

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ЩІТКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ ДЛЯ РОЗКРИТТЯ
КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ МАТОЧНИХ РОСЛИН»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Дмитро ГУМЕНЮК
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Олександр ТРУС
(прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____
 Спеціальність _____ 208 Агроінженерія _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 _____ Андрій ВОЙТІК
 “ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Гуменюку Дмитру Сергійовичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження конструктивних параметрів щіткового робочого органу машини для розкриття кореневої системи маточних рослин»
 керівник роботи _____ Войтік А.В., к.т.н., доцент _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 04 ” _____ листопада 20 24 р. № 01-06/298

2. Строк подання студентом роботи _____ 27.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості ґрунту; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для розкриття кореневої системи маточних рослин.

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

аналіз існуючих способів та засобів для розкриття кореневої системи маточних рослин клонових підщеп, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу властивостей ґрунту на якість виконання операції; обґрунтування технологічної схеми розроблюваної машини; обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів досліджуваної машини; дослідження фізико-механічних характеристик ґрунту; розробка заходів з охорони праці при роботі з начіпними машинами; визначення ефективності застосування розробленої машини.

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

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні визначення конструктивних показників щіткового робочого органу	02.12.2023р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2024 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Дмитро ГУМЕНЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ВОЙТІК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гуменюк Д.С. Дослідження конструктивних параметрів щіткового робочого органу машини для розкриття кореневої системи маточних рослин (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 55 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для розкриття кореневої системи маточних рослин.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів пристрою з активними щітковими робочими органами на процес видалення ґрунту.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу розкриття кореневої системи маточних рослин клонових підщеп шляхом вдосконалення конструкції робочих органів та оптимізації параметрів їх роботи.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих засобів механізації для розкриття кореневої системи маточних рослин. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено геометричні параметри гнучкого прутка ворсу циліндричної щітки. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи пристрою з активними робочими органами.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено економічну ефективність від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: ґрунт, коренева система, щітка, прутки, гнучкий, активний робочий орган.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1. Особливості технології виробництва клонових підщеп плодових культур	6
1.2. Результати попередніх досліджень	12
2. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРУТКА ВОРСУ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ	20
3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
3.1. Визначення якісних показників роботи пристрою	29
3.2. Якісні характеристики пристрою для відкриття кореневої системи	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	52

ВСТУП

Нормальне життя людини залежить від кількості поживних речовин, мінералів та вітамінів в її раціоні. Дуже багато цих речовин міститься в плодах та ягодах. Але сучасний стан галузі садівництва не дозволяє повністю забезпечити потреби людей в цих важливих продуктах харчування. Це пов'язано з реформуванням сільського господарства в кінці 90-х років,

Одним із основних факторів, що впливають на продуктивність саду – є підщепа. Щоб покращити ситуацію з виробництва плодів в Україні необхідно закладати нові інтенсивні високопродуктивні сади на середньо- та низькорослих підщепах. Інтенсифікація сучасного садівництва виконується на основі використання максимуму продуктів асиміляції на вирощування плодів і мінімуму – на ріст деревини. Та на даний час в Україні виробництво підщеп плодових культур знаходиться в скрутному становищі. Це насамперед пов'язано з низьким рівнем механізації (6-9 %) при вирощування клонових підщеп. Щоб покращити ситуацію в розсадництві потрібно в найближчий час збільшити площі маточників клонових підщеп в 1,5-2 рази.

Найбільш трудомісткими операціями в маточнику клонових підщеп є весняне та осіннє розкриття кореневих голівок маточних рослин клонових підщеп, а також відокремлення відсадків. До цього часу ці операції виконувались вручну, так як існуючі засоби механізації не знайшли широкого застосування.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Особливості технології виробництва клонових підщеп плодових культур

У зв'язку із значною цінністю поживних речовин в плодах і ягодах та необхідності споживання їх людьми в нормах, що відповідають науково обґрунтованому раціону харчування, ставиться задача збільшити виробництво плодів і ягід та покращити їхню якість [1]. Але сучасний рівень їх виробництва не дозволяє забезпечити потреби населення. Це насамперед пов'язано з низьким рівнем механізації в садівництві та повільною розробкою нових інтенсивних технологій виробництва плодово-ягідної продукції [2, 3].

Інтенсифікація садівництва і значне зменшення площі живлення плодових і ягідних рослин, в зв'язку із загущеною схемою посадки, обумовили зростання попиту на посадковий матеріал плодових і ягідних культур. Однак дрібні господарства, що займаються вирощуванням посадкового матеріалу, маючи слабку матеріально-технічну базу, не змогли швидко пристосуватися і задовольнити потреби в саджанцях. Необхідно відзначити, що сучасне виробництво посадкового матеріалу є складна, трудомістка, багатогранна і найменш механізована підгалузь садівництва. Так, для вирощування однієї тисячі саджанців плодових культур, в залежності від типу підщеп, віку та сорту саджанців, загальні затрати праці можуть сягати від 140 до 350 люд-год [4]. Наприклад, для вирощування дворічних саджанців на клонових підщепах затрати праці можуть складати до 6450 люд-год/га [5, 6].

Виробництво плодових саджанців починається з вирощування підщеп. Зараз в Україні 20% саджанців вирощується за допомогою насінневого розмноження, а 80% – вегетативного розмноження. Клонові підщепи є найбільш поширеними так, як мають найбільшу врожайність, забезпечують

високу продуктивність саду і застосування комплексної механізації виробництва продукції садівництва [7]. Необхідно зазначити, що затрати праці на вирощування 1 тисячі підщеп вегетативним способом сягають 15,5 люд.-год., що приблизно в два рази більше, чим затрати на вирощування підщеп насіннєвим способом [8]. Також потрібно брати до уваги те, що для вирощування підщеп насіннєвим способом є набір універсальної сільськогосподарської техніки, а для вирощування клонових підщеп така техніка тільки розробляється [9].

Технологія вирощування відсадків клонових підщеп плодових культур передбачає наступні операції.

Для закладки маточників бажано брати добре укорінені перерослі однолітні чи дволітні відсадки. Відбирають їх у другій половині червня. Попередньо однолітні перерослі відсадки обрізають косарками навесні до початку набрякання бруньок на висоті від 20 до 30 см від основи куща [10].

Відсадки висаджують під лопату чи під бур. При посадці стежать за дотриманням прямолінійності рядів (для зручного застосування машин при обробці). Слідом за посадкою проводять чизелювання чи культивуацію міжрядь, а на зрошуваних ділянках – культивуацію і полив [11].

Навесні до початку першої вегетації рослини обрізають на 3-5 см нижче рівня ґрунту. У результаті основа голівки куща розміщається значно нижче поверхні ґрунту, що дозволяє надалі зменшити висоту підгортання кущів (рис. 1.1).

Також закладку маточних рослин клонових підщеп виконують за допомогою так званих дугоподібних та горизонтальних відсадків (рис. 1.1. п. 2, 3). Розмноження дугоподібними відсадками добре застосовувати для погано сформованих та малих маточних рослин, а розмноження горизонтальними відсадками ефективно при ремонті маточника після випадіння маточних рослин.

Починаючи з другої вегетації, після відростання відростків до 15-25 см їх підгортають перший раз на 8-10 см, другий – 12-18 см при довжині

відсадків 25-40 см і третій – на 18-25 при довжині відростків 40-60 см. Засипані ґрунтом кущі в результаті машинного підгортання розкривають вручну, щоб вони не загинули. Слідом за підгортанням проводять культивуацію. На півдні остаточна висота підгортання 25, рідше 30 см, у центральних і північних областях – 20 см.

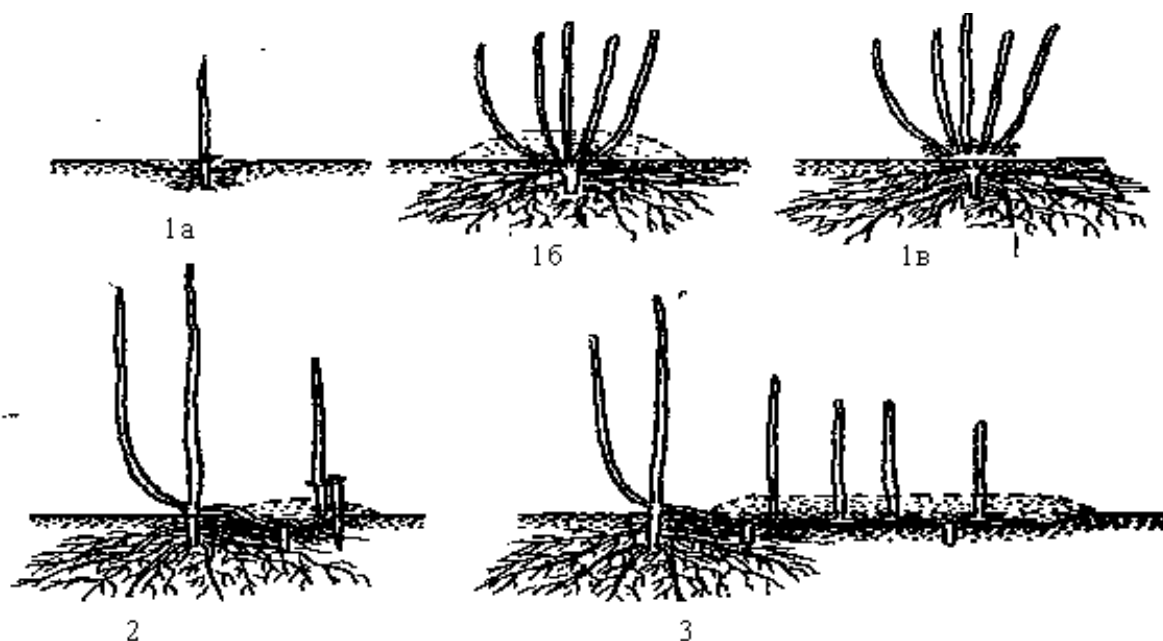


Рисунок 1.1 – Розмноження клонових підщеп відсадками:

1 – вертикальні відсадки: 1 а – посаджений відсадок перед першою вегетацією; 1 б – трьох-, п'ятирічний маточний кущ, підгорнутий землею; 1 в – той же кущ о момент відокремлення відсадків; 2 – дугоподібні; 3 – горизонтальні

Рано навесні маточні кущі розкривають. Несвоєчасне розкриття маточних кущів навесні веде до загибелі рослин.

Міжряддя маточника рихлять 6-9 разів, у рядках – 2-3 рази (після поливів чи дощів). Восени, після відокремлення відсадків, проводять безвідвальну оранку.

За 10-15 днів до відокремлення відсадків націпною косаркою зрізують верхню частину кущів на висоті 40 см від їхньої основи, потім їх обприскують дефоліантами. Після цього кущі розкривають, відсадки зрізують біля основи, залишаючи шипики висотою 0,5-1 см.

В міру росту в маточних кущів сильно розвивається коренева система, могутніми стають однолітні пагони, особливо в підщеп типу М9, М26, ММ106. Продуктивність маточника наростає поступово. У табл. 1.1 приведені середні дані про продуктивність маточників різних типів підщеп, що розмножуються вегетативно [11]. Однак автор підкреслює, що в промислових маточниках вихід відсадків звичайно нижче на 20-60% через випадки й ушкодження кущів.

З таблиці 1.1 видно, що продуктивність маточника залежить як від типу підщепи, так і від віку насадження. Як показує графік, зображений на рисунку 1.2, найбільша продуктивність маточника досягається на шостий рік його росту для різних типів підщеп, а далі починає спадати. Тому маточні рослини клонових підщеп вирощують біля 10 років.

Таблиця 1.1.

Орієнтовний вихід відсадків при повному збереженні кущів на 1 га, тис. шт.

Тип підщепи	Густота посадки, м	Вік маточника, років				
		2	3	4	5-7	8-15
М2	1,5 X 0,3	16	30	60	100	80
М3	1,5 X 0,5	20	50	100	200	160
М4	1,5 X 0,5	15	30	60	110	90
М7	1,5 X 0,3	15	30	65	95	75
М9	1,5 X 0,4	15	30	65	105	80
ММ106	1,5 X 0,4	15	30	65	105	85
А2	1,5 X 0,4	20	45	90	140	120
Айва А.	1,5X0,4	25	60	120	200	160

Всі операції по виробництву підщеп, що мають тендітну деревину, повинні виконуватись з меншими пошкодженнями маточних рослин та відсадків. Потрібно застосовувати спеціальні машини, робочі органи яких будуть зводити до мінімуму або й зовсім виключати пошкодження рослин, які потім призводитимуть до їх загибелі чи зменшенню продуктивності.

