

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
 “ ____ ” _____ 20 __ р.
 Зав. кафедри _____ д.т.н., професор _____
 (науковий ступінь, вчене звання)
 _____ Володимир ДІДУР _____
 (підпис) (ініціали, прізвище)

магістр

(освітній рівень)

тема роботи **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ
СМУГАХ У САДАХ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності Н7
«Агроінженерія»
Мацюра Ю.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік

РЕФЕРАТ

Мацюра Ю.В. Обґрунтування параметрів робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах (Дипломна робота, Уманський національний університет, 2025: пояснювальна записка на 41 сторінці, у т.ч. 5 розділів, 27 рисунків, 7 таблиць, 16 джерел літератури).

Садівництво є однією з найбільш трудомістких галузей сільськогосподарського виробництва. Це єдина галузь де найбільше використовуються людські ресурси, а рівень її механізації є дуже низьким. На сьогодні доцільним є розробка та удосконалення засобів механізації для ведення садівництва, як загалом, так і окремих операцій, а саме догляд за насадженнями.

Дослідження в даній дипломній роботі присвячені розв'язанню завдань покращення якості виконання обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень. Було розроблено машину та наведено обґрунтовані технологічні параметрами робочих органів, що забезпечують відмінний обробіток ґрунту при найменших енергозатратах.

Об'єкт дослідження – процес обробітку ґрунту в плодових насадженнях.

Предмет дослідження – вплив конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної машини на якісні та енергетичні показники обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах.

Метою роботи є покращення показників якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах та зниження енергозатрат через обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів фрезерної машини з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі.

Ключові слова: ПРОЦЕС ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ, ПЛОДОВІ НАСАДЖЕННЯ, РОБОЧІ ОРГАНИ, ФРЕЗА, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	5
1.1. Технології обробітку ґрунту в садівництві.....	5
1.2. Аналіз існуючих технічних засобів для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах.....	7
1.3. Мета та завдання дослідження.....	12
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	14
2.1. Визначення конструктивної схеми машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах.....	14
2.2. Математична модель процесу взаємодії ґрунту з робочими органами фрезерної машини, які обертаються навколо вертикальної вісі.....	16
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
3.1. Програма та методика досліджень.....	24
3.2. Результати досліджень впливу параметрів робочих органів удосконаленої фрезерної машини на технологічний процес обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень.....	26
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	33
4.1. Організація охорони праці в господарстві.....	33
4.2. Моделювання виникнення травматизму при роботі з фрезерною машиною.....	34
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ	35
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Садівництво – галузь рослинництва, що займається вирощуванням багаторічних плодових і ягідних культур та є найбільш трудомісткою галуззю в сільськогосподарському виробництві.

Рівень механізації промислового садівництва в нашій країні коливається з різних плодових культур від 30% до 60%, цей показник у категоріях господарств не сягає і 10%. Всі основні операції з догляду за плодовими деревами, як правило, виконуються вручну з використанням найпростішого садового інвентарю.

Створення засобів малої механізації для плодових насаджень є важливою народногосподарською проблемою, яка потребує невідкладного вирішення. Основну увагу в цій роботі приділено дослідженню та розробці технічних засобів необхідних для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах дерев. Так, як це є однією із важливих технологічних операцій у галузі садівництва.

Засоби механізації для садівництва повинні бути універсальними, бути малогабаритними, економічними та надійними в експлуатації, травмобезпечними, привабливими для споживача внаслідок їх високої ефективності та прийнятних витрат на придбання та обслуговування. Тому, тема дослідження на сьогодні є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1. Технології обробітку ґрунту в садівництві.

Технологічний процес обробітку ґрунту в садах представляє сукупність цілеспрямованих впливів на біологічний об'єкт або середовище, що обробляється (ґрунт, плодові насадження) робочими органами машини для забезпечення необхідних якісних показників. Більшість процесів супроводжується виконанням одночасно кількох технологічних операцій, у тому числі одна або дві є головними, інші – супутніми.

