

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**  
**Інженерно-технічний факультет**  
**Кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

НА ТЕМУ:

**«Обґрунтування та дослідження параметрів робочих органів  
машини для суцільного обробітку ґрунту»**

**Виконав:**

здобувач вищої освіти освітнього ступеня  
«Магістр» освітньо-професійної програми  
«Агроінженерія» спеціальності 208  
«Агроінженерія» денної форми навчання

**БАБІЙ Віталій Ярославович**

**Керівник:**

канд. техн. наук, старший науковий  
співробітник

**ГОВОРОВ Олександр Федорович**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_  
Кількість балів \_\_\_\_\_ Шкала ECTS \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р

**Допускається до захисту:**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р

Гарант освітньо-професійної програми  
«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»,  
кандидат технічних наук,  
доцент \_\_\_\_\_

**ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів  
Освітній ступінь „магістр”  
Спеціальність 208 „Агроінженерія”

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри,  
професор \_\_\_\_\_ Віктор  
ДУГАНЕЦЬ  
(підпис)  
„04” квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу

**Здобувачу БАБІЮ Віталію Ярославовичу**

**1. Тема роботи: «Обґрунтування та дослідження параметрів робочих органів машини для суцільного обробітку ґрунту»**

**2. Керівник роботи** канд. техн. наук, старший науковий співробітник  
**ГОВОРОВ Олександр Федорович**

Затверджено наказом Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року №355с

Термін подання закінченої роботи „20” 11 2025 року.

**3. Вихідні дані до роботи:**

1. Науково-технічна література по темі роботи.
2. Матеріали авторських свідоцтв і патентів на винаходи по темі роботи
3. Результати досліджень та випробувань.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

1. Огляд літератури.
2. Теоретичне обґрунтування роботи.
3. Енергетика роботи об'ємного рихлювача.
4. Програма і методика дослідження робочих органів.
5. Результати експериментальних досліджень.
6. Техніко-економічне обґрунтування.

Висновки.

Список використаної літератури

Додатки.

## 5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Титульна сторінка.
2. Тема, мета, об'єкт, завдання, предмет
3. Огляд конструкції культиватора
4. Типи робочих органів культиватора
5. Загальний вигляд модернізованого культиватора
6. Робочі органи модернізованого культиватора
7. Технологічна схема культиватора
8. Схема сил, що діють на гнучоштабову лапу культиватора
9. 10. 11. Результати експерименту
12. Техніко економічні показники
13. Висновки
14. Дякую за увагу

## Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	ПУКАС В.Л., доцент	04.04.2025	04.04.2025

Дата видачі завдання „04” квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів дипломної роботи	Термін виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
	Вступ	10.04.2025	10.04.25	
1	Огляд літератури	22.04.2025	22.04.2025	
2	Теоретичне обґрунтування роботи	7.05.2025	7.05.2025	
3	Енергетика роботи об'ємного рихлювача	15.06.2025	15.06.2025	
4	Програма і методика дослідження робочих органів	11.07.2025	11.07.2025	
5	Результати експериментальних досліджень	2.09.2025	2.09.2025	
6	Техніко-економічне обґрунтування	23.09.2025	23.09.2025	
	Висновки	7.10.2025	7.10.2025	
	Список використаних джерел	18.10.2025	18.10.2025	
	Додаток	20.11.2025	20.11.2025	

Здобувач

Віталій БАБІЙ

(підпис)

Керівник

Олександр ГОВОРОВ

(підпис)

# ЗМІСТ

Стор.

ЗАВДАННЯ .....	3
АНОТАЦІЯ.....	4
РЕФЕРАТ .....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП .....	7
<b>1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>10</b>
1.1. Завдання і види обробітку ґрунту.....	10
1.2. Механізація поверхневого обробітку ґрунту .....	17
1.2.1. Серійні культиватори .....	21
1.2.2. Патенти культиваторів .....	24
1.2.3. Теоретичні дослідження по обробітку ґрунту культиваторами .....	26
<b>2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....</b>	<b>39</b>
2.1. Агротехнічні вимоги до рихлення ґрунту .....	39
2.2. Теоретичне обґрунтування роботи об'ємного робочого органу .....	41
2.3. Розміщення робочих органів на рамі.....	47
2.3.1. В поздовжньому напрямі.....	50
2.3.2. В поперечному напрямі .....	53
<b>3. ЕНЕРГЕТИКА РОБОТИ ОБ'ЄМНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ.....</b>	<b>55</b>
<b>4. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.....</b>	<b>59</b>
4.1. Програма дослідження .....	59
4.2. Методика до сліджень.....	61
4.3. Визначення агротехнічних показників розпушування ґрунту.....	70
4.4. Засоби експериментування.....	72
<b>5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>76</b>
<b>6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>85</b>
УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	91
ДОДАТКИ.....	95

## **АНОТАЦІЯ**

В кваліфікаційній роботі представлено технічне рішення, щодо оптимізації роботи культиватора з об'ємними робочими органами. Позитивний результат досягається завдяки застосуванню культиватора з науково обґрунтованими параметрами робочих органів об'ємної дії, що забезпечує якісний обробіток ґрунту.

## **THE SUMMARY**

The qualification work presents a technical solution for optimizing the work of the cultivator with three-dimensional working bodies. A positive result is achieved through the use of a cultivator with scientifically sound parameters of the working bodies of three-dimensional action, which ensures high-quality tillage.

## РЕФЕРАТ

БАБІЙ Віталій Ярославович Обґрунтування та дослідження параметрів робочих органів машини для суцільного обробітку ґрунту. Кваліфікаційна робота. Кам'янець- Подільський; Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». 2025 р. \_\_\_\_сторінки, 14 слайдів презентації.

В кваліфікаційній роботі написано вступ, виконано огляд науково-технологічної літератури по темі. Досліджена енергетика роботи об'ємного рихлювача. Складена програма і методика дослідження робочих органів культиватора. Проведено техніко-економічне обґрунтування. Зроблені висновки і складено список використаної літератури. Оформлено додатки та ілюстративні матеріали.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** поверхневий обробіток, модернізований культиватор, робочі органи об'ємної дії, патенти культиваторів, техніко-економічні показники, програма і методика, робочі органи на рамі.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ,  
СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ**

Скорочення	Розшифровка скорочень
КР	кваліфікаційна робота
ОС	освітній ступінь
ККД	коефіцієнт корисної дії
ТЕП	техніко-економічні показники
ЛДГ	луцильник дисковий гідروفікований
КФ	культиватор фрезерний
ЕОМ	електронна обчислювальна машина

## ВСТУП

Обробіток ґрунту - одна з найважливіших складових системи землеробства. Незважаючи на те, що серед факторів, які впливають на врожайність йому, на думку деяких вчених, відводиться лише 7,5 - 17,4%, але це найбільш значуща й енергонасичена сукупність технологічних операцій.

**Актуальність теми.** Передпосівний обробіток ґрунту повинен забезпечити грудкуватий шар зверху для проникності повітря і легкого проростання паростка рослини і ущільнене ложе із незруйнованою капілярною системою, сприяючою припливу вологи до насіння. Крім того, у всі види передпосівної обробки ґрунту і догляду за рослинами включають роботу по боротьбі із бур'янами.

Перспективним вирішенням цього питання є створення відповідних конструкцій комбінованих ґрунтообробних машин.

У зв'язку з цим, розробка і дослідження модернізованого культиватора для суцільного обробітку ґрунту є досить актуальними.

**Мета роботи і задачі досліджень.** Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування основних параметрів та режимів роботи культиватора для суцільного обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- розробити методику, відповідно до якої провести системні експериментальні дослідження та аналіз характеру засміченості поля листостебловими та корневими залишками після збирання сільськогосподарських культур;

- проаналізувати способи та засоби механізації суцільного обробітку ґрунту;

- обґрунтувати послідовність виконання та структуру технологічних процесів суцільного обробітку ґрунту та розробити технологічну схему комбінованого подрібнювача;

- обґрунтувати основні технологічні параметри та режими роботи

робочих органів культиватора;

- розробити програму та методику експериментальних досліджень, виготовити лабораторну установку культиватора, провести експериментальні дослідження та обґрунтувати залежності енергетичних показників та показників якості обробітку від параметрів та режимів роботи культиватора;

- виготовити експериментальний зразок культиватора, обґрунтувати технологічні параметри та режими роботи культиватора, а також їх раціональні значення;

- визначити техніко-економічні, енергетичні та екологічні показники ефективності використання подрібнювача.

**Об'єкт дослідження** - суцільний обробіток ґрунту та модернізований культиватор для його реалізації.

**Предмет дослідження** - взаємодія робочих органів модернізованого культиватора із ґрунтом та бур'янами, залежність показників якості та ступеня подрібнення бур'янів та ґрунту від технологічних параметрів та режимів роботи культиватора, закономірності впливу параметрів робочих органів на ефективність роботи культиватора.

**Методи досліджень.** Теоретичні дослідження культиватора проводились з використанням основних положень вищої математики, фізики, теоретичної механіки та теорії землеробської механіки. Експериментальні дослідження виконувались з використанням сучасних методів планування багатофакторних експериментів. Опрацювання результатів експериментальних досліджень здійснювалось за допомогою методів математичної статистики з використанням ЕОМ та спеціально розроблених прикладних програм.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна кваліфікаційної роботи полягає в розробці об'ємного способу обробітку ґрунту, засміченого бур'янами та рослинними залишками грубостеблових культур, а також в обґрунтуванні технологічних параметрів і режимів роботи культиватора для його реалізації.

Розроблено методику та проведено системні дослідження, а також аналіз характеру засміченості поля.

Розроблено та обґрунтовано об'ємний спосіб обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур та розроблено технологічну схему культиватора.

Обґрунтовано раціональні параметри робочих органів та режими роботи культиватора;

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено та запропоновано об'ємний спосіб обробітку ґрунту, який базується на застосуванні модернізованого культиватора. Науково обґрунтовані конструктивні параметри робочих органів та режими роботи культиватора.

Використання культиватора з науково обґрунтованими параметрами робочих органів забезпечує якісний обробіток ґрунту. Продуктивність агрегату становить 3,0 га/год, термін окупності близько 2 років.

# 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Завдання і види обробітку ґрунту.

**Обробітком ґрунту** називається механічна дія на ґрунт за допомогою знарядь і машин, спрямована на покращення умов росту культурних рослин.

Перед обробітком ґрунту ставляться такі основні завдання, як зміна будови і структурного стану ґрунту, боротьба з бур'янами, загортання решток рослин і добрив, боротьба з ерозією ґрунту тощо.

Технологічні процеси при механічному обробітку ґрунту здійснюються за допомогою окремих прийомів обробітку ґрунту, з яких основними є оранка, лущення, культивація, боронування, шлейфування, коткування і фрезкування.

**Оранка** є прийомом обробітку ґрунту, що забезпечує перевертання і розпушування орного шару, а також підрізування підземної частини рослин, загортання добрив і післяжнивних решток. Оранку проводять плугами різної конструкції. Основними робочими органами корпусу плуга є леміш, ніж і полиця. Леміш корпусу плуга відрізає скиби в горизонтальній площині, а ніж - у вертикальній. Полиця перевертає скибу, розпушує її і набавляє в сусідню борозну. Якість оранки значною мірою залежить від форми полиць, які представлені на рисунку 1.1. Найкраща форма полиці - культурна, яка добре перевертає і кришить скибу.

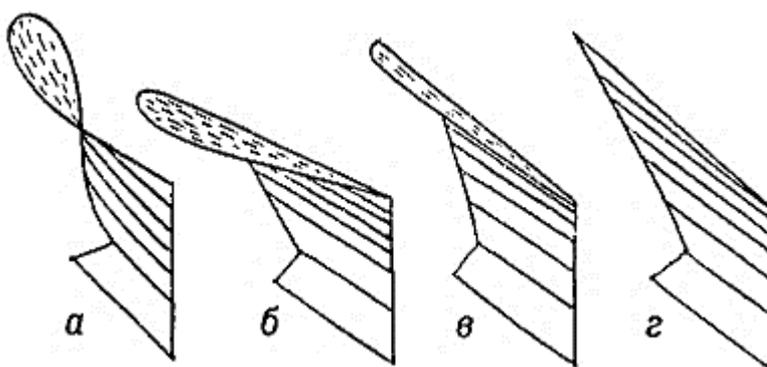


Рисунок 1.1. Форми полиць. а - гвинтова; б - напівгвинтова;  
в - культурна; г - циліндрична.

Найбільш досконалою оранкою є оранка плугом з передплужником, який встановлюється згідно схеми представленої на рисунку 1.2.

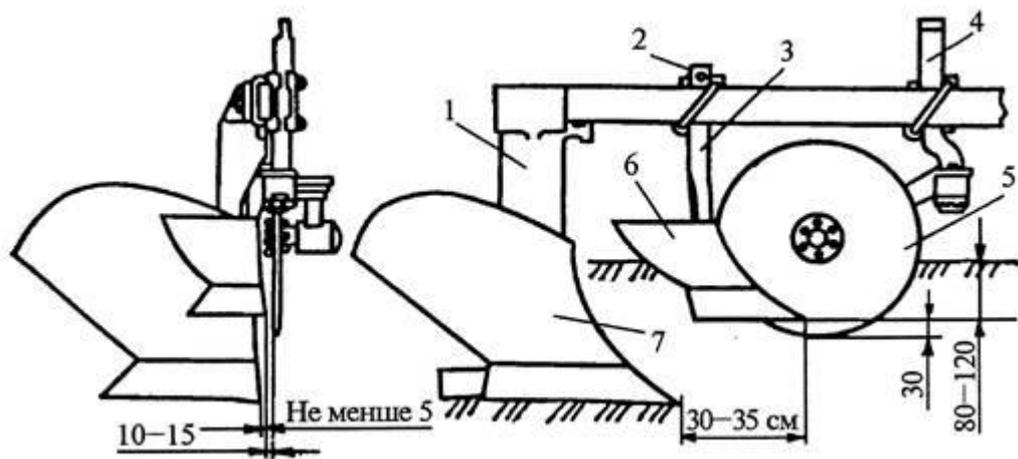


Рисунок 1.2. Схема встановлення передплужника і дискового ножа.  
 1 — стояк корпусу; 2 — отвори для встановлення передплужника по висоті; 3 — стояк передплужника; 4 - стояк ножа; 5 - дисковий ніж; 6 - передплужник; 7 — корпус плуга

Подаємо схему оранки плугом з передплужником рисунок 1.3. На якість оранки впливає глибина та строки її проведення. Найбільш поширена осіння зяблева оранка.

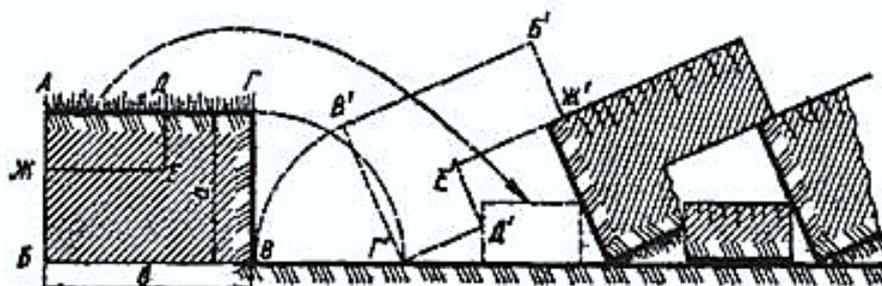


Рисунок 1.3. Схема оранки плугом з передплужником.

Після зяблевої оранки у ґрунті більше нагромаджується вологи, краще відновлюється структура, а також підвищується ефективність боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами с/г рослин.

Оранку проводять на різну глибину, залежно від ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей вирощування рослин.

Якщо оранку проводять на глибину до 20 см, її називають мілкою; на 20 - 22 см - середньою, а якщо орють на 25 см і більше - глибокою.

Є два способи оранки: загінна і гладка. Найбільш поширена загінна оранка (рис.1,4), при якій поле розбивають на рівні за шириною загінки. Виділені загінки орють вклад або врозгін. Оранку вклад починають з середини

загінки, а в кінці загінки агрегат повертають вправо. Оранку врозгін починають з правого боку загінки, а в кінці агрегат повертають вліво.

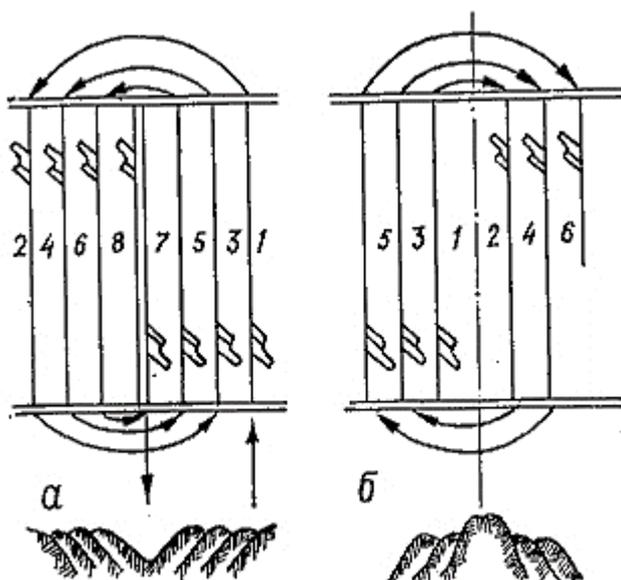


Рисунок 1.4. Схема загінної оранки: а - врозгін; б - всклад.

**Луцнення** - прийом обробітку ґрунту, який забезпечує розпушення, часткове перевертання і перемішування ґрунту, а також підрізування бур'янів. Проводять його після збирання культур суцільного способу сівби.

Основним завданням луцнення є збереження вологи й нагромадження вологи в ґрунті, знищення бур'янів і шкідників. Для луцнення використовують лемішні (рис.1.5) та дискові (рис.1.6) луцильники, але перевагу мають лемішні луцильники. Луцнення проводять на глибині від 6 до 14 см, залежно від стану поля.

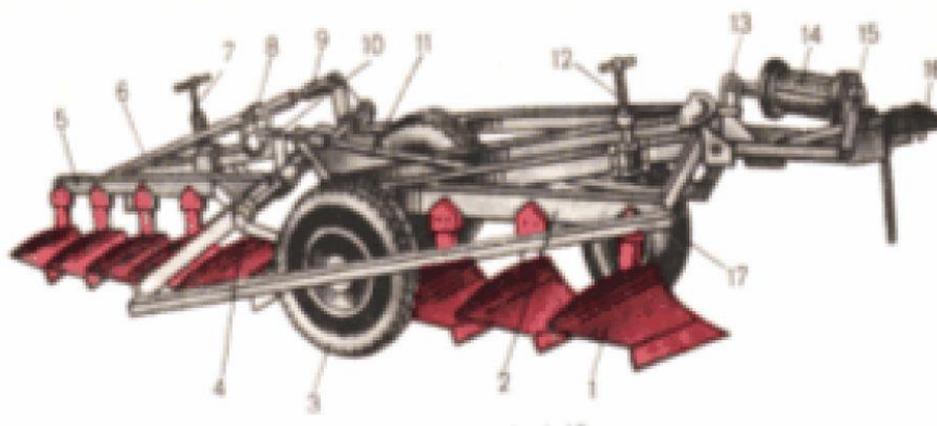


Рисунок 1.5. Лемішний плуг-луцильник ППЛ-10-25.

1 - корпус; 2 і 5 - секції рами; 3 і 17 - колеса; 4 - вісь; 6 - штанга; 7 і

12 - регулятори глибини; 8 - штурвал; 9 - довантажувач; 10 - кронштейн; 11 - тяга; 13 - важіль; 14 - гідроциліндр; 15 - поводок; 16 - причіпний пристрій.

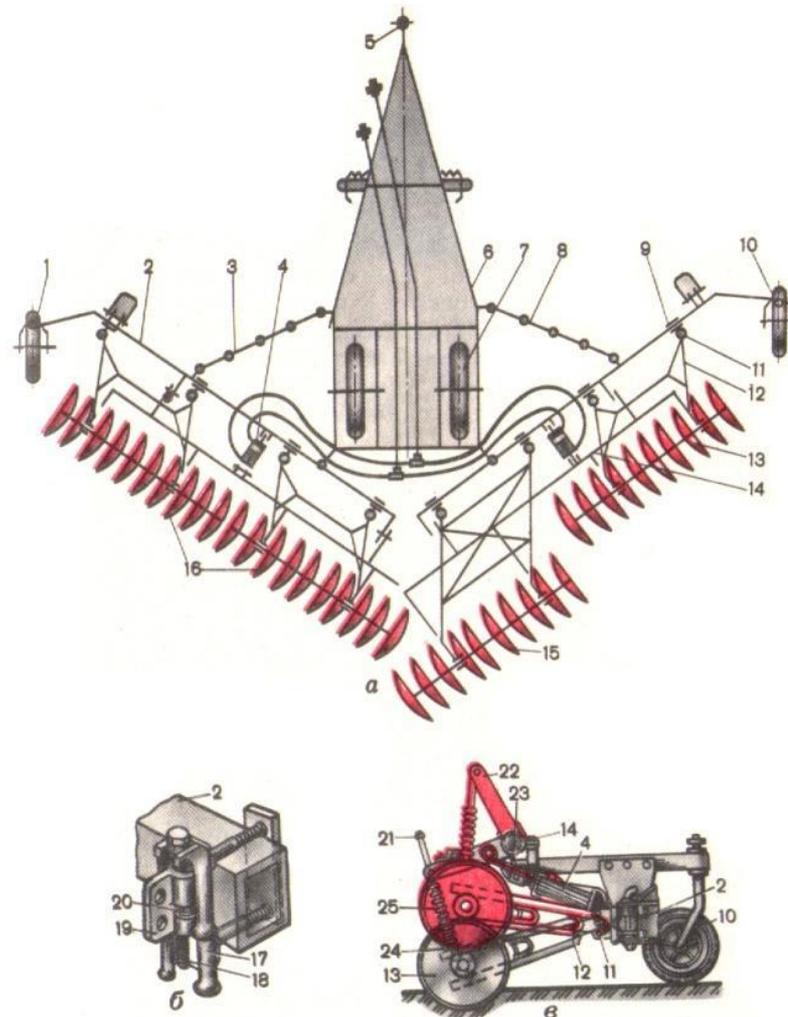


Рисунок 1.6. Дисковий гідрофікований луцильник ЛДГ - 5А.

а - загальний вигляд; б - регульований понижувач; в - механізм підйому: 1, 7 і 10 - колеса; 2 - брус; 3 і 8 - тяги; 4 - гідроциліндр; 5 - серга; 6 - рама; 9 - хомут; 11 - понижувач; 12 - рамка; 13 - батарея; 14 - труба підйому; 15 - перекриваюча батарея; 16 - диски; 17 - корпус понижувача; 18 - болт; 19 - повзун; 20 - регульовальна гайка; 21 - штанга; 22 і 23 - важелі; 24 - шплінт; 25 - пружина.

**Культивація** - це такий прийом обробітку ґрунту, під час якого розпушується і перемішується ґрунт, а також підрізуються бур'яни. Проводять його культиваторами різних конструкцій, робочими органами яких є лапи різної конструкції (рис.1.7). Глибину культивації встановлюють залежно від

конкретних завдань обробітку, вологості ґрунту тощо. Так, глибина передпосівної культивуації має відповідати глибині загортання насіння. Глибина міжрядних культивуацій просапних культур залежить від біологічних особливостей, способу вирощування певної культури, погодних умов.

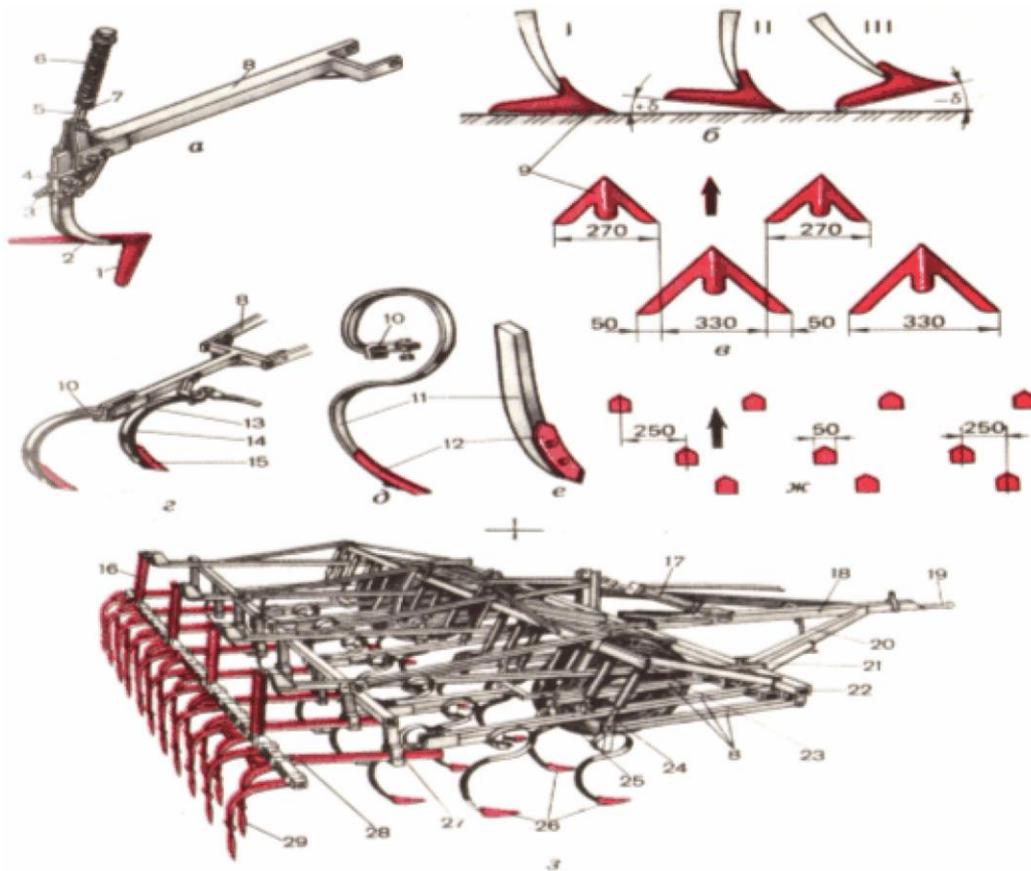


Рисунок 1.7. Культиватор КПС-4.