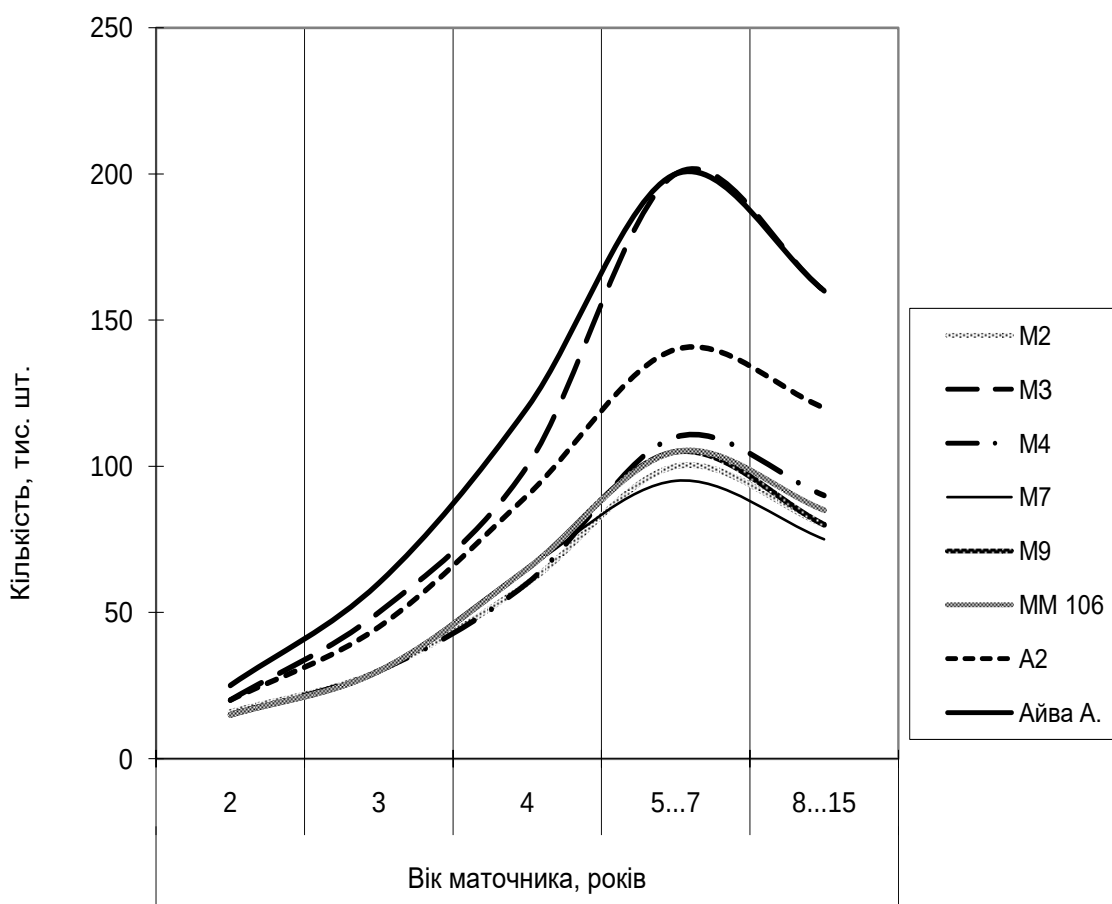


Рисунок 1.2 – Графік залежності виходу відсадків від віку маточника

Після досягнення маточником граничного віку коли його ще доцільно експлуатувати, поступово проводять омолодження маточника. Для цього кожен рік певну кількість старих рослин викорчуюють, а на їх місце закладають молоді відсадки, з яких потім утворюються маточні рослини, або за допомогою горизонтальних відсадків вирощують нові маточні рослини, а старі на наступний рік викорчуюють. Такі технології дозволяють тримати маточник в найбільш продуктивному віці і досягти його максимальної ефективності.

Як показують дані таблиці 1.2 [12, 13] та діаграма, зображена на рисунку 1.3, найбільший вихід стандартних відсадків мають підщепи М9 та ММ106. Це низько- та середньорослі підщепи, на яких закладаються сучасні високопродуктивні сади. Вони добре пристосовані до наших природно-кліматичних умов і дають змогу проводити загущену посадку, підвищуючи цим самим продуктивність саду. Ці типи підщеп мають низьку

продуктивність маточних кущів, як це видно з таблиці 1.1. Можна сказати, що маючи найвищу кінцеву продуктивність (вихід стандартних відсадків), ці маточні рослини є найбільш пристосованими для механізації технологічних операцій при виробництві клонових підщеп.

Таблиця 1.2.

Середня продуктивність маточного куща клонових підщеп

Тип підщепи	Всього відсадків, шт.	В тому числі з діаметром кореневої шийки								Всього стандартних (I і II сортів)	
		до 5 мм - тонких		5...7 мм – II сорту		7,1...10 мм - I сорту		Більше 10 мм - перерослі			
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
M1	15,9	0,6	3,8	4,3	27,1	6,3	39,6	4,7	29,5	10,6	66,7
M2	6,4	2,7	42,2	1,2	18,8	1,8	28,1	0,7	10,9	3,0	46,9
M3	17,5	9,8	56,0	2,8	16,0	4,9	28,0	0	0	7,7	44,0
M4	11,7	4,9	41,9	1,4	12,0	4,1	35,0	1,3	11,1	5,5	47,0
M5	14,3	2,4	16,8	3,4	23,8	7,9	55,2	0,6	4,2	11,3	79,0
M6	14,5	3,3	22,8	1,5	10,3	7,9	54,5	1,8	12,4	9,4	64,8
M7	12,4	2,9	23,4	4,1	33,1	4,7	37,9	0,7	5,6	8,8	71,0
M9	22,3	1,6	7,2	5,8	26,0	14,6	65,5	0,3	1,3	20,4	91,5
MM106	15,8	0,2	1,3	2,9	18,3	10,9	69,0	1,8	11,4	13,8	87,3
A2	31,2	3,1	9,9	7,8	25,0	18,4	59,0	1,9	6,1	26,2	84,0

Аналізуючи технологію вирощування клонових підщеп можна зробити наступні висновки. Для вирощування 1 тисячі штук клонових підщеп потрібно затратити 15,5 люд.-год., а такі технологічні операції як апробація маточних кущів, інвентаризація, навішування етикеток, сортування підрахунок, зв'язка відсадків потребують 417 люд-год/га і їх механізація ближчим часом малоймовірна [8]. З іншої частини затрат праці лише 6-9% виконуються механізовано. Однією трудомістких операцій по виробництву клонових підщеп є розкриття маточників та відокремлення відсадків. На ці операції витрачається 583 люд-год/га чи 52% від загальних затрат на протязі року [14]. Роботи виконуються вручну за допомогою сап та секаторів [5].

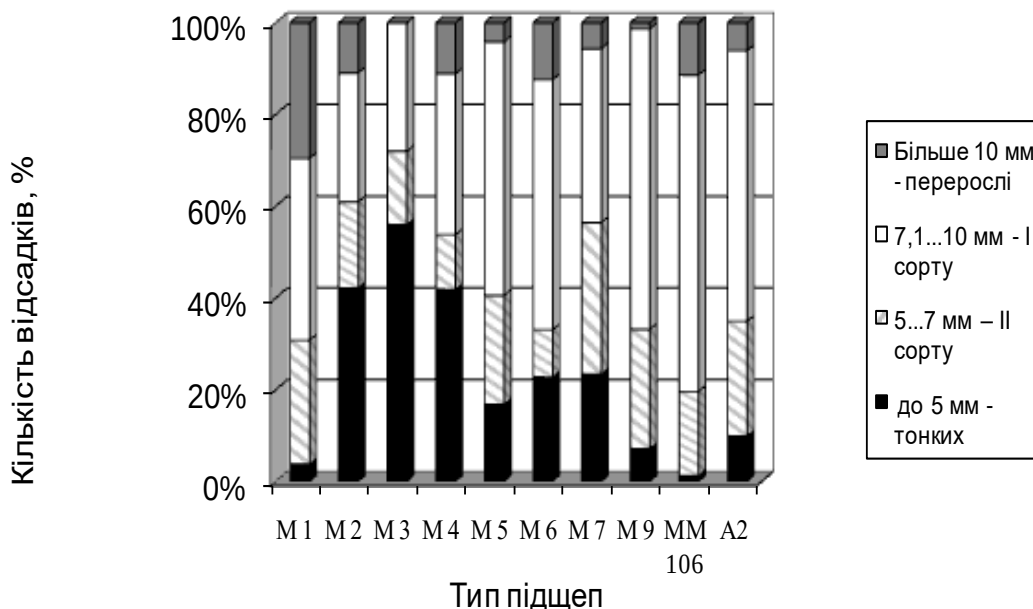


Рисунок 1.3 – Гістограма виходу відсадків відповідно до діаметра кореневої шийки

З аналізу цих даних видно, що для зменшення трудовитрат під час виробництва клонових підщеп потрібно розробити засоби механізованого розкриття маточників клонових підщеп. Це дасть змогу підвищити продуктивність праці при виконанні цієї технологічної операції, виконувати операцію вчасно відповідно до агростроків (в кінці жовтня та на початку листопаду в межах 10 днів до початку морозів), полегшити наступні операції по догляду за маточними рослинами такі, як укриття їх на зиму.

1.2. Результати попередніх досліджень

Основні положення теорії механізованого обробітку ґрунту розробили такі видатні вчені як Р.Л. Зєнков [40], М.Н. Лєтошнєв [41], П.М. Василенко [42], Г.М. Синєоков [43], М.Н. Нагорний [44], А.С. Кушнар'єв [45], Я.С. Гуков [46], П.С. Нартов [47], Л. Шукле [48], Л.А. Громбічевский [49], А.Я. Сагомоян [50], П.У. Бахтін [51], В.А. Желіговский [52], Л.Б. Думаї [53] та інші.

До створення теоретичних основ з розрахунку щіткових робочих органів з гнучким ворсом мають відношення наступні вчені.

К.А. Хапа та В.С. Бронштейн [54] дали аналітичне визначення сили та моменту тертя циліндричних щіток з розташуванням осі обертання під деяким кутом до вертикалі. При цьому враховувалось, що щітка взаємодіє з поверхнею не всією своєю робочою площею, а тільки деякою її частиною. В даній праці було встановлено, що величина сил (1.1), які відводять щітку в бік, та моменту тертя (1.2) залежить від розмірів щітки і сили притискання її до поверхні, що обробляється.

$$V = \frac{Qf \left(hr^2 \sin \gamma + \frac{r^3}{3} \left(\gamma + \frac{1}{2} \sin 2\gamma \right) - \frac{h^3}{3} \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\gamma}{2} \right) \right| \right)}{hr^2 \gamma + \frac{2}{3} r^3 \sin \gamma - \frac{h^3}{3} \operatorname{tg} \gamma}, \quad (1.1)$$

$$M = \frac{Qf \left(\frac{2}{3} hr^3 \sin \gamma + \frac{r^4}{4} \left(\gamma + \frac{1}{2} \sin 2\gamma \right) - \frac{2h^3}{3} \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\gamma}{2} \right) \right| - \frac{h^4}{4} \operatorname{tg} \gamma \right)}{hr^2 \gamma + \frac{2}{3} r^3 \sin \gamma - \frac{h^3}{3} \operatorname{tg} \gamma}, \quad (1.2)$$

де Q – навантаження на щітку, Н;

f – коефіцієнт тертя ворсу щітки;

h – довжина робочої поверхні щітки, м;

r – радіус щітки, м;

$\gamma = \pi - \arccos h/r$.

Розрахунок кінематичних та динамічних залежностей циліндричної щітки з горизонтальною віссю обертання, яка встановлена під кутом до напрямку руху машини виконаний Л.М. Гусевим [55]. Результатом роботи є система рівнянь (1.3) для визначення реакції поверхні на прутки ворсу відповідно до кута повороту щітки. Розрахунки проведені з врахуванням погину ворсу, але його вібрації не були враховані. Також в роботі знехтувано видаленням частинок сміття, що не дозволяє створити повну картину роботи щітки з урахуванням всіх умов.

$$\begin{cases} l = (1 - \beta) \frac{1}{\sqrt{\alpha c}} \left| \operatorname{arctgu} \sqrt{\frac{\alpha}{c}} \right|_{u_1}^{u_2} - \frac{g}{\alpha} \int_{\psi_1}^{\psi_2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}, \\ M = -P((2x_2 - x_1 - x) \cos \varepsilon + (2a - z_1 - z) \sin \varepsilon) \end{cases} \quad (1.3)$$

де l – довжина прутка ворсу, м;

β, α, c, u, g – заміни і підстановки для спрощення розрахунків;

ψ – амплітуда еліптичного інтегралу;

k – модуль еліптичного інтегралу;

M – момент сил, що діють на пруток ворсу, Нм;

P – реакція поверхні, Н;

x, a, z – координати точок прутка ворсу відносно яких розраховується момент, м;

ε – кут між напрямком дії реакції та віссю недеформованого прутка.

В іншій своїй роботі [56] Л.М. Гусєв приводить силовий аналіз роботи щіткових пристроїв як циліндричних з горизонтальною віссю обертання, так і конічних – з вертикальною. В роботі розглянута залежність сил тяги від способу закріплення щіток на рамі машини. В роботі приведені результати досліджень вібрації прутків ворсу, а також вплив на ці процеси способів кріплення ворсу на щітках та кінематичних режимів їх роботи. Наведений енергетичний баланс щіток (1.4) і визначена загальна потужність N (Вт) на їх привід з врахуванням умов їх роботи та деформацій ворсу, при цьому розглянуті різні способи встановлення щіток.

$$N = N_m + N_c + N_\varepsilon + N_\partial, \quad (1.4)$$

де N_m – потужність на подолання тертя ворсу по поверхні дороги;

N_c – потужність для відкидання частинок сміття;

N_ε – потужність необхідна для подолання опору повітря;

N_∂ – потужність, що витрачається на деформацію ворсу.