Для забезпечення плодоношення насаджень у саду необхідно створювати сприятливі умови у ґрунті для активного та тривалого зростання кореневої системи, яка заповнює потреба дерев у волозі та поживних речовинах. З цією метою у міжряддях саду періодично проводиться глибоке чизелювання, а в ряді поверхневе розпушування.

Залежно від глибини ходу робочих органів та виконуваних технологічних операцій розрізняють поверхневий (до 8 см), дрібний (8-16 см) та глибокий (понад 25 см) обробіток ґрунту. При цьому ротаційні робочі органи мають деякі переваги, порівняно з пасивними за якістю розпушування шару ґрунту, створюючи найкращі умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Тому, ротаційні робочі органи є перевагою в порівнянні пасивним. Вони подрібнюють ґрунтові грудки та повністю знищують кореневища бур'янів [1, 2].

Система утримання ґрунту в садах має забезпечувати постійне поповнення запасів органічних речовин у ґрунті, поліпшення її структури та фізико-механічних властивостей, захист від ерозії, бур'янів, а також шкідників та збудників хвороб плодових культур.

Система утримання ґрунту в садах вибирається та коригується з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону та біологічних особливостей плодових культур.

В садах посушливих регіонів півдня України основна система утримання

грунту передбачає систематичне розпушування протягом всього вегетаційного періоду (чорна пара), оскільки плолові культури слабо забезпечені вологою. Вміст ґрунту в садах під чорною парою забезпечує сприятливі умови для розвитку плодкових насаджень, сприяє збереженню вологи всередині пласта, покращує повітряний, поживний та температурний режими. Відомо, що в метровому шарі шару ґрунту, що міститься під чорною парою, вміст вологи більший, ніж при задернінні [1, 2].

Для реалізації технології обробітку ґрунту в міжряддях плодкових насаджень, насаджень в садах можна умовно поділити на три ділянки: вільна частина міжряддя, пристовбурна смуга та міжстовбурна пасмуга (рис. 1.1).

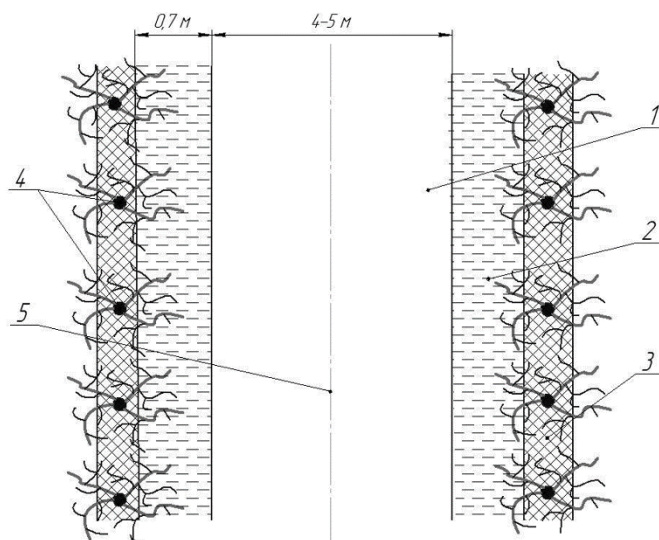


Рисунок 1.1 – Ділянки міжряддя в садах: 1 – вільна частина міжряддя; 2 – пристовбурна смуга; 3 – міжстовбурна пасмуга; 4 – дерева; 5 – вісь міжряддя саду

При обробітку ґрунту в саду необхідно враховувати властивості та характеристики оброблюваного середовища. Як оброблюване середовище в саду є ґрунт та плолові насаджень тому, слід враховувати під час розробки машини, що у молодих і плодоносних садах ширина міжрядь становить від 6 до 8 м, а відстань між деревами у ряду – від 2,5 до 6 м.

У садах прийнято такі схеми посадки дерев: 8x8, 8x6, 8x4, 7x7, 4x4, 4x3, 5x2,5 м та ін. Широкі міжряддя забезпечують гарне освітлення плодкових культур та дозволяють застосовувати технічні засоби, а загущення у ряді покращує умови

зростання, підвищує їх стійкість до несприятливих умов і позитивно позначається на врожайності.