а - універсальна стрільчата лапа; б - варіанти положень лапи в вертикальній площині; в і ж - розміщення робочих органів; г, д і е - розрихлюючі лапи; з - загальний вид культиватора КПС-4; 1, 12 і 15 - наральники; 2, 11, 14 - стійки; 3 - болти; 4 і 10 - тримачі; 5 - штанга; 6 - пружина; 7 - упор; 8 - гряділь; 9 - лапа; 13 - підплучник; 16 - штанга з пружиною; 17 - гідроциліндр; 18 - сниця; 19 - серга; 20 - підставка; 21 - регулятор глибини; 22 - рама; 23 - кутник; 24 - штанга з пружиною; 25 - колесо; 26 - робочі органи; 27 - понижувач; 28 - пристосування; 29 - пружинна боронка;

**Боронування** - це агротехнічний прийом обробітку ґрунту, під час якого

розпушується, перемішується ґрунт і вирівнюється його поверхня, а також частково знищуються проростки і сходи бур'янів. Боронування проводять зубовими, сітчастими, пружинними та ротаційними боронами.

В сучасних умовах широко використовуються для проведення боронування дискові борони (рис 1.8).

Розрізняють три способи боронування: загінний, фігурний і поперечно - діагональний. Якість боронування оцінюють за такими ознаками:

- відсутність огріхів;
- належна глибина розпушування (вимірюють у 20 місцях);
- відсутність брил і гребенів;
- відсутність бур'янів;
- найменше розпилення ґрунту;
- своєчасність проведення.

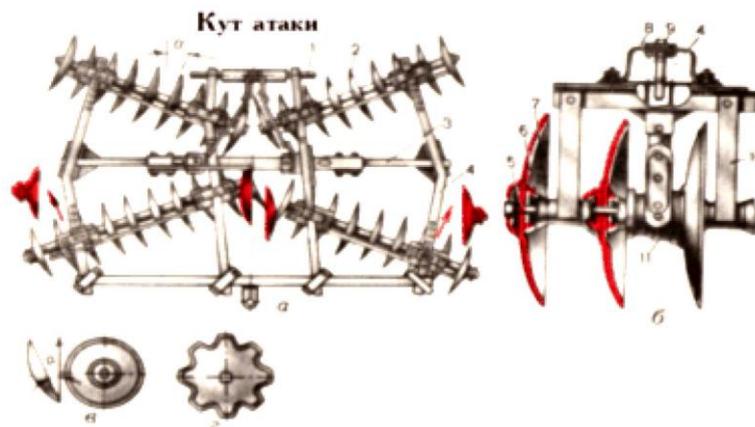


Рисунок 1.8. Дискова борона БДН-3.

а - загальний вигляд; б - батарея; в - диск легкої борони; г - диск важкої борони; 1 - навіска; 2 - батарея; 3 - рама; 4 - боковий брус; 5 - вісь; 6 - диск; 7 - шпилька; 8 - кронштейн; 9 - штир; 10 - чистик; 11 - підшипник.

**Коткування** - агротехнічний прийом обробітку ґрунту, під час якого ущільнюється ґрунт і вирівнюється поверхня поля, а також підрівнюються глибші шари ґрунту. Застосовують його переважно перед сівбою та після сівби для вирівнювання ріллі та ущільнення розпушеного ґрунту, щоб посилити надходження вологи з нижніх шарів ґрунту до верхніх та забезпечення кращого контакту насіння з ґрунтом. Для коткування використовують гладкі,

рубчасті, кільчасті і кільчасто-шпорові катки (рис.1.9).

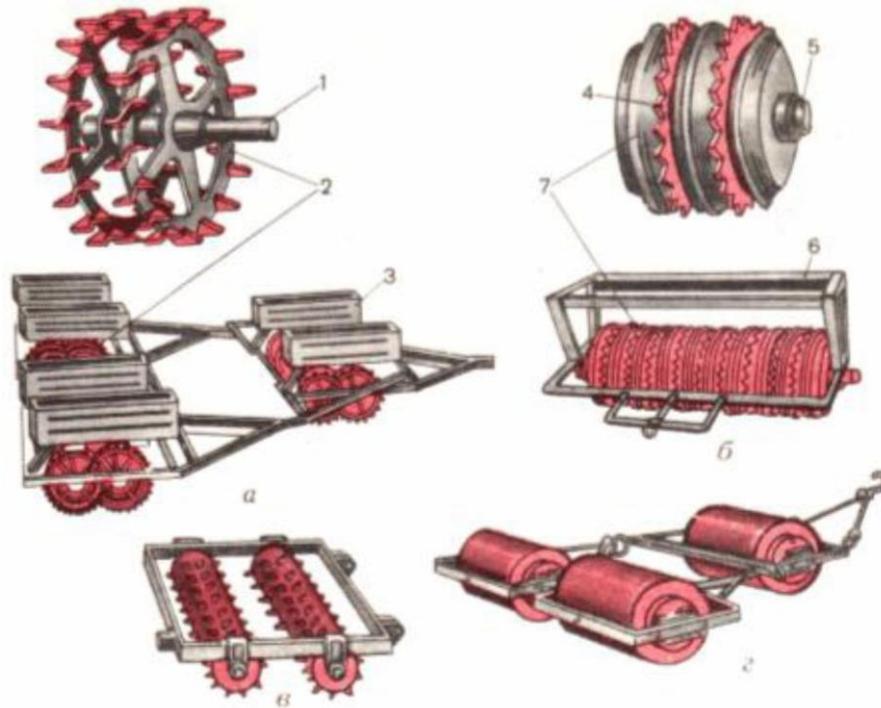


Рисунок 1.9. Катки

а - кільчасто- шпоровий; б - кільчасто- зубчастий; в - борончатий; г - гладкий водоналивний; і 5 - осі; - диски; 3 і 6 - баластні ящики; 4 і 7 - колеса.

**Фрезування** - прийом обробітку ґрунту, під час якого кришиться і переміщується шар ґрунту, який обробляють. Застосовують фрезування під час освоєння осушених боліт, а також на дуже задернілих ґрунтах. Основним робочим органом фрези є фрезерний барабан, до якого прикріплені лапи різної форми. Принцип роботи фрези показаний на рисунку 1.10.

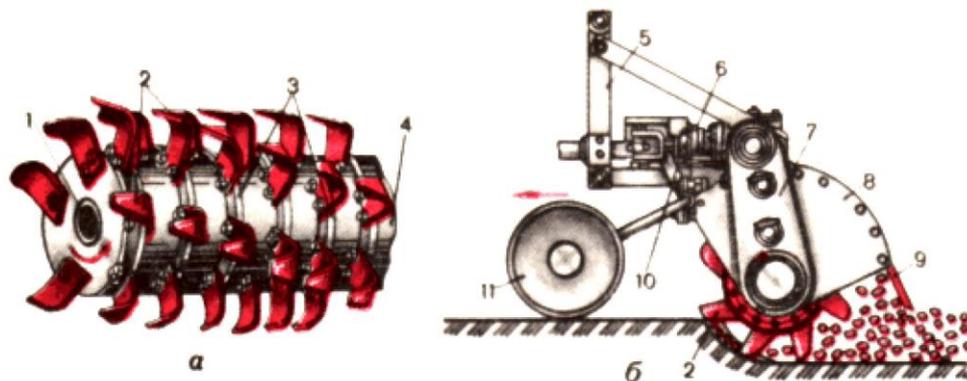


Рисунок 1.10. Ґрунтообробна фреза ФБН-2.

а - робочий орган; б - загальний вид фрези; 1 - вал; 2 - ножі; 3 і 4 - диски; 5 - навіска; 6 і 7 - редуктори; 8 - кожух; 9 - решітка; 10 - регулятор; 11 - колесо.

## **1.2. Механізація поверхневого обробітку ґрунту**

Залежно від операцій поверхневого обробітку ґрунту, машини поділяють на: культиватори, борони, котки, мотики, луцильники, комбіновані агрегати та ін. Комбіновані ґрунтообробні агрегати за один прохід виконують декілька простих операцій з поверхневого обробітку ґрунту. Вони розпушують ґрунт, вносять мінеральні добрива, подрібнюють грудки, прикотковують ґрунт тощо.

Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на провокацію сходів бур'янів і виснаження кореневої системи багаторічних їх видів у весняний період, створення ущільненого посівного ложе та вологозатримного дрібногрудочкуватого поверхневого шару ґрунту. На полях ранніх ярих культур (ячмінь, овес, горох та ін.) провокаційними заходами, які сприяють проростанню насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту і частково знищують сходи зимуючих їх видів, є боронування, шлейфування, коткування, культивації. Проте за умови холодної весни ефект провокації сходів не високий. Значно більші протибур'янові можливості має передпосівний обробіток на полях пізніх ярих культур.

Найвищого протибур'янового ефекту досягають у системі догляду за полем чистого пару. Для цього, починаючи з весни, проводять пошаровий обробіток ґрунту на цьому полі, спрямований на очищення верхнього шару від сходів бур'янів і вегетативних зачатків. Особливістю технології пошарового обробітку ґрунту в полі чистого пару полягає в поступовому зменшенні глибини культивацій від найбільш глибокої першої весняної на 8-10 см до передпосівної на 4-6 см перед сівбою озимої пшениці. протягом літа проводять 3-4 культивації. Кількість їх залежить від появи чергових сходів бур'янів, викликаних опадами.

Заслуговує уваги питання необхідності ранньовесняного розпушування ґрунту для зменшення випаровування вологи. Спостереженнями встановлено, що на оструктурених чорноземах, а також піщаних і глинисто- піщаних ґрунтах можна не закривати вологи, оскільки втрата її з таких ґрунтів на

випаровування припиняється природним руйнуванням капілярного механізму руху води у верхньому шарі на початку його висихання.

На безструктурних, розпилених ґрунтах ранньовесняне боронування необхідне, оскільки капілярні щілини в них зберігаються до повного висихання ґрунту. Якщо ґрунт важкий, послідовність заходів ранньовесняного розпушування передбачає боронування важкими чи середніми боронами з наступним шлейфуванням і боронуванням легкими боронами. На легких ґрунтах або на гребенистому зябі, навпаки, спочатку проводять шлейфування, а потім боронують. Доцільні комбіновані агрегати, які здійснюють вказані заходи за один прохід. Заходи передпосівного обробітку виконують упоперек основного або під кутом 10-45° до нього. Глибину передпосівного обробітку диференціюють залежно від гранулометричного складу ґрунтів і в вологості: на важких і вологих — більша, на легких і сухих — менша. перед сівбою цукрових буряків та овочевих культур обробіток ґрунту проводять на глибину загортання насіння, на незапливаючих, важких ґрунтах — глибше, з наступним коткуванням. При внесенні під передпосівний обробіток легких гербіцидів їх у посушливу погоду загортають дисковими знаряддями БДТ-7, БДТ-10 або комбінованими агрегатами РКВ-3,6, а за вологої погоди — культиваторами КПС-4 в агрегаті з важкими боронами. Певні особливості має передпосівний обробіток на полі, відведеному під картоплю. За гребеневої технології вирощування перед садінням бульб площу культивують на глибину 10 — 20 см і створюють гребені культиваторами КОН-2,8.

Система післяпосівного обробітку ґрунту складається із заходів, спрямованих на створення умов, сприятливих для появи сходів культурних рослин та їхнього росту і на знищення бур'янів. Для цього після сівби в посушливих умовах площу коткують, а за достатнього зволоження при необхідності боронують до і після появи культурних рослин. Ця потреба виникає після дощів, коли утворюється ґрунтова кірка — ущільнений поверхневий шар, якій погіршує повітрообмін у ґрунті, а також для ефективного знищення проростків бур'янів у фазі "білої ниточки".

Комплексні агротехнічні післяпосівні заходи — це боротьба з бур'янами, боронування, коткування, міжрядні культивації посівів просапних культур, підгортання культурних рослин у рядках з присипанням сходів бур'янів тощо. Боронування проводять до й після появи сходів культурних рослин обережно і в той час, коли бур'яни найменш стійкі проти механічних впливів, а проростки культурних рослин перебувають ще глибоко у ґрунті й не пошкоджуються робочими органами борін або сходи їх зміцніли настільки, що стали стійкими проти механічних впливів цих органів. Найвразливішими до боронувань є проростки бур'янів завдовжки понад 1 см (фаза "білої ниточки") і не пізніше утворення сім'ядольних листків у двосім'ядольних їх видів або першого справжнього листка в односім'ядольних. Із появою 2-3 пар листків та формуванням вторинної кореневої системи стійкість бур'янів проти механічної дії різко зростає. Боронують площу на полях культур як вузькорядного способу сівби, так і просапних. Технічна ефективність цього заходу може сягати 70-95% знищення сходів бур'янів за умови раціонального вибору необхідних знарядь і строків його проведення. Посіви зернових колосових боронують у фазі від 3-4 листків до кущення, гороху — 3-5 листків, але до утворення вусів, кукурудзи — 2-5 листків, соняшнику — 1-3 листки, цукрових буряків — перша пара листків упоперек чи під кутом до рядків зі швидкістю 3-5 км/год, краще в другій половині дня в стані меншого тургору тканин, вибравши відповідно до умов поля потрібний тип борін. На важких ґрунтах перевагу віддають важким чи середнім боронам, а на легких — посівним.

Міжрядні культивації ґрунту. Проводять їх у посівах просапних (соняшник, кукурудза, картопля, буряки, овочеві) та зернових (просо, гречка) культур, висіяних широкорядним способом. Культиваціями з одного боку знищують сходи бур'янів у міжряддях і одночасно провокують насіння до проростання. Важливо при цьому кілька разів міжрядні культивації на полі виконувати на одну глибину, або ж зменшувати її від першої до останньої, щоб запобігти внесенню у верхній шар ґрунту нових порцій схожого насіння

бур'янів із глибших його шарів. Сучасні культиватори вітчизняного та зарубіжного виробництва обладнують спеціальними пристроями для підвищення протибур'янової ефективності міжрядних культивацій: підгортачами, ротаційними батареями РБ-5,4 металевими прутковими роторами, плоскорізними лапами-бритвами, борінками КРН-4,8. Ці пристрої дають змогу знищувати бур'яни не тільки в міжрядді, але й у захисній смузі рядків культурних рослин, не пошкоджуючи останніх. Для зменшення ширини захисної смуги рядків просапних культур їх висівають з одночасним утворенням на ширині захвату сівалки двох спрямовуючих щілин-орієнтирів завглибшки 22-25 см за допомогою змонтованих на її рамі щілинорізів. На рамі культиваторів для міжрядного обробітку цих посівів закріплюють такі ж самі лапи-копіри, призначені для входження в зроблені при сівбі щілини - орієнтири і копіювання проходу культиватора відповідно до сівалки. Ця технологія дозволяє зменшити ширину захисної смуги рядків до 5-6 см і підвищити технічну ефективність міжрядних обробітків. Перелічені прогресивні технологічні новації дають можливість довести технічну ефективність міжрядних обробітків ґрунту просапних культур до 85-90% і вирощувати останні без застосування гербіцидів або з мінімальним їх використанням.

Впроваджуючи зарубіжні технології вирощування сільськогосподарських культур, необхідно враховувати особливості обробітку ґрунту. Наприклад, за голландської технології вирощування картоплі перед садінням ґрунт розпушують фрезою на глибину 12-14 см. Висаджують бульби на глибину 45 см у невеликі гребені заввишки 8-10 і завширшки 30-35 см, які утворюють диски-саджалки. Від садіння до збирання на площі проводять лише один механічний обробіток фрезерним культиватором до або після появи сходів культури для підтримання гребеня, засипаючи і сходи картоплі, й бур'яни шаром ґрунту завтовшки 3-5 см. Картопля швидко звільняється від шару ґрунту, а бур'яни гинуть. Гербіцид зенкор вносять перед появою сходів чи до досягнення ними висоти 5-7 см, і на цьому догляд за посівами культури

завершують. На легких ґрунтах замість фрезерного культиватора можна використати дискові підгортачі на культиваторах КОН-2,8.

Система обробітку ґрунту в сівозміні об'єднує логічно послідовні й пов'язані між собою ланки основного, передпосівного та післяпосівного обробітків під усі вирощувані культури. Важливим при цьому є дотримання принципів різноглибинності обробітків ґрунту впродовж ротації сівозміни і чергування способів їх виконання в часі (табл. 4.5). Об'єктивна необхідність дотримання принципу різноглибинності обробітків зумовлена явищем так званої плужної підшови — ущільненим шаром ґрунту, який виникає на глибині обробітку за умови одноглибинного його проведення. Причиною цього вважають ущільнювальний вплив робочих органів засобів обробітку, а також осідання на ущільненому прошарку вимитих із верхнього розпушеного шару мулуватих частинок ґрунту. Об'ємна маса ґрунту в шарі плужної підшови інколи досягає 1,4—1,5 г/см<sup>3</sup>. За такої умови корені просапних культур, цукрових буряків, картоплі, кукурудзи та соняшнику погано проникають у ґрунт, чим погіршуються ріст рослин і знижується їх продуктивність.

### **1.2.1. Серійні культиватори**

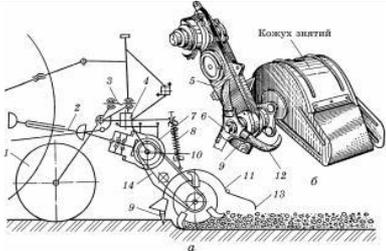
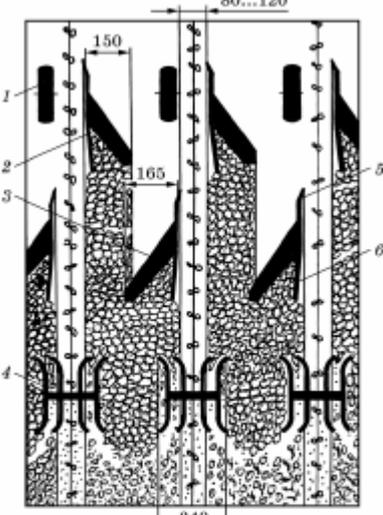
**Культиватори для суцільного обробітку ґрунту** призначені для розпушення верхнього шару (залежно від культури 3...16 см) ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив. Важкими культиваторами типу КПЗ-3,8А, КТС-10 можна здійснювати також мілке розпушення ґрунту на глибину до 16 см. Ці знаряддя мають дещо меншу продуктивність, ніж дискові борони, але сприяють затриманню більшої кількості вологи в посушливий період, менше розпилюють структуру ґрунтових агрегатів, забезпечують вищу протиерозійну стійкість поверхні ґрунту. Особливо висока ефективність застосування цих знарядь при підготовці ґрунту під озимі культури. Як правило, посушливий період, короткі терміни і високі вимоги до якості підготовки поля під посів — це умови, за яких мілкий обробіток без обертання скиби є найефективнішим. Різні типи

культиваторів представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1-Типи культиваторів для суцільного обробітку ґрунту

Назва культиватора	Призначення	Схема
1. Культиватор паровий швидкісний КПС-4	Для передпосівного суцільного розпушення ґрунту на глибину до 12 см та очищення ґрунту на чорних парах від бур'янів з одночасним боронуванням.	<p>Рис. 1.42. Культиватор причіпний для суцільного обробітку ґрунту КПС-4:  <i>a</i> – загальний вигляд; <i>b</i> – стрічкові лапи; <i>г</i> – ролувувальні лапи; <i>1</i> і <i>12</i> – бічні бруси сици; <i>2</i> – регулятор глибини; <i>3</i> – опорне колесо; <i>4</i> – рама; <i>5</i> і <i>9</i> – граделі; <i>6</i> – лапа; <i>7</i> – повідці; <i>8</i> – навісний механізм для борів; <i>10</i> – гідроциліндр; <i>11</i> – сици; <i>13</i> – причіпний пристрій; <i>14</i> – підставка; <i>15</i> – транспортна тяга; <i>16</i> – стовб; <i>17</i> – кутки рами; <i>18</i> – пружина; <i>19</i> – шпалит; <i>20</i> – штапга; <i>21</i> – планка; <i>22</i> – утримувач; <i>23</i> – <i>25</i> – болтові з'єднання</p>
2. Культиватор розпушувач КР-4,5	Для основного та передпосівного суцільного розпушення ґрунту на глибину до 16 см та обробітку чорних парів.	<p>Рис. 1.43. Культиватор-розпушувач КР-4,5:  <i>1</i> – ПОПДСІВ КЛЕС-С-Я; <i>2</i> – штілілігі пристрій; <i>7</i> – регул кш-аль-інші КІ-ЧНН.ЛІП; <i>4</i> – стіяк; <i>5</i> – ППІДС-Ш. дїскового рв.іпушувачі; <i>6</i> – бвтвр-д дїсків; <i>7</i> – дїлскїрїлїпї ЛІЛІ; <i>8</i> – рїшїї;  <i>5</i> – 11 лі і рїшї-колеса</p>
3. Культиватор дисковий навісний F2	Для основного суцільного мінімального обробітку ґрунту під зернові колосів на глибину 8.. 16 см, а також для лушення стерні після збирання культур-попередників, обробітку чорних парів та передпосівного обробітку ґрунту на глибину 5.. 10 см.	<p>Рис. 1.44. Культиватор дисковий навісний F2:  <i>1</i> – рама; <i>2</i> – плоскорїзна лапа; <i>3</i> – дїсковий подрїбїнувач; <i>4</i> – прутковий коток; <i>5</i> – регулятор; <i>6</i> – навісний механїзм; <i>7</i> – пружинний запобїжник</p>

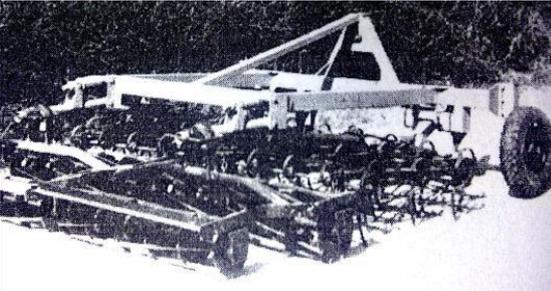


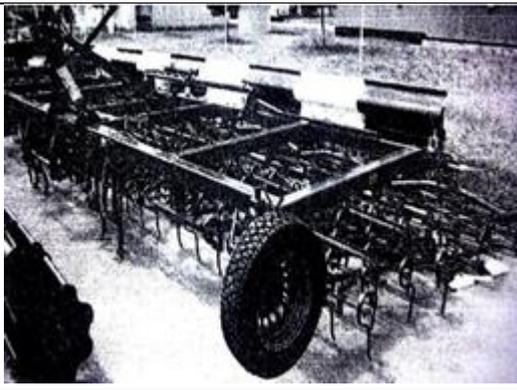
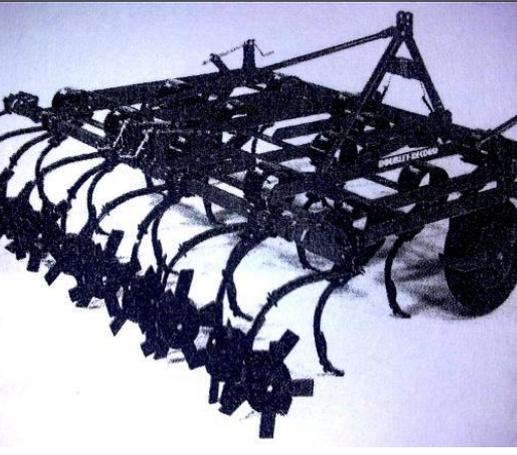
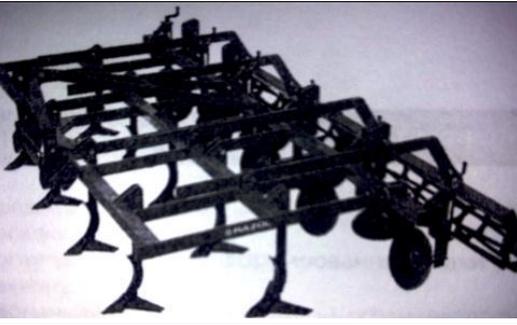
<p>Культиватор фрезерний КФ-5,4</p>	<p>Для міжрядного грубого обробітку дванадцятирядн их посівів цукрових буряків та інших низькостеблових культур, які вирощують міжряддям 45 см.</p>	 <p>Рис. 1.48. Культиватор фрезерний КФ-5,4: а — принципова схема; б — робоча секція; 1 — опорне колесо; 2 — карданна передача; 3 — гвинтовий механізм; 4 — рама; 5 — корпус; 6 — диск; 7 — редуктор; 8 — штанга з пружиною; 9 — пасивний кіл; 10 — вал; 11 — ковзак; 12 — активний кіл; 13 — фартух; 14 — ланцюгова передача</p>
<p>Культиватор «Плай-М»</p>	<p>Для точного міжрядного обробітку ґрунту на глибину 2...10 см із захисною зоною рядка не більше, ніж 10 см, у посівах цукрових буряків та інших культур, що вирощуються міжряддям 45 см</p>	 <p>Рис. 1.50. Схема міжрядного обробітку культиватором «Плай-М»: 1 — опорний коток секції робочих органів; 2 і 3 — лапи-бритви; 4 — ротаційні пелюсткові борінки; 5 і 6 — носок і п'ятка захисного щитка лапи-бритви</p>

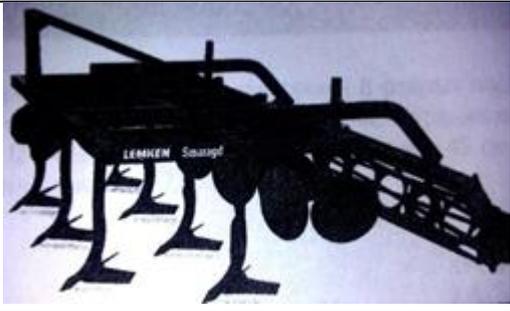
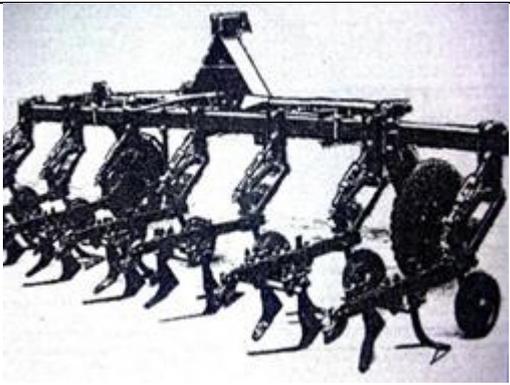
### 1.2.2. Патенти культиваторів

Існує велика кількість патентів і винаходів, які пов'язані з поверхневим обробітком ґрунту, деякі з них представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3-Патенти культиваторів

Назва культиватора	Виробник, призначення	Схема культиватора
<p>1 .Культиватор ротаційний комбінований КРК-2,7</p>	<p>Тернопільський комбайновий завод, Суцільний передпосівний обробіток після оранки.</p>	

<p>2. Культиватор для міжрядного обробітку «Сикам»</p>	<p>Рау Агротехнік, Р-113. Для міжрядного обробітку</p>	
<p>3. Культиватор для передпосівного обробітку «Унімат»</p>	<p>Рау Агротехнік, Р-113. Підготовка ґрунту під посів.</p>	
<p>4. Культиватор стерньовий «Doublet Record»</p>	<p>Рекорд, Р-115.</p>	
<p>5. Культиватор-подрібнювач «Арамікс»</p>	<p>Разол/Массей Фергюсон, Р-112</p>	
<p>6. Культиватор чизельний стеблеріз «Mulcher» MLXS 51-16/7</p>	<p>Разол/Массей Фергюсон, М-0,88</p>	

7.Культиватор серії «Смарагд»	Лемкен, Л-0,76	
8.Культиватор для суцільного обробітку ґрунту КПСП-4	Красная звезда, К-069. Для суцільного обробітку ґрунту з одночасним боронуванням.	
9.Культиватор навісний просапний прецизійний КА-4,2	Красная Звезда К-0,69. Для післясходової культивації, просапних культур соняшника, цукр.бур.,сої.	