Всі складові рівняння (1.4) визначені в роботі [56], але потужність для відкидання частинок сміття визначена приблизно за допомогою коефіцієнтів пропорційності.

Б. М. Долганін [57, 58] дослідив жорсткість синтетичних матеріалів, що застосовуються в якості ворсу щіток, а також визначив як на неї впливають фізико-метеорологічні умови роботи щітки. На основі цих досліджень ним було встановлено, що ворс з полімерних матеріалів є більш стійким до злому та більш зносостійким ніж металевий ворс. Полімерний ворс дешевший у виготовленні і дозволить економити кошти при застосуванні його замість металевого. За результатами досліджень Долганін Б.М. розробив технічні вимоги для промислового виготовлення капронового ворсу.

Об'єднавши результати своїх теоретичних та експериментальних досліджень в спільній роботі [59], Б.М. Долганін та Л.М. Гусєв приводять метод розрахунку основних конструктивних параметрів щітки відповідно до умов її роботи, а саме визначають необхідну кількість ворсу з рівняння (1.5).

$$i = \frac{35300Bn}{Kb \frac{v}{V} \arccos\left(1 - \frac{\Delta l}{R}\right)}, \quad (1.5)$$

де B – ширина щітки, м;

n – коефіцієнт перекриття ворсом поверхні;

K – коефіцієнт рівномірності розташування ворсу на щітці;

b – ширина прутка ворсу, м;

v – колова швидкість щітки, м/с;

V – швидкість машини, м/с;

Δl – прогин ворсу, м;

R – радіус щітки, м.

Дослідження коливань прутків ворсу при роботі щітки провели Ю.Н. Орлов і О.І. Буковець [60]. В даній роботі встановлено, що за рахунок періодичного навантаження на ворс в процесі його роботи виникає вібрація

прутків ворсу. Це явище може бути як корисним, так і шкідливим. Якщо частота обертання щітки є кратною частоті коливань прутків ворсу, то виникає явище резонансу, коли ворс може проскакувати над поверхнею обробітку не виконуючи корисної роботи. І навпаки, якщо частота обертання щітки не викликає резонанс, то за рахунок вібрації прутків виникає сила їх динамічного впливу на поверхню ґрунту, що покращує якість виконання технологічного процесу. Визначена сила ΔP додаткового динамічного впливу прутка ворсу на поверхню, що обробляється (1.6).

$$\Delta P = P \frac{\omega}{2r\mu}, \quad (1.6)$$

де P – сила, що діє на прутки ворсу, Н;

ω – кутова швидкість щітки, рад/с;

r – частота коливань прутка ворсу;

μ – кут повороту щітки від початку контакту прутка з поверхнею.

Також відповіді на деякі питання з теорії розрахунку щіткових пристроїв та дослідження їх роботи містяться в працях [61, 62] Л.М. Гусєва та [63] Ю.Н. Вальщикова.

Дослідженням теоретичних основ розрахунку тонких гнучких пружних робочих елементів, що застосовуються в машинах та пристроях займався Є.П. Попов [64], який розробив метод еліптичних та гнучких параметрів для розрахунку тонких гнучких стержнів при їх великих повздовжніх деформаціях. С.Д. Пономарьов та Л.Э Андрєєва [65] дослідили можливість застосування гнучких пружних елементів в машинобудуванні та приладобудуванні і привели силовий аналіз таких елементів, В.М. Мечніков [66] дав основи теорії згину гнучких стержнів.

Можливість застосування еластичного ворсу в очисниках гичкозбиральних машин в своїх працях обґрунтували Н.В. Татьянко, В.А. Грозубінский, М.А. Мішин, Булгаков В.М. [67, 68] та інші. Результатом цих

робіт є рівняння (1.7) для визначення необхідної кількості прутків ворсу на очиснику головок коренеплодів.

$$i = \frac{196Bn(180B - \alpha_e \pi \sqrt{d^2 + D^2 t_g^2 \varepsilon_g K_t}) \sin \gamma_p}{\alpha_e KB \frac{v}{V} \arccos\left(1 - \frac{\Delta l}{R}\right) \cos \gamma_a}, \quad (1.7)$$

де α_e – кут, що визначає величину зони розміщення ворсу на маточині;

d – діаметр маточини, м;

D – діаметр щітки, м;

t_g – крок гвинтової лінії розміщення ворсу на роторі, м;

ε_g – кут підйому гвинтової лінії;

K_t – кількість кроків гвинтової лінії;

γ_p – кут встановлення осі щітки до напрямку руху;

γ_a – кут, що визначає напрямок вектора абсолютної швидкості ворсу.

Обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів циліндричної щітки з вертикальною віссю обертання для розкриття виноградної лози в своїй роботі [69] приводить І.Ф. Хебешеску. Зокрема в роботі визначена максимальна несуча здатність прутка ворсу $P_{\max}$, Н.

$$P_{\max} = \frac{H}{l^2} (F(k) - F(\psi)) \frac{\cos(\psi_k - \psi_1)}{\cos \psi_k}, \quad (1.8)$$

де H – жорсткість прутка ворсу, Н·м²;

$F(k)$ та $F(\psi)$ – табличні значення еліптичних інтегралів;

ψ_1 – кут нахилу кінця прутка ворсу відносно осі ординат;

ψ_k – кут тертя ворсу по ґрунту.

Для визначення конструктивних параметрів машини та для її агротехнічної оцінки нам потрібно знати наступні геометричні параметри маточних рослин: схему посадки маточних рослин, висоту кущів маточних рослин, середню кількість відсадків в кущі, відхилення маточних рослин від

осі рядка, розмір кореневих голівок та їх розташування у валку. Дослідженням даних параметрів займались С.Г. Фришев, В.Ф. Зуєв, А.Н. Татарінов та ін. В працях цих вчених є достатньо матеріалу для визначення геометричних параметрів маточних рослин клонових підщеп, а тому доцільним є лише їх уточнення для конкретних умов досліджень та випробувань.

Для створення повного уявлення про об'єкт досліджень нами використано вже нагромаджені в результаті попередніх досліджень наступні дані про геометричні параметри маточних рослин і ґрунтового валка.

1) Схема посадки маточних рослин. Маточні рослини висаджують рядами, довжина яких залежить від конфігурації поля. Для різних типів маточних рослин прийнята єдина схема посадки [7, 9], яка передбачає ширину міжрядь 1,5 м та відстань між рослинами в ряду 0,3 м. Така схема посадки забезпечує вільний ріст і розвиток маточних рослин та дозволяє механізувати технологічні операції в маточнику клонових підщеп. Іноді застосовують загущену схему посадки з шириною міжрядь 0,9 м і відстанню між рослинами в ряду 0,2 м, але така схема вимагає застосування спеціальної малогабаритної техніки, а тому застосовується дуже рідко.

2) Відхилення рослин від осі ряду. Це негативне, з точки зору механізації технологічних процесів, явище формується як при закладці маточника, так і під час розвитку маточних рослин. Відхилення рослин від осі ряду не залежить від їх типу і в основному визначається лише способом посадки. Найбільше відхилення спостерігається при ручному закладанні маточника за допомогою лопат [9, 13] і досягає ± 15 см. Найкращою ж є посадка маточних рослин в борозни, що нарізані механізованим способом. Відхилення при цьому становить до ± 5 см.

3) Розмірні параметри маточних рослин, які розділено умовно на дві частини: коренева голівка, яка знаходиться в ґрунті, і відсадки клонових підщеп, основна частина яких знаходиться над поверхнею валка і лише частинка з корінцями, яка є найважливішою з точки зору укорінення підщеп

[70], знаходиться у ґрунтовому валку. Розміри маточних рослин залежать від їх типу [10, 11, 13, 38]. В таблиці 1.3 приведені розмірні характеристики основних типів маточних рослин. Так як коренева голівка має складну форму, то її діаметр будемо визначати як діаметр кола, яке описане навколо найбільшого поперечного перерізу кореневої системи маточної рослини. За глибину залягання кореневих голівок прийнято розташування верхнього обрізу кореневої голівки від поверхні валка. Вона дещо змінюється з віком маточника внаслідок росту маточних рослин.

Таблиця 1.3

Розміри маточних рослин клонових підщеп

Тип маточних рослин	Коренева голівка		Відсадки клонових підщеп			
	Глибина залягання у валку, м	Діаметр, м	Середня кількість в кущі, шт.	Висота, м	Середній діаметр відсадків, мм	Середній діаметр куща, м
ММ 106 (6 років)	0,174	0,114	5	0,662	7,8	0,206
М 9 (6 років)	0,163	0,126	7	0,519	7,2	0,177
М 9 (11 років)	0,159	0,142	6,5	0,495	8,3	0,225
Айва (6 років)	0,168	0,128	10	0,553	6	0,245

4) Розмірні характеристики ґрунтового валка. Умовно можна вважати, що в перерізі ґрунтовий валок, яким вкривають маточні рослини, має форму трапеції. Параметри будуть залежати від технології догляду за маточними рослинами. При механізованому нагортанні валків відповідно до загальноприйнятої технології маємо наступні значення параметрів ґрунтового валка: висота валка 27 ± 1 см, ширина основи 110 ± 3 см, ширина у верхній частині 14 ± 2 см.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРУТКА ВОРСУ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ

При роботі на пруток ворсу діє сила F (рис. 2.1), яка викликає деформацію ворсу і направлена по дотичній $a-a$ до поверхні ґрунту в точці контакту з прутком. В процесі робочої фази зростає подача ґрунту на пруток ворсу, а відповідно до цього збільшується сила опору F , яка викликає прогин прутка, що в свою чергу зменшує значення радіусу щітки $R_{щ}$. Колова швидкість u кінця прутка ворсу також зменшується. Тому потрібно визначити залежність прогину прутка ворсу від сили F , а також вплив прогину на основні параметри щітки.

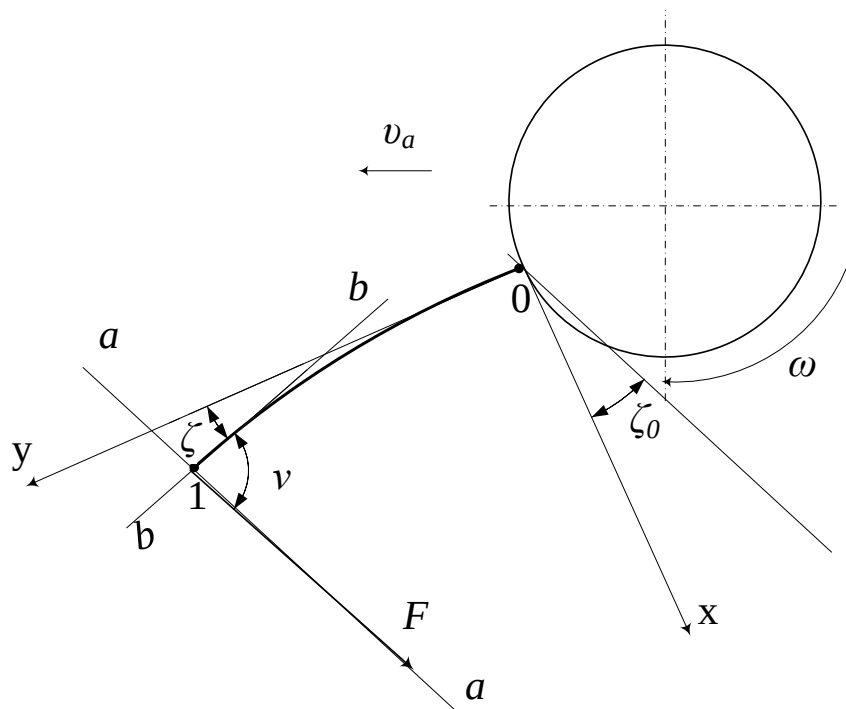


Рисунок 2.1 – Схема для визначення раціональної довжини прутка ворсу

Розглянемо диференційне рівняння пружної лінії, яка співпадає з віссю прутка [85]:

$$l^2 \frac{d^2 \zeta}{ds^2} = -\beta^2 \sin \zeta, \quad (2.1)$$

де ζ – кут між дотичною $b-b$ до передньої грані прутка ворсу в точці контакту з ґрунтом і віссю недеформованого прутка;

l – довжина ворсини, м;

s – довжина дуги прутка ворсу від точки 0 до будь-якої точки на його пружній лінії, м;

β – силовий коефіцієнт схожості, що характеризує ступінь прогину пружної лінії відповідно до величини сили F .

