосовуються котки. Найкращі показники з підготовки ґрунту до посіву дрібнонасіннєвих культур забезпечують двобарабанні катки.

У процесі роботи на двобарабанну ковзанку діють такі сили (рисунок 2.11):

- G_1 – сила тяжіння зовнішнього барабана, кН;
 G_2 – сила тяжіння внутрішнього барабана, кН;
 P – сила опору котки, що діє вздовж повідця, кН;
 R – сила опору ґрунту запровадження планок котки у ґрунт, кН;
 R_x – сила взаємодії планок котки з ґрунтом, кН;
 T – сила взаємодії між барабанами, кН;
 F – сила тертя між барабанами, кН;
 F_0 – сила стиску пружини довантажувача, кН.

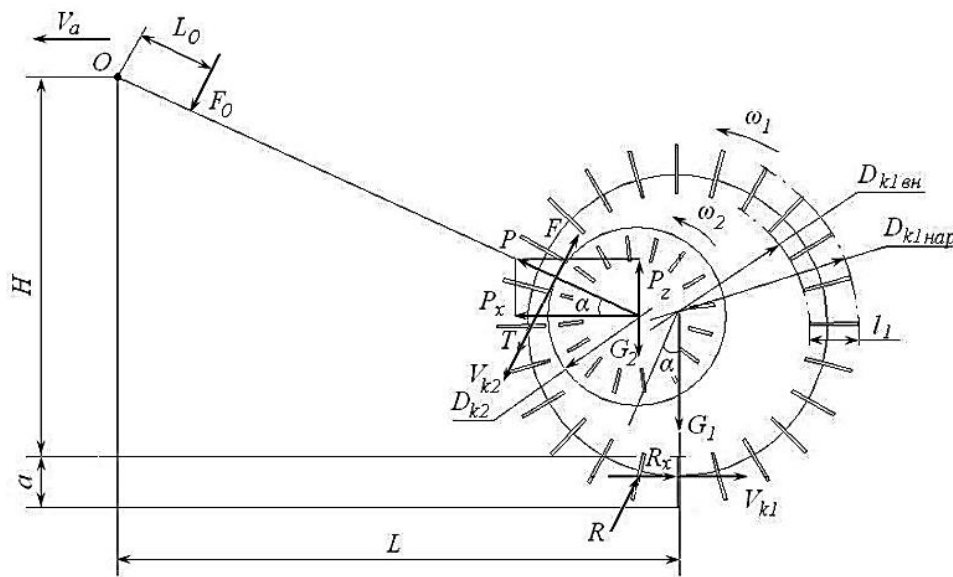


Рисунок 2.11 – Схема до визначення сил, що діють на двобарабанну ковзанку

При русі агрегату зі швидкістю V_a , м/с, зовнішній барабан перекочується по поверхні ґрунту з лінійною швидкістю V_{k1} , м/с

При русі агрегату внутрішній барабан притискається до зовнішнього барабана з внутрішньої сторони в площині, перпендикулярній до напрямку сили опору катка (сили P , кН), і перекочується по внутрішній поверхні планок зовнішнього барабана з діаметром $D_{kl\text{вн}}$, м з лінійною швидкістю V_{k2} , м/с.

Під дією сили опору котки P , кН, що діє вздовж повідця, внутрішній барабан притискається до внутрішньої частини планок зовнішнього барабана і виникає сила тертя.

Обертання зовнішнього барабана відбувається за рахунок взаємодії його планок із ґрунтом. При цьому великі грудки ґрунту розбиваються на дрібніші

розміром, що дорівнює відстані між планками $l_{п1}$, м, і проникають усередину катка. Тоді кількість планок на зовнішньому барабані $n_{п1}$, шт., можна визначити

Кутова швидкість внутрішнього барабана 2, 1/с, вище кутової швидкості зовнішнього барабана. При цьому величина подрібнення залежить від кількості планок $n_{п2}$, шт., На внутрішньому барабані.

Виходячи з агротехнічних вимог до якості передпосівної обробки про те, що на поверхні поля не допускається наявність грудок ґрунту розміром більше 10 см, а в обробленому шарі повинні переважати частинки розміром до 2,6 см, рекомендується прийняти відстань між планками зовнішнього барабана $l_{п1} = 10$ см, Внутрішнього $l_{п2} = 2,6$ см.

Ширина планок зовнішнього барабана, зокрема їх частина, що виступає за бічні диски, визначається глибиною посіву, так як планки ущільнюють припосівний шар ґрунту. Планки розташовані по колу радіально.

Площа контакту планок катка з ґрунтом S , м² залежить від глибини ходу a , м, і параметрів катка. Одночасно в контакті з ґрунтом знаходяться планки, що охоплюються кутом α_0 , град.

Момент, створюваний силою R_x , кН, витрачається на обертання внутрішнього барабана та подолання моменту опору (подрібнення) грудок ґрунту, що знаходяться всередині катки.

Для забезпечення працездатності катки крутний момент $M_{вр}$, кН·м, створюваний силою тертя F , кН, між поверхнями внутрішнього і зовнішнього барабанів, що стикаються, повинен бути більше моменту подрібнення $M_{ізм}$.

Ця залежність дозволяє обґрунтувати:

- необхідну силу тертя F , кН, для забезпечення працездатності катка шляхом підбору матеріалу, що забезпечує більше значення коефіцієнта тертя між поверхнями барабанів, що стикаються;
- кількість та товщину планок внутрішнього барабана та інші параметри катка при відомій ширині захвату b , м.

У свою чергу, сила взаємодії планок катка з ґрунтом R_x , кН створює момент M_0 , кН·м, що забезпечує обертання внутрішнього барабана.

Тоді, знаючи величину сили R_x , кН, можна визначити горизонтальну складову тягового опору катка та обґрунтувати його основні конструктивні параметри. Вихідні дані для розрахунків наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Вихідні дані для розрахунків

Параметр	Од. вимірювання	Позначення	Величина
Глибина ходу катка	м	α	0,1
Кут нахилу повідця	град.	α	20
Питома вага ґрунту	кН/м ³	ρ	25,5
Коефіцієнт опору зсуву ґрунту	кН/м ²	δ	10/30
Коефіцієнт наповнення катка		c	0,1
Коефіцієнт перекочування зовнішнього барабана по ґрунту		η_{k1}	0,95
Коефіцієнт буксування внутрішнього барабана щодо зовнішнього		η_{k2}	0,9
Коефіцієнт тертя ґрунту пр сталі		f	0,5/0,8
Коефіцієнт тертя між дотичними поверхнями барабанів катка		f_1	0,15÷0,8
Товщина планок зовнішнього та внутрішнього барабанів	м	$J_{п.нар.}, J_{п.вн.}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Діаметр зовнішнього барабана	м	$D_{k1нар}$	$2 D_{k2}$
Діаметр внутрішнього барабана	м	D_{k2}	0,20÷0,35
Ширина захвату культиватора	м	b	1,0÷3,0

Результати розрахунків подано у вигляді графіків (рисунок 2.12).

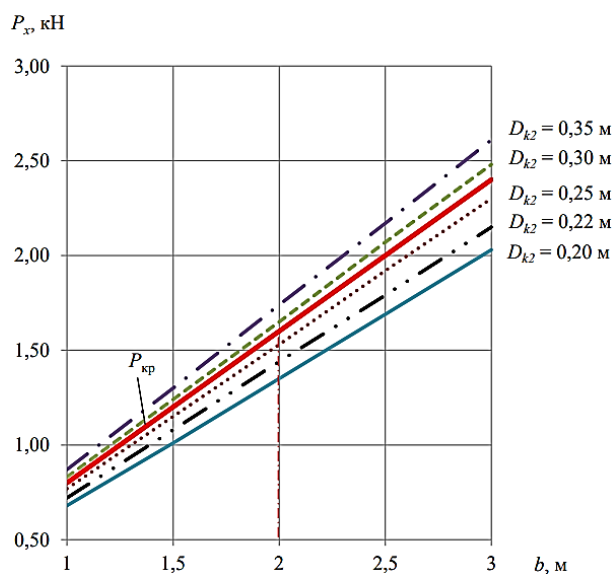


Рисунок 2.12 – Залежність горизонтальної складової тягового опору катка P_x від ширини захвату b культиватора при різному діаметрі внутрішнього барабана D_{k2} (при $f_1 = 0,15$).

Виходячи з того, що питомий опір традиційної котки з негладкою поверхнею $k_{уд} = 0,6 \div 0,9$ кН/м [52], то його критичний тяговий опір $P_{кр}$, кН (див. рис. 2.12)

Для обґрунтування діаметра експериментальної двобарабанної котки приймемо умову $P_x \leq P_{кр}$.

Для виконання цієї умови рекомендується прийняти діаметр внутрішнього барабана $D_{k2} = 0,25$ м (див. рис. 2.12); діаметр зовнішнього барабана $D_{k1нар} = 2 D_{k2} = 0,5$ м.

Кількість планок на барабанах можна визначити за формулами. При $D_{k2} = 0,25$ м і $D_{k1нар} = 0,5$ м їх кількість на зовнішньому барабані $пп1 = 16$ шт., На внутрішньому - $пп2 = 30$ шт.

Коефіцієнт тертя f_l між дотичними поверхнями барабанів катка може бути в межах $0,15 \div 0,8$ залежно від фрикційних властивостей матеріалу барабанів. З формули отримано, що зі збільшенням коефіцієнта тертя f_l тяговий опір двобарабанної котки може бути значно знижено (рисунок 2.13).