### 1.2.3. Теоретичні дослідження по обробітку ґрунту культиваторами

Теперішні технології передбачають окреме виконання подрібнення рослинних залишків на полі та основного обробітку ґрунту.

Для подрібнення рослинних залишків на півдні та заході України використовують переважно важкі дискові борони та дискові луцильники. Основний обробіток проводять полицевими та чизельними плугами, культиваторами-плоскорізами тощо.

За технологічним процесом та типами робочих органів засоби механізації обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур поділяють на дискові борони, луцильники,

культиватори, фрези та комбіновані ґрунтообробні агрегати.

Аналіз існуючих машин і робочих органів, які досліджувались, дає можливість класифікувати їх за різними ознаками.

Найбільш суттєвою ознакою запропонованої класифікації є тип робочого органу. Відповідно до цієї ознаки ґрунтообробні машини, що застосовуються при обробі ґрунту, засміченого рослинними рештками можна розділити на три основні групи - з пасивними робочими органами, з активними робочими органами та комбіновані (рис. 1.11).

Подрібнювачі з пасивними робочими органами можуть бути оснащені ножовими, лемішними та дисковими робочими органами.

Подрібнювачі з активними робочими органами оснащують фрезами з механічним або гідравлічним приводом, які за положенням осі обертання поділяються на три основні групи - фрези з горизонтальним, вертикальним та вертикально нахиленим валом обертання.

Поєднання активних робочих органів з пасивними широко поширене в сільськогосподарських машинах для різного виду обробі ґрунту.

Саме тому, вчені та конструктори науково-дослідних установ на перспективу ставлять завдання створити комбіновані ґрунтообробні машини з пасивними та активними робочими органами, які дозволяють одночасно в одній технології виконати декілька операцій по обробі ґрунту, а саме:

- фрезерування з визначеною глибиною і ступенем подрібнення ґрунту;
- підгортання;
- прикочування;
- вирівнювання ґрунтової поверхні тощо.



Рисунок 1.11. Схема класифікації основних засобів механізації обробки ґрунту, засміченого рослинними рештками грубостеблових культур

Комбіновані подрібнювачі рослинних залишків грубостеблових культур за принципом дії їх активних робочих органів відрізняються за:

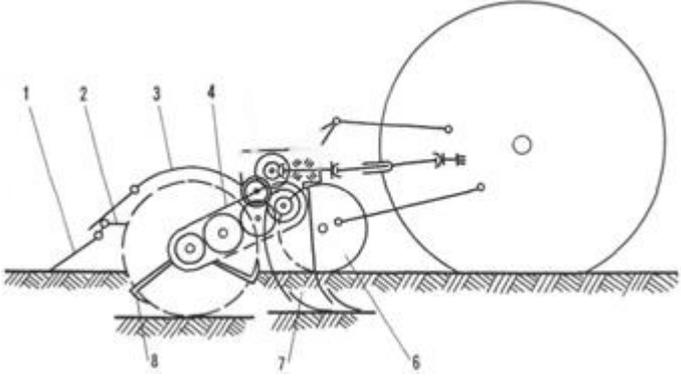
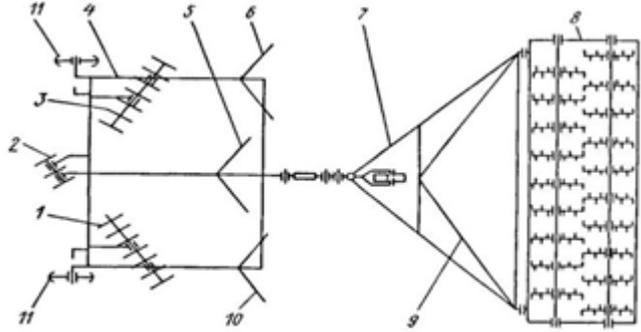
- формою (суцільні, роздільно-ножові);
- характером дії на ґрунт (різальні, розпушувальні, комплексної дії);
- способом кріплення (жорстке, пружинне, шарнірне, вільне, комбіноване);
- віссю обертання (горизонтальна, вертикальна, вертикально-нахилена).

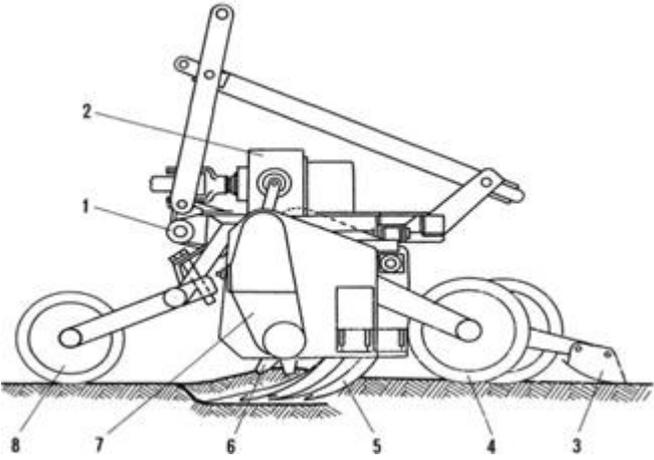
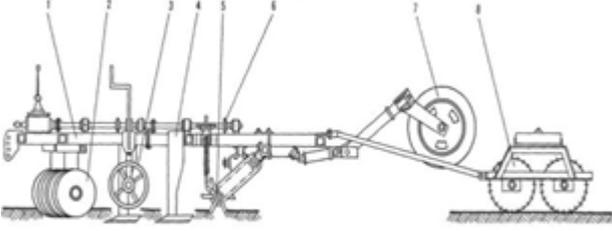
На відміну від знарядь з пасивними (дисковими) робочими органами, подрібнювачі активного (фрезерного) типу забезпечують більш високий ступінь подрібнення залишків грубостеблових просапних культур, що досягається раціональним підбором поступальної швидкості агрегату, частоти обертання барабану та кількості встановлених ножів. Крім того, активний обробіток ґрунту характеризується сталою глибиною, меншою гребенистістю,

більшою пухкістю обробленого шару, вищою якістю розпушування на всю глибину обробітку порівняно з оранкою плугом.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати для основного обробітку ґрунту, засміченого залишками грубостеблових культур наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Комбіновані ґрунтообробні агрегати для основного обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур

Назва агрегату	Схема
<p>- плуг з ротаційними робочими органами ПР-2</p>	 <p>1 - решітка; 2 - механізм чистиків; 3 - кожух; 4 - боковий редуктор; 5 - головний редуктор; 6 - опорне колесо; 7 - долотоподібна лапа; 8 - ножовий барабан</p>
<p>- ґрунтообробний агрегат АКП-2,5</p>	 <p>1, 2, 3 - дискові батареї; 4 - рама; 5, 6, 10 - плоскоріжучі робочі органи; 7 - сниця котка; 8 - кільчасто-шпоровий коток; 9 - волокуша-борона</p>

Назва агрегату	Схема
<p>- ґрунтообробний агрегат АКПР-3,6</p>	 <p>1 - рама з начіпкою; 2 - головний редуктор; 3 - вирівнювач; 4 - коток; 5 - рихлителі; 6 - ножевий барабан; 7 - боковий редуктор; 8 - опорне колесо</p>
<p>- універсальний комбінований ґрунтообробний агрегат УКГА</p>	 <p>1 - рама; 2 - секції дискових батарей; 3 - опорне колесо; 4 - плоскоріз; 5 - подрібнювач активної дії; 6 - механізм приводу; 7 - транспортне колесо; 8 - дворядний коток</p>

Плуг з ротаційними робочими органами ПР-2 призначений для обробітку ґрунту з одночасним подрібненням рослинних залишків. Технологічний процес майже не відрізняється від процесу, що виконує фреза з горизонтальною віссю обертання. При русі агрегату Г-подібні ножі при обертанні барабана перерізають рослинні залишки і відрізають шари ґрунту, які лягають на пружинні пластини і переносяться назад і вгору, де, зустрічаючись з чистиками, падають з пластин в перевернутому стані. Рослинні залишки потрапляють під шар ґрунту. Якість кришення пласта забезпечується зміною подачі на ніж. Попереду ножевого барабана встановлені долотоподібні лати, які полегшують роботу ножів.

Машина АКПР-3,6 поєднує операції по обробітку ґрунту, подрібненню рослинних залишків грубостеблових просапних культур і послідуєчому прикочуванню, та складається з центральної рами з начіпним пристроєм і встановленого на рамі головного редуктора 2, двох робочих секцій (лівої і правої), на рамах яких змонтовані робочі органи і бокові редуктори. Ліва і права рами шарнірно приєднані до центральної рами, мають ковзани, які ковзають по направляючим, також шарнірно приєднаних до центральної рами. До нижнього бруса правої і лівої секції кріпляться рихлителі 5. Над лапами рихлителів кожної секції встановлений ножовий ротор 6, привод якого здійснюється від головного редуктора через боковий кардан і боковий ланцюговий редуктор. Позаду кожної секції приєднаний коток 4. Стикання між котками загладжується вирівнювачем 3. Глибина обробітку ґрунту регулюється зміною положення опорних коліс 8. Відстань між ножовим барабаном і лапами регулюється шляхом переміщення бруса з лапами в вертикальних пазах. Технологічний процес передбачає обробіток ґрунту за один прохід на глибину до 14 см, подрібнення рослинних залишків просапних культур, мульчування ними поверхні ґрунту та її прикочування.

Комбінований ґрунтообробний агрегат АКП-2,5 призначений для пошарового обробітку ґрунту під повторні і озимі культури без обороту пласта. При роботі агрегату робочі органи дискових батарей рихлять шар ґрунту на глибину 6 - 8 см, зміщуючи його від периферії до осі агрегату, а крайні зовнішні диски утворюють борозни. Плоскорізальні робочі органи кришать ґрунт і підрізають бур'яни, поглиблюючи при цьому ґрунт до 10 - 12 см. Борона-волокуша вирівнює ґрунт і втрамбує його. Кільчасто-шпорові котки розбивають комки, втрамбовують нижні і рихлять верхні шари обробленого горизонту ґрунту.

Універсальний комбінований ґрунтообробний агрегат УКГА призначений для безплужного основного обробітку ґрунту під посів озимих колосових культур після просапних попередників, а також для виконання інших операцій поверхневого обробітку. Технологічний процес роботи

агрегату включає пошаровий обробіток ґрунту першим рядом дискових батарей на глибину 6 - 12 см, плоскорізальними лапами на глибину 12 - 18 см і подрібнення скиб ротором. Дискові робочі органи зрізають, подрібнюють і заробляють в ґрунт поживні залишки, рихлять і обертають шар ґрунту на глибину до 12 см. Плоскорізи підрізають поживні залишки і рихлять ґрунт на глибину до 18 см з вирівнюванням дна борозни. Кільчастий коток дрібнить поверхню ґрунту, вирівнює і втрамбує її на глибину 5 - 8 см, залишаючи верхній шар в рихлому стані.

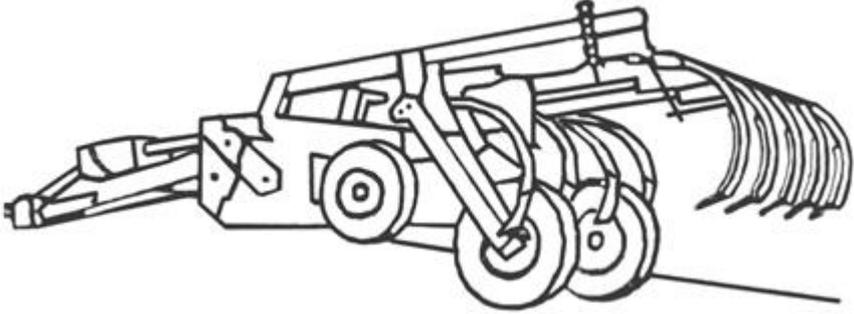
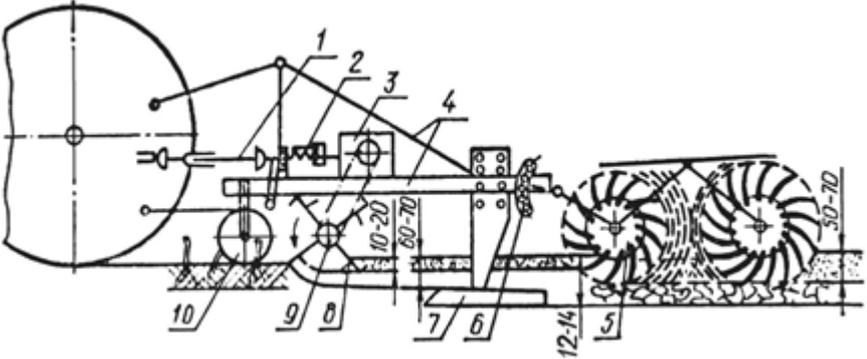
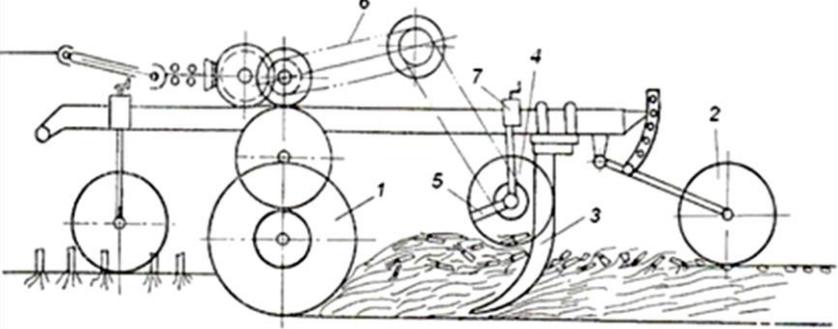
Наукові розробки комбінованих подрібнювачів рослинних залишків грубостеблових культур зображені в таблиці 1.5.

Вчені США розробили комбінований агрегат для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур з подрібненням рослинних залишків (пат. США № 4522267), що складається з послідовно встановленого подрібнювача та чизельного культиватора. Привод подрібнювача здійснюється від ВВП трактора.

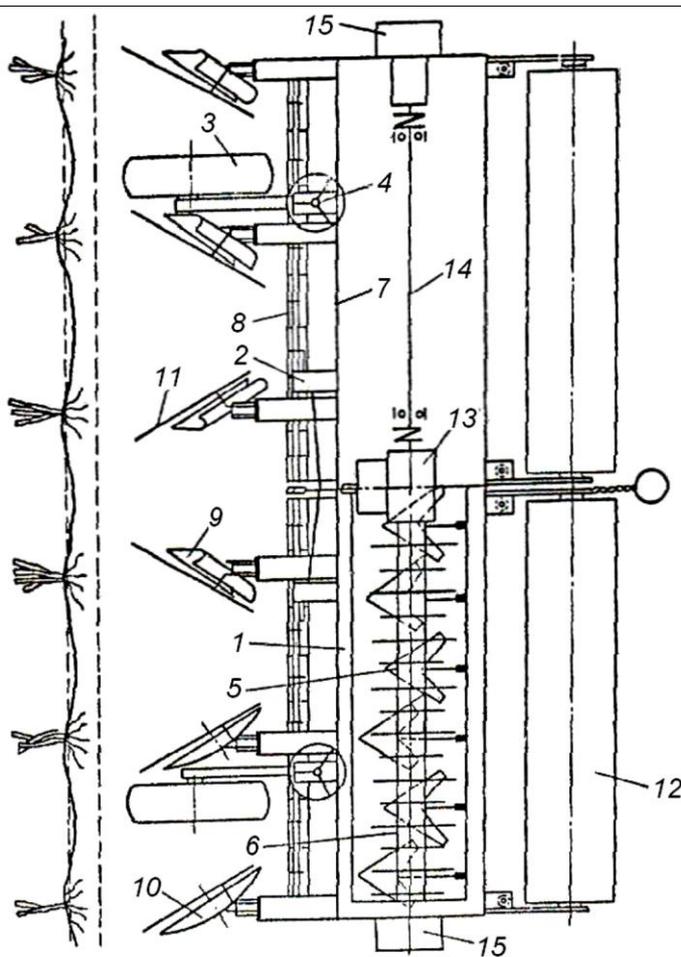
Для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур у Південному відділенні УНДТМЕСГ створена комбінована фрезерна начіпна машина з активними і пасивними робочими органами, де за основний робочий орган служить двосекційний фрезерний барабан з двох'ярусним розміщенням ножів. Ширина захвату кожної секції - 1,65 м.

Фрезерний барабан складається з вала з десятьма дисками, до яких кріпляться Г-подібні ножі, по чотири на кожному. Фрезерні робочі органи 9 при роботі подрібнюють післяживні залишки і ґрунт на глибину 1 - 2 см першим ярусом і 6 - 7 см - другим. Потім рухаються плоскорізальні лапи 7, які подрібнюють пласт в третьому ярусі на глибину до 12 - 14 см. Голчаста борона 5, яка рухається позаду, додатково розпушує ґрунт, вирівнює поверхню і ущільнює верхній шар.

Таблиця 1.5. Наукові розробки комбінованих подрібнювачів рослинних залишків грубостеблових культур

Наукова інформація	Схема агрегату
<p>Пат. США № 4522267</p>	 <p>Комбінований агрегат для обробітку ґрунту з одночасним подрібненням рослинних залишків</p>
<p>Розробка Південного відділення УНДІМЕСГ</p>	 <p>Комбінований фрезерний ґрунтообробний агрегат: 1 - ВВП; 2 - муфта; 3 - редуктор; 4 - рама; 5 - борона; 6 - механізм приєднання; 7 - плоскоріжуча лапа; 8 - ніж; 9 - фрезерний барабан; 10 - опорне колесо</p>
<p>Ґрунтообробний агрегат за а.с. 471075</p>	 <p>1 - фреза, 2 - прикочувальний коток, 3 - пасивні робочі органи, 4 - ротор, 5 - ножі, 6 - привод, 7 - механізм регулювання</p>

Грунтообробна  
машина за а.с.  
523653



1 – рама; 2 –  
начіпний пристрій; 3 – опорне колесо; 4 – механізм регулювання  
висоти; 5 – плоскорізальні робочі органи; 6 – ножовий ротор; 7  
– захисний кожух; 8 – шлейф-волокуша; 9 – плужки; 10 – диски;  
11 – прутки; 12 – котки; 13 – редуктор; 14 – вал; 15 – бокові  
редуктори

Відомий ґрунтообробний агрегат за а.с. 471075, що містить фрезу 1, прикочувальний коток 2, пасивні робочі органи 3 і регулюючий по висоті ротор 4 з ножами 5, розміщеними між стійками пасивних робочих органів, а також привод 6 фрези 1 і ротора 4. Регулювання ротора по висоті здійснюється механізмом 7.

Грунтообробний агрегат працює слідуючим чином. Фреза рихлить ґрунт, подрібнює і переміщує рослинні залишки з ґрунтом. Пасивні робочі органи сепарують рослинні залишки, які додатково подрібнюються ножами ротора і розподіляються по обробленій поверхні в якості мульчуючого шару, що

ущільнюється прикочувальним котком.

Розроблена ґрунтообробна машина за а.с. 523653 призначена для орієнтації рослинних залишків та послідуочого подрібнення, та складається з рами 1 з начіпним пристроєм 2, опорних коліс 3 з механізмом 4 регулювання висоти, плоскорізальних робочих органів 5 ножового ротора 6 з горизонтальною віссю обертання і захисного кожуха 7, шлейф-волокуші 8.

Привод роторів 6 здійснюється від ВВП трактора через карданну передачу, редуктор 13, вали 14 з запобіжними муфтами і редуктори 15.

Ножовий ротор 6 подрібнює рослинні залишки, що лежать на поверхні, а при переміщенні в ґрунті рихлить її і подрібнює кореневища.

Ґрунтовий пласт підрізається і розрихлюється плоскорізальними робочими органами 5 до заглиблення ножового ротора 6. Розрихлений ґрунтовий пласт з подрібненими рослинними залишками потрапляє під котки 12, що проводять його вирівнювання і ущільнення.

Перспективним напрямком удосконалення існуючих комбінованих агрегатів є зменшення енергетичних витрат на виконання технологічного процесу та кількості проходів, зменшення металомісткості їх конструкцій, підвищення їх продуктивності, забезпечення необхідного обробітку без шкідливого впливу на екологію.

Теоретичні основи механізованого обробітку ґрунту розробляли відомі наукові вчені: В.П.Горячкін, В.О.Желіговський, П.М.Василенко, Л.В.Погорілий, А.А.Вілде, Г.А.Хайліс, В.О.Дубровін, Я.С.Гуков, Б.А.Шелудченко, А.Б.Лур'є, М.П.Білоткач, Н.К.Мазітов, П.В.Сисолін, І.А.Шевченко, Г.М.Синеоков, А.С.Кушнарьов, Л.Ф.Бабицький, М.Н.Нагорний та інші.

Вагомий внесок у розробку теорії ґрунтообробних машин з активними робочими органами зробили Н.Є.Резнік, А.Д.Далін, П.В.Павлов, Є.А.Лисунов, Я.М. Жук, І.С.Полтавцев, Н.Ф.Канєв, Г.Ф.Попов, В.С.Сурилов, І.М.Панов, С.С.Яцун, А.Д.Лук'янов, В.В.Меліхов та інші.

Над вирішенням питань механізації обробітку ґрунту, засміченого

рослинними залишками грубостеблових культур працювали Спірін А.П., Яцук Є.П., Марченко О.С., Грицик М.І., Ніконов П.К., Бороніхін Г.І., Орлов В.П., Поляков А.Г., Пархоменко В.А., Шестопапов В.Г., Тарасов В.П., Жук А.Ф., Кабаков Н.С., Гогунський Г.Г., Гільштейн П.М., Соніс З.Г., Марченко О.В., Холяво Ч.А., Кирюхін В.Г., Мітков В.Б., Труш М.М., Солових Є.К., Аулін В.В., Распопов А.Р., Гридасов А.Д., Richard A., Ronald D., та ін. Проте вони не досліджували стан засміченості поля рослинними залишками грубостеблових культур, що має дуже важливе значення для запропонованої технології.

Г.А. Хайліс рекомендує оптимізацію об'єктів механізації с/г виробництва проводити при таких значеннях факторів, коли необхідний параметр досягне потрібного найбільшого чи найменшого значення.

А.Б. Лур'є розробив основи моделювання технологічних процесів аграрного виробництва та встановив методи побудови та аналізу математичних моделей сільськогосподарських машин.

Вченими обґрунтовувались способи комбінування різнотипних робочих органів в одній машині, аналіз конструкцій та принципи їх побудов.

Результати досліджень комбінованих машин викладено в наукових працях А.А. Вілде, І.А. Шевченка, А.С. Кушнар'єва та інших.

До перших досліджень по фрезеруванню ґрунту відносяться наукові роботи А.П. Даліна, П.В. Павлова, І.С. Полтавцева. Ними досліджено вплив швидкості різання і величини подачі на енергетичні показники процесу, наведено формули для визначення товщини стружки ґрунту та швидкості руху ножів по циклоїді.

І.С. Полтавцев наголошує на тому, що при надмірному збільшенні подачі на великих швидкостях різання різко зростають витрати потужності на привод фрези, та відповідно на фрезерування.

А.П. Далін пропонує швидкість різання для горизонтальних фрез приймати в межах від 2,5 до 8,0 м/с залежно від типу ґрунту, та рекомендує великі значення швидкості різання на твердих ґрунтах.

Аналізуючи розподіл потужності двигуна в фрезерному

грунтообробному агрегаті, Сурилов В.С., Лисунов Є.А. та Павлов П.В. роблять наступний висновок:

$$N=N_p + N_e + N_n + N_m + N_a , \quad (1.1.)$$

де  $N_p$  - потужність на відрізання стружки від ґрунтового шару;

$N_e$  - потужність на відкидання ґрунту;

$N_n$  - підштовхувальна потужність;

$N_m$  - потужність на подолання опору в трансмісії;

$N_a$  - потужність на пересування агрегату.