Серед різних технічних засобів, що використовуються для обробітку ґрунту в садах, таких, як борони, культиватори та плуги, широко відомі у застосування фрезерні машини, що здійснюють відмінний обробіток ґрунту та знищують кореневу систему бур'янів.

1.2. Аналіз існуючих технічних засобів для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах.

Всі технічні засоби, що використовуються для обробітку ґрунту поділяються на машини, в яких робочі органи є пасивні та активні, що приводяться в дію від ВВП трактора.

Так, якщо у міжряддях залишаються вільні проходи для машин, то в пристовбурних смугах є обмеження під час обробітку. У молодих насадженнях через нерозвиненість крони дерева робочий орган ґрунтообробної машини може безперешкодно наблизитися до штамба по мірі росту дерева, а при збільшеного діаметра крони дерева необроблена площа зростає.

Однак багато відомих машин для обробітку ґрунту в садах не здатні забезпечити прохід під кронами без пошкодження нижніх скелетних гілок. Так, у конструкції розробленої в Болгарії машини УНЛМ-3,5, призначеної для культивації з одночасним обробітком ґрунту в міжрядді та в двох рядах саду, відсутнє регулювання глибини ходу крайніх робочих органів, що функціонують у безпосередній близькості до дерев. Таке регулювання необхідне для встановлення меншої глибини обробітку ґрунту крайнім робочим органам, що формує кордон захисної зони навколо штамба, щоб уникнути пошкодження кореневої системи дерев.

Подібне регулювання передбачено в конструкції розробленого [3, 4, 5, 6] плуга садового чизельного з диференційованою змінною глибиною обробітку ґрунту, крайні робочі органи якого виконують різноглибинне розпушування (10 – 15 – 22 см), а середній (центральный) – глибоке чизелювання (до 45 см). При цьому

нижня частина не утворює борозни після проходу робочих органів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Плуг садовий чизельний

Глибина ходу робочих органів плуга садового чизельного встановлюється відповідно до агротехнічних вимог розташування кореневої системи дерев залежно від видалення від штамбу.

У молодих садах через нерозвинену крону дерев робочий орган ґрунтообробної машини може безперешкодно наблизитися до штамба. В міру зростання дерев та збільшення діаметра крони необроблена площа зростає.

Для зменшення необробленої площі ґрунтообробні машини повинні мати робочий орган, що переміщається в горизонтальній площині. При цьому секції мають мати обмежену висоту, щоб забезпечити прохід під кронами без ушкодження нижніх скелетних гілок.

Для цих цілей розроблена [7] садова борона для поверхневого обробітку ґрунту, що складається з ротора, на циліндричній поверхні якого розміщені прямі голки з конусною заточкою (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Борона садова

Борона отримує обертання в результаті пасивної взаємодії голки з шаром ґрунту під час поступального руху ґрунтообробної машини під дією тягового зусилля трактора. Для розпушування ґрунту в міжрядді та двох рядах одночасно використовують плуг садовий чизельний, який оснащують додатковими секціями борони садової.

Під час роботи голки перекочуються по ґрунті у рядах дерев, заглиблюючись на 8-10 см, тим самим здійснюється процес розпушування. Взаємодія голки з коренем дерева здійснюється за дотичної дії, тим самим унеможлиблюється їх пошкодження.

Борона працює за допомогою трапецеїдального механізму переміщення з обґрунтованими параметрами [8, 9, 10], керованого гідросистемою, що відводиться від дерев. Введення ротора у рядках дерев здійснюється під дією моменту від сил опору ґрунту. Це властивість трапецеїдального механізму дозволяє скоротити витрати енергії, так як при цьому примусового (за допомогою гідросистеми) введення та утримання ряду робочих органів не потрібен.

Плуг садовий чизельний може бути обладнаний котком для додаткового розпушування та подрібнення великих грудок ґрунту з одночасним вирівнюванням його поверхні (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Плуг садовий чизельний з котком

У конструкції плуга садового чизельного передбачено можливість здійснення технологічного процесу внутрішньогрунтового внесення добрив. Для цього на раму плуга встановлюється обладнання для утримання та розподілу добрив чи гербіцидів безпосередньо на рівні залягання кореневої системи дерев [2].