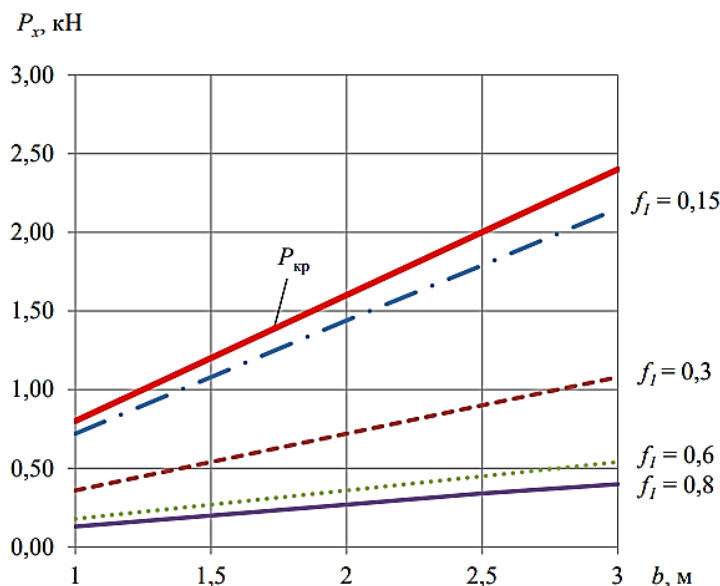


Рисунок 2.13 – Залежність горизонтальної складової тягового опору котки P_x від ширини захвату b при різному коефіцієнті тертя f_l між поверхнями барабанів котки, що стикаються (при $D_{k2} = 0,25$ м).

Збільшення коефіцієнта тертя f_l може бути досягнуто нанесенням на поверхні барабанів фрикційного покриття, що стикаються. Це забезпечить стійке обертання (без прослизання) внутрішнього барабана та виконання умови.

При недостатності зусилля R_x , кН, для забезпечення працездатності котка конструкції передбачена можливість збільшення сили R_x , кН, на величину ΔR_x , кН, за рахунок підтискання котка силою F_0 , кН, з боку пружини. Величину сили F_0 , кН, для подолання сили, що бракує ΔR_x .

Висновки по розділу.

З проведених теоретичних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Кут 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 троса 2γ дорівнює: для тяжкосуглинистих ґрунтів – 120° , супіщаних – 130° ; піщаних – 140° .

2. На горизонтальну складову тягового опору тросового робочого органу більшою мірою впливають сили опору зсуву ґрунту R_t та опору стійок тросового робочого органу R_c . Ширина захоплення культиватора $b = 2$ м є оптимальною, оскільки при цьому значення 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 двобарабанної планчастої котки та забезпечення її 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 з агротехнічних вимог до якості кришення ґрунту. Залежно від рекомендованих діаметрів барабанів кількість планок на зовнішньому барабані $n_{п1} = 16$ шт., на внутрішньому – $n_{п2} = 30$ шт.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Завдання та програма експериментальних досліджень

Робочі органи всіх сільськогосподарських машин і 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 надається експериментальним [13, 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 продуктивність сільськогосподарських культур;

- порівняльна оцінка тягових характеристик традиційних та експериментальних робочих органів [2, 6, 23, 24].

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, ступеня підрізування та приживаності бур'янів – до та після проходу агрегатів;

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

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

3.2 Методика експериментальних досліджень

На підставі проведених теоретичних досліджень за обґрунтованими конструктивними параметрами була виготовлена експериментальна установка (рисунк 3.1) на рамі модуля культиватора КУБМ-14,7 і представлена як один з можливих варіантів змінних модулів [8, 12, 17].



Рисунок 3.1 – Експериментальне встановлення.

Експериментальна установка (Рисунок 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 (рисунок 3.3) за наральниками 5 встановлені ролики 1, що обертаються в горизонтальній площині, та бічні ролики 2. На центральній стійці встановлений один горизонтальний ролик. Натяг троса забезпечується пружинно-гвинтовим пристроєм 4.

Слідом за тросовим робочим органом встановлена двобарабанна планчаста коток (рисунок 3.4), що забезпечує суцільну обробку по ширині захоплення модуля. Коток складається з внутрішнього барабана 1, який пов'язаний з рамою 4 культиватора шарнірно-поводковим пристроєм 2, з пружинним довантажувачем 3. Цей барабан 1 розміщений у внутрішньому просторі 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 більший за діаметр 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.

Слідом за тросовим робочим органом встановлена двобарабанна планчаста коток (рисунок 3.4), що забезпечує суцільну обробку по ширині захоплення модуля. Коток складається з внутрішнього барабана 1, який пов'язаний з рамою 4 культиватора шарнірно-поводковим пристроєм 2, з пружинним довантажувачем 3. Цей барабан 1 розміщений у внутрішньому просторі 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 більший за діаметр 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.

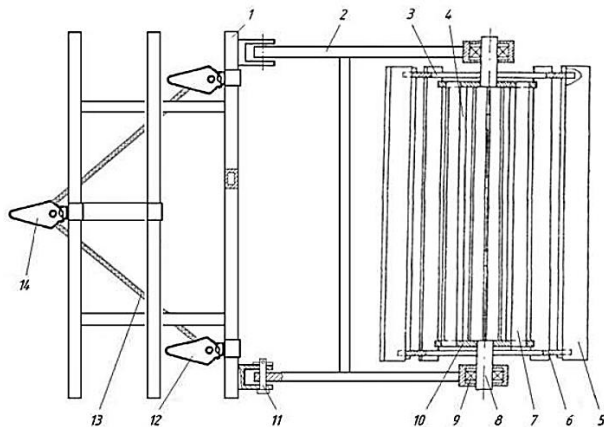


Рисунок 3.2 – Схема культиватора з тросовим та катковим робочими органами: 1 – рама; 2 - повідковий пристрій; 3 – зовнішній барабан; 4 – внутрішній барабан; 5 – планка зовнішнього барабана; 6 – бічний диск зовнішнього барабана; 7 – планка внутрішнього барабана; 8 – вісь; 9 – підшипник; 10 – бічний диск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

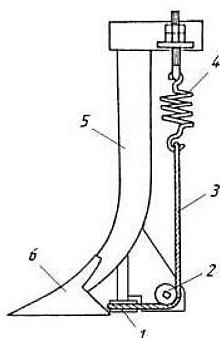


Рисунок 3.3 – Схема кріплення троса на крайній стійці: 1 – горизонтальний ролик; 2 – бічний ролик; 3 – трос; 4 - пружинно-гвинтовий пристрій; 5 – стійка; 6 – наральник

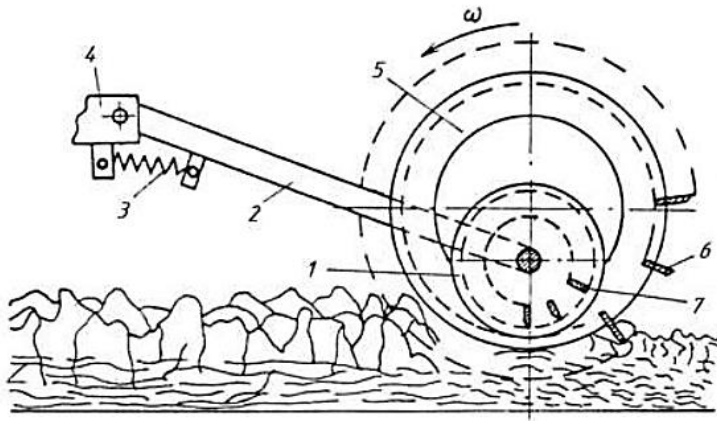


Рисунок 3.4 – Двобарабанна планчаста коток (вид збоку): 1 – внутрішній барабан; 2 - шарнірно-поводковий пристрій; 3 – довантажувач; 4 – рама; 5 – зовнішній барабан; 6 – планка зовнішнього барабана; 7 – планка внутрішнього барабана.

Загальний вигляд модуля експериментального культиватора представлено рисунку 3.5.

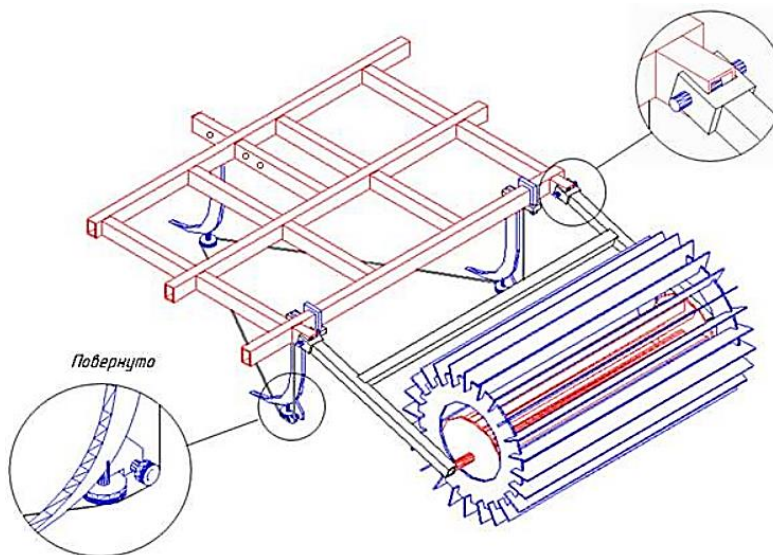
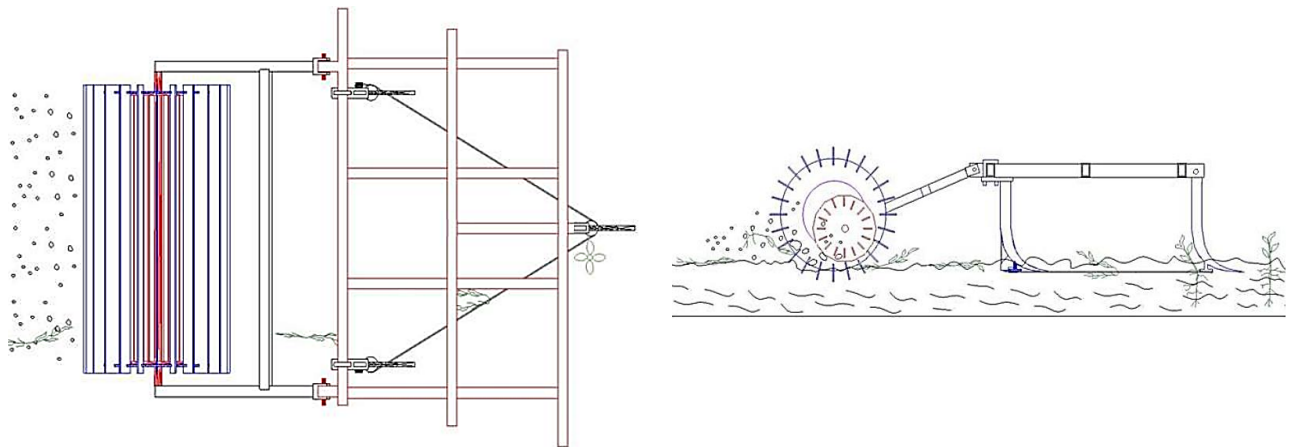


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд експериментальної установки.