Подрібнювачі з фрезерними робочими органами мають багато переваг та використовуються досить широко. За даними вчених Борнемана Ф., Некрасова І.А., Антипіна А.І. Попова Г.Ф. Тарасенка Т.І. Фролова В.П. Даліна А.Д., Павлова П.В. та ін., фрезерування забезпечує високу якість розпушення ґрунту і сприяє кращому зберіганню ґрунтової вологи. При цьому ґрунт подрібнюється краще та збільшується його мікробіологічна активність.

Вченими доведено, що фрезерні подрібнювачі з горизонтальним валом обертання забезпечують ефективне перемішування шарів ґрунту та мають підштовхувальний ефект при різанні зверху вниз.

Фрези з вертикальним валом обертання, на відміну від горизонтальних фрез, не заробляють в ґрунт рослинних залишків, а навпаки, виносять їх на поверхню. До недоліків необхідно також віднести наявність розкидання ґрунту по сторонах смуги, що обробляється.

Отже, фрезерні подрібнювачі з горизонтальним валом обертання при обробі ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур є перспективнішими.

На даний час котки використовуються в різних комбінованих ґрунтообробних машинах. Однак, у публікаціях вітчизняних вчених недостатньо обґрунтовано розміри котків в залежності від умов і режимів роботи. Залишається не дослідженою взаємодія котків з іншими типами робочих органів, не вивчено процес ущільнення рослинних залишків котками по рядках посіву грубостеблових культур та не встановлено умови надійного

його виконання, відсутні рекомендації стосовно ефективності застосування котків в комбінованих подрібнювачах для обробітку ґрунту, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур.

Отже, використання відомих конструкцій комбінованих подрібнювачів для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур вивчено недостатньо, дослідження роботи їх органів велись окремо від загальної схеми комбінування, не достатньо вивчено взаємовплив та результуючий вплив різних робочих органів на рослинні залишки грубостеблових культур та зміну стану шару ґрунту, що обробляється.

## 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

### 2.1. Агротехнічні вимоги до рихлення ґрунту

Передумова диференціації технологічних процесів і засобів механізації об'єктивно існує через біологічні особливості вирощуваних культур та розмаїтість умов виконання обробки ґрунту. Формально умови поділяють на ґрунтово-кліматичні, агротехнічні та технічні (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1. Структурна схема умов виконання обробки ґрунту

Наближення до оптимального для сільськогосподарських культур стану ґрунту, у межах концепції «точного землеробства», відбувається через досягнення найбільшої відповідності між технічними можливостями машинно-тракторних агрегатів і ґрунтово-кліматичними умовами й агротехнічними вимогами до них. Тому умови і вимоги до основного обробки ґрунту є важливим для сучасних ґрунтообробних машин.

Основою для оптимізації стану ґрунту є вимоги рослин до ґрунтового середовища, в якому проростає насіння, розвивається і формується коренева система. В узагальненому формалізованому вигляді ці вимоги подано в таблиці 2.1. Створені моделі ґрунтових середовищ є першоосновою при виборі способів механізованого обробітку ґрунту і засобів для його здійснення, які дають змогу створити водно-повітряний режим, що відповідає умовам, ефективно використати добрива й істотно підвищити врожайність культурних рослин.

Таблиця 2.1.

Основні вимоги сільськогосподарських культур до ґрунтового середовища

Показник	Сільськогосподарська культура					
	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Цукрові буряки	Соняшник	Картопля
Мінімальна потужність родючого шару ґрунту, см	22	20	30	35	35	25
Глибина обробітку ґрунту, см	20...22	18...20	25...30	28...35	25...32	24...25
Глибина висіву насіння, см	3...8	4...8	4...10	3...5	4...8	6...12
Щільність шарів ґрунту, г/см <sup>3</sup> :						
наднасіневого	1,19	1,19	1,15	1,00	1,08	0,90
насіневого	1,19...1,27	1,19...1,27	1,15...1,25	1,14...1,25	1,08...1,23	0,90
піднасіневого	1,19...1,27	1,19...1,27	1,15...1,25	1,14...1,25	1,08...1,23	1,10...1,20
Розмір, мм, та вміст, %, частинок ґрунту в шарах:						
наднасіневого	5,0...20,0	5,0...20,0	5,0...25,0	5,0...25,0	5,0...25,0	5,0...25,0
	> 75	> 75	> 80	> 75	> 75	> 80
насіневого	0,3...5,0	0,3...5,0	0,3...5,0	0,3...5,0	0,3...5,0	5,0...25,0
	> 80	> 80	> 90	> 90	> 80	> 80
піднасіневого	5,0...25,0	5,0...25,0	5,0...25,0	5,0...25,0	5,0...26,0	5,0...25,0
	> 75	> 75	> 75	> 75	> 75	> 75

Певних кондицій ґрунтового середовища досягають за допомогою одного або кількох проходжень ґрунтообробних агрегатів. Залежно від типів робочих органів агротехнічні вимоги до машин і знарядь для обробітку ґрунту подано в таблиці 2.1

Чим ближче можливості машин до вимог вирощуваних культурних рослин, тим вищі адаптивність засобів і ефективність їх роботи. Як правило, наближення до вимог (див. табл. 2.1) здійснюється послідовним застосуванням кількох груп ґрунтообробних машин для основного,

передпосівного та міжрядного обробітку ґрунту.

## **2.2. Теоретичне обґрунтування роботи об'ємного робочого органу**

Визначаючим критерієм якості обробітку ґрунту є показник степені кришіння у відповідності з ґрунтово-кліматичними умовами вирощування сільськогосподарських культур.

В останні роки все більшої актуальності набувають дослідження пов'язані із вченням фізико-механічних властивостей ґрунтів і механічних процесів взаємодії ґрунтообробних робочих органів з ґрунтом. Ці дослідження мають велике значення як для створення нових ґрунтообробних машин, так і для удосконалення процесів обробітку ґрунту.

Ґрунту, як трифазному середовищу, притаманна статистична неоднорідність будови. Це приводить до нерівномірного розподілу реологічних властивостей і локального відхилення від теоретичного розподілу напружень і деформацій по об'єму, що деформується зовнішніми навантаженнями. Крім того, в ґрунті нерівномірно розподілені залишкові напруження, що утворилися попереднім обробітком робочих органів сільськогосподарських машин.

Дослідженнями А.С. Кушнар'ова підтверджена гіпотеза про зменшення граничного опору зсуву із збільшенням площі поперечного перерізу зразка ґрунту. При різному механічному складі ґрунту, вологості і швидкості зсуву чітко виражена тенденція зменшення граничного опору зсуву із збільшенням площі поперечного перерізу зразка.

Для зниження енергоємності обробітку ґрунту необхідно створювати такі деформації, яким він здійснює найменший опір. Перспективними являються роботи в напрямку пошуку шляхів зниження опору ґрунту методом правильного вибору виду деформації. Експериментальні дані цілого ряду авторів показують, що найбільший опір ґрунт здійснює при деформації стиску.

Майже всі ґрунти мають границю міцності на стиск у декілька разів більшу, як на розтяг (розрив) і згин. Наприклад А.Н. Гудков вказує, що ґрунти створюють в 10...30 разів менший опір розтягу і згину в порівнянні із опором

стиску, а опір сколювання в 6-10 разів менше опору стиску . А.Н. Зеленин, Я.М. Жук встановили, що глинкові ґрунти різко зменшують опір розриву, згину і зсуву із збільшенням вмісту фізичної глини і вологості, а опір стиску навпаки, збільшують.

В таблиці 2.2 приведені граничні значення напружень стиску і розриву та їх співвідношення в залежності від стану ґрунту згідно даних досліджень О. Kitoni, Я.М. Жука, М.М. Мурадова і В.Л. Сергієнка. Очевидно, що всі перераховані факти вказують на перевагу деформацій розтягу, зсуву та згину перед деформаціями стиску для застосування їх з метою кришіння ґрунту.

В залежності від форми робочого органу, в ґрунті створюються деформації стиску, розтягу, згину, кручення або їх комбінації.

Реалізація лише деформацій розтягу в технологічному процесі ґрунтообробних машин, як найменш енергоємних, поки що практично відсутня. Вперше цей спосіб запропоновано професорами Г.Д.Віленським і А.Д. Афанасьєвим. Спроба А.Д. Афанасьєва використати плоскі диски не отримала подальшого розвитку через технологічні труднощі. У Великобританії створений макет знаряддя для розпушування ґрунту розтягуючими деформаціями, що складається із двох дисків, які нахилені по відношенню один до одного у двох площинах так, що відстань між верхніми і передніми їхніми кромками більша як між нижніми і задніми. Випробування цього знаряддя виявило значне зниження тягового опору, проте для заглиблення дисків необхідні відносно значні вертикальні навантаження.

Таблиця 2.2.

Межі міцності ґрунтів на стиск і на розрив

Тип ґрунту Стан ґрунту	Міцність на розрив $\sigma_p, \text{H/cm}^2$	Міцність на стиск $\sigma_c, \text{H/cm}^2$	Відношенн я $\sigma_p/\sigma_c$	Кут внутрішньог о тертя $\varphi$ , град.
по О. Kitoni вологість 27,9%	4,08	10,29	2,51	—

по Я.М. Жуку (глинистий чорнозем) вологість, %				
7...10	4,32	22,0	5,09	—
10. .12	1,45	10,08	6,95	—
16...18	1,06	8,37	7,89	—
19 ... 20	0,77	4,56	5,92	—
21...23	0,46	2,12	4,61	—
По М.О. Мурадову (грунт чорнозем) вологість, %				
4	8,0	28,0	3,50	—
6	4,0	20,0	5,0	—
8	3,2	11,5	5,47	—
10	2,0	12,5	6,0	—
12	1,2	9,0	7,50	—
14	1,0	7,0	7,00	—
16	0,8	6,0	7,50	—
18	0,8	4,0	5,0	—
20	0,8	3,0	3,75	—
по В.А. Серженко (світлий сірозем) вологість, %				
14,5...15.6	1,38	9,31	6,74	38°18'
16,1...16.7	1,26	8,16	6,47	45°41'
18,6...19 1	0,76	6,29	8,27	50°57'
23,9...26,0	0,31	2,01	6,48	47°42'

В останні роки запропоновано декілька технічних рішень для зниження енергоємності обробітку ґрунту: Дія на ґрунт різнонаправленими деформаціями, руйнування скиби ґрунту по лініях найменших зв'язків та створення в ньому оптимального поля напружень (переважно розтягуючих деформацій).

При послідовному прикладанні до зразка ґрунту деформацій різних знаків його границя пружності знижується (ефект Баушингера), що

пояснюється появою у матеріалі при пластичних деформаціях внутрішніх залишкових напружень. При повторних навантаженнях у протилежному напрямку ці ділянки руйнуються раніше за інші. Ефект Баушингера спостерігається в комбінованих знаряддях, робочі органи яких створюють різнонаправлені деформації.

Зменшенню затрат енергії на процес обробітку ґрунту сприяє і той факт, якщо напруження стиску доповнити напруженнями зсуву.

Ідея руйнування скиби ґрунту по лініях найменших зв'язків лежить в основі конструкції глибокорозпушувача «Para-plow» зігнуті, похилі, нахилені стояки і долота якого піднімають і розпушують скиби переважно під дією розтягуючих зусиль.

Ще один із шляхів скорочення енерговитрат - інтенсифікація взаємодії робочих органів із ґрунтом шляхом їх ярусної установки, ударних навантажень, вібрацій. Вивчаючи фізичні основи деформації сухих безструктурних ґрунтів А.Н.Гудков запропонував їх пошарове кришіння. При цьому шари ґрунту деформуються переважно згином а не стиском. Такий принцип застосовується при використанні зубчатих лемішів.

Взаємодія робочого органу із ґрунтом може бути представлена двома видами руху ґрунтових часток - загальним рухом скиби ґрунту і переміщенням окремих її часток по відношенню одна до одної. При розпушуванні ґрунту другий вид переміщення повинен переважати над першим. Разом з тим геометрія робочого органу і кінематика його руху визначає характер полів напружень і деформацій. Від форми робочого органу і кінематики його руху залежить також енергоємність обробітку ґрунту.

Степінь кришіння ґрунту залежить від вибраного способу руйнування (подрібнення) ґрунтової скиби, а також від кратності дії робочого органу на ґрунт. Згідно класифікації професора Панченка А.М. існує декілька різновидів механічного способу руйнування ґрунтової скиби: різання, "сепарація", стиск (роздавлювання), "гравітаційне падіння", розколювання, перетирання, злом та удар. Він встановив залежність між способом подрібнення ґрунту та ступеню

його подрібнення (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Подрібнення ґрунту різними способами за один прохід.

<b>Спосіб подрібнення ґрунту</b>	<b>Степінь подрібнення ґрунту</b>
Різання в площині:	
- горизонтальній	1,5...3,0
- вертикальній	5,0...18,0
“Сепарація”	1,5...5,0
Стиск	2,0...4,0
Гравітаційне падіння	1,5...5,0
Розколювання	1,5...3,0
Перетирання	1,3...4,5
Злом	1,3...2,0
Удар	1,2.10,0

Таким чином для покращення якості роботи необхідно, щоб в одному знарядді було якомога більше способів руйнування ґрунтової скиби.

Із таблиці 2.3 також видно, що різання у вертикальній площині дає значно більшу степінь подрібнення як у горизонтальній.

Вивчення полів деформації і напружень в ґрунті від дії робочого органу дозволяє вибрати такий напружено-деформований стан, при якому найкраща якість кришіння ґрунту, найменша енергоємність і будуть проявлятися мінімальна ущільнююча дія. Граничні умови, що забезпечують необхідні з технологічних позицій поля напружень і деформацій описують геометрію робочого органу, а початкові - його кінематику. В результаті з'являється можливість створення методів розрахунку і проектування робочих органів ґрунтообробних машин, що мають менші енергетичні затрати на обробіток ґрунту, створюють дрібно грудкову структуру і умови що ведуть до забезпечення його родючості.

В останні роки широко використовуються агротехнічні прийоми пошарового обробітку ґрунту. Забезпеченість технічними засобами полягає в тому, що робочі органи ґрунтообробних машин встановлюють на різну глибину обробітку. Такий агротехнічний прийом сприяє покращенню якості кришіння ґрунту та формуванні дрібногрудкової структури. Це пояснюється

зменшенням об'єму ґрунту, що підлягає кришінню. Проте такий агротехнічний захід потребує збільшення числа робочих органів.

Р.М. Галямов установив, що степінь кришіння ґрунту тісно зв'язана з інтенсивністю руйнування скиби ґрунту в момент сходу його з робочої поверхні робочого органу.

Критична довжина шару ґрунту залежить від глибини обробітку і виражається виразом:

$$l_p \geq \sqrt{\sigma \cdot \frac{a}{3\gamma}} \quad (2.1)$$

Із виразу (2.1) видно, що чим менша глибина обробітку ґрунту, тим більша степінь кришіння ґрунту. Тому рекомендується використовувати ґрунтообробні знаряддя в яких робочі органи розміщуються пошарово.

Проведенні дослідження А.К.Кострициним свідчать про те що при певних відношеннях ширини робочого органу для розташування ґрунту до глибини розпушування ґрунту тяговий опір робочих органів безполицевого знаряддя при розпушуванні ґрунту у два яруси може не тільки не перевищувати опір робочих органів, що здійснюють розпушування ґрунту в один ярус, але й може бути значно меншим .

Проведеними теоретичними дослідженнями було підтверджена встановлена раніше А.Н. Зеленіним, В.І. Виноградовим і ін. ефективність використання зубчатих розпушувальних робочих органів і доказала можливість значного зниження їх тягового опору за рахунок використання робочих органів з оптимальними параметрами і їх ярусної розстановки.

Дослідження і обґрунтування параметрів робочого органу фрези для пошарового обробітку В.І. Салауром, ступінчатих робочих органів глибокорозпушувачів І.А. Шевченко та зубчатих А.Ф. Бабіцьким і З.М. Шаніною довели що при цьому покращується якість обробітку ґрунту та знижуються енерговитрати на процес обробітку.

Проведений теоретичний аналіз існуючих проблем і задач по

покращанню якості обробітку ґрунту та пошуках енергозберігаючих способів обробітку показав актуальність пошуку і розробки робочих органів об'ємної пошарової дії на ґрунт. Розробка таких робочих органів сприятиме покращенню якості розпушування кришіння ґрунту та зменшення питомих енерговитрат на процес обробітку ґрунту.

### **2.3 Розміщення робочих органів на рамі**

Культиватори застосовують для суцільного та міжрядного обробітку ґрунту, а також для догляду за посівами. За призначенням культиватори поділяють на парові, просапні, універсальні та спеціальні.

Парові культиватори використовують для суцільного передпосівного обробітку ґрунту, догляду за парами, розпушування ґрунту і знищення бур'янів, а також для загортання мінеральних добрив у ґрунт.

Просапні культиватори призначені для розпушування міжрядь, підрізування бур'янів і внесення мінеральних добрив і гербіцидів у ґрунт.

Універсальні культиватори застосовують як для суцільного передпосівного обробітку ґрунту, так і для обробітку міжрядь просапних культур.

Спеціальні культиватори бувають садові, лісові, протиерозійні (штангові, плоскорізи, глибокорозпушувачі), фрезерні та ін.

Залежно від обладнання культиваторів певними робочими органами (рис 2.4) вони можуть розпушувати, подрібнювати, частково перемішувати і вирівнювати поверхню ґрунту, підрізувати бур'яни, загортати і вносити мінеральні добрива і гербіциди у ґрунт.

Робочими органами культиваторів є плоскорізальні і розпушувальні лапи, лапи-полички, підживлювальні ножі, підгортальні та борознонарізувальні корпуси, голчасті диски, зуби борін, роторів, ножі дисків тощо.

Залежно від призначення лапи поділяють на прополювальні, розпушувальні і підгортальні.

До прополювальних лап належать однобічні (лапи-бритви), стрілчасті

плоскорізальні лапи і стрілчасті універсальні, до розпушувальних - долотоподібні, наральникові, а до підгортальних - підгортальні лапи, корпуси тощо.

Однобічні плоскорізальні лапи призначені для підрізування бур'янів і розпушування ґрунту на глибину до 6 см.

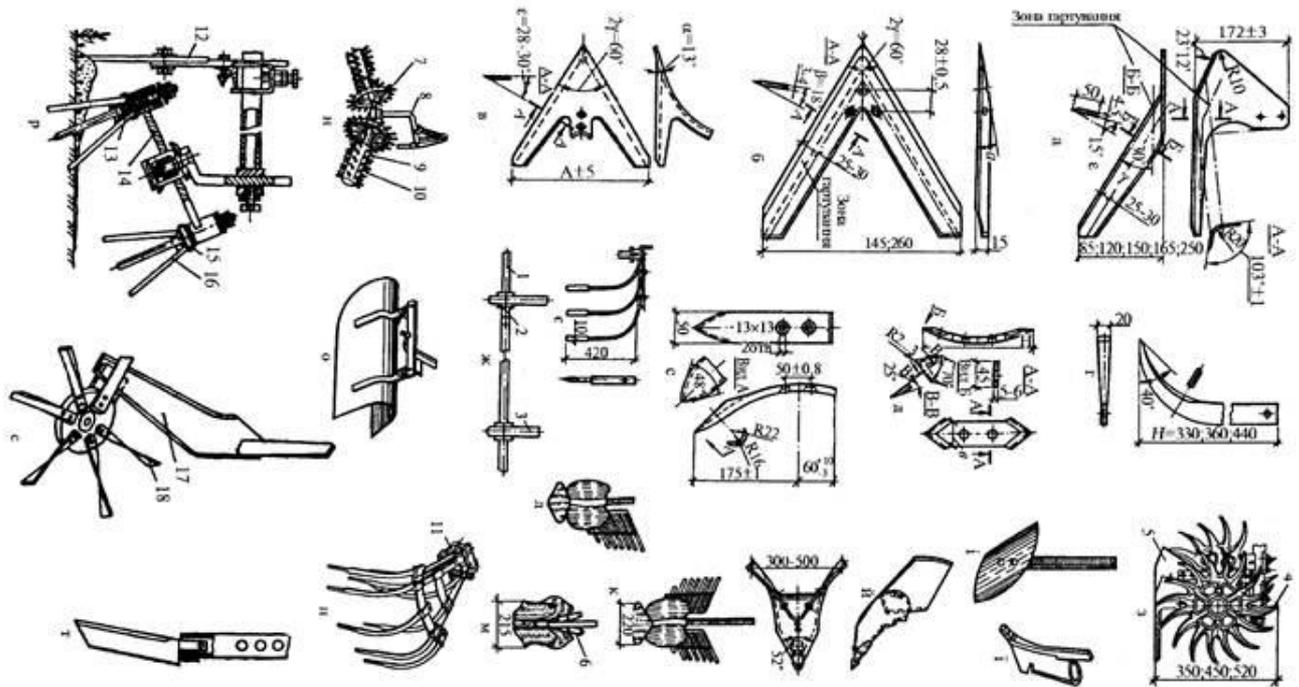


Рисунок 2.4. Робочі органи культиваторів: а - однобічна плоскорізальна прополювальна лапа (бритва); б - стрілчаста плоскорізальна прополювальна лапа; в - стрілчаста лапа з хвостовиком; г - розпушувальна долотоподібна лапа; д - оборотна розпушувальна лапа; е - списоподібна розпушувальна лапа; є - пружинні зуби; ж – штанговий робочий орган; з — розпушувальні голчасті диски; і - лапа-поличка; ї- підживлювальний ніж; й - підгортальний корпус з циліндричною поверхнею; к - підгортальний корпус з універсальною лапою і пальчастими полицями; л — підгортальний корпус з однією полицею; м - аричник борознонарізувач; н - ротаційна борінка; о - щиток; п - прополювальна борінка; р - ротор прополювальний; с - лапа з прополювальним диском; т - щілиноріз;

Стрілчасті плоскорізальні лапи застосовують для обробітку ґрунту на невелику глибину до 6 см і незначного його розпушення. Лапи характеризують кутом розхилу (60 або 70°). Використовують лапи з шириною захвату 145, 150 і 260 мм.

Стрілчасті універсальні лапи дрізують бур'яни та інтенсивно

розпушують ґрунт на глибину до 12 см. їх застосовують для суцільного обробітку ґрунту та обробітку міжрядь.

Розпушувальні долотоподібні лапи застосовують для розпушування міжрядь зв'язних і щільних ґрунтів на глибину до 16 см. Нижня частина лапи загнута вперед і має загострений носок у вигляді долота шириною 20 мм.

Пружинні зуби застосовують для розпушення ґрунту у захисних зонах і міжряддях. Рамку з пружинними зубами прикріплюють шарнірно до тримача просапного культиватора.

Штанговий робочий орган застосовують для суцільного обробітку ґрунту, розпушення, знищення бур'янів. Робочим органом є металевий стержень (штанга) квадратного перерізу зі стороною 22 -25 мм.

Голчасті диски застосовують для руйнування ґрунтової кірки і знищення бур'янів. Вони мають загнуті в один бік загострені зуби. Діаметр дисків - 350, 450 і 520 мм.

Лапи-полички використовують для підрізування бур'янів, розпушування ґрунту і присипання бур'янів ґрунтом у захисній зоні рядка. Лапа складається із стояка та криволінійної полиці лівого або правого обертання.

Щілиноріз використовують для нарізування напрямних щілин глибиною 27-30 см. Він являє собою плоский чересловий ніж.

Підгортальні корпуси призначені для підгортання рослин, підрізування бур'янів у міжряддях та присипання бур'янів у захисних зонах рядка.

Борознонарізувальний корпус, аричник застосовують для нарізування поливних борозен з одночасним внесенням мінеральних добрив. Корпус має наральник, двосторонню полицю, крила, лійку для добрив б і стояк. Ним нарізують борозни глибиною до 20 см.

Ротаційна борона призначена для досходового обробітку поля, вирівнювання вершин гребенів перед садінням, знищення бур'янів у міжряддях. Використовується при вирощуванні картоплі, коренеплодів та інших культур.

Захисні щитки застосовують для запобігання присипанню ґрунтом

рослин у рядку.

Прополювальні борінки - це пружинні зуби, що закріплені на рамці, їх застосовують для розпушування ґрунту в міжряддях та захисних зонах.

Ротор прополювальний призначений для розпушення ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях з мінімальними (30-50 мм) захисними зонами.

Широкозахватна плоскорізальна лапа підрізує бур'яни і розпушує ґрунт у міжряддях. Кут кришіння лапи -  $10^\circ$ .

Підживлювальний ніж застосовують для розпушування міжрядь та загортання в ґрунт добрив на глибину до 16 см.

### 2.3.1 В поздовжньому напрямі

Умови роботи розпушувальних лап, які обробляють ґрунт на значну глибину, відрізняються від умов роботи робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь, що діють на скибу, відокремлену з одного чи двох боків. Це впливає на процес деформації ґрунту розпушувальними лапами. Під час руху вперед розпушувальна лапа деформує ґрунт перед собою у поздовжньо - вертикальній площині як звичайний двограний клин. Водночас відбувається деформація ґрунту і в поперечно-вертикальній площині, яка зумовлена взаємним зчепленням часточок ґрунту і залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Як відомо, на ґрунтову скибу, що ковзається по робочій поверхні клина, діють нормальна сила  $N$  і сила тертя  $F$ , які в сумі дають рівнодійну  $R$ , відхилену від нормалі на кут тертя  $\varphi$  клина об ґрунт (рис. 2.5).