Як зазначалося вище, поширеними у використанні машин для обробітку ґрунту у садах, а саме в пристовбурних смугах є фрезерні агрегати, що мають активні робочі органи (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Садова фреза фірми Calderoni

Садові фрези Calderoni призначаються для обробітку ґрунту в садах і виноградниках, а також посадок плодових дерев. Вона знищує бур'яни, ретельно розпушує ґрунт, дозволяє доглядати за пристовбурними смугами без застосування гербіцидів, що економить кошти та дозволяє вирощувати сертифіковану органічну продукцію. Італійська роторна фреза підходить навіть для садів із системами краплинного зрошення, бо нею можна працювати, не ушкоджуючи трубок і форсунок. Після підходу до дерева щуп фрези стикається зі штамбом дерева й за допомогою гідравліки відводить її в міжряддя, а потім знову вводить у ряд, залишаючи необробленою невелику захисну зону. Фреза їде міжряддями далі й ретельно культивує ґрунт. При під'їзді до чергового деревця у ряду – знову відхиляється, обходить його і рухається далі.

Садова фреза з бічним зсувом показана на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Садова фреза з бічним зсувом фірми TOSCANO

Грунтообробна машина переміщує ґрунт знизу до поверхні за допомогою мотиг, що горизонтально обертаються. Вона використовується для підготовки грядок, подрібнення та змішування рослинних відходів на невеликих полях, у садах та виноградниках.

Переваги даної фрези: повністю переміщує ґрунт; процес обробітку ґрунту дозволяє однорідне змішування рослинних відходів із ґрунтом; рослинні відходи, які змішуються з ґрунтом, роблять ґрунт більш органічним та родючим; гідравлічна система протиковзання дозволяє оператору змінювати положення машини, коли машина стикається з деревом або твердим матеріалом.

Не меншої уваги потребують фрези марки ГФП -0,7-3 (Рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Фреза садова пристовбурна ГФП -0,7-3

Садова фреза ГФП-0,7-3 з можливістю регулювання вильоту стріли (відстань від центру редуктора до краю робочої секції може складати від 0,98 м. до 2,40 м), а також складання в мінімальне положення для транспортування або ж для роботи в садах з невеликою кроною дерев. Призначена для тракторів від 50 к.с..

Садові фрези українського заводу ІСМ «Промінь» призначені для обробітку пристовбурних смуг в посадках плодових дерев та ягідних культур. Знищують бур'яни, розпушують ґрунт, дозволяють доглядати за пристовбурними смугами без застосування гербіцидів, що значно економить кошти.

Спеціально розроблена рама дозволяє працювати в невеликих просторах від 50 см між рослинами, з абсолютною надійністю ножі проникають в ґрунт і знищують бур'яни і нори гризунів. Привід здійснюється за допомогою карданного валу на дві робочі секції. Після підходу до дерева крайня секція фрези стикається зі стовбуром дерева і за допомогою пружинного механізму відводиться в міжряддя, а потім знову вводить в ряд, повністю огинаючи та копіюючи насадження.

Як видно з вище наведених технічних засобів для виконання обробітку ґрунту у садах їх є достатня кількість. Проте, поряд із перевагами таких машин й існують недоліки, що потребують усунення. Тому, нами пропонується удосконалення конструкції фрезерних машин, а саме їх робочих органів, які спрямовані на підвищення якості технології обробітку ґрунту, зниження енерговитрат та навантаження на ґрунт [8].

1.3. Мета та завдання дослідження.

Таким чином, нами проведені дослідження способів обробітку ґрунту в пристовбурних зонах плодкових насаджень та наведені основні засоби механізації для такого виду робіт. В результаті аналізу машин та їх конструкцій визначено, що найбільш близьким технічним рішенням для якісного обробітку ґрунту в садах та зменшення енергоємності є фрезерна машина з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижнів.

Метою роботи є покращення показників якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах та зниження енергозатрат через обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів фрезерної машини з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі.