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

Двобарабанний планчастий каток, що йде слідом, планками зовнішнього барабана ущільнює прикосівний 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 шар, що мульчує. Тим самим створюється необхідна диференціація посівного шару за щільністю та структурним складом із збереженням ґрунтової вологи.



а) вид зверху

б) вид збоку

Рисунок 3.6 – Технологічний процес роботи культиватора

3.3 Основні елементи методики польового дослідіу

При визначенні методики польового дослідіу необхідно враховувати кількість варіантів дослідіу, площу дослідіних ділянок, їх форму та напрямок, повторність, систему розміщення повторень, ділянок та варіантів на території, метод обліку врожаю та організацію дослідіу у часі [3, 7, 8, 24]. При визначенні кількості варіантів у схемі керуються змістом та завданнями дослідіу. Завищена кількість варіантів може спричинити підвищення ймовірності помилки експерименту. Що більше варіантів дослідіу, то більше вписувалося загальна площа, зайнята під досвід, отже, і збільшується неоднорідність родючості ґрунту. При малій кількості варіантів необхідно збільшити повторюваність, щоб мати достатньо спостережень для правильної оцінки дослідіу.

Розмір і форма ділянок дуже впливають на точність експерименту. Оптимальний розмір ділянки приблизно до 100 м², при меншому значенні точність дослідіу суттєво знижується подальше, за більшого – збільшується незначно, а за деякою межею – знову знижується.

Форма ділянки, як правило, прямокутна, визначається ставленням її довжини до ширини. Для кращого охоплення нерівномірності земельної

ділянки по родючості та порівнюваності варіантів досліду перевага надається довгим вузьким ділянкам. У ділянок площею від 20 до 200 м² довжина має перевищувати ширину в 5-10 разів. Ширину ділянки доцільно встановлювати кратною шириною захоплення ґрунтообробних, посівних та збиральних агрегатів.

Напрямок ділянок також впливає на достовірність досліду. Необхідно розташовувати дослідні ділянки вздовж напрямку сильнішої зміни родючості ґрунту.

Обов'язково повинні бути передбачені захисні смуги: бічні 0,5-1,5 м та кінцеві для розвороту агрегатів не менше 5 м.

Повторністю досліду може бути територіальна та в часі. Територіальна повторність визначається кількістю однойменних ділянок кожного варіанта. Вона дозволяє врахувати різноманітність ґрунтів дослідної ділянки та отримати більш точні експериментальні дані. Повторність у часі визначається кількістю років випробувань нових агротехнічних прийомів чи сортів. Вона дозволяє визначити дослідні дані в різних метеорологічних умовах та виявити закономірність їхнього впливу. Зі збільшенням повторності значно знижується помилка експерименту.

Розрізняють три основні методи розміщення варіантів по ділянках дослідної ділянки: стандартні, систематичні та рендомізовані (випадкові) [3, 7, 8, 14].

При стандартному розміщенні варіантів по ділянках досвідчений варіант через 1-2 чергується з контрольним та стандартним. При систематичному методі передбачається постійний порядок розташування варіантів у кожному повторенні. Випадковий метод передбачає розміщення повторень випадково за жеребом шляхом рендомізації. При цьому кожен варіант має рівну можливість потрапити на будь-яку ділянку, при систематичному методі це виключено.

Для виявлення ефективності роботи експериментальної установки були закладені польові досліді на ділянці загальною площею 1440 м², яку розбили на дванадцять ділянок розміром 4 × 30 м. Схема досліду включала три варіанти поверхневого обробітку ґрунту в чотирьох повторностях у кожному: ,0 у два

сліді, культивація традиційним культиватором з експериментальним планчастим котком та культивація експериментальним культиватором з тросовим та катковим робочими органами.

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

Передбачені бічні захисні смуги по 0,5 м та кінцеві по 12 м. Схема розміщення варіантів по ділянках рендомізована (рисунок 3.7).

Варіанти	Культивація звичайним культиватором з експериментальним котком	Культивація звичайним культиватором з боронуванням	Культивація експериментальним культиватором	Культивація звичайним культиватором з боронуванням	ультивация експериментальним культиватором	Культивація звичайним культиватором з експериментальним котком	Культивація звичайним культиватором з боронуванням	Культивація звичайним культиватором з експериментальним котком	ультивация експериментальним культиватором	Культивація звичайним культиватором з боронуванням	ультивация експериментальним культиватором	Культивація звичайним культиватором з експериментальним котком
	3	1	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3
Повторності	I			II			III			IV		

Рисунок 3.7 – Схема дослідів

У польовому досліді висівався ярий ріпак у оптимальні агротехнічні терміни і за загальноприйнятою технологією.

Деякі етапи технології обробітку та розвитку ярого ріпаку на дослідному полі Інституту агроєкології представлені рисунку 3.8.

Використовувався ярий ріпак сорту «Ратник», що відрізняється високою продуктивністю (до 4,3 т/га), високою якістю насіннєвого матеріалу, стійкістю до більшості хвороб. Сорт середньостиглий, період вегетації 94÷112 днів. Призначений для вирощування на зелений корм та насіння. Можливе

механізоване прибирання. Висота рослин від 84 до 119 см, нижні гілки на висоті 42,6 см. Насіння чорне, округле. Маса тисячі насіння від 3,4 до 4,7 г.



Рисунок 3.8 – Деякі етапи технології обробітку та розвитку ярого ріпаку: а) посів; б) сходи; в) обробка гербіцидами; г) цвітіння; д) збирання на зелений корм; е) сушіння врожаю, фази зростання та розвитку ярого ріпаку представлені рисунку 3.9.

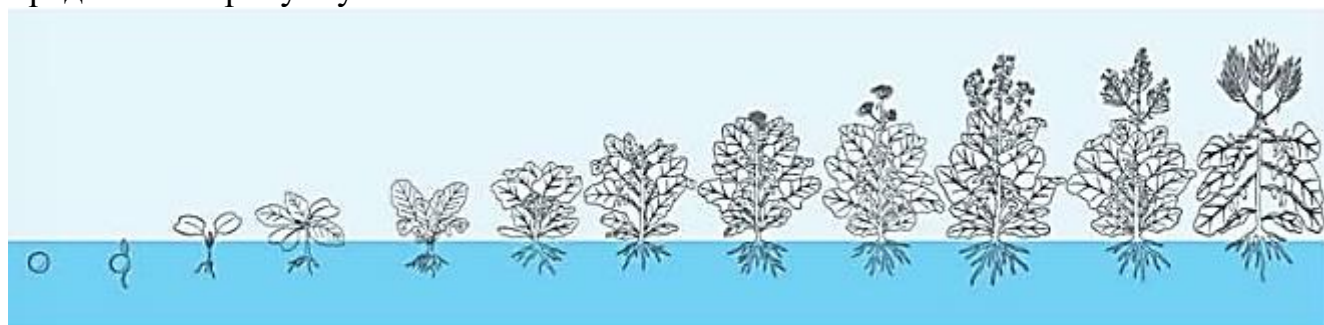


Рисунок 3.9 – Фази зростання та розвитку ярого ріпаку

Фенологічні спостереження та визначення структури врожаю культури, що вирощується, проводилися за стандартними методиками.



Рисунок 3.10 – Ділянки

3.4 Порівняльна оцінка якісних показників обробітку ґрунту.

Випробування проводилися на дослідному полі протягом усього вегетаційного періоду у 2023 році.

Попередник - яра пшениця. Агрофон – культивація зябку, ранньовесняне закриття вологи боронами БЗСС-1,0 у два сліди.

До та після обробки поля агрегатами з традиційними та експериментальними робочими органами проводилося визначення структурного складу, вологості, гребнистості та засміченості бур'янів.

Методику визначення цих показників наведено нижче.

Структурний склад ґрунту визначався сухим просіюванням методом М. І. Саввинова [3, 8]. Проби ґрунту масою 1,5-2,0 кг просіювали через колонку сит з діаметром отворів: 10; 7; 5; 3; 2 мм. На нижнє сито одягли піддон. Після просіювання агрегати, що залишилися на кожному ситі, зважували і визначали вміст кожної фракції у відсотках маси ґрунту, взятої для просіювання. Повторність у кожному варіанті триразова.

Вологість ґрунту оцінювалася ваговим методом [3, 8]. Проби ґрунту відбиралися рівномірно по ширині захоплення агрегату через 10 см з поверхневого шару спеціальним голчастим буром, занурюючи його в ґрунт на глибину від 0 до 5 см. Витягнутий ґрунт поміщали в попередньо зважені стаканчики, які зважували з точністю до 0,01 г. з ґрунтом сушили до постійної маси при температурі 105 °С протягом 6 годин, після чого знову зважували.

Гребнистість поля визначали профілемером до та після проходу агрегатів у триразовій повторності. Двометрову рейку розміщували поперек проходу агрегатів та заміряли відстані від поверхні поля до рейки через кожні 10 см [38].

За отриманими даними визначали середньоквадратичне відхилення.

Засміченість поля бур'яном визначали кількісним методом до обробки, ступінь підрізання бур'янів встановлювали через сім днів після обробки. Цей метод дозволяє отримати відомості не тільки про видовий склад бур'янів, а й про їх кількість на одиницю площі. Для цього по діагоналі ділянки через рівномірні проміжки на поверхню ґрунту накладали рамку площею 1 м² і в межах рамки підраховували загальну кількість бур'янів, виділяючи малолітні та багаторічні. Повторність на кожному ділянці триразова. Крім того, серед цих груп визначали число одно-і дводольних бур'янів [7, 16].

Облік урожайності ріпаку проводили по зеленій та сухій масі. Зелену масу враховували зважуванням урожаю, зібраного в межах рамки площею 1 м² з кожної ділянки у триразовій повторності. Потім оформляли зелену масу в снопи і після висушування в добре провітрюваному приміщенні до повітряносухого стану знову зважували для визначення врожайності сіна [7, 16].

3.5 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 ГОСТ. Визначали характеристику поля (ухил, засміченість ґрунту пожнивними залишками), характеристику ґрунту (агрегатний склад, вологість, твердість, щільність) [2, 6].