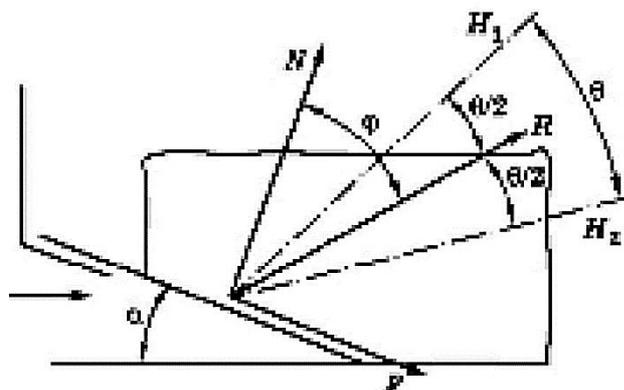


Рисунок 2.5 Схема дії сил і граничні напрямки сколювання ґрунту

Згідно з теорією дотичних напружень напрямок можливих площин сколювання  $H_1$  і  $H_2$  ґрунту розміщується симетрично силі  $R$  під кутом  $\theta$  одна до одної (за Т.М. Гологурським,  $40...50^\circ$ ). Оскільки ґрунт — це неоднорідне тіло, у ньому є природні щілини, то напрямок сколювання ґрунту значно не відхиляється від напрямку сили  $R$ .

Зону деформації ґрунту розпушувальною лапою у поздовжньо - вертикальній площині показано на рисунку 2.6, а. З рисунка видно, що максимальне значення  $L$  зони розпушування ґрунту в напрямку руху є на поверхні:

$$L=l_0+l, \quad \text{або } L=l_0+\alpha t g(\alpha+\varphi) \quad (2.2.)$$

де  $l_0$  — винос носка лапи;  $a$  — глибина обробітку;  $\alpha$  — початковий кут розпушування лапи.

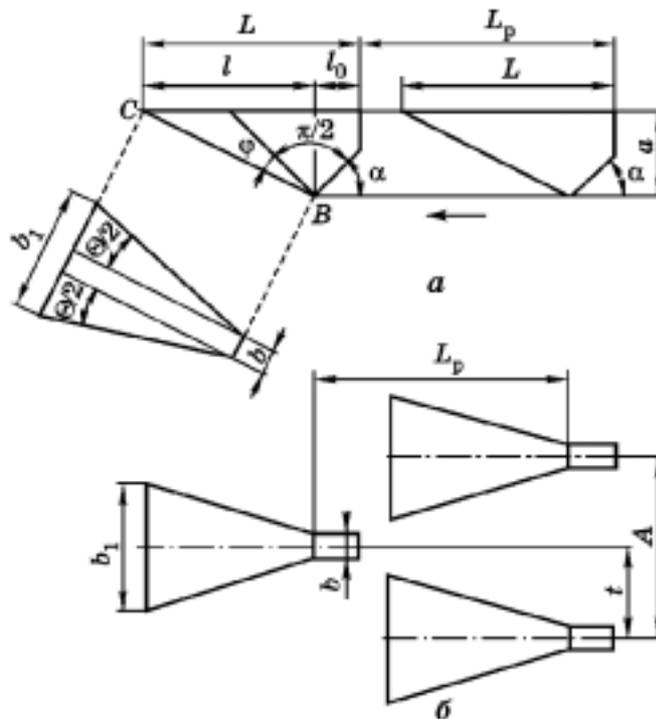


Рисунок 2.6 Схема деформації ґрунту розпушувальною лапою: а- у поздовжньо-вертикальній площині, б- у поперечно-вертикальній площині.

Зона деформації ґрунту розпушувальною лапою в поперечно-вертикальній площині (рис. 2.6,б) також обмежена площинами сколювання

кутом між ними  $\Theta$  або  $\Theta/2$  до осі симетрії. Для визначення зони деформації ґрунту в поперечному напрямку скористаємося зображенням з рисунку 2.6, б повернутої площини сколювання на  $90^\circ$  на рисунок 2.6, а це лінія СВ. Із цього зображення видно, що максимальна ширина  $b_1$  деформації ґрунту на поверхні:

$$b_1 = b + \frac{2atg\Theta/2}{\cos(\alpha+\varphi)} \quad (2.3)$$

де  $b$  — ширина лапи.

Як бачимо з рисунка 2.6, б, зона деформації ґрунту розпушувальними лапами неоднакова по глибині обробітку. Таке положення потрібно враховувати при розміщенні лап на культиваторі.

На культиваторах для суцільного обробітку ґрунту розпушувальні лапи розставляють у два або три ряди. Основною умовою розміщення розпушувальних лап є забезпечення суцільного розпушування ґрунту на поверхні поля і запобігання забиванню простору між лапами ґрунтом і бур'янами.

Відстань між рядами лап  $L_p$  (за ходом) вибирають за рекомендацією професора В.С. Жегалова за умови

$$L_p > L \quad (2.4)$$

При глибині обробітку до 20 см оптимальна відстань між рядами лап  $L_p$  становить 530... 600 мм, а до 25 см — 600... 650 мм.

У рядах розпушувальні лапи розміщують з недоперекрыттям, оскільки ширина розпушеного ґрунту лапою більша за її ширину.

Відстань  $A$  між розпушувальними лапами в рядах вибирають за умови:

- при дворядному розміщенні

$$2b_1 > A > b_1, \quad (2.5)$$

- при трирядному

$$3b_1 > A > b_1, \quad (2.6)$$

Кількість  $n_p$  розпушувальних лап, що встановлюється на культиваторі, визначають за залежністю:

$$n_p = B_k / t \quad (2.7)$$

де  $B_k$  — робоча ширина захвату культиватора, мм;  $t$  — відстань між слідами лап, мм (при дворядному розміщенні лап  $t = A/2$ , а при трирядному

$t = A/3$ ).

### 2.3.2 В поперечному напрямі

Полільні та універсальні лапи кріплять у два або три ряди, щоб забезпечити повноту підрізування бур'янів і запобігти забиванню простору між лапами грудками ґрунту та бур'янами.

Між рядами лап по ходу культиватора відстань  $L_n$  визначають за залежністю:

$$L_n = b / \operatorname{tg}[90^\circ - (\gamma + \varphi)] \quad (2.8)$$

де  $b$  — ширина захвату лапи;  $\varphi$  — кут тертя лапи об ґрунт.

Оптимальна відстань між рядами лап по ходу культиватора становить 500...600 мм.

Основною умовою поперечного розміщення лап є забезпечення підрізування бур'янів на всій ширині захвату культиватора, для чого лапи розміщують з перекриттям  $C$ , значення якого визначають за залежністю:

$$C = L_n \operatorname{tg} \delta \quad (2.9)$$

де  $\delta = 7 \dots 9^\circ$  — кут випадкового відхилення культиватора від прямолінійного руху.

Вибираючи значення перекриття, слід урахувати конструкцію системи кріплення лап до рами культиватора. Якщо лапи кріпляться до рами на довгих індивідуальних повідках (гряділях), то значення перекриття беруть більшим (60.80 мм) порівняно з секційною або поперечною рамною системами кріплення (40.60 мм).

За однакової ширини захвату кількість  $n_n$ , шт., полільних і універсальних лап для суцільного обробітку ґрунту визначають за залежністю:

$$n_n = B_k - c / b - c \quad (2.10)$$

де  $B_k$  — робоча ширина захвату культиватора, мм;  $b$  — ширина захвату лап, мм.

Культиватори для важких умов роботи комплектують лапами двох розмірів за шириною. У передньому ряду встановлюють лапи з меншою шириною захвату, ніж у задньому. В цьому разі кількість  $n_n$ , шт., лап у

передньому ряду визначають за формулою:

$$n_1 = (B_k - b_2 - c) / (b_1 + b_2 - 2c) \quad (2.11)$$

де  $b_1$  — ширина захвату лапи переднього ряду, мм;  $b_2$  — ширина захвату лапи заднього ряду, мм.

Кількість лап  $n_2$  заднього ряду беруть на одну більше  $n_2 = n_1 + 1$ . При обчисленні кількості лап значення округлюють до більшого числа.

### 3. ЕНЕРГЕТИКА РОБОТИ ОБ'ЄМНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

При проведенні польових випробувань експериментального культиватора для суцільного обробітку ґрунту визначались основні агротехнічні показники роботи: глибина обробітку ґрунту, якість розпушування, стабільність та рівномірність глибини обробітку, степінь кришіння, степінь знищення бур'янів, інтенсивність випаровування вологи, налипання ґрунту на поверхні робочих органів, гребнистість поверхні поля та їх вирівняність.

Результати дослідження підтвердили гіпотезу про залежність стабільності ходу культиватора для суцільного обробітку ґрунту по глибині від конструктивних параметрів лап культиватора та збільшення заглиблюючої сили, яка діє на кожен лапу, а також зростання заглиблюючої сили культиватора при зростанні швидкості руху. В середньому глибина обробітку складає 8-15 см. Стійкість ходу культиватора по глибині оцінювалася середнім квадратним відхиленням та коефіцієнтом варіації. Це видно із графіків рисунок 3.1.

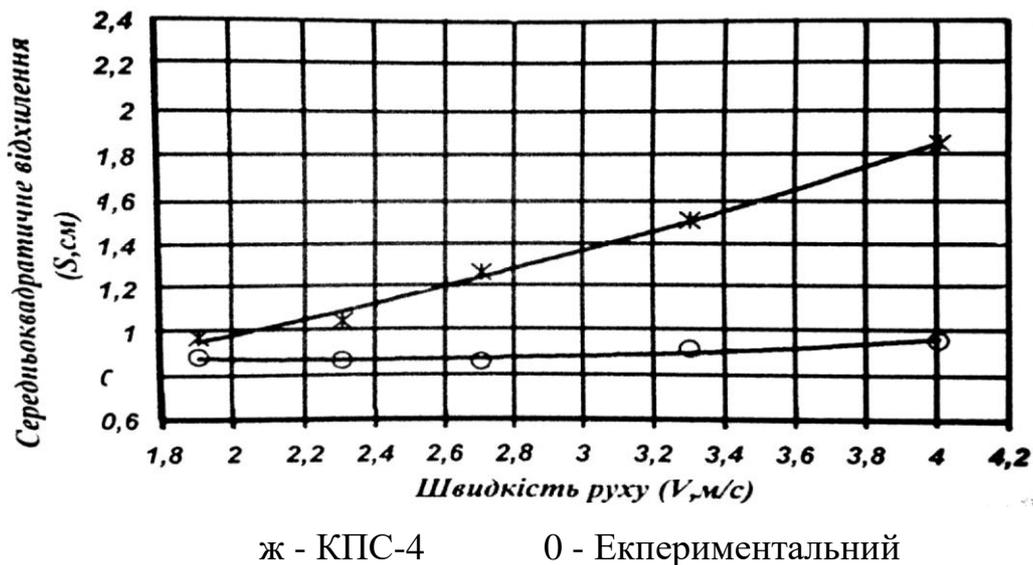
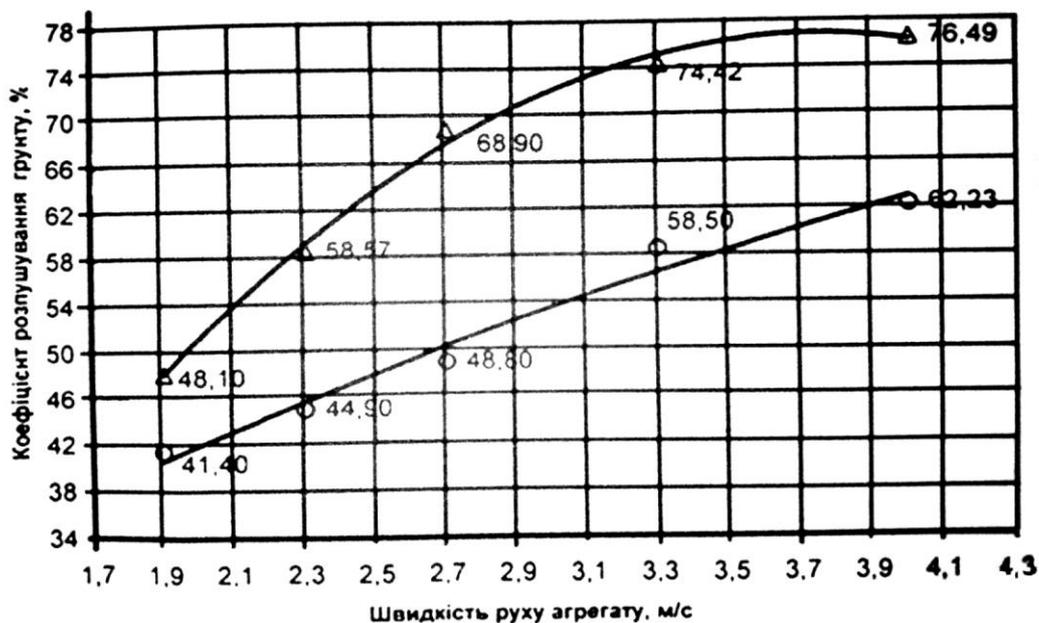


Рисунок 3.1. Залежність середньоквадратичного відхилення глибини обробітку культиватором від швидкості руху.



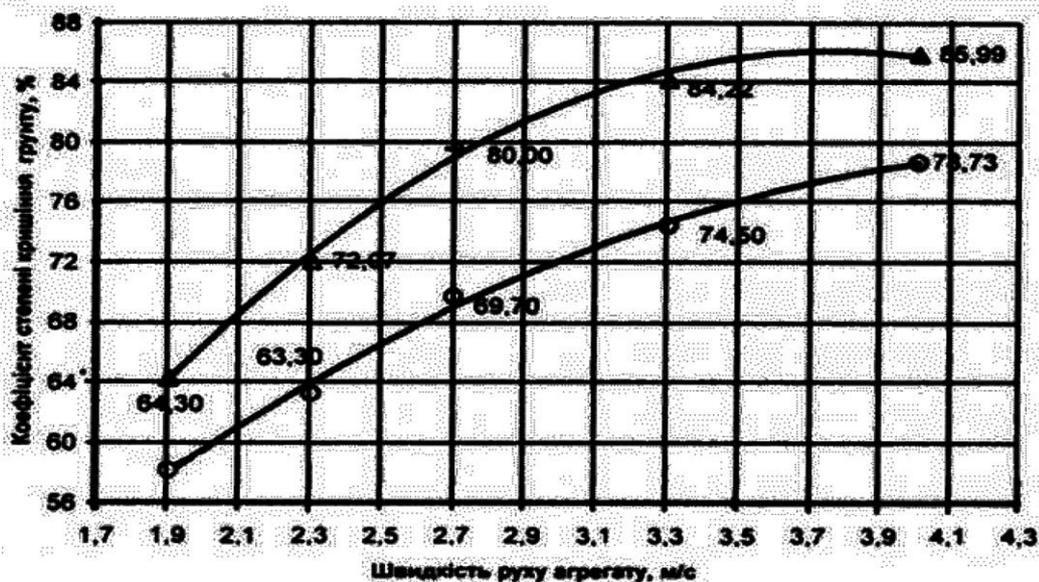
видно із рисунка 3.3., коефіцієнт якості кришіння у експериментальному, як і у серійному культиваторів, зростає із підвищенням швидкості руху. Максимальне значення коефіцієнта степеня кришіння ґрунту для експериментального культиватора складає 76 %. Це на 8,4-11,6% вище, як у серійних культиваторів.



0 - КПС-4

Δ - Експериментальний

Рисунок 3.3. Залежність коефіцієнта якості розпушування ґрунту від швидкості руху культиватора.



0 - КПС-4

Δ - Експериментальний

Рисунок 3.4. Залежність коефіцієнта степеня кришіння ґрунту ( $K_{кр}$ ) від швидкості руху ( $V$ ) культиватора.

Підвищення показників якості розпушування та кришіння ґрунту експериментальним культиватором забезпечується конструктивними особливостями робочих органів, а саме: концентрацією деформації стиску, зсуву та розтягу в обмеженому шириною робочого органу об'єму ґрунту, - розділом оброблюваного об'єму ґрунту на шари внаслідок взаємодії протилежної орієнтації наступного і попереднього уступів.

В результаті проведених польових порівняльних випробувань експериментального культиватора з об'ємними робочими органами та серійних, слід зробити висновки, що експериментальний культиватор з об'ємними робочими органами працює в діапазоні агротехнічних допустимих швидкостей для міжрядного обробітку ґрунту (12 км/год.) із кращими показниками як серійний культиватор.

Експериментальний культиватор з робочими органами об'ємної дії, забезпечує пошарове розпушування ґрунту при підвищених швидкостях роботи агрегату має стабільний хід на глибині обробітку і при цьому глибина обробітку є більшою, ніж у серійного культиватора

## **4. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

### **4.1. Програма дослідження**

Процес взаємодії робочих органів з ґрунтом має складний характер, що визначається впливом різних факторів. Аналіз наукових робіт по обґрунтуванню оптимальних технологічних параметрів, що забезпечують нормальне протікання технологічного процесу при мінімально можливих енергетичних затратах показує, що на сьогоднішній день відстань між рядами робочих органів, відстань між робочими органами в ряду та відстань від опорної площини робочих органів до точки їх кріплення на рамі знаряддя визначають на основі положень, що розроблені В.С. Жегаловим стосовно зубових борін, Л.І. Воробьовим стосовно до культиваторів і В.В. Труфановим для плоскорізів.

Проте в зв'язку з тим, що в літературі питання взаємодії робочого органу для пошарового розпушування ґрунту, який створює об'ємні різнонаправлені деформації не висвітлено і немає оптимізації робочих параметрів необхідно провести експериментальне підтвердження теоретичних передбачень.

Експериментальними дослідженнями необхідно встановити зону поширення деформації на поверхню ґрунту, енергоємність процесу розпушування певного об'єму ґрунту, якість розпушування ґрунту, стабільність ходу знарядь, гребнистість поверхні та втрати вологи після обробітку ґрунту експериментальним робочим органом.

Основною метою експериментальних досліджень була перевірка теоретичних положень і висновків, а також обґрунтування конструктивно - технологічних параметрів робочих органів для пошарового поверхневого обробітку ґрунту та модернізація культиватора на основі КПС-4 із гнутоштабовими зубами.

Для постановки досліджень використовувався метод математичного планування експериментів.

У відповідності із поставленою метою програма експериментальних

досліджень включала наступне:

1. Проектування і виготовлення експериментальних гнutoштабових робочих органів.
2. Проектування і виготовлення лабораторної установки для дослідження гнutoштабових ґрунтообробних робочих органів.
3. Проектування і виготовлення польової експериментальної установки.
4. Проектування і виготовлення експериментального культиватора для пошарового поверхневого розпушування ґрунту з гнutoштабовими зубами.
5. Експериментальне визначення зони поширення деформації на поверхню ґрунту, вивчення впливу конструктивних параметрів експериментальних робочих органів на зону поширення деформації, та характеру протікання деформації.
6. Експериментальне визначення питомої енергоємності процесу розпушування ґрунту експериментальними робочими органами.
7. Експериментальне визначення впливу конструктивно-технологічних параметрів експериментальних робочих органів на якісні показники роботи при поверхневому обробітку ґрунту - якість розпушування, якість кришіння, гребенистість поверхні, знищення бур'янів.
8. Проведення агротехнічної і енергетичної оцінки роботи експериментального культиватора для пошарового розпушування ґрунту в порівнянні з серійним культиватором КПС-4.
9. Визначення економічної, енергетичної ефективності і впливу на урожайність сільськогосподарських культур пошарового поверхневого обробітку ґрунту в порівнянні з традиційними способами підготовки ґрунту.

Для виконання запланованої програми експериментальних досліджень необхідно було розробити методику проведення досліджень у відповідності з методикою планування експериментів і обробки результатів дослідів. Реалізація завдань виконувалась за схемою (рис. 4.1).



Рисунок 4.1. Схема реалізації експериментальних досліджень

#### 4.2 Методика дослідження.

У відповідності з програмою експерименту була розроблена загальна методика проведення лабораторних і польових досліджень. В основу цієї методики покладено ГОСТ 20915-75 «Сільськогосподарська техніка. Методи

визначення умов випробувань» і ОСТ 70.4.2-74 « Машини для поверхневого обробітку ґрунту».

На першому етапі були проведені пошукові досліді по вивченню процесу взаємодії експериментальних робочих органів з ґрунтом. Визначалися оптимальні конструктивні параметри та форма робочої поверхні.

На другому етапі проводились експерименти з метою вивчення агрономічних та енергетичних показників роботи робочими органами та знаряддями для поверхневого обробітку ґрунту. З метою визначення зони деформації та розпушування ґрунту робочим органами для пошарового обробітку із різними конструктивними параметрами використовувався найбільш практичний і найменш трудомісткий метод визначення зони розпушування на ґрунті - метод профілографування, а на піску метод поперечного розрізу борозни склом.

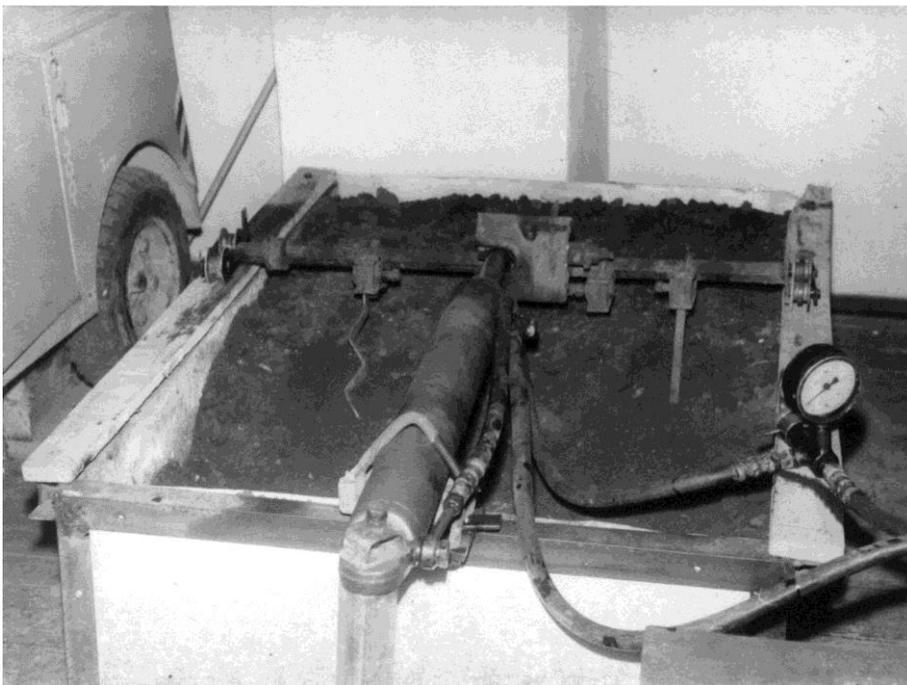


Рисунок 4.2. Стенд для вивчення поширення зони деформації ґрунту робочими органами для пошарового обробітку

Необхідний фізико-механічний склад ґрунту доставлявся із поля. Однорідність структури ґрунту досягалася просіюванням його на решеті із діаметром 10 мм. Для отримання необхідної вологості додавалася вода в кількості, що визначалася за формулою:

$$W = \frac{m_s \cdot 100}{m_r} W_n \quad (4.1.)$$

де  $m_s$  - маса води, що доливалася;

$m_r$  - маса ґрунту;

$W_n$  - початкова вологість ґрунту.

Номограма, що побудована згідно даних цієї залежності більш зручна в практичному користуванні. Після старанного перемішування ґрунт витримувався 3.. 4 години з метою рівномірного розподілу вологи по всьому об'єму ґрунту. Витриманий ґрунт засипався в металевий ящик для пресування по шарах. Товщина кожного шару приймалася рівною 0,05 м. На поверхні ґрунту встановлювалася опорна плита, яка з'єднувалася по краях із штоком двох гідроциліндрів. Величина щільності ґрунту регулювалася тиском в нагнітаючій порожнині циліндра і товщиною шару. Контроль щільності ґрунту здійснювався твердоміром Ревякіна. В процесі проведення дослідів із даними зразками й їхня вологість уточнялася ваговим способом [15]. З метою визначення залежності енергоємності процесу розпушування ґрунту гнущоштабовими робочими органами від їх конструктивних параметрів дослідження проводилися на маятниковому копрі серії АКБ (Рисунок 5.4.). Маятник до якого закріплений досліджуваний робочий орган вагою  $Q$  підвішений на горизонтальній осі  $O$  (рис.4.3) відстань від якої до центра ваги маятника рівна  $г$ , якщо маятник відхилений від вертикалі на кут, то це означає, що він володіє деякою кількістю потенціальної енергії, що пропорційна висоті підйому  $H$  і вазі маятника  $Q$ :

$$E=QH \quad (4.2.)$$

Якщо на шляху руху маятника  $A_0 A_1$  в точці  $C$  закріпити ґрунтовий зразок з розмірами прямокутного паралелепіпеда і опустити маятник, на якому закріплений робочий орган, то останній при падінні деформує його розпушує, втрачаючи при цьому частину запасу енергії  $QH$ .

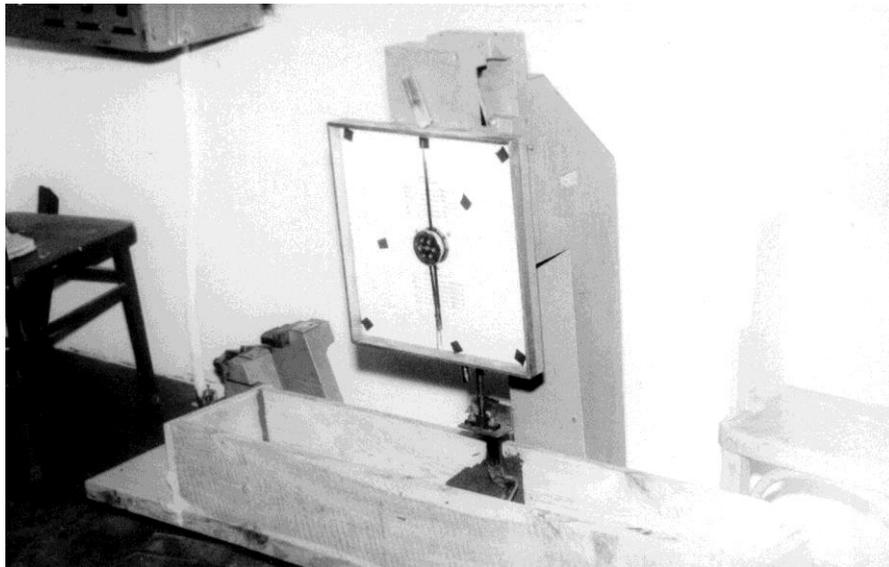


Рисунок 4.3 Маятниковий копер АКБ.