В нашому випадку довжина дуги s буде рівна повній довжині ворсини l і тоді рівняння (2.1) прийме наступний вигляд:

$$l^2 \frac{d^2 \zeta}{dl^2} = -\beta^2 \sin \zeta. \quad (2.2)$$

Знайдемо перший інтеграл [86] рівняння (2.2), використовуючи заміну

$$\sin \zeta = 2 \sin \frac{\zeta}{2} \cos \frac{\zeta}{2}$$

Помножимо обидві частини рівняння (2.2) на відповідні частини рівності

$$2 \frac{d\zeta}{dl} dl = 4d\left(\frac{\zeta}{2}\right).$$

Тоді в результаті однократного інтегрування отриманого рівняння знайдемо

$$l^2 \frac{d^2 \zeta}{dl^2} = 4\beta^2 (C - \sin^2 \frac{\zeta}{2}), \quad (2.3)$$

де C – довільна стала інтегрування, що визначається початковими умовами.

Візьмемо прямокутну систему координат з початком в точці 0 і з напрямком осі ординат, який співпадає з віссю недеформованого прутка. Введемо поняття точки перегину. Це точка, в якій кут нахилу дотичної $b-b$ відносно осі x , а відповідно і кут ζ , приймають екстремальні значення. В даному випадку точкою перегину буде точка 1 тобто, кінець прутка ворсу. Кривизна прутка в точці 1 перегину дорівнює нулю [85]. Відповідно матимемо

$$C = \sin^2(\zeta/2).$$

Для подальшого вирішення задачі перейдемо до еліптичних інтегралів Лежандра, які характеризують стан пружної лінії. Для цього введемо модуль k і амплітуду еліптичного інтегралу ψ [64, 85]:

$$k = \sqrt{C} = \sin \frac{\zeta}{2}; \quad (2.4)$$

$$\psi = \arcsin\left(\frac{1}{k} \sin\left(\frac{\zeta}{2}\right)\right). \quad (2.5)$$

Використавши нові позначення, а також враховуючи, що змінна ψ починається в точці 0 і безперервно зростає не залежно від величини кута ζ , а в точці 1, де кривизна дорівнює нулю $\psi = \pi/2$, та звільняючись від квадратів в рівнянні (2.3), отримаємо

$$l \frac{d\zeta}{dl} = 2\beta k \cos \psi. \quad (2.6)$$

Після диференціювання рівності (2.5) по l [64, 85] отримаємо залежність між амплітудою еліптичного інтегралу ψ та кутом ζ :

$$\frac{d\psi}{dl} = \frac{\cos(\zeta/2) \cdot d\zeta}{2k \cdot \cos \psi \cdot dl}. \quad (2.7)$$

Використовуючи цю залежність з рівняння (2.6) матимемо

$$l \frac{d\psi}{dl} = \beta \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}. \quad (2.8)$$

В результаті інтегрування рівняння (2.8) від точки 0 пружної лінії прутка ворсу до точки 1 отримаємо:

$$\beta = \int_{\psi_0}^{\psi_1} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}. \quad (2.9)$$

В правій частині рівняння (2.38) маємо значення еліптичного інтегралу Лежандра першого роду $F(\psi)$.

Силовий коефіцієнт схожості не залежить від точки прикладення сили [65] визначається за наступною формулою [64]:

$$\beta = \sqrt{Fl^2 / H}, \quad (2.10)$$

де H – жорсткість прутка ворсу при згині, Н·м².

$$H = EI, \quad (2.11)$$

де E – модуль пружності при згині, Па;

I – момент інерції прутка ворсу, м⁴.

Модуль пружності (Юнга) E в нашому випадку потрібно брати при поперечному згині. Для поліпропілену цей модуль рівний 2,9-3,2·10³ МПа в залежності від того, по яким граням кристалів відбувається згин [57, 79].

Підставивши значення силового коефіцієнта схожості β (2.10) і $\psi_1 = \pi/2$ (кривизна в точці 1 дорівнює нулю) в рівняння (2.9) отримаємо рівняння, яке дасть змогу визначити параметри прутка ворсу, при яких його прогин забезпечує виконання умови $\nu = 90^\circ$.

$$\sqrt{Fl^2 / H} = \int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}. \quad (2.12)$$

Значення амплітуди ψ_0 еліптичного інтегралу в точці 0 можна знайти з рівності

$$\int_0^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} - \int_0^{\psi_0} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} = \sqrt{Fl^2 / H}. \quad (2.13)$$

Режим роботи прутка ворсу характеризується кутом ζ_0 між вектором сили і перпендикуляром до вісі недеформованого прутка. Менші значення кута ζ_0 ($0..25^\circ$) будуть характеризувати більш рівномірну роботу прутка ворсу [85] без різких напружень згину, а великі значення ζ_0 (особливо більше 60°) будуть спричиняти різкі деформації прутка та різкі зміни внутрішніх напружень, що буде негативно відбиватися на робочому процесі призводячи до значних коливань прутка.

Відповідно значення кута ζ_0 [85] можна вирахувати за наступною формулою:

$$\zeta_0 = \frac{\pi}{2} - 2 \arcsin(k \sin \psi_0), \quad (2.14)$$

де ζ_0 – кут між напрямком дії сили F і віссю x .

Залежність кута ζ_0 від довжини прутка ворсу l та його жорсткості H , визначена згідно рівнянь (2.15) та (2.16), подана графічно на рис. 2.2.

Як видно з графіка (рис. 2.2) значення кута ζ_0 суттєво залежить від довжини прутка ворсу та його жорсткості, а тому, враховуючи дані робіт [58, 59], доцільно приймати такі значення довжини прутка, які забезпечать значення ζ_0 в межах до 25° , що відповідає рівномірному режиму роботи прутків ворсу на щітках. Звідси слідує, що рівномірна робота досягається для прутка з жорсткістю $0,006 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$ і мінімальній довжині 136 мм. Приймаємо довжину прутків ворсу рівною 140 мм.

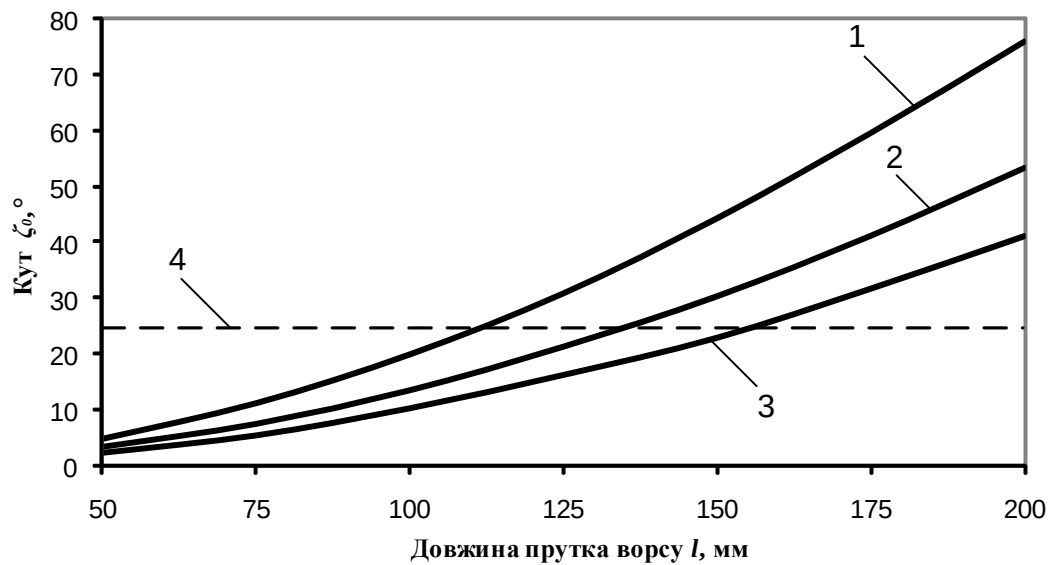


Рисунок 2.2 – Залежність кута ζ_0 від довжини прутка ворсу l та його жорсткості: 1 – жорсткість $0,004 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$, 2 – жорсткість $0,006 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$, 3 – жорсткість $0,008 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$, 4 – межа допустимих значень кута ζ_0

Проаналізуємо вплив кута дії сили опору F відносно осі недеформованого прутка ворсу. Для цього з рівняння (2.12) знайдемо значення сили опору.

$$F = \left(\int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \frac{H}{l^2}. \quad (2.15)$$

Значення ψ_0 з (2.13) отримаємо:

$$\psi_0 = \arcsin \left(\frac{1}{k} \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\zeta_0}{2} \right) \right). \quad (2.16)$$

В цьому рівнянні $\pi/2 - \zeta_0$ і є кутом між вектором дії сили та віссю недеформованого прутка (див. рис. 2.3). Тобто, зменшення кута ζ_0 буде

призводити до збільшення кута між вектором дії сили та віссю недеформованого прутка.

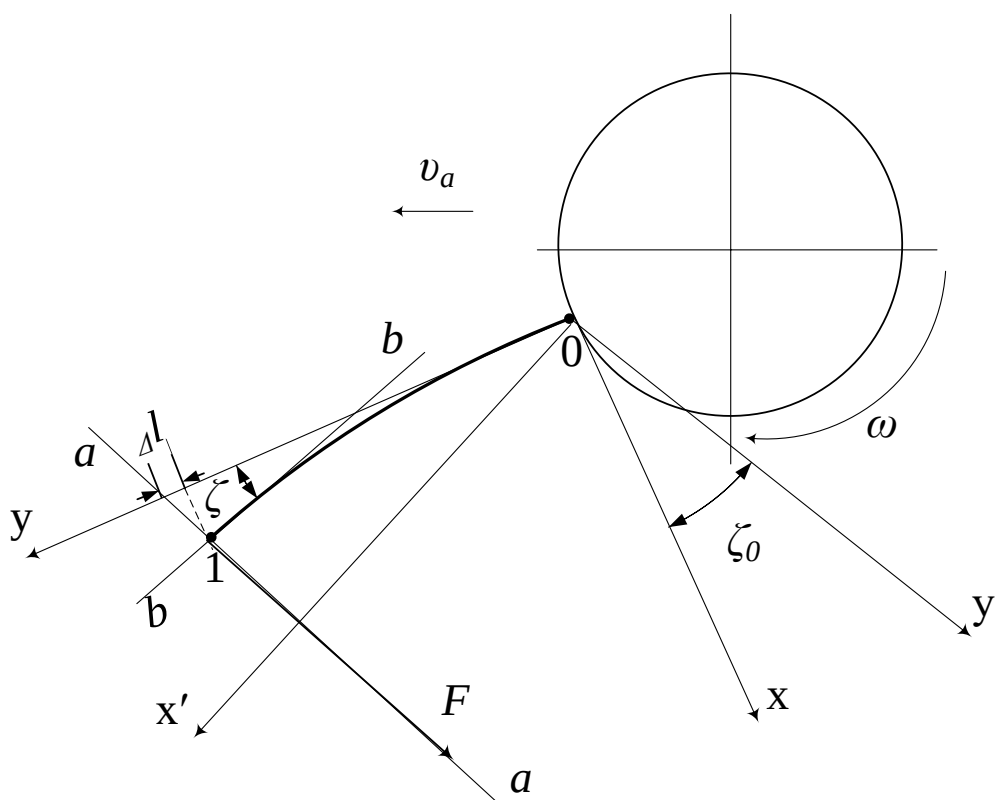


Рисунок 2.3 – Схема для розрахунку прогину прутка ворсу

Проаналізуємо графічно на рис. 2 залежність $F(\zeta_0)$. Як видно з графіка (рис. 2.4), чим менший кут $\pi/2 - \zeta_0$ між віссю прутка і вектором сили, що його згинає, тим більше потрібне значення цієї сили щоб спричинити його прогин. Так при $\pi/2 - \zeta_0 = 80^\circ$ пруток ворсу з поліпропілену з поперечним перерізом $1,5 \times 2,5$ мм та довжиною 140 мм починає прогинатися під дією сили в 0,11 Н, а при куті 10° – сила повинна становити 0,96 Н, тобто повинна бути майже в 9 разів більшою. Таким чином при зустрічі з рослиною при меншому куті $\pi/2 - \zeta_0$ прикладення сили потрібен більший з боку рослини опір для прогину прутка з метою обходу рослини. Відповідно при меншому куті між вектором сили опору F та віссю прутка ворсу в процесі роботи такі прутки будуть спричиняти більший силовий вплив на маточні рослини, цим самим значно більше їх пошкоджуючи. Тому, з метою забезпечення мінімальних механічних пошкоджень маточних рослин в процесі їх розкриття, необхідно щоб кут між силою та віссю прутків ворсу наближався до 90° . Це

підтверджує прийняту нами гіпотезу про те, що прутки щіток доцільно розміщувати радіально.