Ухил поля визначали нівеліром способом квадратів. Намітивши базову лінію на ділянці випробувань за допомогою теодоліту та вимірювальної стрічки, розбили від базової лінії квадрати розміром 40×40 м. Кутові точки квадратів пронумерували, а їхній рівень виміряли нівеліром

Засміченість ґрунту пожнивними залишками (стернів, стеблами, кореневищами, засохлими бур'янами) визначали на п'яти облікових майданчиках, рівномірно розташованих по діагоналі дослідної ділянки. Розмір облікового майданчика 1×1 м. На виділеному обліковому майданчику витягли з поверхневого шару ґрунту (на глибину обробітку) пожнивні залишки та зважили їх. Вирахували середню масу пожнивних залишків на 1 м^2 .

Для визначення агрегатного складу ґрунту по діагоналі ділянки відібрали п'ять проб ґрунту масою понад 0,5 кг кожна з шару завтовшки, що дорівнює глибині ходу робочих органів. Проби довели до повітряно-сухого стану, зважили та просіяли через сито з отворами діаметром 25 мм. Вміст сита після просіювання зважили і визначили масову частку великої фракції від проби.

Проби на вологість відбирали зі стінки ґрунтового розрізу в п'яти місцях, розташованих по діагоналі ділянки на глибині від 0 до 5 см і від 5 до 10 см. Температуру 105°C протягом 6-8 год, після чого знову зважили.

Твердість ґрунту визначали ґрунтовим самопишучим твердоміром у місцях визначення вологості на глибину до 10 см.

Середню ординату визначали виміром ряду ординат через 1 см довжини діаграми та обчисленням їхнього середнього значення (додаток Б, таблиця Б5).

Проби для визначення об'ємної маси (щільності) ґрунту відбирали у п'яти місцях по діагоналі ділянки на глибину 10 см. Циліндри з ґрунтом висушили при температурі 105°C до постійної маси. Об'єм ґрунту з непорушеним додаванням, поміщеним у циліндрі VII, см^3 , обчислили за формулою.

На додаток до стандартних показників були отримані значення профілю поверхні поля (поперечного та поздовжнього), рівномірності обробки поля по глибині, агрегатного стану ґрунту до та після обробки традиційним культиватором з долотоподібними стійками та культиватором з тросовим та катковим робочими органами.

Визначення показників енергетичної оцінки проводилося за ГОСТ та 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 вимірювального обчислювального комплексу MIC-400D, оснащеного програмним забезпеченням для запису та обробки вимірювальної інформації (Recorder та WinПОС).

Оцінка тягових опорів окремих робочих органів виконувалася у наступній послідовності.

1. Визначення зусилля на перекочування агрегату з культиватором у транспортному положенні.

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

3. Визначення тягового опору під час виконання суцільної обробки тросовим робочим органом без катка.

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

5. Визначення тягового опору і під час суцільної обробки традиційним культиватором.

Кожен варіант виконувався чотириразової повторності.

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

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

3.6 Методика обробки експериментальних даних

При обробці експериментальних даних визначаються характеристики випадкових величин, отриманих у процесі проведення досліду, порівнюються між собою обчислені характеристики, визначаються закони розподілу

випадкових величин, встановлюються залежності між отриманими випадковими величинами, аналізуються випадкові процеси [3, 7, 9, 16].

Для обробки даних, отриманих в результаті польового дослідження, застосовувався дисперсійний аналіз за допомогою ПЕОМ з використанням пакета стандартних програм.

Обробка даних енергетичної оцінки проводилася за допомогою програми WinПОС.

Результати попередніх випробувань культиватора з тросовим та катковим робочими органами:

Попередні випробування експериментальної установки були проведені у 2023 р. Установка пройшла випробування на працездатність, можливість здійснення налаштування на глибину обробітку та проведено візуальну оцінку 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 котки від ґрунту, що налип. Сміттева рослинність тросовим робочим органом була витягнута з коренем і планками котки винесена на поверхню поля.

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

Структура є фундаментальною характеристикою ґрунту, оскільки від нього залежать екологічні та продуктивні функції ґрунту [7, 9, 13].

В результаті проведених у 2023-2024 роках. досліджень встановлено, що структурно-агрегатний склад ґрунту змінювався залежно від способу поверхневої обробки.

Порівняльна оцінка структурного складу ґрунту при різних видах обробітку представлена на діаграмах (рисунок 3.11) та в таблиці 3.1.

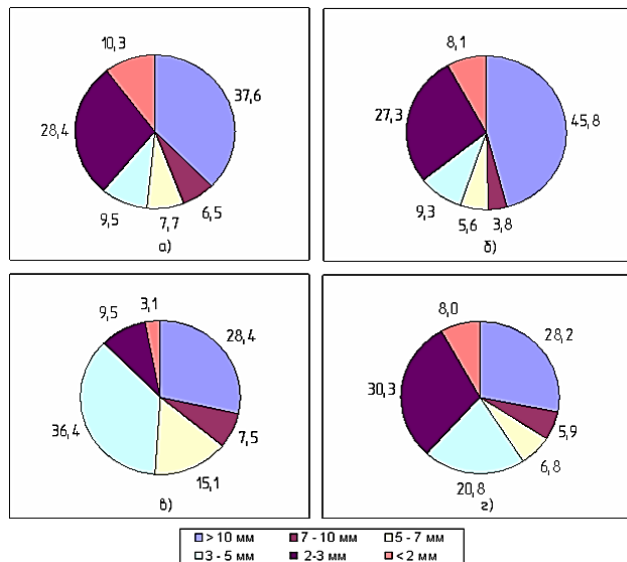


Рисунок 3.11 – Структурний склад поверхневого шару ґрунту при різних видах обробки: а) до обробки; б) культивування традиційним культиватором із боронуванням; в) культивування експериментальною установкою; г) культивування традиційним культиватором з експериментальним котком

Таблиця 3.1 – 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 культивування з боронованням	45,8	3,8	5,6	9,3	27,3	8,1
культивування експериментальної установкою	28,4	7,5	15,1	36,4	9,5	3,1
традиційна культивування з експериментальним котком	28,2	5,9	6,8	20,8	30,3	8,0

Як традиційний використовувався культиватор КПЕ-3,8, оснащений робочими органами для передпосівної обробки ґрунту з кутом кришення $12\div 18^\circ$.

До обробки у поверхневому шарі на глибині до 10 см переважала глибиста структура (агрегати понад 10 мм) – 37,6 %. Після культивування з боронуванням частка таких агрегатів збільшилася до 45,8 %.

Після проходу тросового та каткового робочих органів та традиційного культиватора, обладнаного експериментальним котком, відсотковий вміст

агрегатів понад 10 мм помітно знизився – до $28,2 \div 28,4$ %, причому спостерігалася повна відсутність грудок ґрунту понад 50 мм. Майже половину всього обсягу проби стали займати агрегати розміром $2 \div 5$ мм. Таким чином, умова, встановлена В. В. Медведєвим, про те, що розмір переважних ґрунтових агрегатів у посівному шарі ґрунту повинен приблизно відповідати розміру насіння, що висіється, виконується [7, 12].

Хороша вирівняність поля особливо актуальна під час підготовки ґрунту до посіву дрібнонасінневих культур.

При обробці експериментальним культиватором з тросовим та катковим робочими органами забезпечується краща вирівняність поверхні поля порівняно з традиційним способом обробки. Використання експериментальної двобарабанної планчастої котки слідом за традиційним культиватором дало також позитивний результат (таблиця 3.2) та (рисунок 3.12). А саме середньоквадратичне відхилення нерівностей поверхні поля після обробки з експериментальним котком становило $1,6 \div 1,7$ см, що на 37 % менше, ніж при роботі культиватора з боронами.

Таблиця 3.2 – Гребнистість поверхні поля

Вид обробки	Середньоквадратичне відхилення (σ), см
традиційна культивація з боронуванням	2,7
культивація експериментальною установкою	1,6
традиційна культивація з експериментальним котком	1,7

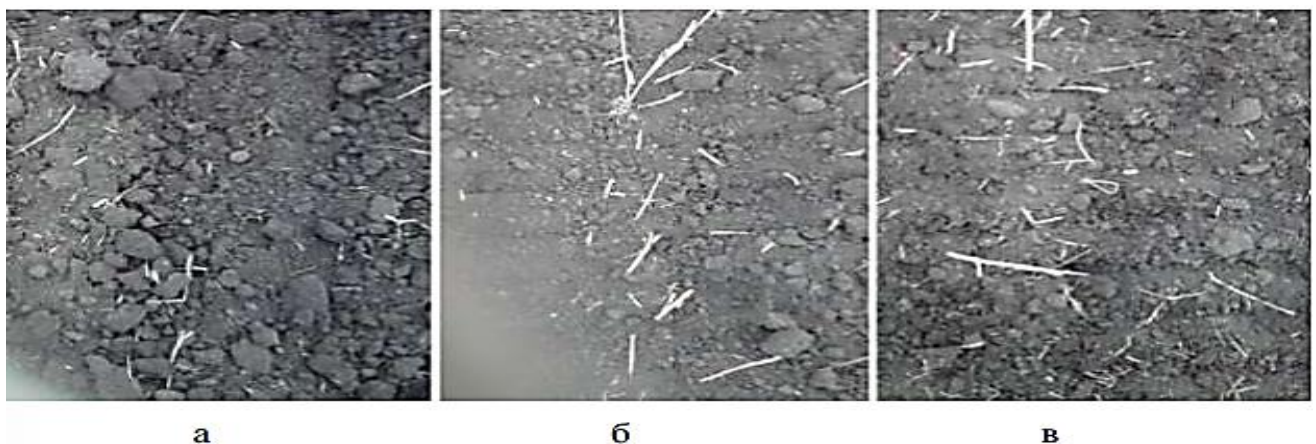


Рисунок 3.12 – Гребнистість поверхні поля порівняно: а) культивація традиційним культиватором із боронуванням; б) культивація

експериментальної установки; в) культивація традиційним культиватором з експериментальним котком.

3.7 Вплив різних способів обробки на засміченість

Передпосівна обробка повинна забезпечувати повне знищення бур'янів, а також знизити ймовірність їх приживання, що є одним із важливих показників ефективності передпосівної обробки.