Корисну роботу, що витрачається на деформацію зразка ґрунту та його розпушування можна обчислити за формулою:

$$A_K = Q \cdot r \cdot (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (4.3.)$$

Тому для обчислення роботи деформації ґрунтового зразку необхідно знати вагу маятника  $Q$ , відстань  $r$  від осі підвісу маятника після холостого ходу  $\beta$  і робочого  $\alpha$ .

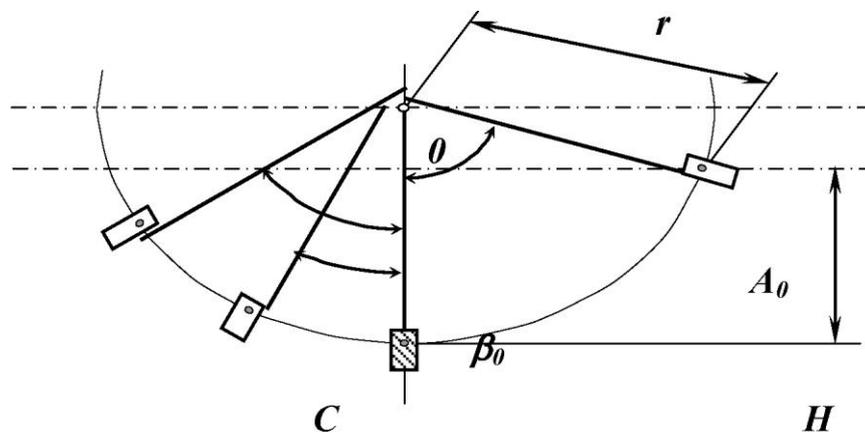


Рисунок 4.4. Схема визначення енергоємності робочих органів з допомогою маятникового копра серії АКБ

Для забезпечення об'єктивної оцінки затрат енергії: на процес деформації зразка ґрунту було зроблено по 3 однакові наважки ґрунту по 1 кг для кожного із 15 варіантів досліджуваних зразків робочих органів (рис. 4.4). Варіанти досліджуваних гнущових робочих органів та їх конструктивні параметри подані на рисунку 4.5 і в таблиці. 4.1. Зразки у вигляді

прямокутного паралелепіпеда із однаковими розмірами 13 x 10 x 5 см. Всі зразки готувалися з просіяного ґрунту на решеті з діаметром  $\phi=10$  мм однакової вологості. Маса всіх зразків гнущових робочих органів була однаковою. Кут опускання маятника для всіх робочих органів був однаковий і становив 160 і 97 градусів. Кут підймання маятника фіксувався як при холостому ході так і при деформації зразка ґрунту. В результаті взаємодії робочого органу із зразком ґрунту розпушений і здеформований ґрунт збирався і зважувався на вагах. Взаємодія робочих органів із ґрунтовими зразками проходила на однаковій глибині. Розпушений об'єм визначався за формулою:

$$V_p = \frac{m_p \cdot V_{zr}}{m_{zr}} \quad (4.4.)$$

де  $m_p$  - вага розпушеного ґрунту, г

$m_{zr}$  - маса зразку ґрунту, г

$V_{zr}$  - об'єм зразка ґрунту,  $\text{см}^3$

Затрачена енергія на розпушування зразків обчисленого об'єму ґрунтового зразка того чи іншого робочого органу, вказує на питому енергоємність цього робочого органу:

$$E_{пит} = \frac{A_n}{V_n} \quad (4.5.)$$

де  $A_n$  - енергія, витрачена деформацією ґрунтового зразка

$V_n$  - об'єм ґрунтового зразка

результати, що отримали, оброблялися за методикою планування багатфакторних експериментів.

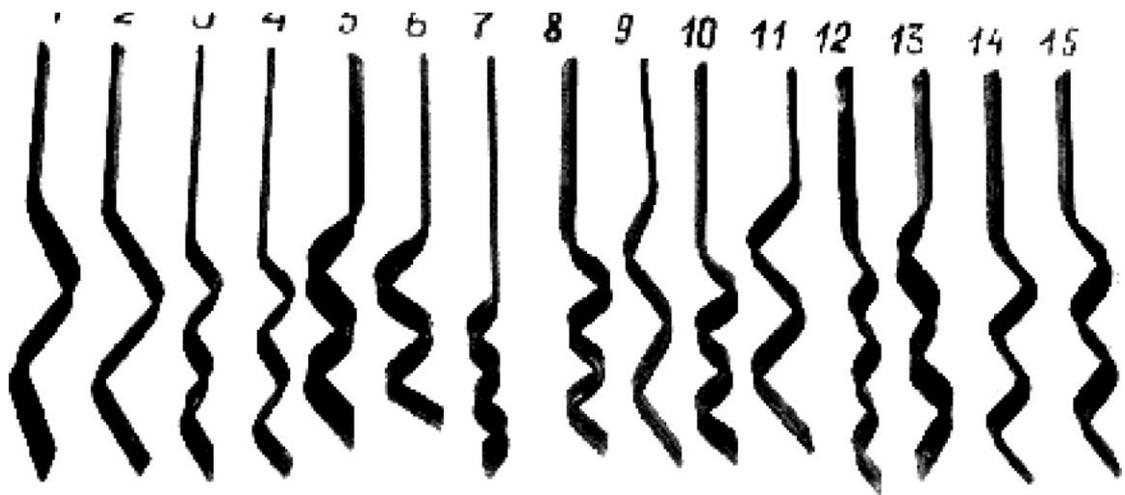


Рисунок 4.5. Варіанти досліджуваних гнutoштабових робочих органів

Таблиця 4.1. Конструктивні параметри гнutoштабових робочих органів.

Номер варіанту	Кут між ступами робочого органу, $\theta$ (град.)	Ширина робочого органу, $b$ (мм)	Кут входження уступу в грунт, $\beta$ (град.)
1.	110	40	35
2.	110	40	15
3.	110	20	35
4.	110	20	15
5.	70	40	35
6.	70	40	15
7.	70	20	35
8.	70	20	15
9.	115	30	25
10.	65	30	25
11.	90	42,5	25
12.	90	17,5	25
13.	90	30	37,5

<b>Номер варіанту</b>	<b>Кут між уступами робочого органу, <math>\theta</math>(град.)</b>	<b>Ширина робочого органу, <math>b</math> (мм)</b>	<b>Кут входження уступу в грунт, <math>\beta</math>(град.)</b>
14.	90	30	12,5
15.	90	30	25

Задача лабораторно-польових досліджень полягала в перевірці правильності висунутої робочої гіпотези про те, що покращення якості розпушування і кришіння ґрунту при поверхневому обробітку та зниження питомих енерговитрат на процес обробітку ґрунту досягається за рахунок використання гнutoштабових робочих органів для пошарового розпушування.

Пошарове розпушування ґрунту досягається за рахунок спеціальної форми робочої поверхні робочих органів, що утворена методом згинання сталюї штаби у площині меншої жорсткості заготовки у взаємно протилежні сторони кожного наступного і попереднього уступу. В результаті взаємодії уступів із ґрунтом формуються деформації стиску, розтягу та зсуву в обмеженому об'ємі одночасно, що забезпечує інтенсивний і рівномірний процес утворення тріщин в зоні контакту робочого органу із ґрунтом. В результаті створення об'ємно-напруженого стану, енергія, що передається через робочі поверхні уступів робочого органу для пошарового обробітку, не розсіюється в об'ємі оброблюваного ґрунту, як у робочих органів з вертикальними стояками, а процес розшарування ґрунту по шарах здійснюється за рахунок деформацій розтягу, що в кінцевому результаті забезпечує зниження питомих енерговитрат на процес розпушування та кришіння ґрунту.

Для проведення лабораторно-польових досліджень поле розбивалося згідно ОСТ 70.4.1-80 на ділянки довжиною 100 м. На ділянці по діагоналі встановлювалися кілки, біля яких проводилися взяття проб на вологість і твердість згідно ГОСТ 20915-75. Якість розпушування ґрунту визначалася по

пробах, які відбиралися в чотирьох точках (дві по ходу руху, дві у зворотному напрямі) на глибині обробітку. Поперечне профілювання проводилося по всій ширині захвату лабораторно -польової установки до і після проходу агрегату згідно ОСТ 70.4.2-80 в чотирикратній повторності. Швидкість руху агрегату вимірювалася на кожній ділянці окремо. Для усунення впливу нахилу поля заміри величин, що вивчалися проводилися при русі агрегату в обох напрямках.

Випробування експериментальних робочих органів та знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту проводилися на полях учбово-дослідного господарства та дослідному полі Подільського державного аграрно - технічного університету. Польові випробування проводилися в два етапи. Під час випробовувань на першому етапі ставилася задача отримати агротехнічну і енергетичну оцінку роботи експериментальних ґрунтообробних робочих органів для пошарового розпушування ґрунту. Метою випробовувань на другому етапі було порівняння показників роботи існуючих знарядь із експериментальними знаряддями із робочими органами для пошарового розпушування ґрунту.

Випробування проводилися у відповідності із вимогами, а умови випробувань визначалися згідно методики [5]. В таблиці 4.2 приведені характеристика ділянок випробувань. Абсолютна вологість і твердість ґрунту визначалися один раз перед початком зміни згідно вимог. Польові випробування проводилися з метою визначення ефективності використання робочих органів для пошарового розпушування ґрунту при підготовці ґрунту до сівби ранніх зернових шляхом порівняння роботи серійних і експериментальних культиваторів по якісному виконанню технологічного процесу обробітку ґрунту і стійкості роботи культиватора на поверхневому обробітку в умовах південно-західного лісостепу України.

Глибина розпушування ґрунту визначалася шляхом просування лінійки (щупа) в ґрунт до необробленого шару. Для цього кожна повторність дослідів проводилась не менше 75 вимірів. Похибка вимірів глибини 1,0 см. Повторність дослідів чотирикратна: два по ходу руху, два - у зворотному

напрямі

Таблиця 4.2.

Умови проведення випробувань і характеристика ділянки випробувань

Показники	Значення
Місце випробувань	дослідне поле
Вид роботи	передпосівне боронування
Тип ґрунту	Чорнозем
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Хвилястий
Вологість ґрунту, %	
в шарах: 0 - 5	17.3
5 - 10	18.4
10 - 15	18.9
15 - 20	18,3
Твердість ґрунту, мПа	
в шарах, см. 0 - 5	0,87
5 - 10	0,91
10 - 15	0,93
15 - 20	0,93
9. Гребенистість поверхні поля, см	5,84 (5,92)
10. Попередній обробіток	Оранка
11. Температура повітря, 0С	19

В методику визначення умов випробування входило наступне:

- 1) метеорологічні умови, які бралися на метеорологічній станції;
- 2) визначення типу ґрунту на назву його по механічному складу;
- 3) стан рельєфу ділянки на якому проводилися випробування
- 4) вологість ґрунту, яка визначалася ваговим способом (термостатно - ваговим способом) в п'ятикратній повторності по ГОСТ 20915-75
- 5) твердість ґрунту за допомогою самопишучого приладу системи Ю.Б. Ревякіна. Величина середньої густини ґрунту визначалася за формулою:

$$P = \frac{h_{сер} \cdot S}{F} \quad (4.6.)$$

де  $h_{сер}$  - величина середньої ординати діаграми щільності, см

$S$  - жорсткість пружини в Н/см

$F$  - площа плунжера, см<sup>2</sup>

Середня величина твердості ґрунту підраховувалася як середнє арифметичне значення твердості ґрунту для кожної проби на шарах.

У відповідності із методикою випробування знарядь і машин для поверхневого обробітку ґрунту (ГОСТ 20915-75 і ОСТ 70.4.2.-80), визначення стійкості ходу ґрунтообробних знарядь прийнято характеризувати по середньоквадратичному відхиленню  $S$  глибини обробітку від середнього його значення і коефіцієнта варіацій  $\nu$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (a - a_{cp})^2}{n-1}} \quad (4.7.)$$

де  $a_{cp}$  - середня глибина обробітку,

$n$  - кількість замірів

$$\nu = \frac{S}{a_{cp}} \cdot 100\% \quad (4.8.)$$

Середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації підраховувався по даних трьохкратної повторності профілювання поверхні поля і дна борозни до і після проходу культиватора.

#### **4.3 Визначення агротехнічних показників розпушування ґрунту**

Якість розпушування ґрунту культиваторами серійним і експериментальним оцінювалися у відповідності з ОСТ 70.4.2-80 такими показниками:

а) коефіцієнтом розпушування ґрунту, що характеризує якість розпушування і визначається як відношення маси фракції ґрунту розміром 1...10 мм до загальної маси проби ґрунту тобто:

$$K_p = \frac{G_{(1..10)}}{G} \cdot 100\% \quad (4.9.)$$

де  $G_{(1...10)}$  - маса частин розміром 1 ...10 мм

$G$  - маса проби, кг

б) коефіцієнтом якості кришіння ґрунту (як один із основних показників роботи борін), що визначається як відношення маси фракції ґрунту розміром менше 25 мм до загальної маси проби

$$K_{кр} = \frac{G_{<25}}{G} \cdot 100\% \quad (4.10.)$$

де - маса частин розміром менше 25 (50) мм

$G$  - маса проби, кг

в) розпорошування ґрунту в шарі 0...5 см, яке визначалося по діагоналі обробленої ділянки за формулою:

$$E = \frac{g}{G} \quad (4.11.)$$

де  $g$  - процентний вміст ерозійнонебезпечних частин

$G$  - загальна маса проби, кг

в) кількість агрономічно цінної фракції, що визначалася, як співвідношення ґрунтових агрегатів розмірами 0,25-10 мм загальної маси проби:

$$K_{agr} = \frac{G_{0,25...10}}{G} \cdot 100\% \quad (4.12.)$$

г) вирівняність поверхні поля визначалася накладанням шнура до і після проходу агрегату. Процент вирівняності встановлювався по різниці відстані між кілками за формулою:

$$\beta_1 = \frac{\ell_1 - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100\% \quad (4.13.)$$

$$\beta_2 = \frac{l_2 - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (4.14.)$$

де  $\beta_1, \beta_2$  - % вирівняності поверхні поля до і після проходу агрегату

$l_0$  - ширина культивованого поля однією ланкою, мм

$l_1, l_2$  - довжина поля між кілками до і після проходу агрегату, мм

Коефіцієнт відносної вирівняності розраховувався за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \quad (4.15.)$$

д) гребенистість поверхні поля, яка визначалася до і після проходу агрегату за допомогою координатної рейки перпендикулярно напрямку руху культиватора;

ж) стійкість ходу робочих органів на глибині обробітку ґрунту, яка оцінювалася середньоквадратичним відхиленням від середньої дійсної глибини обробітку;

з) збереження вологи в орному шарі, для чого брали проби щодобово в трьох і більше повторюваностей в шарах ґрунту 0...5, 5...10 і 10...20 см.

#### 4.4 Засоби експерименту

Як показав теоретичний аналіз процесу пошарового розпушування ґрунту, якість роботи запропонованих робочих органів та ґрунтообробних знарядь залежить від цілого ряду факторів (конструктивних параметрів). Для того, щоб вивчити вплив декількох факторів на процес і одночасно знайти їх взаємозв'язок між собою, планується багатфакторний експеримент. Число дослідів і час їх проведення при цьому значно скорочується.

Про роботу любого ґрунтообробного знаряддя судять по якісних показниках роботи. Основоположник землеробської механіки академік В.П.Горячкін писав: «... питання про форму знаряддя є головним, а затрати

зусиль - другорядними, так як всяке знаряддя оцінюється, головним чином, по якості, а не кількості роботи [6].

Тому свої дослідження ми почали із вивчення впливу геометричних конструктивних параметрів робочих органів для пошарового розпушування ґрунту, зокрема - ширини робочого органу (в), кута між уступами та кута входження уступів в ґрунт на основні показники якості їх роботи: степені розпушування та кришіння ґрунту, стабільності глибини обробітку, вирівненість, гребнистість. Ці показники суттєво впливають на якість підготовки ґрунту до сівби та створення сприятливих умов для проростання сільськогосподарських культур і в кінцевому результаті на їх урожайність.

Найбільш повно відображає процес пошарового розпушування ґрунту в залежності від зміни геометричних конструктивних параметрів робочих органів ортогональний центральний композиційний план (ОЦКП), що дозволяє отримати достовірну математичну модель, яка описує з достатньою точністю фактори інтенсифікації розпушування ґрунту [11].

Для складання оптимального плану багатофакторного експерименту необхідно виділити всі фактори (параметри), що впливають на досліджуваний процес, вибрати функції відзиву, по яких буде проводитися оптимізація параметрів процесу пошарового розпушування і визначити кількість повторностей вимірів.

Серед всіх агротехнічних показників роботи ґрунтообробних знарядь (борін) до найбільш суттєвих слід віднести якість розпушування ґрунту, стабільність глибини ходу, гребенистість та вирівненість при цьому слід прийняти до уваги питання енергетичних затрат.

Виходячи із вимог до параметрів оптимізації [37,] для вивчення процесу пошарового розпушування ґрунту цим параметром слід вважати ступінь якості розпушування ґрунту - приведений до тягового опору.

При виборі факторів слід враховувати всі фактори, які можуть впливати на параметр якості розпушування, з іншого боку, число змінних в експерименті необхідно зменшити до розумних меж [16].

Фактори, які в експерименті врахувати неможливо по тій або іншій

причині, необхідно на протязі всіх дослідів стабілізувати на одному рівні.

На якість роботи експериментальної установки впливають: поступальна швидкість установки, конструктивні параметри робочих органів (ширина, кут між уступами, кут входження уступу в ґрунт) розстановка робочих органів по ширині захвату та в напрямку руху машини, твердість та вологість ґрунту.

Так як твердість і вологість ґрунту - це об'єктивні фактори, що не залежать від експериментатора, а такі параметри як розстановка робочих органів, як по ширині захвату та в напрямку руху установки прийняті виходячи із фактичної зони деформації ґрунту виходячи із умов, що кожен робочий орган йде своїм слідом. Нижній та верхній рівні фактора швидкості агрегату вибираємо із агротехнічно допустимих швидкостей руху знарядь для поверхневого обробітку із врахуванням максимальної продуктивності та технічної характеристики серійних знарядь.

Експериментальна установка для дослідження гнатоштабових робочих органів (Рис.4.6.) з метою оптимізації конструктивно -технологічних параметрів складається із рами, що опирається на два опорних колеса. Опорні колеса регулюються по висоті, чим і змінюється глибина ходу робочих органів всієї лабораторно-польової установки в цілому. Для забезпечення однакової глибини ходу і не налипання ґрунту на поверхню опорних коліс, колеса обладнанні чистиками. Рама прямокутної форми, що виготовлена із кутників має просторову форму у вигляді просторової ферми з метою придання їй необхідної жорсткості. На повздовжніх гряділях, що жорстко закріпленні, змонтовані по три стояки із отворами до яких приєднується болтовим з'єднанням універсальні робочі органи для пошарового розпушування ґрунту.

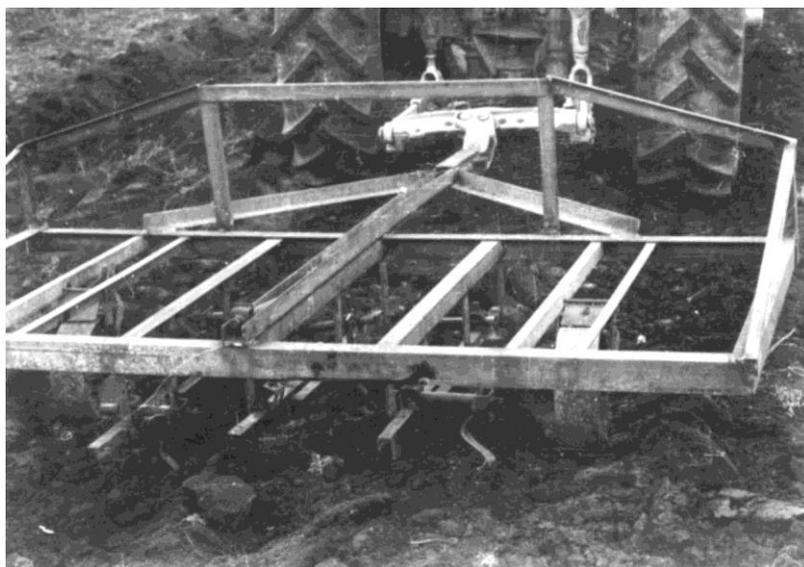


Рисунок 4.6. Лабораторно-польова установка для дослідження робочих органів для пошарового розпушування ґрунту

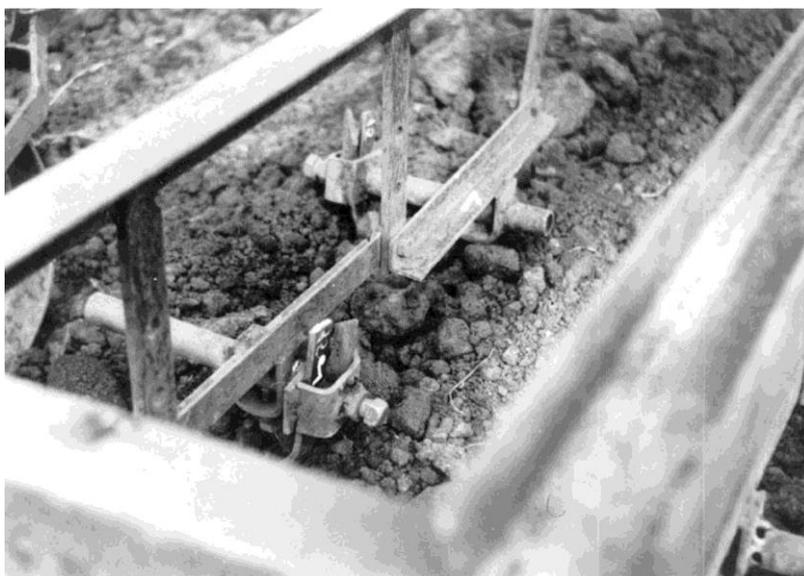


Рисунок 4.7. Лабораторно-польова установка для дослідження робочих органів для пошарового розпушування ґрунту

Така конструкція забезпечує індивідуальну зміну положення робочих органів по висоті (переміщенням тримачів у отворах стояків) і зміна положення по ширині захвату (переміщення тримача трубчатого в поперечному напрямку). Універсальні та трубчаті тримачі, а також робочі органи фіксуються спеціальними болтами з контргайками.

## 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На першому етапі досліджень проводились відсіваючі експерименти по пошуку найбільш оптимального і ефективного профілю поперечного перерізу матеріалу заготовки для виготовлення робочих органів, з метою здійснення технологічного процесу пошарового розпушування ґрунту. При цьому виявили, що кращим поперечним перерізом пасивних робочих органів, з метою здійснення пошарового розпушування ґрунту є прямокутний профіль. Виготовлення робочих органів здійснювалося шляхом згину заготовки матеріалу із сталюї штаби розміром 5x36, 6x40 виходячи із питомого опору ґрунту і міцності матеріалу. Разом з тим необхідно було виявити ті конструктивні фактори, які найбільш впливають на процес пошарового розпушування ґрунту. В процесі взаємодії робочих органів із ґрунтом важливе значення має характер протікання деформації. Тому першим дослідженням в лабораторних умовах були дослідження зони поширення деформації від конструктивних параметрів об'ємних робочих органів для об'ємного пошарового розпушування ґрунту.

Як показали проведені експериментальні дослідження процесу взаємодії об'ємного ґрунтообробного робочого органу із ґрунтом (рис. 5.1) зона поширення деформації та розпушування ґрунту від дії об'ємних робочих органів залежить від конструктивних параметрів, зокрема кута між уступами  $Q$ , кута входження уступу в ґрунт та ширини робочого органу  $B$  і від глибини ходу робочого органу.

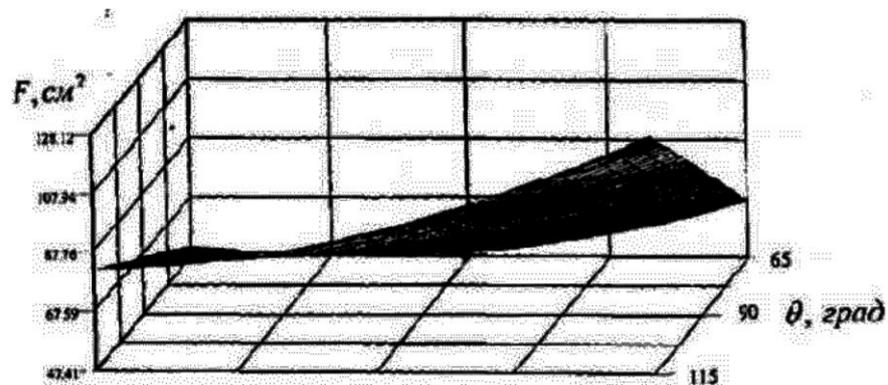


Рисунок 5.1. Залежність зони розпушування ґрунту ( $F$ ,  $cm^2$ ) від кута входження уступу в ґрунт ( $\beta$ , град) і кута між уступами ( $\theta$ , град) (при ширині робочого органу  $b = 30$  мм, тип ґрунту - чорнозем,  $W=17.3\%$ ).

Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні положення та

залежності. Максимальне значення зони поширення деформації ґрунту на чорноземі досягається при збільшенні кута входження уступу в ґрунт та ширини захвату при куті між уступами, що наближається до 90°.

У відповідності із методикою досліджень, за допомогою маятникового копра фіксувалася затрачена робота на деформацію певного об'єму ґрунту. Тому за критерій оптимізації прийнятий показник затраченої роботи на деформацію об'єму ґрунту:

$$E_n = \frac{A}{V_p} \quad (5.1.)$$

де  $E_n$  - питома енергоємність, Дж/м;

$A$  - затрачена робота на деформації ґрунтового зразка, Дж;

$V_p$  - здеформований об'єм ґрунту робочим органом, м<sup>3</sup>.