За поставленою метою необхідно вирішити наступні завдання::

- здійснити огляд технологій обробітку ґрунту у садах та аналізувати існуючі технічні засоби, що використовуються для обробітку ґрунту у пристовбурних смугах дерев у садах з обґрунтуванням конструктивних складових машини, яка буде забезпечувати якісні показники обробітку;

- провести теоретичні дослідження щодо процесу взаємодії ґрунту з робочими органами фрезерної машини, які обертаються навколо вертикальної вісі;
- експериментально дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів роботи фрезерної машини на показники якості та енергоємності її роботи;
- провести техніко-економічну оцінку удосконаленої фрезерної машини.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Визначення конструктивної схеми машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах у садах.

Конструктивна схема машини для обробки ґрунту в пристовбурних смугах у садах включає навісне або причіпне шасі, робочі органи (диски, фрези, плуги, розпушувачі, борони) та привід від трактора. Основними типами машин є культиватори та фрезерні агрегати з дисковими або S-подібними стійками для розпушування та боронування, а також плуги для основної обробки, що вибираються в залежності від типу ґрунту та завдань.

В результаті теоретичних досліджень нами визначена конструктивна схема фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах дерев у садах. Її робочі органи представляють собою ножі, що повертаються навколо вертикальної осі. Для удосконалення фрезерної машини за основу було взято машину МФ - 1 з робочими органами у вигляді циліндричних розпушувальних стержнів, розташованих під кутом до вертикалі. Проте, в такої машини є недоліки, її робочі органи здійснюють неякісний обробіток ґрунту та мають негативний вплив на стан ґрунту.

Тому, нами була запропонована схема фрезерної машини, яка містить два ротори 4 з ножами 7 (рис. 2.1), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивного типу. Кожний ротор має диск 5 зі стійками 6, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножі (рис. 2.2). Ножі мають циліндричну поверхню і занурюються в ґрунт на глибину до 8-10см.

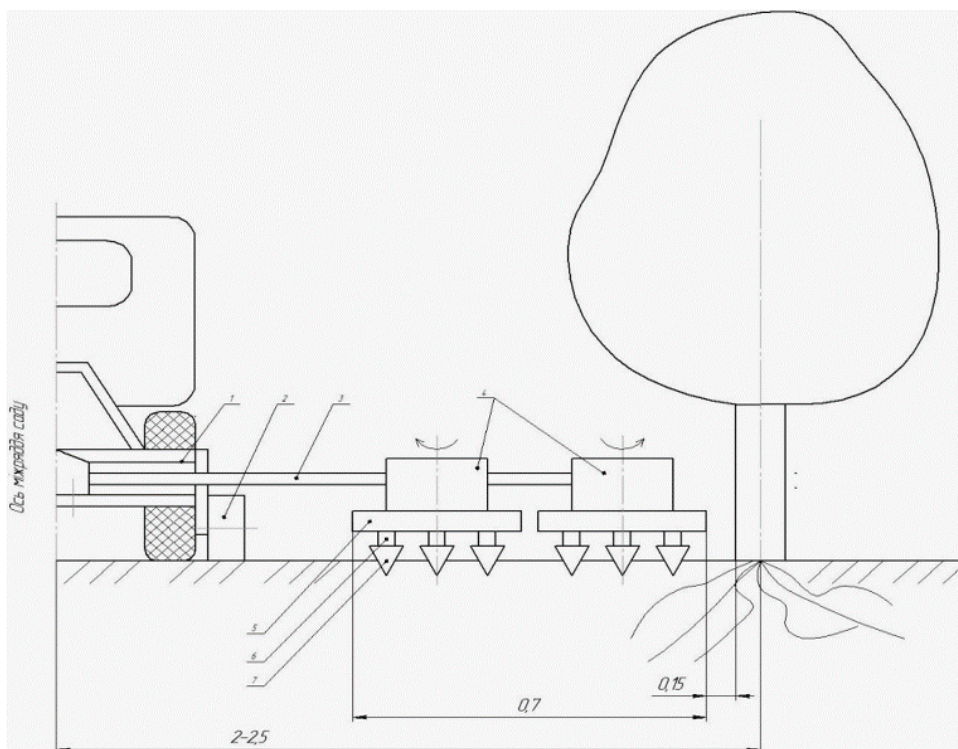


Рисунок 2.1 – Вигляд конструктивної схеми удосконаленої фрезерної машини:

- 1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – привідний вал; 4 – ротори; 5 – диск;
6 – стійка; 7 – ніж.