Оцінка якості знищення та приживання бур'янів проводилася кількісним методом за такими показниками: кількість бур'янів на 1 м² відразу після обробки та через сім днів після обробки (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Вплив способів передпосівної підготовки ґрунту на засміченість.

Вид обробітку	Кількість бур'янів шт., м ²	
	зразу після обробітку	відразу після 7 днів після обробки
традиційна культивація з боронуванням	0,5	5,3
культивація експериментальною установкою	0,0	1,0
традиційна культивація з експериментальним котком	0,1	1,3

Повне знищення бур'янів більшою чи меншою мірою забезпечили всі культиватори, що брали участь у експерименті.

Через сім днів на ділянках, оброблених традиційним способом, спостерігалася поява бур'янів у кількості 5,3 шт./м², тоді як на ділянках, оброблених експериментальною установкою та традиційним культиватором у поєднанні з експериментальним котком їх кількість склала лише 1,0÷1,3 шт./м².

На відміну від універсальних стрілчастих лап тросовий робочий орган здійснює знищення бур'янів «вичісуванням», а не підрізуванням. У свою чергу, конструкція експериментальної котки дозволяє більш ефективно викидати бур'яни на поверхню поля, де вони зав'ядають (рисунок 4.3). Таким чином, комбінація тросового та каткового робочих органів зводить приживаність

бур'янів практично до нуля. Застосування експериментальної котки слідом за традиційним культиватором також значною мірою знижує приживаність бур'янів за рахунок вилучення їх на поверхню поля планками зовнішньої котки.



Рисунок 3.13 – Винесення бур'янів на поверхню під час обробки експериментальним встановленням

3.8 Вплив передпосівної обробки на вологість поверхневих шарів ґрунту.

За агротехнічними вимогами передпосівна обробка ґрунту повинна забезпечувати розпушування припосівного шару ґрунту та повне підрізання бур'янів без винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля. Однак, універсальні стрілчасті лапи, встановлені на традиційному культиваторі, не забезпечують повною мірою вимоги щодо винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля за рахунок досить широкого елемента кріплення лапи до стійки та широкої стійки.

Пропонований тросовий робочий орган здійснює суцільну обробку ґрунту без винесення вологих шарів ґрунту на поверхню поля, за винятком смуг по сліду стійок з наральниками.

Показник збереження вологи у ґрунті оцінювався ваговим методом. Проби ґрунту відбиралися до та після проходження агрегату рівномірно по ширині захвату з поверхневого шару (глибиною до 5 см). Середні значення вологості поверхневого шару за різних способів обробки наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вплив способів передпосівної підготовки ґрунту на вологість поверхневого шару 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 котком	18,0

Дослідження показали, що після проходу експериментального агрегату вологість поверхневого шару ґрунту значно підвищується лише за слідом стійок (до 20÷21 %), тоді як у проміжках між стійками залишається практично такою самою, як до обробки (9÷10 %). Тому середнє значення вологості поверхневого шару ґрунту після обробки експериментальним культиватором значно менше (15,1 %), ніж після обробки традиційним (19,7 %) (рис. 3.14).

Ширина захоплення культиватора до обробки після обробки експериментальним культиватором після обробки традиційним культиватором з боронуванням після обробки традиційним культиватором з експериментальним котком.

Експериментальні дані показали, що на ділянках, оброблених експериментальною установкою, були отримані більш дружні та рівномірні сходи. Вплив способів передпосівного обробітку ґрунту на динаміку появи сходів ярого ріпаку наведено на графіку (рисунок 3.15).

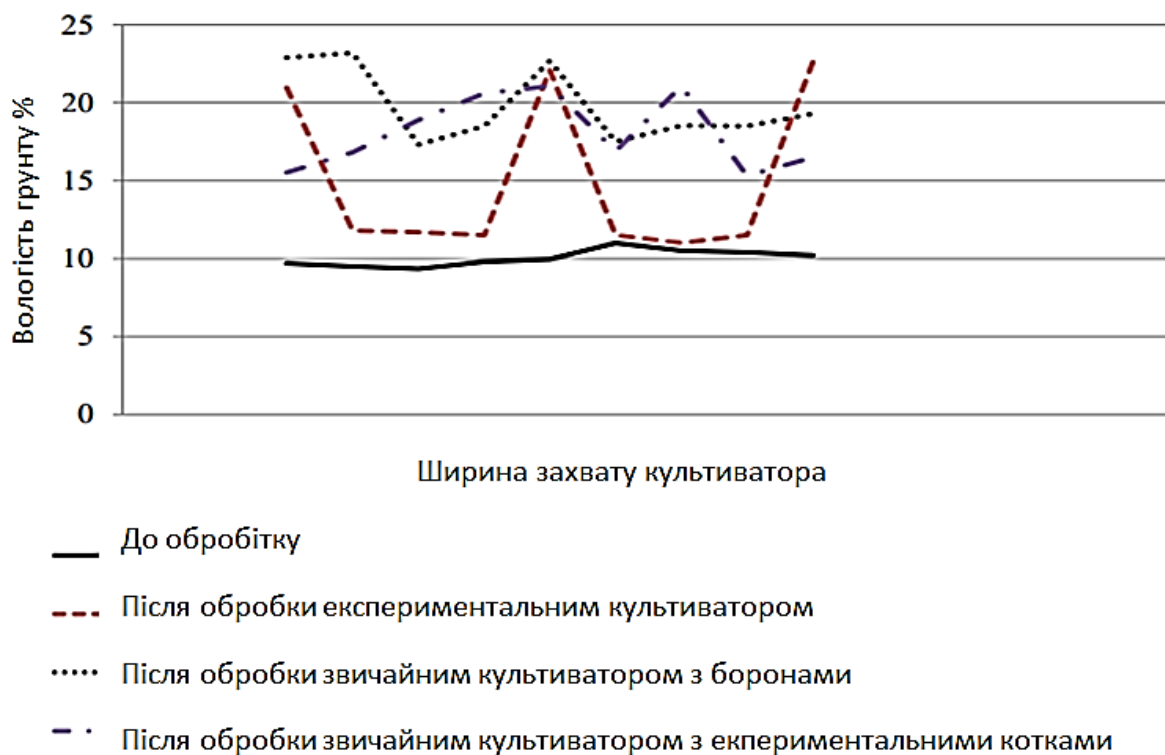


Рисунок 3.14 – Залежність вологості поверхнього шару ґрунту від ширини захвату культиватора при різних варіантах обробки.

Дата підрахунку сходів після обробки експериментальним культиватором після обробки традиційним культиватором з експериментальним котком після обробки традиційним культиватором з боронуванням.

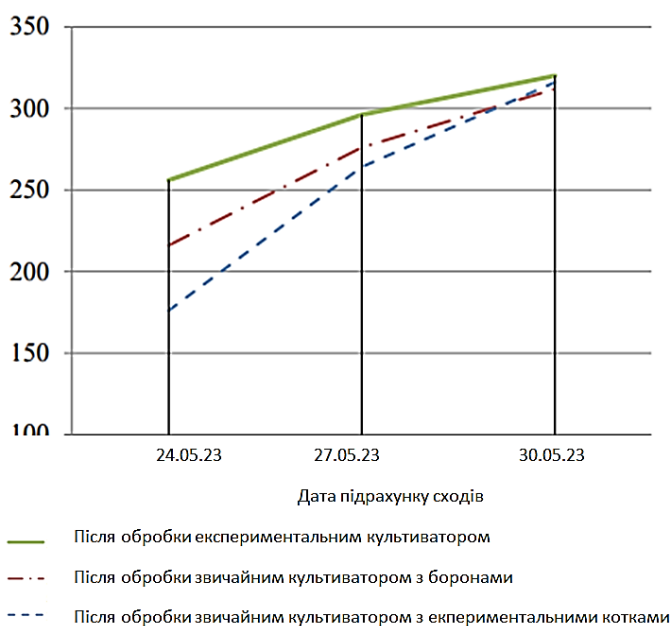


Рисунок 3.15 – Динаміка появи сходів ярого ріпаку за різних способів передпосівної обробки

Перші підрахунки сходів було проведено через 10 днів після посіву. За графіком видно, що найбільше сходів у перший день їх підрахунку було отримано на ділянках, оброблених експериментальною установкою, найменше – на традиційно оброблених ділянках. Потім кількість сходів на всіх варіантах практично зрівнялася, цьому сприяли сприятливі погодні умови травня 2022 року.

На ділянках, оброблених тросовим і катковим робочими органами, рослини розвивалися рівномірніше, і, як наслідок, було отримано більш високу врожайність ріпаку: на зелену масу – 119,1 ц/га, суху масу – 26,8 ц/га (рисунок 3.16).

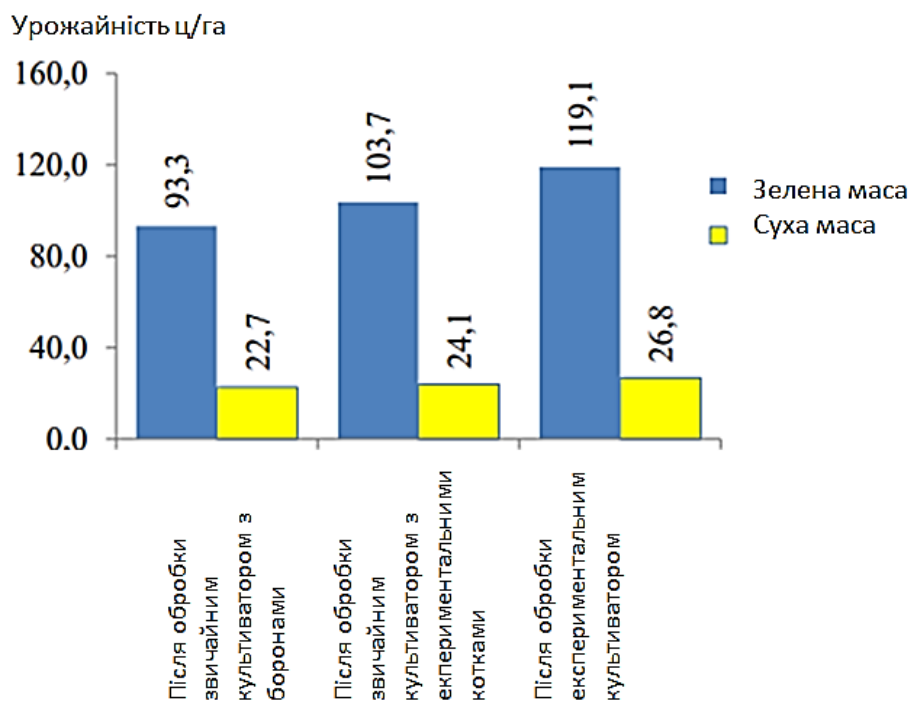


Рисунок 3.16 – Діаграма порівняльної оцінки врожайності.