Польові порівняльні випробування експериментального культиватора об'ємними робочими органами та серійного культиватора КПС-4 проводилися в агрегаті із трактором МТЗ-82 згідно програми та методики випробувань. Умови проведення випробувань подані в таблиці 5.1.

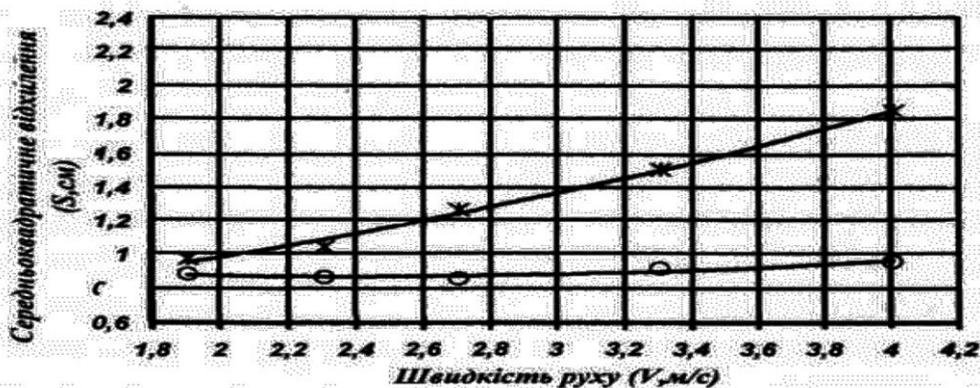
Таблиця 5.1. Умови проведення випробувань

Показники	Значення показників за даними випробування
Дата	
Місце випробувань	Дослідне поле
Вид роботи	Передпосівне боронування
Тип ґрунту і назва за механічним складом	Чорнозем малогумусний, вилугуваний, важко суглинковий
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Хвилястий
Вологість ґрунту, % в шарах: 0-5 см	17,4
5-10 см	16,2
Твердість ґрунту, мПа, в шарах, см 0-5 см	0,74
5-10 см	0,86
Гребенистість поверхні поля, см	5,2
Попередній обробіток ґрунту	Оранка, культивація

При проведенні польових випробувань експериментальних об'ємних робочих органів для міжрядного обробітку ґрунту визначалися основні агротехнічні показники роботи культиватора: глибина обробітку ґрунту, якість розпушування та степінь кришіння ґрунту, стабільність та рівномірність глибини обробітку, що визначалася середньоквадратичним відхиленням глибини ходу, степінь знищення бур'янів, інтенсивність випаровування вологи, налипання ґрунту на поверхні робочих органів, гребнистість поверхні поля та її вирівненість.

Оцінка енергетичних показників роботи експериментальних об'ємних робочих органів проводилася тензометруванням тягового опору та визначенням питомого тягового опору.

Оцінка глибини обробітку ґрунту робочими органами об'ємної дії має важливе значення для агротехнічної оцінки роботи культиватора, так як глибина обробітку залежить від маси культиватора, швидкості руху та напрямку руху культиватора. В дослідженнях культиватора вивчалася залежність глибини обробітку від маси культиватора, швидкості її руху (1,9 м/с...4,0 м/с)(рис 5.2)



ж - КПС-4

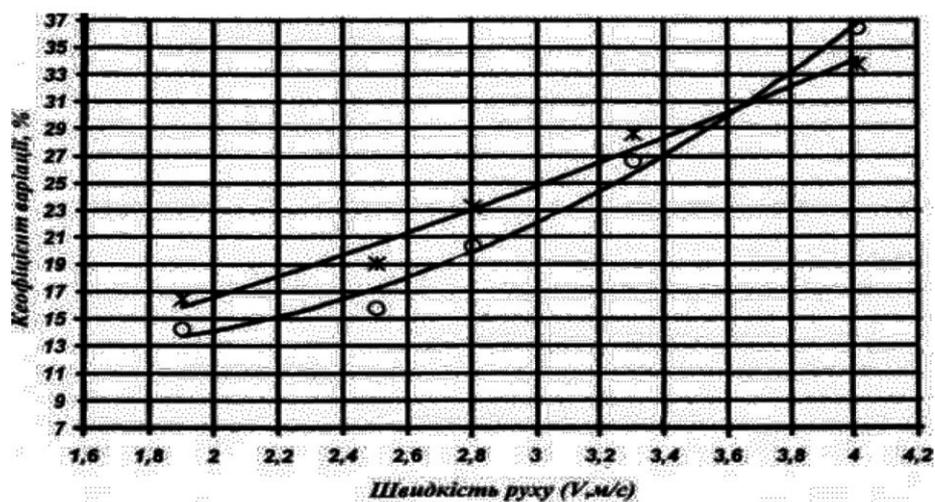
0 - Експериментальний

Рисунок 5.2. Залежність середньоквадратичного відхилення глибини обробітку культиватором від швидкості руху.

Із графіка рисунок 5.2 видно, що глибина обробітку культиватора з об'ємними робочими органами практично залишалася незмінною в діапазоні швидкостей від 1,9 м/с до 4,0 м/с. Стабільність ходу по глибині обробітку

пояснюється додатковим заглибленням культиватора силою, що діє на кожен зуб культиватора, і зменшує та компенсує виштовхувальну силу, що діє на культиватор. У культиваторі при зростанні швидкості в цьому ж діапазоні глибина обробітку зменшувалася за рахунок виштовхувальної сили.

Результати досліджень підтвердили гіпотезу про залежність стабільності ходу культиватора по глибині від конструктивних параметрів зубів культиватора та збільшення заглиблюючої сили, що діє на кожен зуб культиватора а також зростання заглиблюючої сили культиватора при зростанні швидкості руху. Так при значенні кута входження уступу зуба культиватора в ґрунт  $\beta=20^\circ$  виштовхувальна сила від дії опору ґрунту практично повністю компенсується заглиблюючою силою, що діє на кожен лапу культиватора, про що засвідчує практично однакова глибина обробітку при різних швидкостях руху. В середньому глибина обробітку ґрунту складала 8-15 см. Стійкість ходу культиватора по глибині оцінювалася середнім квадратичним відхиленням та коефіцієнтом варіації (рис 5.3).



ж - КПС-4

0 - Експериментальний

Рисунок 5.3. Залежність коефіцієнта варіації глибини від швидкості руху.

Стабільність ходу по глибині обробітку пояснюється додатковим заглибленням культиватора силою, що діє на кожен лапу культиватора, і зменшує та компенсує виштовхувальну силу, що діє на культиватора. У серійних культиватора при зростанні швидкості в цьому ж діапазоні глибина

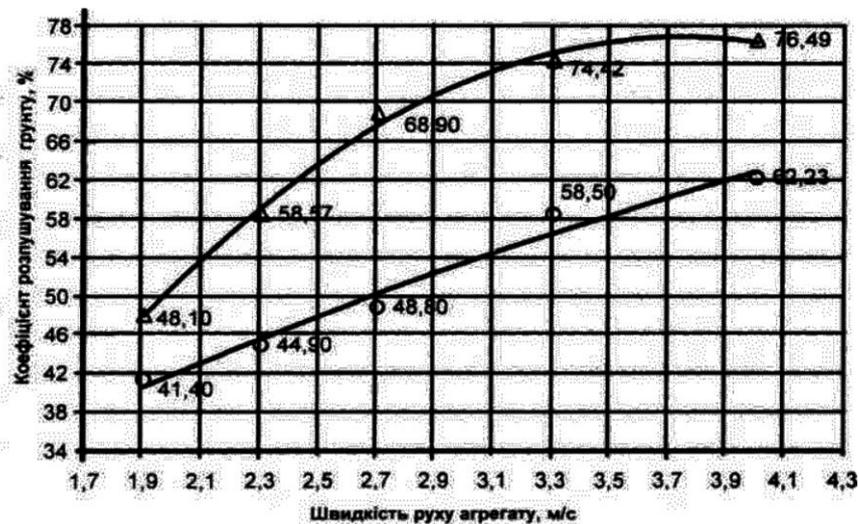
обробітку зменшувалася за рахунок виштовхувальної сили. Результати досліджень підтвердили гіпотезу про залежність стабільності ходу культиватора для міжрядного обробітку ґрунту по глибині від конструктивних параметрів кожно лапу культиватора та збільшення заглиблюючої сили, що діє на кожно лапу культиватора а також зростання заглиблюючої сили культиватора при зростанні швидкості руху. Так при значенні кута входження уступу лапи культиватора в ґрунт  $\beta=20^\circ$  виштовхувальна сила від дії опору ґрунту практично повністю компенсується заглиблюючою силою, що діє на кожно лапу культиватора, про що засвідчує практично однакова глибина обробітку при різних швидкостях руху. Стійкість ходу культиватора по глибині оцінювалася середнім квадратичним відхиленням та коефіцієнтом варіації. Як видно із графіків Рисунок 6.3., культиватора з підвищенням швидкості від 1,9 м/с до 4,0 м/с середньоквадратичне відхилення глибини обробітку зросло з 1,36 см до 2,25 см, а коефіцієнт варіації з 16,5 до 33,8 %.

Аналіз розподілу ґрунтових агрегатів за гранулометричним складом в шарі ґрунту (0...10 см). показав, що при зростанні швидкості руху зростає кількість агрономічної цінної фракції як у серійних так і у експериментальних культиватора. Найбільша кількість ґрунтових агрегатів була з розмірами  $d = 0,25... 10$  мм, що складало понад 50% для експериментальних культиватора при швидкості руху 2,7 м/с і більше. Аналіз розподілу ґрунтових агрегатів за гранулометричним складом в шарі ґрунту (0...10 см) показав, що при зростанні швидкості руху зростає кількість агрономічної цінної фракції як у серійних так і у експериментальному культиваторі.

Оцінюючи динаміку коефіцієнта якості розпушування ґрунту видно, що у експериментальному культиваторі коефіцієнт якості обробітку зріс з 48 до 77% при зростанні швидкості з 1,9 м/с до 4 м/с. Середнє значення коефіцієнта розпушування у експериментальних культиваторі було майже на 14 -24% вище як у серійних.

Основним показником якості роботи культиватора з об'ємним робочим органом коефіцієнт ступеня кришіння ґрунту, графік залежності від швидкості

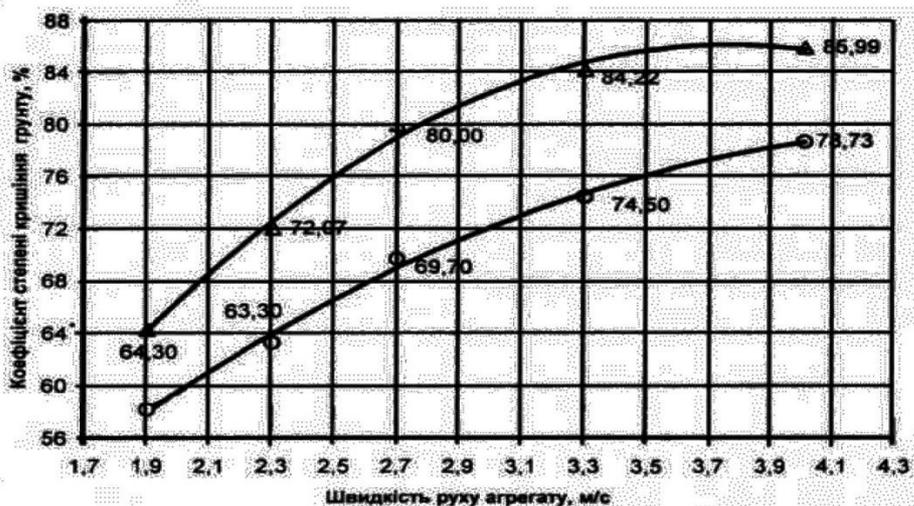
руху представлений на рисунку 5.4. Як видно із рисунка 5.4 коефіцієнт якості кришіння як у експериментальних так і у серійних культиваторів зростає із підвищенням швидкості руху. Максимальне значення коефіцієнта степеня кришіння ґрунту для експериментального культиватора складає 76%. Значення коефіцієнта степеня кришіння для експериментального культиватора вище на 8,4-11,6%, як у серійних культиваторів.



0 - КПС-4

Δ - Експериментальний

Рисунок 5.4. Залежність коефіцієнта якості розпушування ґрунту від швидкості руху культиватора.



Δ - КПС-4

0 - Експериментальний

Рисунок 5.5. Залежність коефіцієнта степеня кришіння ґрунту ( $K_{кр}$ ) від швидкості руху культиватора ( $V$ )

Підвищення показників якості розпушування та кришіння ґрунту експериментальним культиватором забезпечується конструктивними особливостями робочих органів - а саме: концентрацією деформації стиску, зсуву та розтягу в обмеженому шириною робочого органу об'єму ґрунту, - розділом оброблюваного об'єму ґрунту на шари внаслідок взаємопротилежної орієнтації наступного і попереднього уступів та інтенсифікацією процесу руйнування ґрунтової скиби кожного шару ґрунту, що сходиться із кожного із уступів внаслідок наявності кута входження уступу в ґрунти (кут  $P$ ) та розміщення уступу в просторі (кут  $\varphi$ ).

Також визначався вміст вологи в шарі ґрунту, який оброблявся експериментальним і серійним культиваторами результати в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Втрата вологи в шарі ґрунту при суцільному обробітку експериментальним і серійним культиваторами

Δ - КПС-4 0      0 - Експериментальний

Глибина шару ґрунту, см	Втрата вологи							
	за 1 добу		за 2 доби		за 3 доби		за 4 доби	
	експер.	серійні	експер.	серійні	експер.	серійні	експер.	серійні
0...5	3,8	5,1	5,4	6,9	6,8	8,3	7,1	8,9
5...10	2,7	3,4	3,9	4,5	4,4	5,1	4,9	5,7
10...20	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,9	3,9	5,9

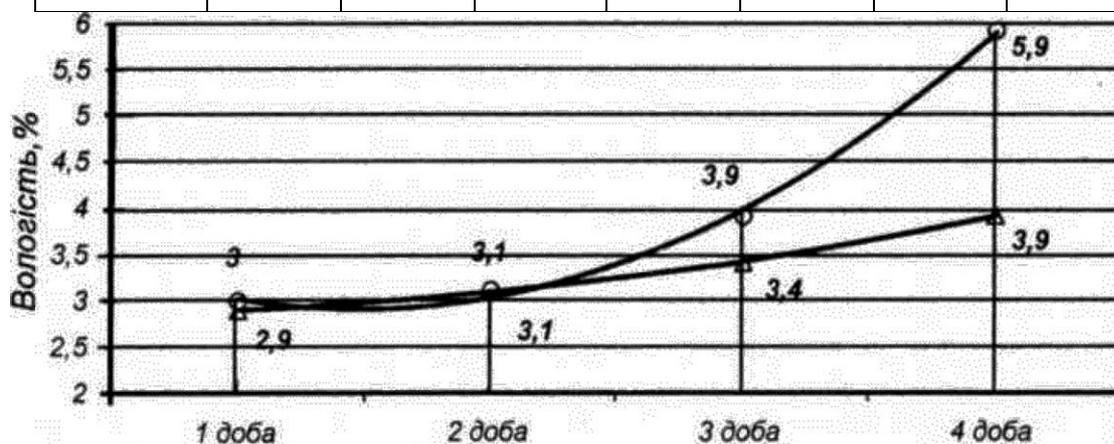
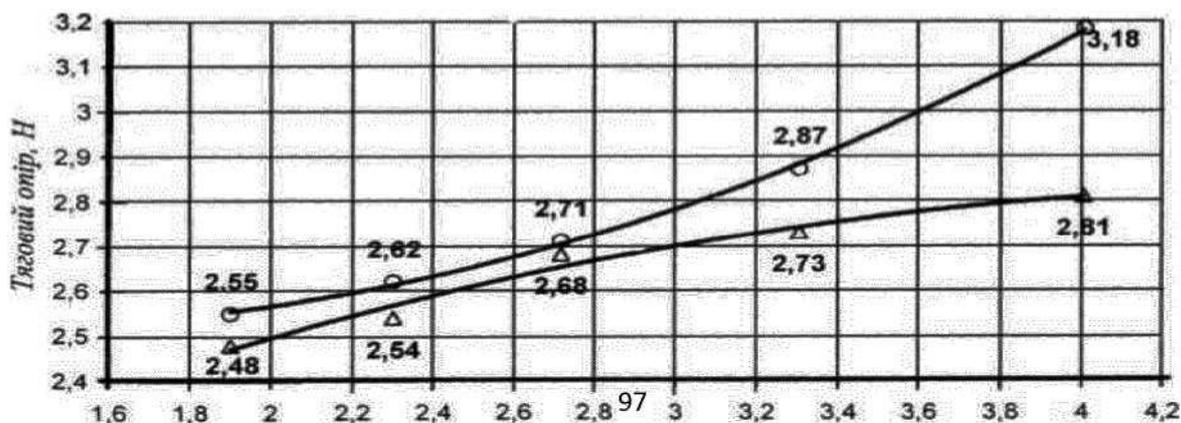


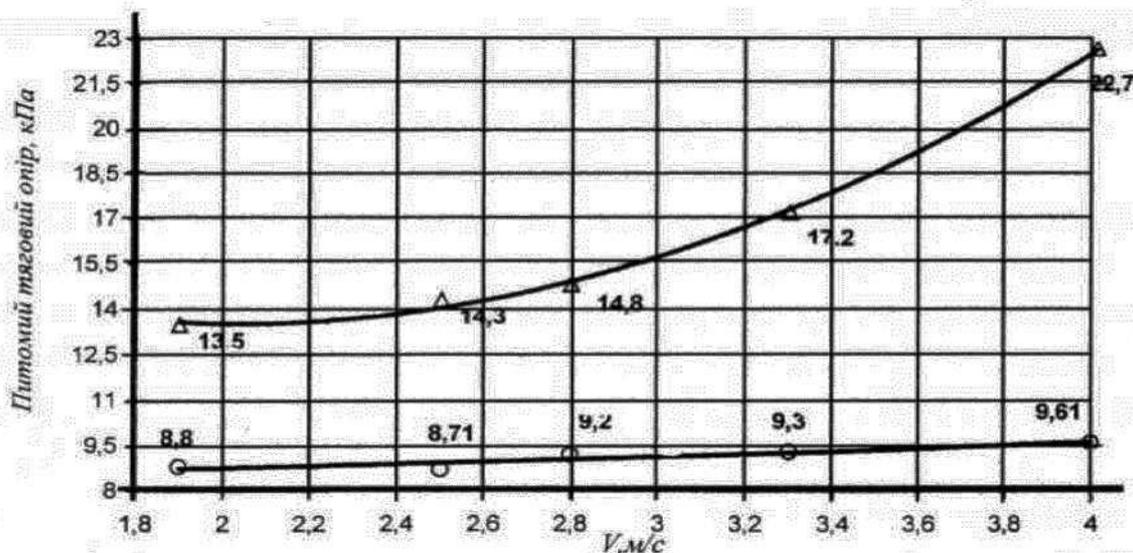
Рисунок 5.6. Втрати вологи в шарі ґрунту 10-15 см при суцільному обробітку експериментальним та серійним культиваторами  
Аналіз приведених значень в таблиці 5.2 і рисунку 5.6 показує, що

інтенсивність втрати вологи у верхньому шарі ґрунту в середньому за 4 доби складає 1,75% після обробітку ґрунту експериментальним культиватором і 2,25% у серійних, що в цілому засвідчує підвищення якості агротехнічних показників роботи культиватора для суцільного обробітку ґрунту. Зменшення випаровуваності вологи в поверхневому шарі ґрунту забезпечується зменшенням поверхні випаровування внаслідок зменшення висоти гребеня та покращення вирівненості поверхні поля після проходу культиватора з об'ємними робочими органами для суцільного обробітку ґрунту.



0 - КПС-4 Δ - Експериментальний

Рисунок 5.7. Залежність тягового опору культиватора від швидкості руху



Δ - КПС-4 0 - Експериментальний

Рисунок 5.8. Залежність питомого тягового опору культиватора від швидкості руху.

Аналізуючи отримані значення (рис.5.7) і (рис.5.8) в результаті

проведених випробувань видно, що значення тягового опору експериментального культиватора з об'ємними робочими органами значно нижче ніж серійного.

В результаті проведених польових порівняльних випробувань експериментального культиватора з об'ємними робочими органами та серійних, слід зробити висновки, що експериментальні культиватори з об'ємними робочими органами працюють в діапазоні агротехнічних допустимих швидкостей агрегатів для міжрядного обробітку ґрунту (12 км/год.) із кращими показниками, як серійні культиватори.

Експериментальні культиватори з робочими органами об'ємної дії, що забезпечують пошарове розпушування ґрунту при підвищених швидкостях роботи агрегату мають стабільний хід на глибині обробітку.

## 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для передпосівного обробітку ґрунту необхідно вирішити 2 завдання:

- Знищення сходів бур'янів у фазі ниточки або кількох вегетаційних листків;

- Розпушування ґрунту на глибину в 4-5 разів більшу від глибини висіву насіння.

В нашому випадку це глибина 12-15 см. Пропонується агрегат, який може за 1 прохід виконати ці 2 операції. Удосконалений культиватор КПС-4 має 2 види робочих органів:

- стрільчаті лапи для знищення бур'янів (глибина обробітку - 4-5 см)

- гнучі штабові лапи, які завдяки об'ємній дії на ґрунт проводять рихлення по всій полосі руху на глибину 12-15 см. Поверхня ґрунту додатково вирівнюється прутковими катками.

Таблиця 6.1 -

Техніко-технологічні показники звичайного і експериментального культиваторів

Показники	Значення показників	
	Традиційний культиватор	Модернізований культиватор
Поступальна швидкість, м/с	2,2	2,2
Ширина захвату, м	4,0	4,0
Продуктивність за годину чистої роботи, га/год	3,0	3,36
Маса, кг	1170	1438
Кількість робочих органів	22	28

## Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників

Показники	Базова	Експериментальна
Балансована вартість, грн	12600	14300
Кількість обслуговуючого персоналу, люд	1	1
Робоча швидкість, м/с	2,2	2,2
Коефіцієнт використання часу зміни	0,80	0,80
Балансова вартість трактора МТЗ-82, грн	170 000	170 000
Комплексна ціна 1 кг палива, грн	21,00	21,00
Номінальна потужність двигуна трактора, кВт	60	60
Використання потужності двигуна трактора, %	85	85
Питома витрата палива, кг/кВт	0,317	0,317
Заробітна плата тракториста із врахуванням надбавок, грн./год	16,8	16,8
Нормативне річне завантаження, га	115	115

Річна економія праці на експлуатації вдосконаленого нового агрегату:

$$E = (Z_6 + Z_n) * V_3, \quad (6.1.)$$

де  $Z_6, Z_n$  - затрати праці на експлуатацію базового агрегату, люд/год, затрати праці на експлуатацію нового агрегату, люд/год

$V_3$  - річне завантаження чизельного плуга, га

Підставивши в розрахункову формулу значення показників, отримаємо:

$$E = (0,54 - 0,46) * 280 = 22,4 \text{ люд/год}$$

Річна економія прямих експлуатаційних витрат:

$$E_e = (I_6 - I_n) * V_3, \quad (6.2.)$$

де  $I_6$  - прями експлуатаційні витрати по базовому агрегату, грн./га

$I_n$  - прямі експлуатаційні витрати по новому агрегату, грн./га

$$E_c = (69,3 - 61,4) * 115 = 908,5 \text{ грн/га}$$

Чистий прибуток від збільшення врожаю з гектара:

$$U = K * \text{Ц}, \quad (6.3.)$$

де  $K$  - прибавка збору урожаю з гектара ( $K = 1,26$  т/га)

$\text{Ц}$  - вартість 1 тонни пшениці, ( $\text{Ц} = 830$  грн)

$$U = 1,6 * 830 = 1045,8 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект від застосування модернізованого культиватора визначається:

$$E_p = (\Pi_b - \Pi_m + U) B_z, \quad (6.4.)$$

де  $\Pi_b$  - приведені витрати по базовій машині, грн./га

$\Pi_m$  - приведені витрати по модернізованій машині, грн./га

$$E_p = (77,2 - 69,1 + 1045,8) 115 = 121198,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності нової конструкції

$$C_o = (B_m^h - B_m^b) / E_c, \quad (6.5.)$$

де  $B_m^h$ ,  $B_m^b$  - балансова вартість відповідно нового та звичайного лемішного плуга, грн.

$$C_o = (14300 - 12600) / 908,5 = 1,9 \text{ року}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3-

Техніко-економічні показники порівнюючих культиваторів

Показники	Базова машина	Експериментальна машина
Продуктивність, га/год	3,0	3,36
Затрати праці за год експлуатаційного часу, люд/год	0,64	0,56
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	69,3	61,4
Питомі капітальні вкладення, грн./га	235	203
Приведені витрати, грн./га	77,2	69,1

<b>Показники</b>	<b>Базова машина</b>	<b>Експериментальна машина</b>
Економія експлуатаційних витрат, грн	-	908,5
Річний економічний ефект, грн	-	121198,5
Термін окупності, років	-	1,9

Із таблиці 6.3 видно, що продуктивність модернізованого культиватора КПС-4 у порівнянні із звичайним культиватором збільшилася на 12 %. Затрати праці зменшуються на 22%. Приведені витрати - на 14%. Застосування модернізованого культиватора для передпосівного обробітку ґрунту є економічно-доцільними, що дозволяє підвищити технічний рівень технології вирощування культури і отримати економічний ефект у розмірі 121198,5 грн на рік від експлуатації 1 агрегату.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ

1. У кваліфікаційній роботі обґрунтовано теоретичні дослідження процесу взаємодії органу об'ємної дії з ґрунтом із використанням положень теоретичної механіки.

2. Досліджено процес розпушування ґрунту та підрізання бур'янів із використанням законів математичної фізики.

3. Розглянуті питання теорії та розрахунку культиватора з робочими органами об'ємної дії на ґрунт. Отже, ґрунт потрібно розглядати як об'єкт обробітку, який складається із твердої, рідкої, газоподібної фаз і живих організмів.