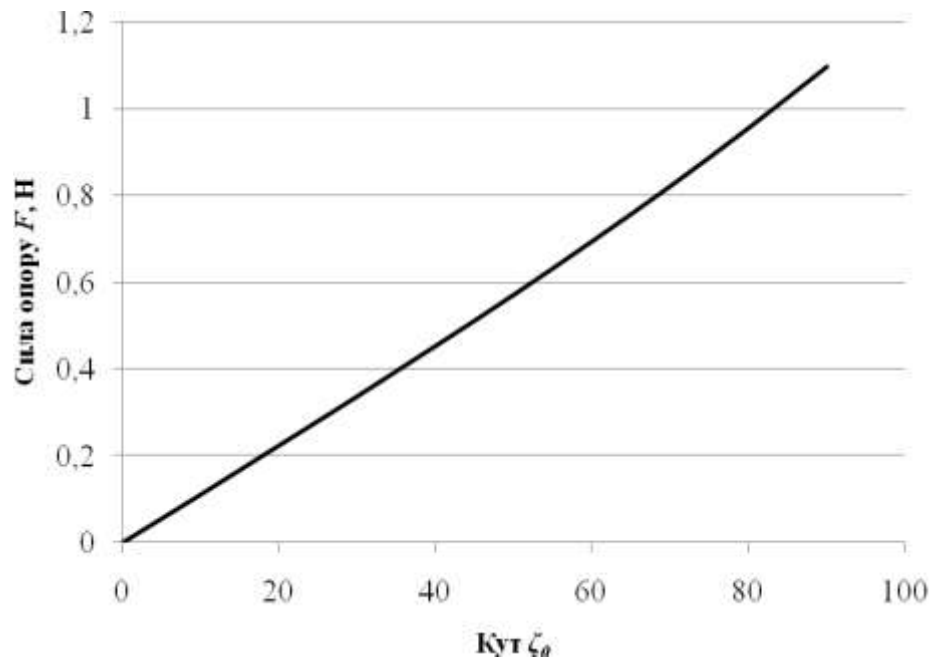


Рисунок 2.4 – Залежність сили опору від кута її прикладення відносно осі недеформованого прутка

Задавшись максимальним значенням $\zeta_0 = 25^\circ$, з рівняння (2.12) знайдено залежність максимальної довжини l прутка ворсу, при якій він може витримати навантаження силою F , забезпечуючи виконання умови $\nu = 90^\circ$, або можна визначити необхідну жорсткість прутка.

$$l = \int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} \sqrt{H/F}. \quad (2.17)$$

Ця залежність у вигляді графіка подана на рис. 2.5.

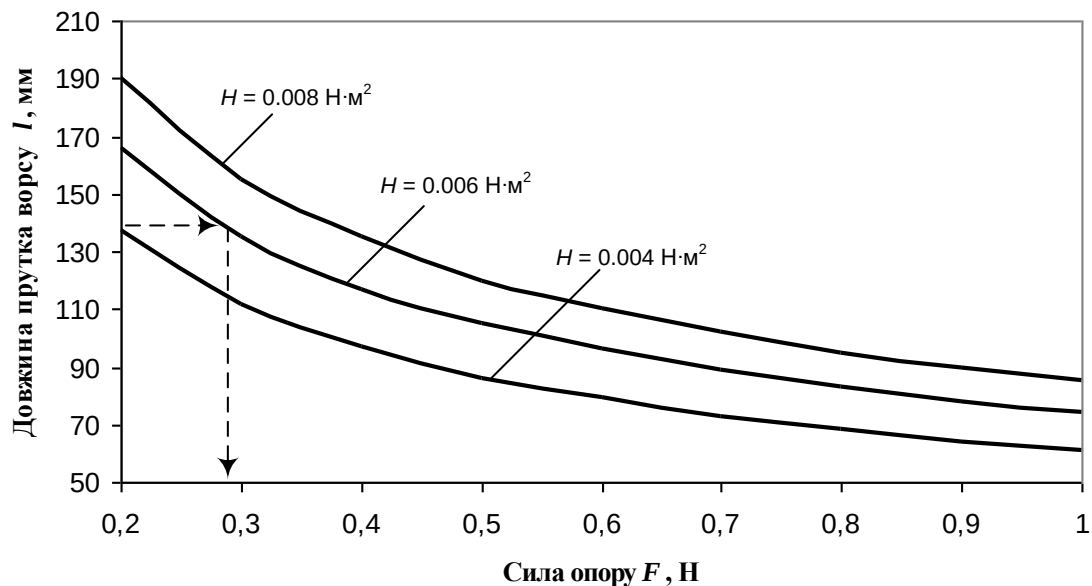


Рисунок 2.5 – Залежність максимальної сили опору ґрунту F , що може витримати пруток ворсу забезпечуючи умову $\nu \leq 90^\circ$, від його довжини l та жорсткості H

Як показує графік, зображений на рис. 2.5, між силою, що діє на пруток ворсу в процесі його роботи, і довжиною прутка існує гіперболічна залежність. Тобто, більш короткі та більш жорсткі прутки ворсу можуть витримувати більші значення сили опору F , що потрібно враховувати при розрахунках та проектуванні робочих органів з використанням ворсу.

Висновок: Стандартні прутки з поліпропілену, що випускаються промисловістю, з розмірами поперечного перерізу 1,5x2,5 мм і жорсткістю $H = 0,00625 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ при максимальній довжині до 140 мм можуть витримувати силу опору до 0,29 Н, яка відповідає кутовій швидкості щітки до 29 рад/с при раціональних значеннях 17...25 рад/с, забезпечуючи при цьому умову $\nu \leq 90^\circ$.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Визначення якісних показників роботи пристрою

3.1.1. Опис експериментального зразка пристрою для розкриття кореневої системи маточних рослин і вимірювальної апаратури. Для проведення експериментальних досліджень по визначенню якісних та енергетичних показників розкриття кореневої системи маточних рослин клонових підщеп нами сумісно зі співробітниками Інституту садівництва УААН розроблений та виготовлений дослідний зразок пристрою (рис. 3.1, рис. 3.2). Пристрій (див. рис. 3.2) складається з рами 1, на якій встановлені сферичні диски 2 на стійках 3. Сферичні диски вільно обертаються в підшипниках кочення, що встановлені в корпусах 4. В стійки дисків 3 встановлений гвинтовий механізм 5, що дає змогу регулювати положення дисків по висоті незалежно від інших органів пристрою. Для регулювання кута встановлення дисків 2 та зазору між ними, на стійках 3 встановлені верхні 6 та нижні 7 фланці, на яких по колу розташований ряд отворів для фіксування окремих положень. Перестановка гвинтів-фіксаторів по отворах фланців забезпечує зміну положення сферичних дисків.

Слідом за сферичними дисками на рамі машини змонтовані активні циліндричні щітки 8 з вертикальними осями обертання. Щітка для розкриття містить барабан, на поверхні якого закріплено циліндричний бандаж з прутками ворсу 9, консольні кінці якого спрямовані радіально відносно осі барабана. Бандаж виготовлений із гнучкої синтетичної стрічки і має отвори, які розміщені рядами, паралельно осі барабана. Крізь отвори пропущені прутки ворсу, які фіксуються між стінкою барабана і поверхнею бандажа. Бандаж фіксується на барабані стягувальними болтами.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд дослідного зразка пристрою

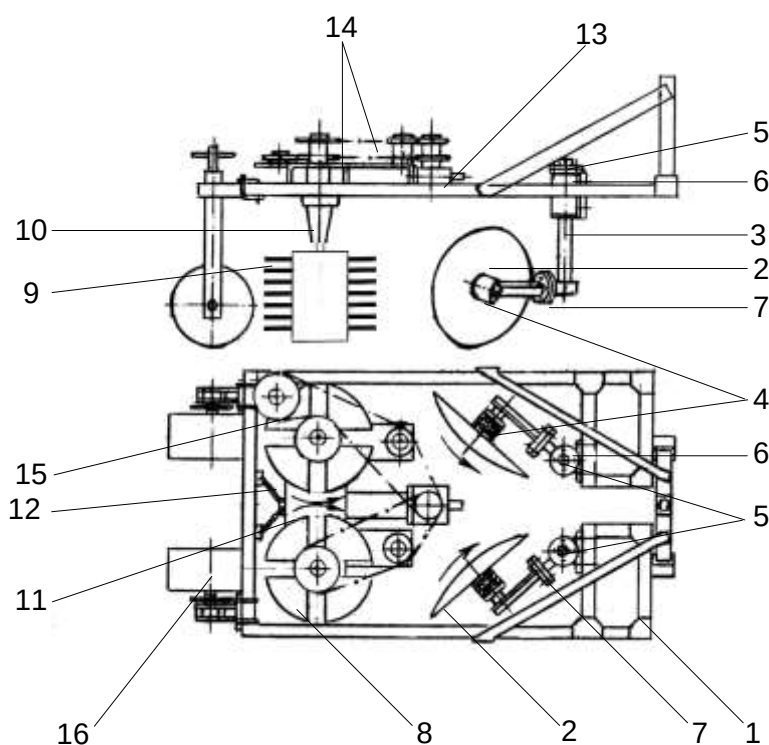


Рисунок 3.2 – Схема пристрою для розкриття кореневої системи маточних рослин

Вали обертання 10 щіток закріплені в корпусах на поперечному брусі 11, який встановлено на пружинній підвісці 12, що дає змогу щіткам зміщуватися в сторони, відповідно до відхилення маточних рослин від осі рядка. На повздовжньому брусі встановлений механізм приводу щіток, який складається з конічного редуктора 13 з передаточним числом 1:1,25 та двох

ланцюгових передач 14. На одній з гілок ланцюгових передач встановлена проміжна зірочка 15 для забезпечення обертання щіток 8 в протилежних напрямках. Опорні колеса 16 мають механізм регулювання висоти ходу робочих органів над поверхнею ґрунту.

Агрегатується пристрій з тракторами класу 0,6, 0,9 та 1,4 в начіпному варіанті.

Працює пристрій наступним чином. Агрегат заїжджає в маточні насадження таким чином, щоб рядок рослин знаходився посередині між колесами трактора. Пристрій опускається в робоче положення і відповідно до умов роботи регулюється висота розміщення щіток над поверхнею ґрунту і глибина ходу сферичних дисків. Під час робочого ходу сферичні диски підрізають та видаляють шар ґрунту по периферії валка шириною, яка гарантує виключення механічного травмування рослин дисками. Кути встановлення дисків забезпечують винесення підрізаного ґрунту в середину міжрядь. Щітки, які приводяться в обертання від ВВП трактора, відокремлюють ґрунт із центральної частини валка і виносять його в міжряддя.

Основні параметри дослідного зразка встановлено на основі аналізу результатів теоретичних досліджень.

Технічна характеристика дослідного зразка пристрою для розкриття кореневої системи маточних рослин

Робоча швидкість, км/год	до 4
Діаметр сферичних дисків, мм	450
Діаметр щіток, мм	420
Міжцентрова відстань щіток, мм	450...510
Довжина прутків ворсу, мм	140
Кількість прутків ворсу в одному ярусі щітки, шт.	70
Кількість рядків, що одночасно обробляються, шт.	1
Кутова швидкість щіток, рад/с	20-36
Кількість обслуговуючого персоналу	1 тракторист
Маса, кг	450
Тип пристрою	Начіпний
Агрегатується з тракторами класу	0,6; 0,9; 1,4

Для фіксування параметрів роботи пристрою застосовувалась наступна вимірювальна апаратура. Кутова швидкість обертання визначалась за допомогою приладу ДЧВ-1 – “Датчик частотовимірювальний” (рис. 3.3). Для цього на веденій зірочці, що змонтована зверху на валу щітки встановили металеву стрілку-показчик (рис. 3.11). Над зірочкою закріпили датчик таким чином, щоб в момент проходу під ним стрілки-показчика відстань між ними становила приблизно 5 мм. Проходячи під датчиком металева стрілка викликала в ньому індукційний імпульс і відповідно до кількості імпульсів за секунду визначалась частота обертання щіток.



Рисунок 3.10 – Датчик ДЧВ-1



Рисунок 3.4 – Встановлення датчика ДЧВ-1 на пристрої:
1 – датчик ДЧВ-1; 2 – стрілка-показчик.

Поступальну швидкість руху агрегату фіксували за допомогою шляховимірювального колеса, яке також обладнано датчиком ДЧВ-1 (рис. 3.5) і кріпилось до підніжки трактора та котилося по міжряддю. Датчик встановлюється так, щоб він знаходився над місцем перетину спиць колеса. Кожен раз, коли таке місце походить під датчиком він подає сигнал. Один оберт колеса дорівнює дев'яти сигналам датчика. Швидкість руху агрегату визначали за наступною формулою:

$$v_a = \frac{\pi D_k}{t_i}, \quad (3.1)$$

де D_k – діаметр шляховимірювального колеса, м;

t_i – час, за який датчик зафіксував 9 імпульсів, с.



Рисунок 3.5 – Шляховимірювальне колесо, встановлене на агрегаті

Всі датчики під'єднувалися до підсилювача сигналу „Spider 8”, який передавав підсилений сигнал на ноутбук. Підсилювач з ноутбуком знаходились в кабіні трактора і живились від акумулятора напругою 12 В.

Дані з датчиків фіксувались програмою „Catman Express 5.1” і зберігались у форматі xls.

3.1.2. Визначення якісних показників роботи пристрою. Дослідження якісних та енергетичних показників роботи пристрою проводили в маточних насадженнях (рис. 3.6) Інституту садівництва Української академії аграрних наук (ІС УААН) під час планового відокремлення відсадків клонових підщеп на початку листопада.



Рисунок 3.6 – Маточні насадження Інституту садівництва УААН

Після проходження дисків залишається частина ґрунту по центру валка, яка приблизно має вигляд, показаний на рис. 3.7.