Врожайність зеленої маси ярого ріпаку, отримана з ділянок, оброблених експериментальним культиватором, на 21,7 % вище за врожайність, отриману з ділянок, оброблених традиційним способом, а сухої маси – на 15,3 %.

Також простежується позитивний вплив на динаміку появи сходів та врожайність за рахунок оснащення традиційного культиватора планчастим двобарабанным котком замість зубних борін.

3.9 Оцінка енергетичних показників роботи культиватора з тросовим та катковим робочими органами

Характеристика ділянки проведення випробувань наведено у таблиці 3.5; значення були отримані до випробування за загальноприйнятими методиками.

Таблиця 3.5 - Показники агрофону ділянки проведення випробувань

Показник, од. змін.	Середні значення
Ухил поля, °	1
Профіль поля (пор. квадр. вимк.) попереч. / продол., см	1,35/0,93
Засміченість ґрунту пожнивними залишками, г/м ²	340,2
Масова частка фракцій (0-10 см): до 25 мм / більше 25 мм, %	47,4/52,6
Вологість ґрунту (0-10 см), %	10,9
Твердість ґрунту (0-5/5-10 см), кг/см ²	7,3/21,2

В експерименті використовувався універсальний переносний багатоканальний вимірювально-обчислювальний комплекс МІС-400D з тензометричною ланкою Т-5, оснащений програмним забезпеченням для запису та обробки вимірювальної інформації (Recorder та WinПОС) (рисунок 3.17).

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



Рисунок 3.17 – Обладнання для проведення експерименту та обробки експериментальних даних: а) динамометр; б) багатоканальний вимірювальний обчислювальний комплекс МІС-400D

Експеримент проводився за наступною схемою (рисунок 3.18):

- 1) переміщення укомплектованого експериментального культиватора у транспортному положенні;
- 2) виконання суцільної обробки експериментальним культиватором у повній комплектації (тросовий робочий орган із планчастим котком), ширина захвату 1 м (рисунок 3.18, а);
- 3) виконання суцільної обробки тросовим робочим органом без котки), ширина захвату 1 м (рисунок 4.8, б);
- 4) виконання суцільної обробки п'ятьма розпушувальними робочими органами, ширина захвату 1 м (рисунок 4.8, в).

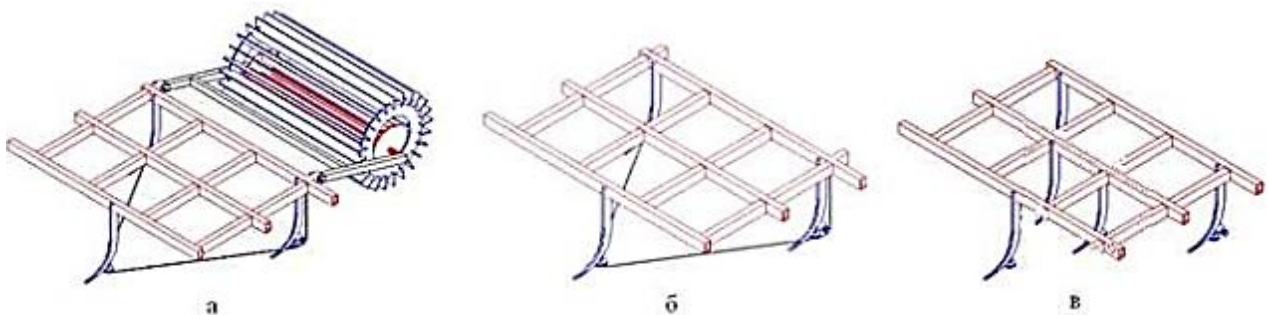


Рисунок 3.18 – Варіанти експерименту: а) укомплектований експериментальний культиватор; б) тросовий робочий орган; в) розпушувальні робочі органи, ширина захвату 1 м.

Переобладнання культиватора для отримання різних варіантів експерименту здійснювалося у польових умовах. Процес проведення експерименту представлений рисунку 3.19.



Рисунок 3.19 – Процес енергетичної оцінки.

Середні значення горизонтальної складової тягових опорів експериментального культиватора, отриманих у процесі експерименту різних варіантах, наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Значення горизонтальних складових тягових опорів (ширина захвату $b = 1$ м)

Варіанти	Середні значення горизонтальної складової тягового опору, P_x , кН
Переміщення укомплектованого експериментального культиватора у транспортному положенні	3,07
Виконання суцільної обробки експериментальним культиватором у повній комплектації	3,36
Виконання суцільної обробки тросовим робочим органом без котка	2,64
Виконання суцільної обробки традиційним культиватором	4,29

Прим. р align="justify"> Середні значення горизонтальних складових тягових опорів при виконанні обробок представлені без урахування енергетичних витрат на переміщення укомплектованого експериментального культиватора в транспортному положенні

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

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

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

Розбіжність теоретичних та експериментальних даних знаходиться у допустимих межах – 10 % (рис. 3.20).

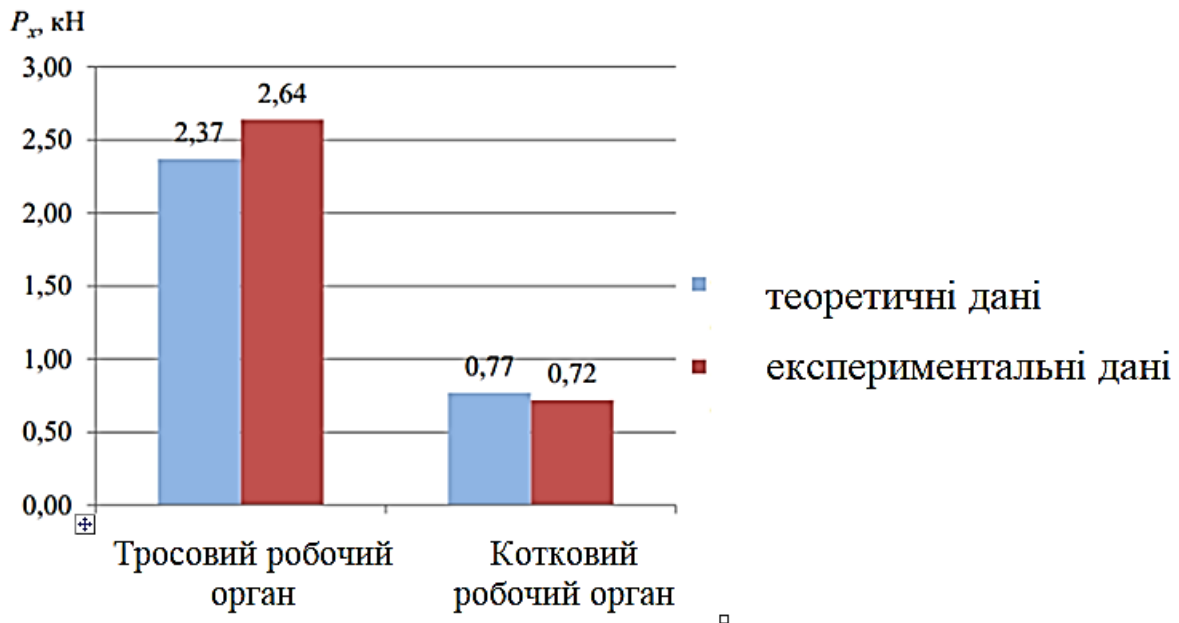


Рисунок 3.20 – Значення теоретичних та експериментальних даних горизонтальних складових тягового опору. P_x тросового та коткового робочих органів (ширина захвату $b = 1$ м).

Висновки по розділу

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 котки виноситься на поверхню поля.

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

4. Експериментальний культиватор забезпечує кращу вирівняність поверхні поля, порівняно з традиційним видом обробки. Середнє квадратичне відхилення нерівностей поверхні поля після обробки експериментальним

культиватором склало 1,7 см, що менше гребеністості поля після традиційної обробки на 37%.

5. Комбінація тросового та каткового робочих органів забезпечує повне знищення бур'янів по всій ширині захоплення та зводить приживаність 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 обробітку експериментальним культиватором значно менше (15,1 %), ніж після обробітку традиційним (19,7 %).

7. Передпосівна обробка ґрунту експериментальним культиватором забезпечила більш ранні та дружні сходи культури, що обробляється. Урожайність зеленої маси ярого 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 %.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.

Сільськогосподарське виробництво є однією з найбільш травмонебезпечних галузей щодо умов та безпеки праці. Весняно-польові роботи – напружений етап річного циклу агропромислового виробництва. Зокрема, у березні – травні сільськогосподарськими підприємствами виконується біля третини річного обсягу польових тракторних і майже така ж частка транспортних робіт. У цей час поживляються також інші роботи в агропромисловому виробництві. Зростає, порівняно із зимовими місяцями, кількість працівників, зайнятих на ручних роботах (на технологічному обслуговуванні, забезпеченні роботи посівних та інших машинно-тракторних агрегатів). Усе це об’єктивно збільшує вірогідність травматизму, особливо при недотриманні правил техніки безпеки та охорони праці та внаслідок неналежної організації робіт відповідальними за цей напрямок.

5.1 Особливості умов праці у сільськогосподарському виробництві.

Загалом польові роботи виконуються на значній відстані від центральної садиби і тракторної бригади. Через це знижується контроль за безпекою працівників з боку адміністрації господарства. У цих умовах підвищується особиста відповідальність механізаторів за безпеку проведення робіт.