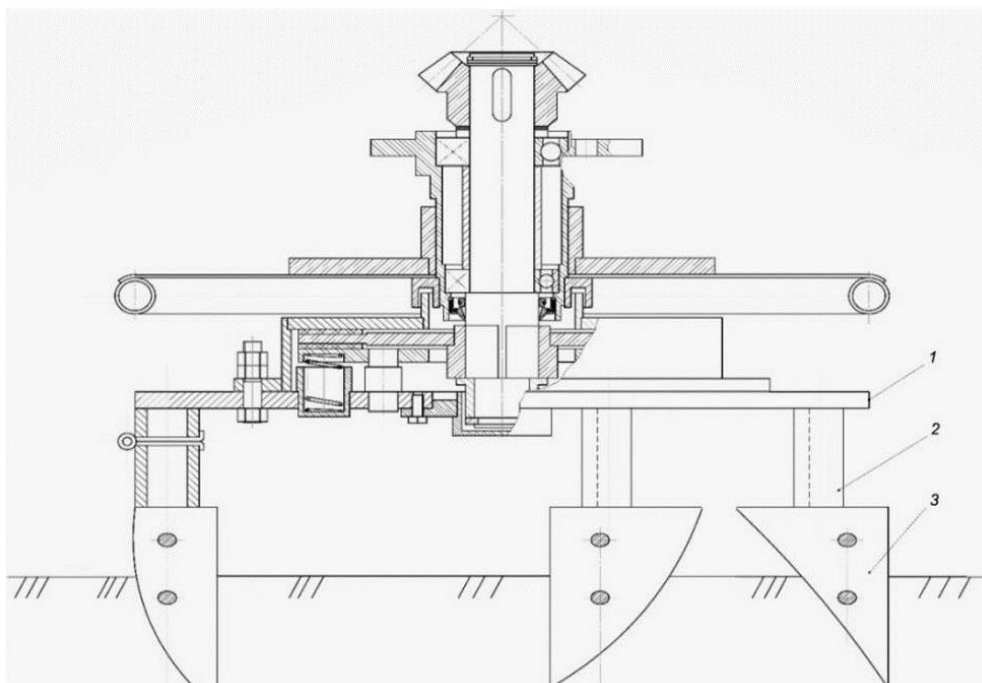


Рисунок 2.2 – Вигляд конструктивної схеми ротора удосконаленої машини:

- 1 – диск; 2 – стійка; 3 – ніж; 4 – вал приводу робочих органів;
5 – запобіжна муфта.

2.2. Математична модель процесу взаємодії ґрунту з робочими органами фрезерної машини, які обертаються навколо вертикальної вісі.

Результати теоретичних досліджень дозволяють зробити обґрунтування основних параметрів та режимів роботи фрезерної машини. Для математичних розрахунків її роботи пропонується схема вертикальної пристовбурної фрези, конструктивна особливість якої дозволяє зробити повний обхід штамбу дерева за один прохід по лінії ряду.

Проведене моделювання обходу штамбу із застосуванням програми Solid Works показало адекватність запропонованої математичної моделі та високу ефективність конструктивного виконання при повному фрезеруванні пристовбурного кола за один прохід агрегату.