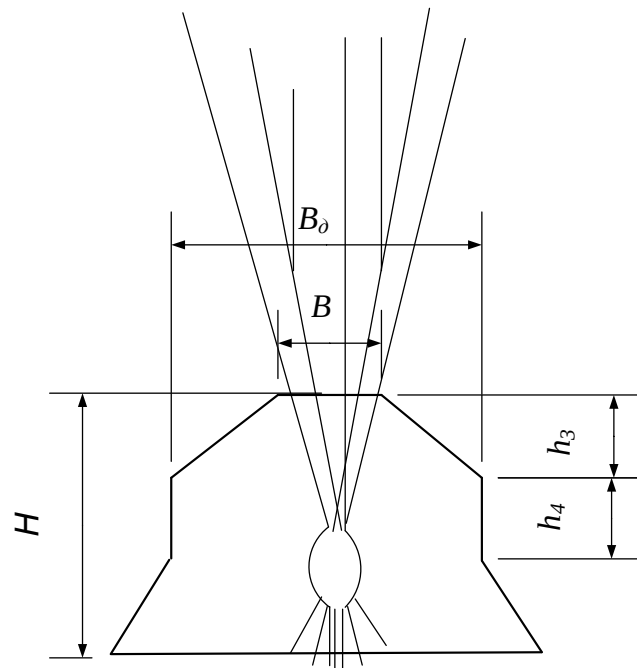


Рисунок 3.7 – Схема поперечного перерізу валка після проходу дисків

Об'єм видаленого дисками ґрунту на обліковій ділянці валка l_o можна визначити за наступною формулою:

$$V_{\ddot{a}} = V_{\hat{a}} - \left(\frac{B + B_{\ddot{a}}}{2} h_3 + B_{\ddot{a}} h_4 \right) l_o, \quad (3.2)$$

де h_3 – висота ґрунтового валка, що не обробляється дисками, м;

h_4 – висота розкриття валка дисками, м;

B – ширина валка у верхній частині, м;

$B_{\ddot{a}}$ – прохід між дисковими відгортачами, м.

Ступінь розкриття дисками рослин знаходиться за формулою

$$\delta_{\ddot{a}} = \frac{V_{\ddot{a}}}{V_{\hat{a}}} 100\%. \quad (3.3)$$

Після проходу щіток залишається частка валка у вигляді прямокутної призми (рис. 3.8 та 3.9). Розміри її будуть залежати від умов роботи та відповідних регулювань машини.



Рисунок 3.8 – Валок ґрунту, що залишається після проходу пристрою

За якісні показники роботи пристрою для розкриття кореневої системи маточних рослин прийняли і визначали кількість видаленого ґрунту з валка у дм^3 , а також відсоток пошкоджених рослин.

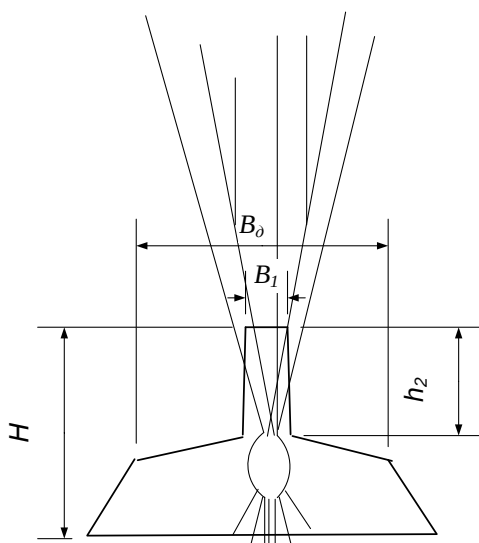


Рисунок 3.9 – Схематичне зображення поперечного перерізу валка ґрунту після проходу пристрою

3.2. Якісні характеристики пристрою для відкриття кореневої системи

Дослідження проводили в чотирьохлітньому маточнику клонових підщеп зі схемою посадки: ширина міжрядь – 1,5 м, відстань між рослинами в ряду – 0,3 м. Тип підщеп в маточнику – ММ 106.

Ґрунт у валках – суглинок. Валки під час вегетації рослин нагортали за допомогою дискового підгортача. Будь-який обробіток ґрунту у валках не проводили. Забур'яненість ґрунту відсутня. Вологість та твердість ґрунту наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри ґрунту валка, що оброблявся

Вологість ґрунту у валках маточника, %			
Горизонт, см			Середнє значення
0-10	10-20	20-30	
14,82	18,56	20,38	17,92
Твердість ґрунту у валках маточника, МПа			
Горизонт, см			Середнє значення
0-10	10-20	20-30	
0,43	1,89	3,48	1,93

З таблиці 3.1 видно, що вологість ґрунту із збільшенням глибини зростає з 15 до 20 %, а твердість зростає з 0,43 до 1,89 МПа (на глибині залягання корневих голівок) і далі зростає до 3,48 МПа на глибині 30 см.

З метою перевірки одержаних під час теоретичного аналізу даних, а також знаходження раціональних режимів роботи пристрою для відкриття кореневої системи маточних рослин, згідно методики визначено наступні залежності якісних характеристики досліджуваного процесу.

Попередніми дослідженнями встановлено, що раціональна відстань між кінцями прутків ворсу суміжних щіток складає 40 мм, при якій і проводилися всі наступні дослідження. При збільшенні цієї відстані зменшується ступінь розкриття маточних рослин, а при зменшенні цієї відстані різко зростає ступінь механічних пошкоджень рослин і порушуються агровимоги.

Розрахункова ширина захвату щітки в експериментах склала 147 мм.

Залежність ступеня відкриття кореневої системи маточних рослин y_1 пристроєм від поступальної швидкості руху агрегату x_1 , кутової швидкості щіток x_2 та кількості ворсу на щітці x_3 одержали у вигляді рівняння регресії (3.10):

$$y_1 = 93,26 - 2,91x_1 + 1,37x_2 + 0,07x_3 - 0,86x_1^2 - 2,11x_2^2 - 1,72x_3^2 + 0,85x_1x_2 + 1,95x_1x_3 + 0,16x_2x_3. \quad (3.1)$$

Аналізом значимості коефіцієнтів в рівнянні (3.1) при рівні ймовірності 0,95 було встановлено, що деякі з цих коефіцієнтів регресії є незначними і ними можна знехтувати. Після виключення цих членів рівняння (3.1) прийме наступний вигляд:

$$y_1 = 93,26 - 2,91x_1 + 1,37x_2 - 0,86x_1^2 - 2,11x_2^2 - 1,72x_3^2 + 0,85x_1x_2 + 1,95x_1x_3. \quad (3.2)$$

Графічно дана залежність подана на рис. 3.10 та рис. 3.11.

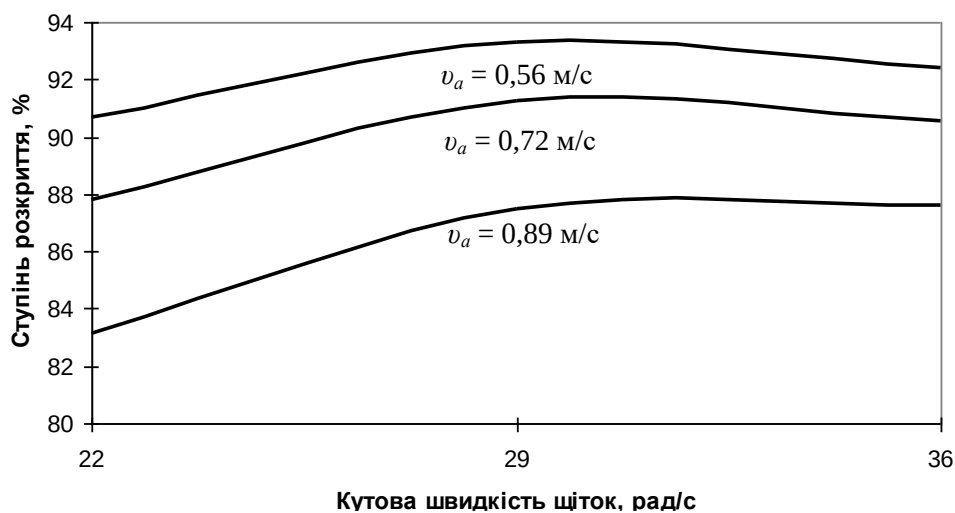


Рисунок 3.10 – Залежність ступеня відкриття кореневої системи від кутової швидкості щіток

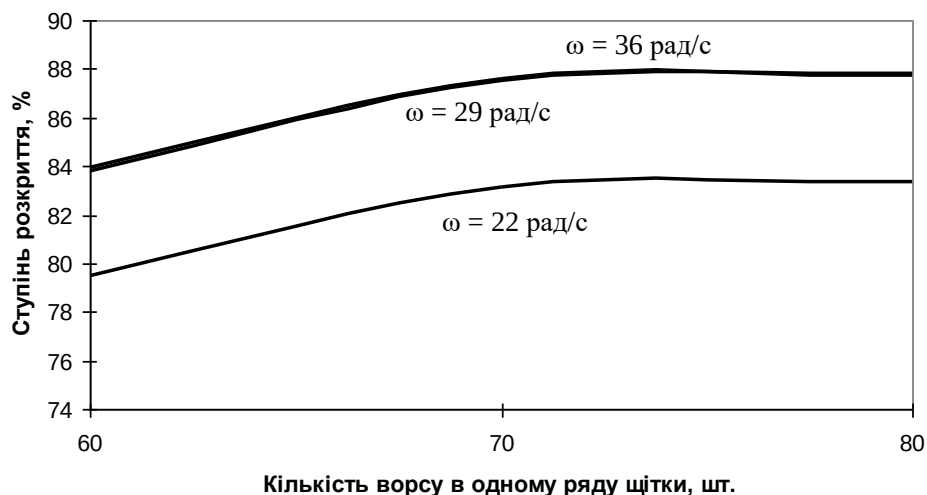


Рисунок 3.11 – Залежність ступеня відкриття кореневої системи від кількості ворсу

Аналіз графіків показує, що максимальна ступінь розкриття кореневої системи маточних рослин (88-93 %) досягається при значенні кутової швидкості 29 рад/с. Зменшення кутової швидкості щіток до 22 рад/с знижує ступінь розкриття на 2,5 %, а подальше збільшення кутової швидкості до 36 рад/с майже не впливає на ступінь розкриття маточних рослин. В залежності від поступальної швидкості агрегату найкращі показники ступеня розкриття 90,5...93 % отримані при $v_a = 0,56$ м/с. Залежність ступеня розкриття від кількості прутків ворсу в одному горизонтальному ряду щітки зростає до досягнення $z = 70$ шт. Збільшення кількості прутків ворсу до 80 штук не впливає на ступінь розкриття.

За результатами дослідів встановлено, що коефіцієнт повноти видалення ґрунту знаходиться в межах $k_n = 0,73...0,76$ в залежності від умов роботи (рис. 3.12). З урахуванням отриманих значень коефіцієнта k_n є можливість теоретично оцінити залежність продуктивності щітки від основних параметрів її роботи.

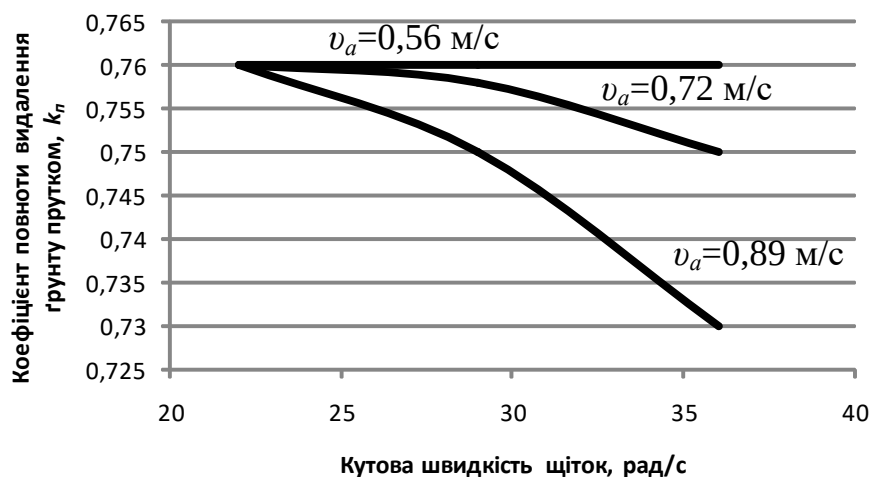


Рисунок 3.12 – Графік зміни коефіцієнта повноти видалення ґрунту прутком ворсу

Порівняння отриманої в результаті теоретичних та експериментальних досліджень залежності ступеня розкриття від поступальної швидкості агрегату і кутової швидкості щіток подано на рис. 3.13. Значення продуктивності, отримані теоретичним шляхом потрібно помножити на кількість щіток.