Серед професій у агропромисловому комплексі найнебезпечнішою, як і раніше, є професія механізатора (тракториста-машиніста). Польові механізовані роботи із застосуванням сільськогосподарської техніки потрібно розглядати як роботи з підвищеною небезпекою, адже часто механізатор залишається один на один з агрегатом, який може у будь-який момент потребувати ремонту. А це, своєю чергою, може спровокувати працівника до виконання дій, що не відповідають вимогам безпеки. Крім того, йому доводиться працювати понаднормово, у темний час доби, на віддалених полях, схилах, за несприятливих погодних умов, постійно зазнаючи впливу високих рівнів вібрації, шуму, температурних перепадів та інших чинників, що призводять до стомлення.

Враховуючи вищевикладене, керівники господарств повинні подбати про зниження небезпечних ризиків, які можуть виникнути в період проведення весняно-польових робіт.

5.2 Основні причини травмування працівників.

Основні причини травмування – порушення трудової та виробничої дисципліни, недоліки у проведенні навчання та інструктажів працівників, невиконання вимог інструкцій з охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки, порушення технологічного процесу, технічна несправність тракторів і сільськогосподарських машин, порушення правил дорожнього руху.

Керівникам сільськогосподарських підприємств та фермерам перед початком та під час проведення комплексу весняно-польових робіт необхідно посилити профілактичну роботу із запобігання виробничому травматизму, організувати роботу згідно з Правилами охорони праці в сільськогосподарському виробництві та нормативних актів з охорони праці з метою недопущення випадків травмування працівників в полі, а саме:

- у кожному господарстві провести технологічну наладку та організувати перевірку готовності техніки до проведення весняно-польових робіт;
- призначити відповідальні особи за безпеку праці при проведенні робіт в полі;
- забезпечити допуск до роботи на тракторах механізаторів віком не молодше 18 років, які пройшли медогляд, навчання та інструктаж з охорони праці і мають посвідчення на право керування сільськогосподарською технікою відповідної категорії;
- провести огляд (наявність небезпечних об'єктів, каналів, карстових утворень тощо) та підготовку полів (вибрати і вивезти каміння, засипати ями та інші перешкоди, відбити поворотні смуги), перевірку провисання проводів ліній електропередач;
- не допускати експлуатацію сільськогосподарських машин без передбачених конструкцією захисних огорожень рухомих елементів;

- затвердити безпечні маршрути руху сільськогосподарської техніки та довести зазначену інформацію до виконавців робіт під підпис;
- дотримання правил електробезпеки при переїзді та проведенні технологічних маніпуляцій високогабаритної сільськогосподарської техніки в зоні дії ліній електропередач високої напруги;
- визначити та обладнати спеціальні місця для відпочинку та харчування працюючих, забезпечити їх умивальниками, миючими засобами та рушниками;
- забезпечити агрегати чистиками, різакми, щітками та спеціальними гаками для очищення робочих органів ґрунтообробної та посівної техніки;
- забезпечити працівників спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- забезпечити працюючих аптечками першої домедичної допомоги;
- всі види регулювальних, ремонтних, налагоджувальних робіт та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки проводити тільки після повної зупинки всіх агрегатів;
- проводити заміну, регулювання та очищення робочих органів машин дозволяється тільки при непрацюючому двигуні, після того, як будуть опущені або встановлені на підставки робочі органи;
- причіп та навіску машин і обладнання на трактор необхідно виконувати удвох, робітник, який здійснює зчіпку (навіску), не повинен стояти на шляху руху трактора до машини, а зчіпку починати тільки після сигналу тракториста;

Всі ці вимоги нормативно-правових актів відомі, але не є зайвим ще раз звернути увагу працівників на те, що їх невиконання може призвести до непоправного. Сумні факти минулих років можуть нагадати про це. Керівникам сільськогосподарських підприємств та фермерам потрібно стежити за усуненням наявних порушень і з усією відповідальністю поставитися до безпеки працівників під час проведення робіт в полі. Адже головною метою проведення весняно-польових робіт є не тільки своєчасність та якість посіву, а й збереження життя та здоров'я людей, які працюють в полі.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КУЛЬТИВАТОРА З ТРОСОВИМ ТА КАТКОВИМ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ.

5.1 Загальні положення

Економічна ефективність – один із найважливіших показників оцінки будь-яких технологічних процесів в АПК. У зв'язку зі зростанням цін на енергоресурси, метал, засоби хімізації впровадження у сільськогосподарське виробництво нових ґрунтообробних машин має ґрунтуватися на їх економічній доцільності. З іншого боку, ринкові відносини вимагають від підприємств-виробників випускати конкурентну продукцію належної якості з мінімальними затратами [4, 12].

Доцільність застосування нової техніки може бути доведена за абсолютними економічними показниками, до яких відносять прямі експлуатаційні та сукупні витрати коштів, витрати, виробничі витрати, собівартість сільськогосподарської продукції та ін., а також за показниками порівняльної економічної ефективності: економія сукупних та прямих витрат грошових коштів, економія витрат праці, термін окупності додаткових капітальних вкладень та інших. [3, 12, 19, 23, 29].

Порівняльна оцінка економічної ефективності експериментального (нового) та традиційного (базового) культиваторів проводиться за рівнем сукупних (у тому числі прямих експлуатаційних) витрат без включення до системи машин зональних агротехнологій (на культивацію) та з включенням до системи машин зональних агротехнологій (у технологічний процес виробництва ярого ріпаку).

Економічну оцінку експериментального культиватора проведемо в порівнянні з базовим варіантом, за який приймемо культиватор КПЕ-3,8, оснащений робочими органами для передпосівного обробітку ґрунту (кут кришення $12\div 18^\circ$), з боролами БЗСС-1,0 у два сліди.

Результати розрахунків економічних показників за базовим та експериментальним культиваторами без включення до системи машин зональних агротехнологій (на одну операцію – культивацію) зведено в таблиці 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Економічні показники з базового та експериментального культиваторів без включення до системи машин зональних агротехнологій

Технологічна рперация	Склад агрегату	Ціна техніки, грн	Обслуговувочий персонал, люд.	Продуктивніс ть, га/год		Розхід палива кг/га	Структура сукупних витрат, грн./га				
				зміна	експлуатаційн і		у тому числі прямі експлуатаційні витрати на				Всього
							зарплата	паливо	Ремонт і ТО	амортизація	
Експериментальна											
Культивация з прикочування м	МТЗ-82 + АС-1 + культивато р з тросовим та катковим робочими органами	50000,0	1,0	2,9	2,3	4,2	11,8	145,5	14,4	18,1	189,9
Базова											
Культивация з боронуванням	МТЗ-82 + АС-1 + КПЕ-3,8 + ЗБЗСС-1	110000,0	1,0	2,7	2,1	5,0	12,8	173,3	23,5	30,9	240,5

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності експериментального культиватора без включення до системи машин зональних агротехнологій

Найменування показника	Значення показника за зразками порівнюваної техніки		Індекс зміни показника, %
	базова	експериментальна	
Сукупні витрати коштів, грн./га	240,5	189,9	21,0
Витрати праці, люд.год/га	0,4	0,3	7,6
Питома витрата палива, кг/га	5,0	4,2	16,0
Річний економічний ефект, грн.	50,6		*
Капітальні вкладення, грн	110000	50000	54,5
Верхня межа ціни нової техніки, грн.	500005,1		*

Результати розрахунків економічних показників за базовим та експериментальним культиваторами з включенням до системи машин зональних агротехнологій (у технологічний процес виробництва ярого ріпаку) наведено в таблицях 5.3 та 5.4.

Таблиця 5.3 – Структура собівартості продукції із включенням до складу зональних агротехнологій експериментального культиватора

Найменування показника	Значення показника за порівняльними варіантами машинних агротехнологій				Індекс зміни показника, %
	базової		експериментальної		
	грн./га	грн./т	грн./га	грн./т	
Витрати коштів на оплату праці	946,7	101,5	1049,8	88,1	13,1
Витрати коштів на паливо-мастильні матеріали	1559,4	167,1	1596,9	134,1	19,8
Витрати коштів на ремонт та ТО	669,7	71,8	671,3	56,4	21,5
Витрати коштів на амортизацію	1040,0	111,5	1047,2	87,9	21,1
Разом: прямі експлуатаційні витрати коштів	4215,8	451,9	4365,1	366,5	18,9
Разом: сукупні витрати коштів	4215,8	451,9	4365,1	366,5	18,9
Витрати коштів на закупівлю насіннєвого матеріалу	450,0	48,2	450,0	37,8	21,7
Витрати коштів на закупівлю мінеральних добрив	1440,0	154,3	1440,0	120,9	21,7
Витрати коштів на закупівлю засобів захисту рослин	1774,8	190,2	1774,8	149,0	21,7
Усього витрат коштів	7880,7	844,7	8029,9	674,2	20,2

Таблиця 5.4 – Показники порівняльної економічної ефективності експериментального культиватора із включенням до системи машин зональних агротехнологій

Найменування показника	Значення показника за порівняльними варіантами машинних агротехнологій		Індекс зміни показника, %
	базової	експериментальної	
Продуктивність праці, тис. грн./на одного механізатора	13995,0	17865,0	-27,7
Річна економія сукупних витрат коштів, грн.	-149,3		
Річна економія витрат праці, люд/год.	-0,3		
Капітальні вкладення, грн	110 000,0	50 000,0	54,5
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	9,1	5,1	44,3
Число механізаторів, люд.	1,0		*
Річна потреба в паливі, кг	43,6	42,8	1,8
Собівартість сільськогосподарської продукції, грн./т	844,7	674,2	20,2
Верхня межа ціни спец. техніки, грн.	49985,1		*

Висновки по розділу.

1. Порівняльна оцінка економічної ефективності експериментального та традиційного культиваторів проведена за рівнем сукупних (у тому числі прямих експлуатаційних) витрат без включення до системи машин зональних агротехнологій (на культивацію) та з включенням до системи машин зональних агротехнологій (у технологічний процес виробництва ярого ріпаку).

2. Економічна ефективність передпосівного обробітку ґрунту із застосуванням експериментального культиватора (без включення до системи машин зональних агротехнологій) забезпечується за рахунок зниження витрат на зарплату (на 7,6 %), витрата палива (на 16,0 %), ремонт та ТО (на 38,8%) та амортизацію техніки (на 41,3%). Річний економічний ефект для 1 га становитиме 50,6 грн. при зниженні сукупних витрат коштів на 21,0%.