4. На основі програми теоретичних досліджень було досліджено степінь кришіння ґрунту в залежності від вибраного способу руйнування ґрунтової скиби, а також від дії робочого органу на ґрунт.

5. Експериментальними дослідженнями встановлено зону поширення деформації на поверхню ґрунту енергоємності процесу розпушення певного об'єму ґрунту, якість розпушування ґрунту, стабільність ходу знарядь, гребенистість поверхні та втрати вологи після обробітку ґрунту експериментальним культиватором.

6. Встановлено основне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів для суцільного обробітку ґрунту робочими органами об'ємної дії.

7. Завдяки лабораторно-польовим дослідженням встановлено правильність висунутої робочої гіпотези про те, що покращення якості розпушування і кришіння ґрунту при суцільному обробітку та зниження питомих енерговитрат на процес обробітку ґрунту досягається за рахунок використання робочих органів об'ємної дії.

8. Експериментально встановлено процес взаємодії ґрунтообробного робочого органу об'ємної дії з ґрунтом, зону поширення деформації та розпушування ґрунту під дією об'ємних робочих органів.

9. Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні

положення та залежності.

10. Розраховані техніко-економічні показники проекту свідчать про значний економічний ефект при впровадженні розробленого культиватора у виробництво.

11. Використання культиватора з науково обґрунтованими параметрами робочих органів забезпечує якісний обробіток ґрунту. Продуктивність агрегату становить 3,36 га/год, сумарний економічний ефект від використання подрібнювача складає 121198,5 грн. на рік із терміном окупності 1,9 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектування механізованих технологічних процесів у рослинництві / І.М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2011. 556 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д. Г. Войтюк та ін. Київ : Вища освіта, 2015. 464 с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Київ : Урожай, 2014. 446 с.
4. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Мінагрополітики України : навчально-методичний посібник / Т.Д. Іщенко та ін. Київ : Аграрна освіта, 2006. 256 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (ч. 1) машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків : Око, 2011. 441 с.
6. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс : навч. посіб. для здобувач вищої освіти інженерних спеціальностей осв.-кваліф. рівня «Бакалавр» / І.М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
7. Корчак М.М. Дослідження характеру засміченості поля листостебельними та кореневими залишками після збирання кукурудзи / М.М. Корчак, С.В. Єрмаков // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. - Кам'янець-Подільський, 2007. - Вип. 15. 498-504 с.
8. Корчак М.М. Розробка комбінованого способу та подрібнювача для ґрунту, засміченого рослинними залишками / М.М. Корчак // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - Львівський національний агроуніверситет, 2009. - №13, т. 1. 155-163 с.
9. Лотоненко І.В. Обробіток ґрунту для різних ґрунтово-кліматичних зон України : навч. посіб. Харків : Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2008. 54 с.

10. Машиновикористання в землеробстві / Ільченко В.Ю. та ін. Київ : Урожай, 2006. 384 с.

11. Методичні вказівки для підготовки документації на дипломне проектування для студентів денної і заочної форми навчання Інституту механізації і електрифікації сільського господарства напряму підготовки 6.100102 „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”, освітньо-кваліфікаційних рівнів: „бакалавр”, „спеціаліст”, „магістр” / А.В. Рудь та ін. Кам’янець-Подільський : ПДАТУ, 2014. 127 с.

12. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / А.В. Рудь та ін. Кам’янець-Подільський : ПДАТУ, 2019. 51 с.

13. Методичні вказівки для підготовки документації на дипломне проектування для студентів денної і заочної форми навчання інституту механізації і електрифікації сільського господарства з напряму підготовки: 0919 «Механізація і електрифікація сільського господарства», спеціальності «Механізація сільського господарства» освітньо-кваліфікаційних рівнів: «Бакалавр», «Спеціаліст», «Магістр»/А.В. Рудь та ін. Кам’янець-Подільський : Аксіома, 2008. 108 с.

14. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир та ін. Кам’янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.

15. Методичні рекомендації для виконання та оформлення дипломної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, Комарніцький С.П. За ред. В.І. Дуганця. – Кам’янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 52 с.

16. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник/О.М. Царенко та ін. Київ : Мета, 2013. 448 с.

17. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. У 2 т: Т. 1 / А.В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.

18. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. У 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 432 с.

19. Навчально-методичний комплекс з дисципліни «Експлуатація машин і обладнання» для здобувач вищої освіти інженерно-технічного факультету (напрямок підготовки 6.100102 – «Процеси, машини і обладнання агропромислового виробництва» спеціальності 208 «Агроінженерія») / Грушецький С. М. та ін. Кам'янець-Подільський : Подільський державний аграрно-технічний університет., 2017. 772 с.

20. Пат. 33829, Україна, МПК А 01 В 33/00. Комбінований культиватор-подрібнювач / Корчак М.М., Бендера І.М., Єрмаков С.В. - № и200803382; заявл. 17.03.2008; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13 6 с.

21. Пат. 90535, Україна, МПК А 01 В 49/02 (2006.01). Комбінований подрібнювач рослинних залишків грубостеблових культур / Корчак М.М., Бендера І.М., Єрмаков С.В. - № а2008 03070; заявл. 11.03.2008; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9 6 с..

22. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи конструкції, проектування: підруч. для студентів вищ.навч.закл. із спеціальності «Машини та обладнання в СГ виробництві»/За ред. М.І. Черновола. Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Кропівний. Київ :Урожай, 2011. 384 с.

23. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки/ В.І. Кравчук та ін. Київ : Аграрна наука, 2014. 396 с.

# ДОДАТКИ

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**БАБІЙ ВІТАЛІЙ ЯРОСЛАВОВИЧ**

## **«ОБГРУНТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

- \* **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ**  
освітнього ступеня «Магістр» освітньо-  
професійної програми «Агроінженерія»  
спеціальності 208 «Агроінженерія»



Науковий керівник  
канд. техн. наук, старший  
науковий співробітник  
**ГОВОРОВ Олександр  
Федорович**

## **Тема: «ОБГРУНТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ СУЩІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

**Мета:** Підвищити якість та зменшити енерговитрати в процесі поверхневого обробітку ґрунту завдяки використанню культиватора з робочими органами об'ємної дії на ґрунт

**Об'єкт:** Ґнучоштабова лапа, культиватор із ґнучоштабовими лапами

**Предмет:** Залежність показників ефективності поверхневого розпушування та енерговитрат на процес обробітку ґрунту від параметрів ґнучоштабової лапи та культиватора з відповідними лапами.

**Завдання:** - аналіз сучасних технологій обробітку ґрунту;  
- обґрунтування способу подрібнення ґрунтової скиби з допомогою культиватора;  
- обґрунтування параметрів робочих органів об'ємної дії на ґрунт;  
- розробка методики, виготовлення зразків ґнучоштабової лапи.

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КУЛЬТИВАТОРІВ



Культиватор  
для суцільного обробітку ґрунту  
КПС - 4



Культиватор  
начіпний комбінований  
КНК-4



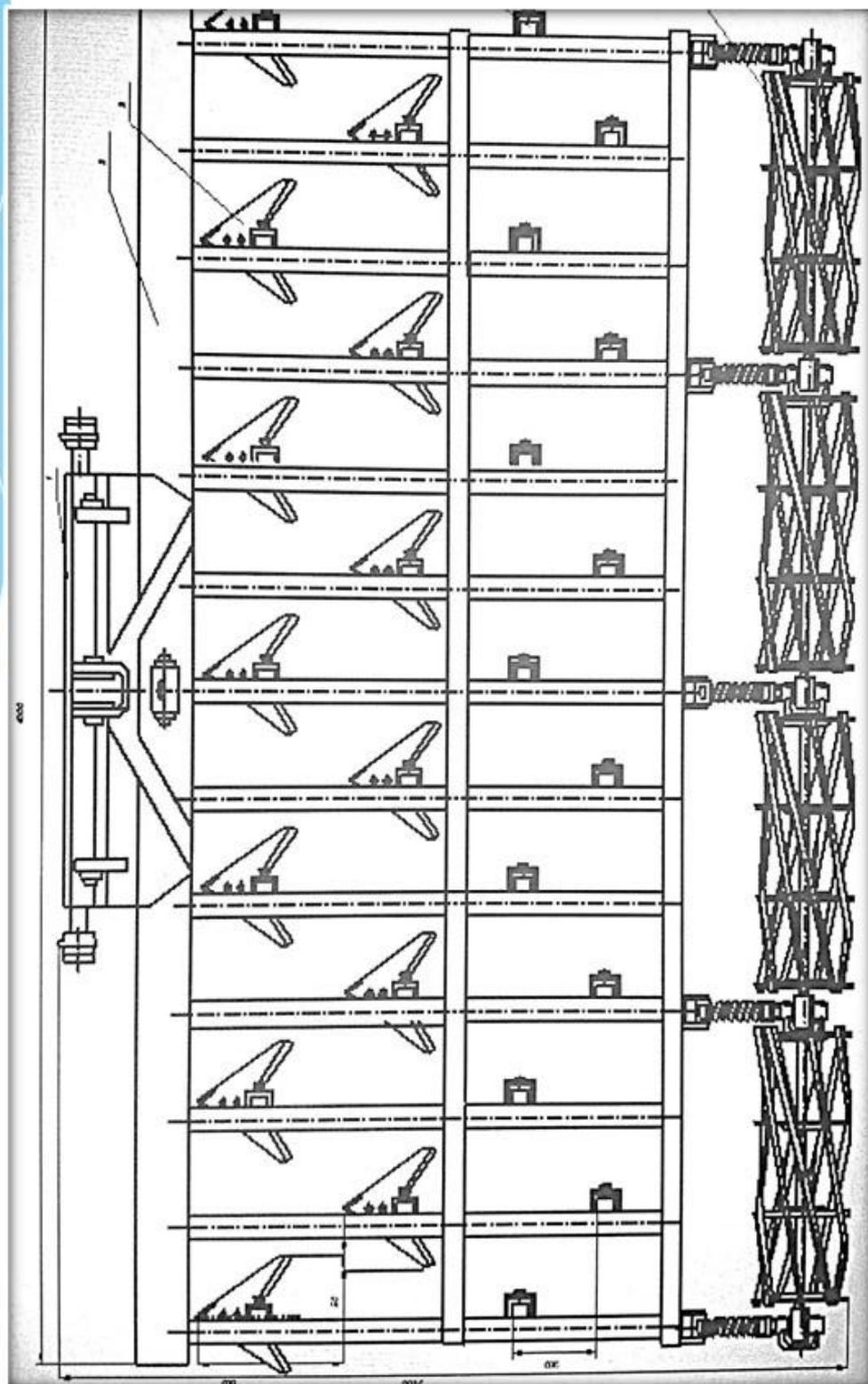
Культиватор-плоскоріз  
голково-ротатійний  
КПІР-3,6



Культиватор важкий причіпний  
КТП-4,3

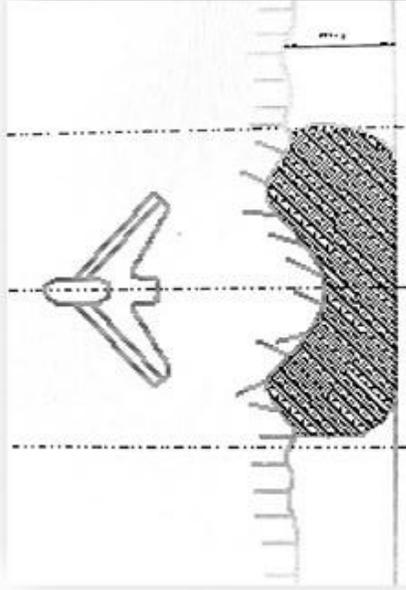


# ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД КУЛЬТИВАТОРА

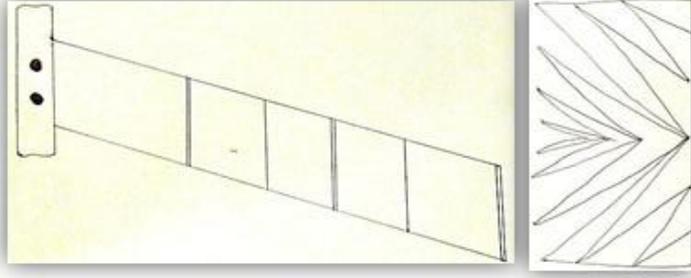


# РОБОЧІ ОРГАНИ МОДЕРНІЗОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА

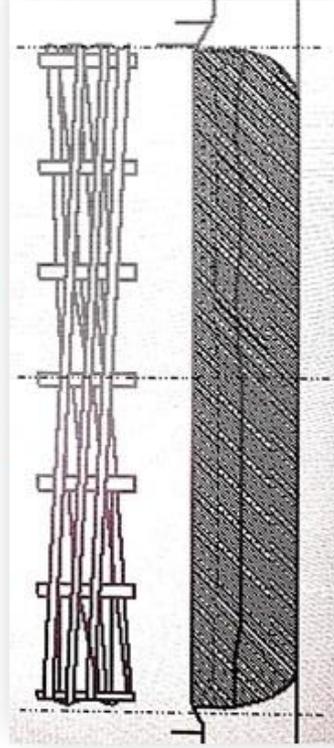
Стрільчата лапа (3-5 см)



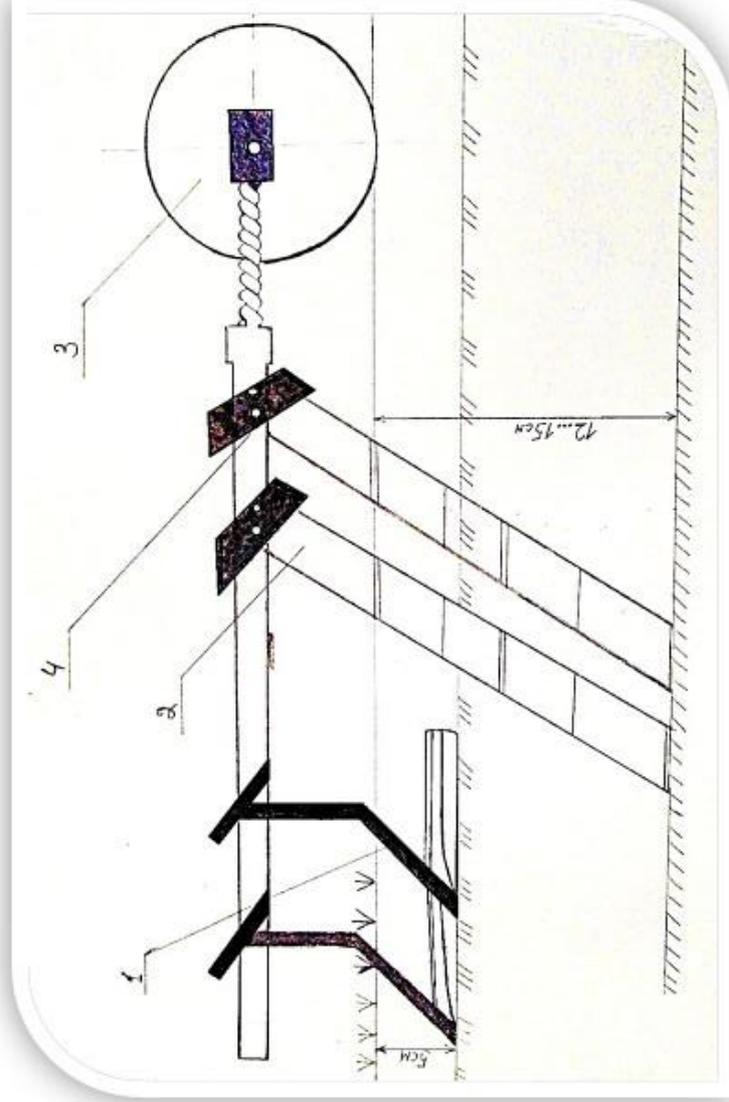
Гнучтабова лапа (12-15 см)



Каток



## ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КУЛЬГИВАТОРА



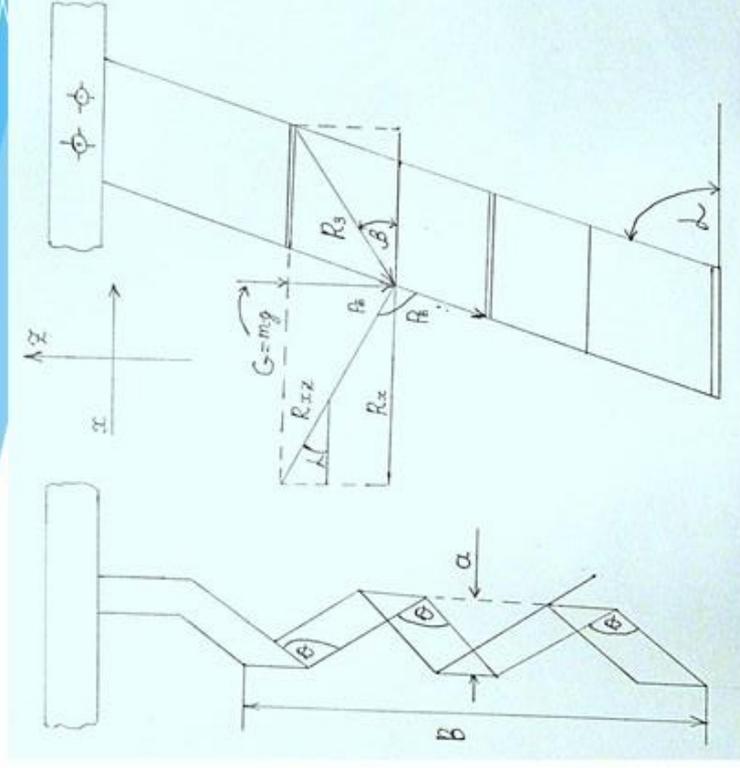
1 – стрільчата лапа

2 – гнуща табовала лапа

3 – каток

4 - рама

## СХЕМА СИЛ, ЩО ДІЮТЬ НА ГНУТОШТАБОВУ ЛАПУ КУЛЬТИВАТОРА



$$G = m g$$

$$R_x = R a b$$

$$P = R / \cos \alpha$$

$$R_3 = R_x / \cos \beta$$

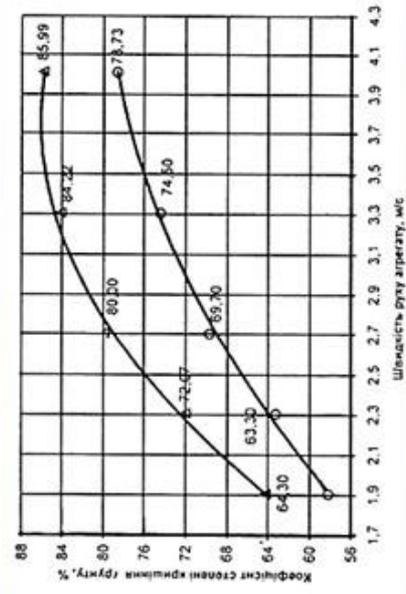
$$P_B = R_x \operatorname{tg} \alpha$$

$$R_{xz} = \sqrt{R^2_B + R^2_x}$$

$P_B$  - вертикальна заглиблююча сила, що діє на гнutoштабову лапу  
 $m$  - маса ґрунту для 1 лапи  
 $g$  - прискорення вільного падіння  
 $R_x$  - сила опору переміщення гнutoштабової лапи в ґрунті  
 $\beta$  - кут входження уступа лапи в ґрунт  
 $\alpha$  - кут нахилу лапи до горизонту

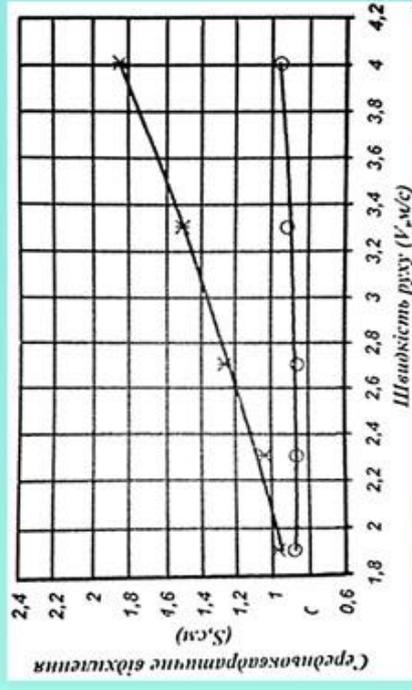
## 1. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

1. Залежність коефіцієнта степеня кришіння ґрунту  $K_k$  від швидкості руху  $V$  культиватора



$\Delta$  - КПС-4 0 - Експериментальний

2. Залежність середньоквадратичного відхилення глибини обробки  $S$  культиватором від швидкості руху  $V$ .



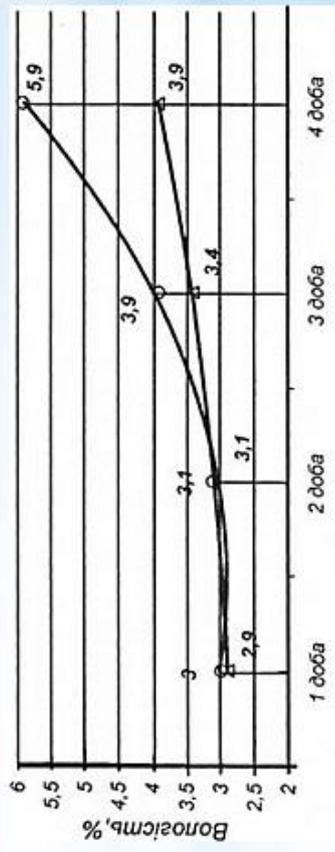
ж - КПС-4 0 - Експериментальний

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Втрати вологи при суцільному обробітку експериментальним і серійним культиваторами

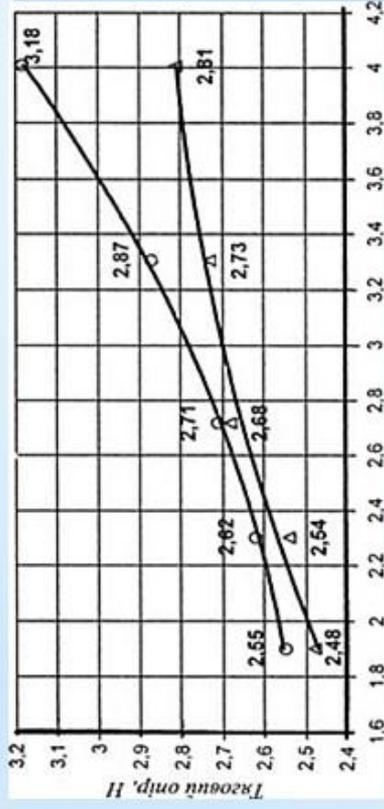
Глибина шару ґрунту, см	Втрати вологи							
	за 1 добу		за 2 доби		за 3 доби		за 4 доби	
	експер.	серійні	експер.	серійні	експер.	серійні	експер.	серійні
0...5	3,8	5,1	5,4	6,9	6,8	8,3	7,1	8,9
5...10	2,7	3,4	3,9	4,5	4,4	5,1	4,9	5,7
10...20	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,9	3,9	5,9

Втрати вологи в шарі ґрунту 10-15 см при суцільному обробітку експериментальним і серійним культиваторами



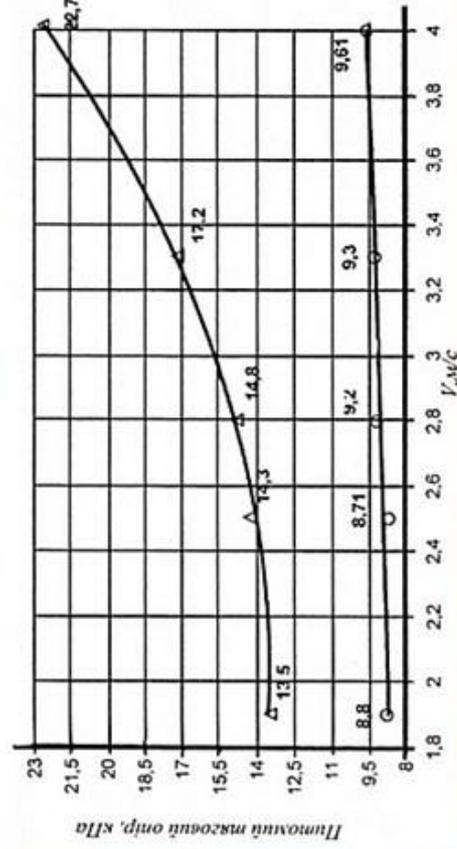
Δ - КПС-4    0 – Експериментальний

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ



Залежність тягового опору  
культиватора  $R_x$   
від швидкості руху  $V_n$

$\Delta$  - КПС-4 0 - Експериментальний



Залежність питомого тягового  
опору культиватора  $R_x$   
від швидкості руху  $V_n$

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Показники	Базова машина	Експериментальна машина
Продуктивність, га/год	3,0	3,36
Затрати праці за год експлуатаційного часу, люд/год	0,64	0,56
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	69,3	61,4
Питомі капітальні вкладення, грн./га	235	203
Приведені витрати, грн./га	77,2	69,1
Економія експлуатаційних витрат, грн	-	908,5
Річний економічний ефект, грн	-	121198,5
Термін окупності, років	-	1,9

## ВИСНОВКИ

- У кваліфікаційній роботі **обґрунтовано** теоретичні дослідження процесу взаємодії органу об'ємної дії з ґрунтом із використанням положень теоретичної механіки.
- **Встановлено** основне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів для суцільного обробітку ґрунту робочими органами об'ємної дії.
- Експериментально **встановлено** процес взаємодії ґрунтообробного робочого органу об'ємної дії з ґрунтом, зону поширення деформації та розпушування ґрунту під дією об'ємних робочих органів.
- **Розраховані** техніко-економічні показники проекту свідчать про значний економічний ефект при впровадженні розробленого культиватора у виробництво.
- Використання культиватора з науково обґрунтованими параметрами робочих органів **забезпечує** якісний обробіток ґрунту. Продуктивність агрегату **становить** 3,36 га/год, сумарний економічний ефект від використання культиватора **складає** 121198,5 грн. на рік із терміном окупності 1,9 року.



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