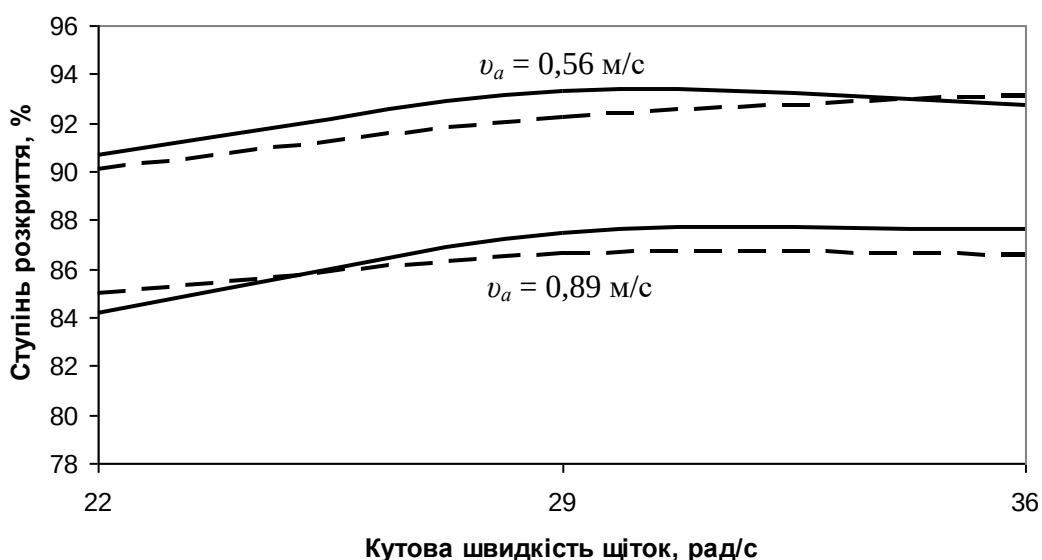


Рисунок 3.13 – Порівняння показника ступеня розкриття рослин за результатами теоретичних і експериментальних досліджень: — експериментальна крива; -- теоретична крива

З аналізу графіків (рис. 3.13) видно, що теоретичні дослідження по визначенню ступеню розкриття маточних рослин при коефіцієнті повноти видалення ґрунту $k_n = 0,75$ підтверджуються експериментами. Похибка між теоретичними і експериментальними даними становить від 0,7 до 2,5 %. Тобто, виконані нами теоретичні дослідження можна застосовувати для розрахунків аналогічних пристроїв.

Залежність ступеня механічного пошкодження y_2 відсадків клонових підщеп пристроєм від поступальної швидкості руху агрегату x_1 , кутової швидкості щітки x_2 та кількості ворсу на щітці x_3 одержали у вигляді рівняння регресії (3.3):

$$y_2 = 4,72 - 1,92x_1 + 2,85x_2 + 1,5x_3 + 0,97x_1^2 + 0,94x_2^2 + 0,34x_3^2 + 0,09x_1x_2 + 0,2x_1x_3 + 0,01x_2x_3. \quad (3.3)$$

Аналізом значимості коефіцієнтів в рівнянні (3.3) при рівні ймовірності 0,95 було встановлено, що коефіцієнт регресії b_{23} є незначним і ним можна знехтувати. Після виключення цього члена рівняння (3.3) прийме наступний вигляд:

$$y_2 = 3,72 - 1,92x_1 + 2,85x_2 + 1,5x_3 + 0,97x_1^2 + 0,94x_2^2 + 0,34x_3^2. \quad (3.4)$$

Графічно дана залежність подана на рис. 3.14.

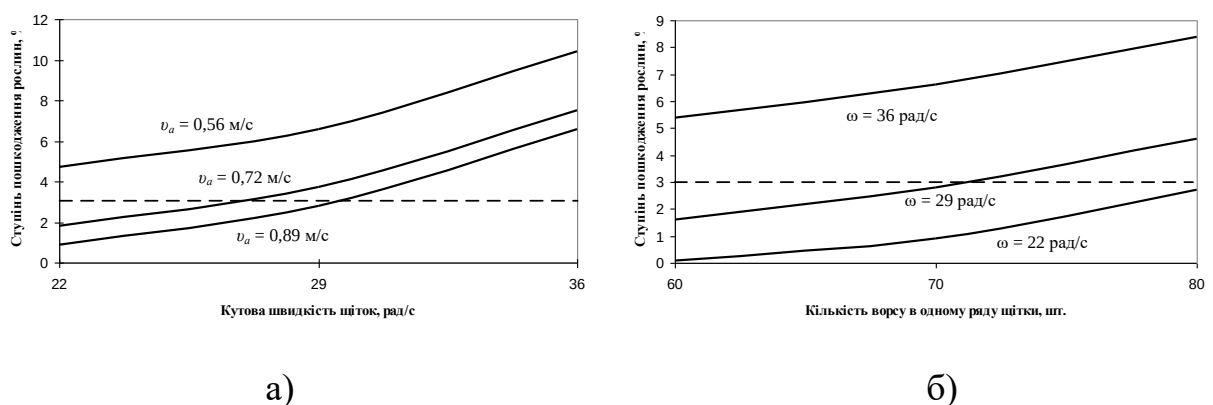


Рисунок 3.16 – Залежність ступеня механічного пошкодження рослин: а) від кутової швидкості щіток, б) від кількості ворсу; --- допустима межа пошкодження за агровимогами

Найменші пошкодження відсадків клонових підщеп (рис. 3.14) досягаються при менших значеннях кутової швидкості щіток. Так, при $\omega = 22$ рад/с ступінь пошкодження варіюється в межах 0,9...4,7 % в залежності від інших робочих параметрів, а при $\omega = 36$ рад/с – в межах 6,6...10,4 %. І навпаки, більша поступальна швидкість агрегату зменшує ступінь пошкодження рослин. Це пояснюється зменшенням кількості контактів прутків ворсу з рослинами. Так, при $v_a = 0,89$ м/с, $\omega = 22$ рад/с і $z = 60$ шт. ступінь пошкодження досягає значення 0,1 %, що значно менше допустимого агрономічними рівнями. Менша кількість прутків ворсу на щітках також зменшує кількість контактів їх з рослинами, а відповідно і зменшує ступінь пошкодження. Отримані дані дозволяють визначити раціональні режими роботи щіток відповідно агрономічним вимогам.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Подальший розвиток садівництва і виноградарства, як і інших галузей, пов'язаний з розширенням використання високоефективної машинної техніки, хімічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб.

Сучасна технологія вирощування плодових культур і винограду значно полегшує труд, різко підвищує його продуктивність. Але ще є багато робіт, які виконуються вручну.

Робота в садах з об'ємною кроною дерев, які виконуються вручну, належать до групи важких (витрата енергії 300-540 Дж/с). Це такі роботи як: обрізка дерев, посадка саджанців, прополка пристовбурних кіл, збирання черешні і навантаження плодів. Роботи середньої важкості: підбілювання штаблів, збирання груш, слив, яблук. Значно менші витрати енергії в пальметних садах. При виконанні цих робіт пульс збільшується до 110-120 ударів за хвилину, підвищується кров'яний тиск.

Аналіз стану організму працюючих дає підстави рекомендувати на важких роботах 10-ти хвилинні перерви після 2-х годин роботи до обіду і через 1,5 години в другій половині дня. Велику перерву на обід (1 год.) слід розподілити так: 30 хвилин – прийом їжі, 15-20 хвилин – пасивний відпочинок 10-15 хвилин – активний відпочинок з корегуючими вправами для кисті рук.

Велике гігієнічне значення має механізація важких робіт, таких як: посадка саджанців, обрізка дерев, збирання плодів та інші.

В садівництві механізацію робіт можна розподілити згідно з трьома технологічними процесами:

1. Роботи по закладенню саду. Вони виконуються із застосуванням машини МПС – 1, яка разом із трактором складає посадочний агрегат, який обслуговують 1 тракторист і 2-ві саджальниці.

2. Роботи по догляду за садом. При цих роботах використовують машини для обробки пристовбурних кіл (ФС-0,9 – фреза садова), машини для обрізання дерев (ОКМ - 3,5 та ОКМ - 4,5), які за годину обробляють до 500 дерев. Але ці машини в управлінні створюють великий шум (до 110 дБ) і вібрацію (в 1,5 – 2 рази більше норми).

3. Збирання і товарна обробка плодів сливи, вишні, черешні для швидкої реалізації. При цих роботах застосовують машини ВСО-25 в комплексі з трактором. Збирання і товарний обробіток плодів є найбільш трудомісткими технологічними процесами в садівництві. Для збирання плодів кісточкових порід (слива, вишня, черешня), які підлягають негайній реалізації або переробці, застосовують зтрушувач ВСО-25, який агрегатується з трактором. Для струшування плодів і їх збору до машини додається 4 щита і 8 лотків, які обслуговують 1 тракторист і 7-8 допоміжних робітників. Робота тракториста складна. Знаходячись в зігнутій позі, він управляє різними важелями для того, щоб найбільш точно підвести машину до дерева, захватити його за допомогою стріли з відкритим захватом , включити вібратор на 2-5 с, провести струшування , потім відкрити захват і від'їхати до наступного дерева.

Допоміжні працівники вимушені швидко переносити щити, що уловлюють плоди, щоб встигнути за агрегатом. В цьому відношенні зтрушувач ВСО-30 вигідно відрізняється від зтрушувача ВСО-25 тим, що у нього є пристосування для автоматичного уловлювання плодів, що виключає переніс щитів.

Збирання плодів насінневих порід (яблук , груш) частіше виконують за допомогою драбин різного типу, столиків-саночок і пересувних підйомних площадок. Для забезпечення безпеки праці вони повинні мати надійну фіксацію.

Сортування та упаковка плодів здійснюється за допомогою різних транспортерів, сортувально-пакувальних механізованих ліній, на яких

зайнято 10-22 працюючих (вантажники плодів в бункери, сортувальниці, пакувальники, забивачі ящиків).

Для калібрування плодів застосовують машини – по масі МКН-ЗА-2, по розміру АСК-2 та ін.

Таким чином, даний аналіз дозволяє зробити висновок, що для зменшення тяжкості (важкості) праці працівників садівництва необхідно застосовувати механізацію робіт, а для захисту працюючих від шуму, вібрації необхідно використовувати ЗІЗ (протишумові вкладиші, навушники, а водіям машин – спеціальні крісла з амортизаторами).

На маточниках роботи виконують в 2 етапи закладання нових насаджень і догляд за плодоносними маточниками.

На обох етапах здійснюється в тій чи іншій мірі механізація виробничих процесів, але при виконанні деяких операцій використовується і ручна праця.

Посадка саджанців, як і раніше, залишається трудомісткою роботою. Трудові витрати при посадці саджанців, проведеної за допомогою ручних гідробурів в агрегатах з трактором бригадою із 23 чоловік, складають близько 56 людино-годин на 1 га.

На маточних плантаціях також витрачається багато енергії (320-440 Дж/с). Це такі роботи як: відкриття кущів, навантаження добрив, ремонт насаджень, прополка міжрядь, обприскування, перенесення винограду, закриття кущів на зиму.

На цих важких роботах щільність робочого часу становить 71-82 %. Тому продуктивність праці знижується перед обідньою перервою і в кінці робочого дня.

Роботи на маточниках виконуються в різні періоди року (починаючи з ранньої весни і закінчуючи глибокою осінню), відмічаються виражені коливання мікрокліматичних умов, які характеризуються як високими, так і низькими температурами, значною швидкістю повітря, підвищеною вологістю, опадами, що викликають охолодження тіла і ін.

Раціональним є застосування посадочної машини з 1 трактористом і 2-ма саджальницями, при цьому буріння ямок і підгортання посадочних черешків здійснюється машиною.

При виконанні цих робіт механізованим способом існує підвищена запиленість повітря робочої зони, рівень шуму і вібрації.

Рівень шуму і його спектральна характеристика не відповідає санітарним вимогам. В період виконання весняних робіт рівень загальної вібрації відповідає нормативам лише при посадці саджанців, а на інших роботах (розмотка шпалерного дроту, копання ям для якорів, обробіток ґрунту між рядками, обрізування виноградної лози, збирання виноградної лози, внесення добрив) перевищує нормативи.

В середньому при внесенні добрив запиленість досягає 286 мг/м³, при збиранні зрізаної лози – 511 мг/м³, при укритті кущів на зиму (при умові сухого ґрунту) – 276 мг/м³, що значно перевищує допустиму концентрацію для токсичного пилу.

На маточниках існує багато важких ручних робіт, таких як завантаження бункерів при внесенні добрив, перенесення корзин при збиранні. Тому рекомендується робити по 10-15 хвилин перерви через 1,5 години після обіду.

При обприскуванні винограду застосовують обприскувачі ОВС-А і ОВТ-І. Їх використовують також для першого весняного обприскування пальметних садів. Щоденні роботи по захисту маточників приводять до масового і достатньо стійкого забруднення ґрунту. В пробах ґрунту маточників, оброблених препаратами, що містять мідь, реєструється до 24 мг/кг міді, тоді як на не оброблених пестицидами – не більше 7 мг/кг. Тому для поточних обробок пальметних садів і маточників застосовують машини з меншим факелом розпилу – “Зоря“, ОМБ-500, ОУТ –2. Тому при виконанні робіт по обприскуванню необхідно обов’язково застосовувати засоби індивідуального захисту.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Для економічної оцінки нової технології з використанням розробленого пристрою застосовано порівняння приведених затрат для двох базових технологій: ручної та з використанням дискового розгортача з подальшим ручним розкриттям і нової, запропонованої технології.