Фрезерна машина приймається як кривошипний колінно-важільний плоский механізм, з віссю відносного обертання кривошипу, що знаходиться з відривом $e = const$ (рис. 2.3). В результаті проведених теоретичних досліджень кінематичних та технологічних параметрів, отримано вираз залежності кута φ_1 повороту бруса ОВ від функції, що визначає переміщення фрезерного агрегату x_A :

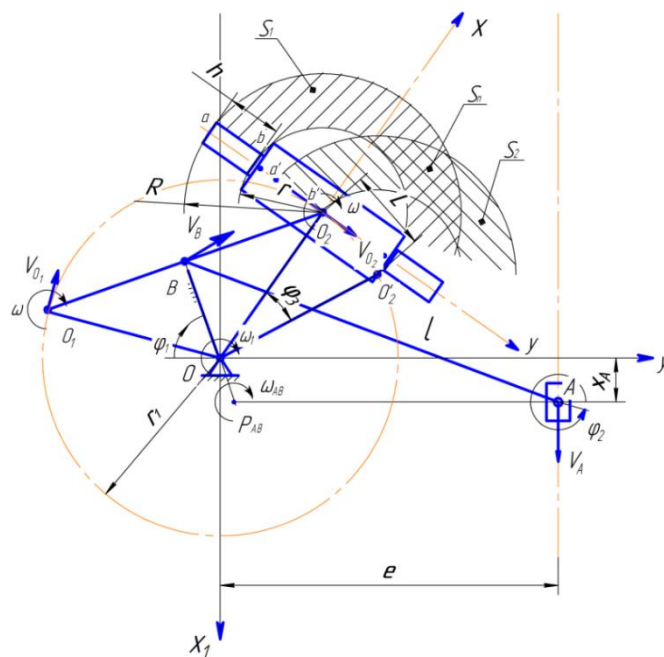


Рисунок 2.3 – Схема кінематики ножів фрези при обході навколо штамбу дерева

$$\varphi_1 = \arctan \frac{x_A}{e} + \arccos \frac{l^2 - r^2 - e^2 + x_A^2}{2r_1}. \quad (2.1)$$

Отримано основні допустимі значення основних кінематичних та геометричних параметрів фрези.

Проведено обґрунтування режиму обертання роторів фрези з використанням методів розрахунку ротаційних ґрунтообробних машин. На рисунках 2.4 та 2.5 наведено траєкторії руху сусідніх ножів ротора, що виключають утворення пропусків в їх роботі та зміни кута атаки крила ножа, для забезпечення мінімального опору при різанні ґрунту.