3. Включення експериментального культиватора в систему машин зональних агротехнологій дозволить знизити собівартість продукції на 20,2% порівняно з базовим варіантом та підвищити чистий дохід на 37,8% (на 3720,7 грн./га) за рахунок збільшення врожайності з 9, 33 до 11,91 т/га. За значно менших капітальних вкладень (на 54,5 %) термін окупності нової техніки становитиме 5,1 років, базової – 9,1 років.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено закономірності тягового опору культиватора з тросовим та катковим робочими органами від його конструктивних параметрів.

На тяговий опір культиватора переважно впливають ширина захоплення 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 котком діаметром $Dk2$ від 0,20 до 0,35 м змінюється від 1,35 до 1,74 кН.

2. Розроблено розрахункові схеми для визначення тягового опору тросового та каткового робочих органів комбінованого культиватора для передпосівної обробки ґрунту та обґрунтовано його конструктивні параметри.

- Тросовий робочий орган: – ширина захвату – $b = 2$ м. – кількість стійок – 3 шт.;
- Кут троса $2\gamma = 120^\circ$ для обробки важких суглинистих ґрунтів;
 - Діаметр троса $d = 3$ мм; Катковий робочий орган:
 - Діаметр внутрішнього барабана $Dk2 = 0,25$ м; - Діаметр зовнішнього барабана $Dk1_{нар} = 0,5$ м;
 - Планки на барабанах розташовані по колу радіально;
 - Виступає за бічні диски частина планок зовнішнього барабана дорівнює 2 см;
 - Кількість планок на зовнішньому барабані $np1 = 16$ шт., На внутрішньому - $np2 = 30$ шт.

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

– якісний структурний склад посівного шару ґрунту: вміст агрегатів понад 10 мм становив 28,4 % від загального обсягу проби, причому спостерігається повна відсутність грудок ґрунту понад 50 мм; вміст агрегатів розміром 2-5 мм становило 45,9%;

– кращу вирівняність поверхні поля порівняно з традиційним видом обробки: середнє квадратичне відхилення нерівностей поверхні поля після

обробки експериментальним культиватором становило 1,7 см, що менше гребеністості поля після традиційної обробки на 37 %;

- повне знищення бур'янів по всій ширині захоплення і виключає їхню приживаність;

- максимальне збереження ґрунтової вологи: вологість поверхневого шару ґрунту підвищується тільки по сліду стійок, тоді як у проміжках між стійками залишається практично такою самою, як до обробки;

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

- зниження тягового опору: під час обробки експериментальним культиватором тяговий опір становило 3,36 кН, що у 21,7 % нижче, ніж із обробці традиційним культиватором (4,29 кН).

4. Річний економічний ефект при передпосівної культивації для 1 га становитиме 50,6 грн. при зниженні сукупних витрат коштів на 21,0%. Включення експериментального культиватора в систему машин виробництва ярого ріпаку дозволить знизити собівартість продукції на 20,2% порівняно з базовим варіантом та підвищити чистий дохід на 37,8% (на 3720,7 грн./га) за рахунок збільшення врожайності з 9,33 до 11,91 т/га.

Рекомендації

Розроблений культиватор з тросовим і катковим робочими органами рекомендується включити в систему машин зональних агротехнологій і використовувати як додатковий змінний модуль до блочно-модульних культиваторів типу КУБМ різних модифікацій як спеціалізовану машину передпосівної обробки ґрунту під посів зернових культур, особливо.

БИБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.

1. Артьомов М.П. Сучасні проблеми і напрямки розвитку систем землеробства в Україні / Науковий журнал «Інженерія природокористування» № 2(11) 2019, - Х.: ХНТУСГ, С.9 – 13.
2. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання / В. О. Боженко. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 420 с.
3. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.
4. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – 2-е вид. – К. : Каравела, 2008. – 550 с.
5. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Каравела, 2015. – 552 с.
6. Войтюк Д.Г, Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини та меліоративні машини / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Іщенко Т.Д. та інші. – К.: Вища освіта 2004. – 500 с.
7. Гапоненко В. С., Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини / В.С. Гапоненко, Д.Г. Войтюк. – 6-е вид., перероб. і допов. – К.: Урожай, 1992. – 448 с.
8. Грабак Н. Х. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: Навчальний посібник / Н.Х. Грабак., І.Н. Топіха. – Київ: Професіонал, 2005. – 796 с.
9. Данильченко П. В. Сільськогосподарські машини / П.В. Данильченко. – Тернопіль, 2001. – 272 с. 13. Карпенко А. Н., Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М.: Колос, 1989. – 526 с.
10. Електронний ресурс: <https://xn--80ajgpcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/kombinirovannye-pochvoobrabatyvayushhie-agregaty/>
11. Мазоренко Д. І. Інноваційні технології: Монографія / Д. І. Мазоренко, Г. Є. Мазнев. Х.: ХНТУСГ, – 2007. – 385 с.
12. Марченко В. І. Сільськогосподарські машини: Підручник / В.І. Марченко. – К.: Вища шк., 2019. – 344 с.

13. Машин і обладнання для агропромислового комплексу 256 (видання друге). Каталог-довідник. К.: Асоціація Прома, 2002. – 247с.
14. Машины для обробітку ґрунту та сівби: Посібник / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф.– Дослідницьке: УкрНДПВТ ім.Л.Погорілого.– 2009.– 288 с.
15. О.І. Анікеєв, М.П. Артьомов, К.Г. Сировицький С.А. Чигрина
Моделювання технологічних процесів основного обробітку ґрунту / Науковий журнал «Інженерія природокористування» 2021, №1(19), с. 90 - 96
[https://doi.org/10.37700/enm.2021.1\(19\).90](https://doi.org/10.37700/enm.2021.1(19).90) - 96
16. Практикум з дисципліни «Сільськогосподарські машини»: Навч. посіб. / П. В. Писаренко та ін. – Полтава, 2018. – 276 с.291
17. Сисолін П. В., Петренко М. М., Свірень М. О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування/ П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень. – Кн.3: Машины та обладнання для переробки зерна та насіння. – К.: Фенікс, 2007. – 432 с.
18. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Навч. посібник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. – 543 с.
19. Сільськогосподарські машини: Посібник / М. В. Бакум та ін.; за ред. М. В. Бакум; Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х. : ХНТУСГ, 2018. – 284 с.
20. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин: Довідник / Г.Р. Гаврилюк, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін. – К.: Урожай, 1988. – 256 с1. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання / В. О. Боженко. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 420 с.
21. Araya K., Kawanishi K. Draft reduction of subsoiler by injection nair to Beireitung mitteleurpaischer Traktoren Vahlensieck bernd Renius Karl – Theodor, Hetz Edmundo// Land techik, 1993, № 8-9.
22. Buliński, Jerzy. Effect of multiple passages and the wheel load on soil deformation / Jerzy Buliński, Łukasz Leszczyński // Ann.Warsaw Univ.Life Sci.

Agr.– 2012. – № 59. – P.5-12.

23. Crowe C.T. Numerical models for dilute gas-particle flows // *Jornal of Basic Engineering* .1982.V.104. №3. P.297-303

24. Gosman A.D., Ioannides E. Aspekt of computer simulation of liquid-fueled combustors // *AIAA paper/* 1981. № 81- 0323. - 12p.

25. Hakansson, I. A Method for Characterizing the State of Compactness of the Plough laye / I. Hakansson // *Soil Tillage Research*, 16 (1990). –P. 105 - 120.

26. Hakansson, I. A. Method for Characterizing the State of Compactness of an Arable Soil / I. A. Hakansson // *Catena Supplement* 11. Braunshweig, 1988. –P. 101-105.

27. Hart, W. E. On dynamic characteristics of Wheeled tractors /W. E. Hart// *Venicle syst dyn*, 1988. – 17/Syppl. - 541 p.

28. Hunger, Ruedi. Bodenverdichtung: Prävention vor Regeneration / Ruedi Hunger // *Schweiz. Landtechn.* – 2012. – 74, Aug. – P. 46-48.

29. James, P.W., Hewitt, G.F. and Whalley, P.B., “Droplet Motion in Two Phase Flow”, *Proc. of the ANS/ASM/NRC Inst/ Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermohydraulics*, Report NUREG/CP-0014, pp. 1484-1503/

30. Kucsewski, J. Comparative analysis of the relation between the tractor wheel slip and the coefficient of adhesion utilization according to various empiric formulae / J. Kucsewski, S. Wolski // *Ann. Warsaw Agr. Univ SGGW //Ar. Agr*, 1991. – № 23. – P. 3-9.

31. Lines, J. A. The stiffness of agricultural tractor tires / J. A. Lines, K. Murphy // *J. Terramech.* – 1999. – V. 28, № 1. – P. 49-64.

32. Mancovic, M. Dynamic modeling of the transmission line of an agricultural tractor / M. Mancovic // *SAE Techn. Pap. Ser*, 1991. – P. 1-12.

33. Nattenes I. The mechanikal farm for 2030 – *Agricultural Engineering*, 1982. – № 1. – P. 30-32.

34. Niedrigor Luftdruck schont den boden / Volk Ludwig // *Getreide Mag.* – 1997. – V.3, № 3. – P. 108-111.

35. Performance of tractor cage whell as affected by lug height. Dubey R.K., Singh Bachchan. «*J. Agr. Eng.*». – 1985. – V. 22, № 3.– P. 1-8.

36. Rubber-tratching concept lifeby lighten weights / Collings Andy, Faulkner Andrew// Farmens Weekly. – 1994 – V. 121, N 21. – P. 61.
37. Sasaki, S. Articulated tracked vehicle with four diqrees of freedom /S. Sasaki, E. Miyata // J. Terramech. – 1991. – V. 28. – № 2. – P. 189-199.
38. Soane, B.D. The ground pressure of wheels and tracks / B.D. Soane // Power Farm. – 1970. – V. 44. – N 4. – P. 40-44.
39. Torobin L.B. Gauvin W.H. // Can. J. Chem. Eng. 1959. Vol. 37. N 4. P. 129-141.
40. Traction benefits of prepared traffic lanes. Burt Eddie C., Taylor James H., Welis Larry G. «Agr. Eng.». – 1984. – V. 65, N 9. – P.16-18.