Враховуючи несуттєве завантаження трактора МТЗ-82 для розрахунків економічної ефективності нами запропоновано трактор ХТЗ-3510, який має можливість виконувати технологічних процес на рекомендованих нами по результатам досліджень швидкостях і при цьому коефіцієнт завантаження його двигуна становить 0,6-0,75.

Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності пристрою для розкриття кореневої системи

Показник	Обробіток вручну	Механізований обробіток	
		Дисковий розгортач	Пристрій РВМ-1
Марка енергетичного засобу	-	ХТЗ-3510	ХТЗ-3510
Вартість трактора, тис. грн.	-	45,2	45,2
Річне завантаження трактора, год.	-	1400	1400
Сумарні відрахування на трактор (амортизація. ТО та ремонт), %	-	25	25
Вартість пристрою, грн.	-	3500	8600
Річне завантаження пристрою, год.	-	130	130
Сумарні відрахування на пристрій (амортизація. ТО та ремонт), %	-	23,2	23,2
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1	1
Продуктивність за годину зміни по площі маточника, га	0,008	0,29	0,29
Заробітна плата, грн./год.	3,61	3,82	3,82
Витрата палива, кг/га	-	8,7	12,8
Ціна палива, грн.	-	10	10
Відсоток невидаленого ґрунту. %	-	55	10

При розкритті кореневої системи маточних рослин з міжряддям 1,5 м та середній ширині валків при основі 1,1 м змінна норма виробітку становить 2,1 га, а за годину змінного часу (при тривалості зміни 7 год.) – 0,29 га. Ціна пального складала 4,10 грн/кг. Вартість нового пристрою прийнята відповідно до розрахунків, виконаних економістами Інституту садівництва, рівною 8600 грн., а вартість дискового розгортача відповідно до вартості дискового підгортача з каталогу продукції відділу наукових розробок машин для садів Інституту садівництва прийнята рівною 3500 грн.

Також враховано затрати праці та коштів на ручне розкриття валків, що залишаються після проходу агрегатів.

Складові розрахованих витрат коштів на розкриття кореневої системи маточних рослин та їх суму наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок показників економічної ефективності застосування пристрою для розкриття кореневої системи, віднесені на 1 гектар

Показник	Обробіток вручну	Механізований обробіток	
		Дисковий розгортач	Пристрій для розкриття кореневої системи
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн.	451,25	96,13	143,28
Вартість обробітку невидаленого ґрунту, грн.	-	248,19	45,13
Сумарні витрати коштів на розкриття кореневої системи, грн.	451,25	344,32	188,41
Затрати праці на обробіток не видаленого ґрунту, люд.-год.	-	68,75	12,5
Сумарні затрати праці на розкриття кореневої системи, люд.-год.	125	72,08	15,83
Капіталовкладення, грн.	-	241,67	381,64
Приведені витрати, грн.	451,25	281,76	245,66
Економія коштів, грн.	-	169,49	205,59
Економія затрат праці, люд.-год.	-	52,92	109,17

Застосування розробленого пристрою для розкриття кореневої системи забезпечує економію коштів в порівнянні з ручним обробітком – 205,59 грн. (45,6%) на гектар маточника. В порівнянні з застосуванням дискового розгортача економія складає 36,1 грн. (17,6 %) на гектар.

Затрати праці при застосуванні дискового розгортача та пристрою для розкриття кореневої системи у порівнянні з ручним обробітком (125 люд.-год.) зменшились відповідно на 52,92 люд.-год. (42,3 %) та 109,17 люд.-год. (87,3 %) на гектар маточника. У порівнянні з дисковим розгортачем затрати праці при застосуванні пристрою для розкриття кореневої системи зменшуються на 56,25 люд.-год. (78 %) на гектар.

Висновки

1. В процесу роботи у виробничих умовах дослідного зразка пристрою для розкриття кореневої системи, розробленого за результатами досліджень, в агрегаті з трактором ХТЗ-3510 при робочій швидкості 2,56 км/год отримана продуктивність 0,29 га за годину змінного часу. Витрата палива 12,8 кг/га.

2. Економія коштів на гектарі при застосуванні пристрою для розкриття кореневої системи – 205,59 грн. (45,6%), а економія затрат праці становить 109,17 люд.-год. (87,3 %) на гектар маточника.

3. Найбільші витрати коштів при застосуванні пристрою для розкриття кореневої системи припадають на паливо-мастильні матеріали – 26,6 % та на відрахування на пристрій – 26 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Теоретичним аналізом встановлено вплив довжини і жорсткості гнучких прутків щітки на рівномірність їх руху і величину кута кришення ґрунту прутками. Значення максимального кута деформації прутка, при якому забезпечується його рівномірний рух, становить 25° . Прутки щітки прямокутного поперечного перерізу, передні грані яких встановлено під кутом 90° до поверхні борозен, що утворюються під час їх контакту з ґрунтом, забезпечують компромісне рішення завдання: відокремлюють частинки ґрунту з валка з незначним його ущільненням, а з іншого боку при контакті з рослиною прогинаються при меншій реакції з її сторони мінімізуючи механічні пошкодження рослин. Так при куті між робочою гранню прутка ворсу і поверхнею ґрунту 80° прутки ворсу з поліпропілену з поперечним перерізом $1,5 \times 2,5$ мм та довжиною 140 мм починає прогинатися під дією сили в 0,11 Н, а при куті 10° – сила повинна становити 0,96 Н, тобто повинна бути майже в 9 разів більшою.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено залежності якісних показників видалення ґрунту і механічного пошкодження маточних рослин від кутової швидкості обертання щіток, поступальної швидкості пристрою і кількості прутків на щітці при заданій умови роботи товщині шару ґрунту, що видаляється. Видалення щітками до 93,5 % ґрунту забезпечується при кутовій швидкості обертання 29 рад/с, при поступальній швидкості 0,56 м/с і кількості прутків ворсу в одному ряду 80 шт. Збільшення кутової швидкості щіток понад 32 рад/с при поступальній швидкості пристрою 0,9 м/с і кількості ворсу в одному ряду 70 шт. призводить до зростання показника пошкодження понад 3 %, який є межею згідно з агротехнічними вимогами.

3. Впровадження технологічного процесу розкриття кореневої системи маточних рослин з використанням розробленого пристрою дасть змогу зменшити затрати праці у 7,9 рази та знизити приведені експлуатаційні затрати в 1,8 рази у порівнянні з ручним розкриттям. Питомий економічний ефект від впровадження становить 205,59 грн./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нагорный Н.Н. Технологии и технические средства почвозащитного культурно-мелиоративного земледелия. – К.: Урожай, 1994. – 248 с.
2. Кушнарев А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
3. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Норма-Пріма, 1999. – 275 с.
4. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. – Воронеж. Изд-во Воронеж. ун-та, 1972. – 182 с.
5. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. – М.: Машиностроение, 1976. – 483 с.
6. Лурье А.Б., Громбичевский Л.А. Расчёт и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1972. – 527 с.
7. Сагамонян А.Я. Проникание. – М., Изд-во Московского университета, 1974. – 299 с.
8. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчёт. Под ред. проф. Б.Г. Тубрина. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 583 с.
9. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов, Тбилиси, 1960. – 451 с.
10. Думай Л.Б. Исследование и обоснование параметров дискового рабочего органа для раскрытия виноградных кустов. Автореферат канд. техн. наук. 05,185. М., 1971. – 24 с.
11. Хапа К.А., Боронштейн В.С. Расчёт сил и моментов триния однощёточных полотёрных машин // Исследование и разработка конструкций машин и оборудования коммунального назначения. Под науч. ред. В.Х. Рождественского, - Л.: ВНИИ комунмаш, 1986. – 71 с.

12. Гусев Л.М. Исследование работы щёточных устройств с цилиндрическими щётками подметально-уборочных машин. – Л.: Машгиз, 1958. – 131 с.
13. Гусев Л.М. Расчёт и конструкции подметально-уборочных машин, М.-Л.: Машгиз, 1963. – 271 с.
14. Долганин Б.М. О жёсткости синтетических материалов, используемых в качестве ворса щёток подметально-уборочных машин // Механизация работ в коммунальном хозяйстве [Сборник статей]. М.: Отд. науч.-техн. информации, 1968. вып. 50. – С. 155–161.
15. Долганин Б.М. Применение синтетического ворса в щётках подметально-уборочных машин // Механизация работ в коммунальном хозяйстве [Сборник статей]. Науч. ред. Пиковский Я.М. М.: Отд. науч.-техн. информации, 1968. вып. 59, № 3. – С. 35–42.
16. Долганин Б.М., Гусев Л.М. Метод расчёта щёток подметально-уборочных машин // Механизация работ в коммунальном хозяйстве [Сборник статей]. Науч. ред. Пиковский Я.М. М.: Отд. науч.-техн. информации, 1972. вып. 88. – С. 118–131.
17. Орлов Ю.Н., Буковец О.И. Динамика работы цилиндрических щёток подметально-уборочных машин // Механизация работ в коммунальном хозяйстве [Сборник статей]. Науч. ред. Мнухин Я.С. М.: Отд. науч.-техн. информации, 1972. вып. 108. – С. 59–70.
18. Гусев Л.М. Некоторые вопросы теории и расчёта щёточных устройств различных машин. – В сб. науч. тр./ ЛТИ. – Л.: ЛГУ, 1958, № 7. – С. 43.
19. Гусев Л.М. Исследование работы щёточных устройств с цилиндрическими щётками подметально-уборочных машин (научное сообщение). – Л., 1958. – С. 71.
20. Вальщиков Ю.Н. Производство, расчёт и конструирование щёточных устройств. – Л.: ЛГУ, 1974. – С. 55–103.
21. Попов Е.П. Нелинейные задачи статики тонких стержней. Л.-М.: Гостехиздат. 1948. – 170 с.

22. Пономарёв С.Д., Андреева Л.Е. Расчёт упругих элементов машин и приборов. – М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.
23. Мучников В.М. Изгиб гибких стержней. М., Изд. МИИТ, 1935. – с.186.
24. Татьянко Н.В., Грозубинский В.А., Мишин М.АВ. Обоснование принципа действия очистителей головок корней свёклоуборочных машин // Тракторы и сельхозмашины, 1977, № 7. – С. 43.
25. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
26. Хэбэшеску И.Ф. Обоснование технологии и разработка комплекса машин для выращивания саженцев винограда в школке. Автореферат доктора техн. наук. 05.20.01. – Кишинева: “Штиинца”, 1989. – 44 с.
27. Качалкин М.В. Корнесобственная культура клоновидной яблони // Садоводство и виноградарство. М. № 2. 2004. – С. 14–16.
28. Сафонов О.Ф. Механізація вирощування плодових саджанців // Техніка АПК. № 7, – 1997. – С. 26–27.
29. Современные научные исследования в садоводстве: По материалам VIII Международной конференции по садоводству, – Ялта, Крым, Украина, 2000. Часть 2. – 226 с.
30. Привалов І.С., Фришев С.Г., Майбенко М.І., Ведмідь Д.М., Войтік А.В., Розробити виготовити і провести випробування машини для відкриття кореневої системи вегетативних підщеп в маточнику / Звіт про НДР та ДКР. Інститут садівництва УААН. 2005. – 17 с.
31. Бородкин В.В. Изучение деформации почвы при вспашке. Диссертация канд. техн. Наук. – М.: ВИМ, 1952.
32. Синееков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение. 1977. – 328 с.
33. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.11. – К., 2002. – 36 с.

- 34.Воронюк Б.А., Пьянков А.И., Мальцева Л.В. и др. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – М.: Колос. 1970. – 423 с.
35. Материалы в машиностроении // Неметаллические материалы / Под ред. Попова В.А., Сильвестровича С.И., Шейдемина И.Ю. – М.: Машиностроение, 1968. Т.5. – 544 с.
- 36.Нарисава Иото Прочность полимерных материалов / Под ред. Т. Экибори. Пер. с яп. Ю.М. Товмасына. Под ред. Ал. Ал. Берлина. – М.: Химия, 1987. – 398 с.
- 37.Заборин М.В. Исследование типовых значений удельного сопротивления плуга для целей нормирования пахотных работ. Автореф. канд. техн. наук. 412. Горки. 1969. – 17 с.
- 38.Бахтин П.У. Исследование механических и технологических свойств основных типов почв СССР. – М.: Колос, 1969. – 271 с.
- 39.Бахтин П.У. Физико-механические и технологические свойства почв. – М.: Знание, 1971. – 64 с.
- 40.Полтавцев И.С. О третьем члене рациональной формулы // Тракторы и с.-х. машины. – 1958. № 2.
- 41.Манюта Н.В. Некоторые вопросы теории клина // Труды научно-технической конференции института механизации и электрификации Академии с.-х. наук БССР, Госиздат БССР. – Минск, 1959.
- 42.Попов Е.П. теория и расчёт гибких и упругих стержней. – М.: Наука, 1986. – 264 с.