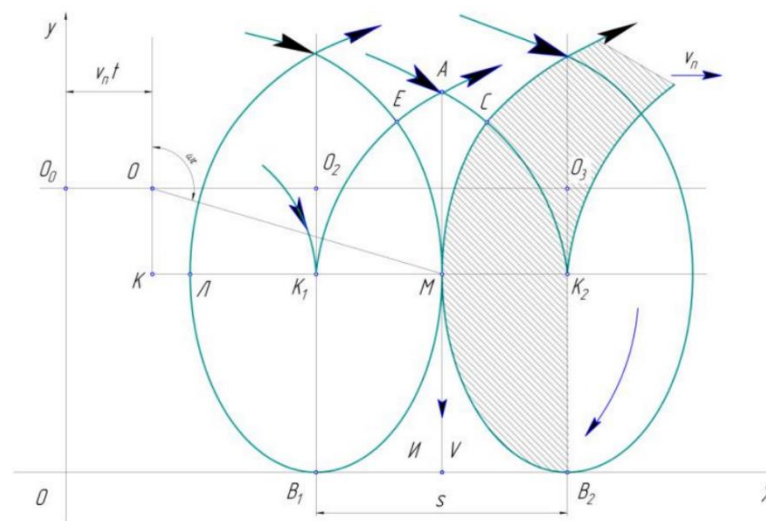


Рисунок 2.4 – Схема визначення режиму обертання ротора фрези

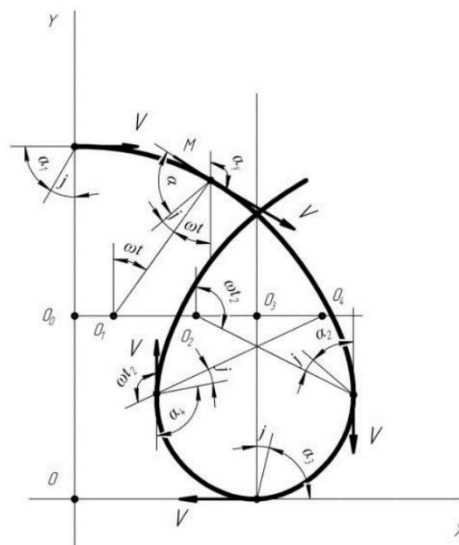


Рисунок 2.5 – Схема зміни кута атаки крила ножа

Визначено мінімальні потрібні потужності роторів пропонованої фрези для ґрунтів з питомим опором до 100 кН/м^2 . При швидкості переміщення агрегату рівному 1 м/с , мінімальна розрахункова потреба потужність фрези складає $5,3 \text{ кВт}$. Також визначено сумарні жорсткості всіх пружних механізмів фрези.

Проведено теоретичні дослідження сил та моментів, що виникають при взаємодії поворотної фрезерної секції зі штаблом при її обході (Рис. 2.6).

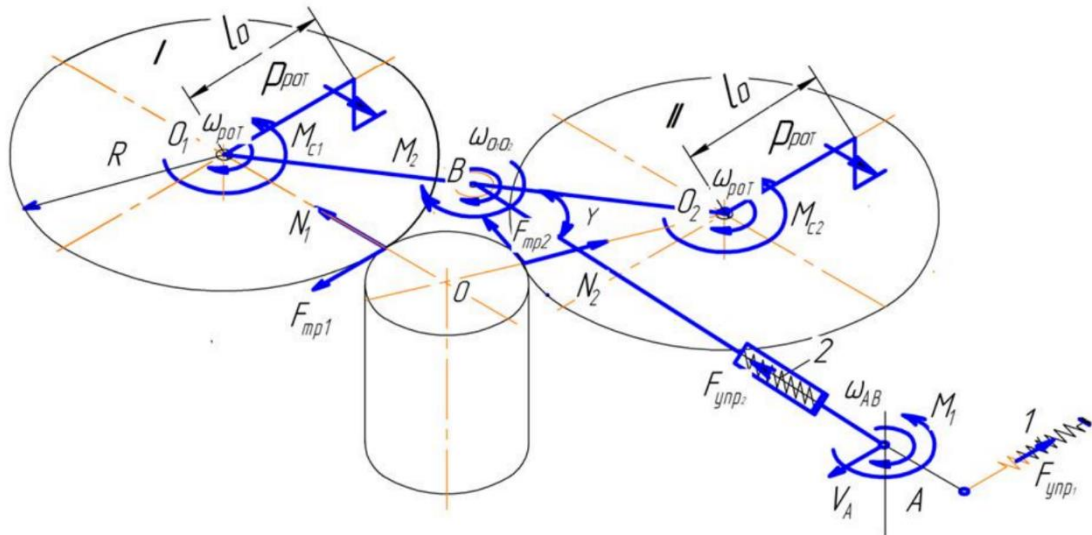


Рисунок 2.6 – Розрахункова силова схема фрези при взаємодії зі штаблом

Перекочування запобіжних коліс по корі штабла без ковзання можливе при появі сил тертя $F_{тр}$:

$$|F_{mp_i}| \leq N_i f_{тр}, \quad (2.2)$$

де N_i – сила тиску коліс на штабл, Н; $f_{тр}$ – коефіцієнт тертя.

Необхідно забезпечити умову, за якої кожне з коліс 1 і 2 притискається до штабла з силою $N_i > 0$.

Отримані вирази для розрахунку сил тиску на штабл дерева для кожного колеса в процесі їхнього обходу:

$$N_1 = \frac{\frac{c_1 \cdot \Delta l_3 \cdot l_2 \sin \gamma_1}{l_1} \sin \vartheta \cdot e - M_2 - c_2 \cdot \Delta l_2 \sin(90 - \vartheta) \cdot e}{h}; \quad (2.3)$$

$$N_2 = \frac{\frac{c_1 \cdot \Delta l_3 \cdot l_2 \sin \gamma_1}{l_1} \sin \vartheta \cdot e + M_2 - c_2 \cdot \Delta l_2 \sin(90 - \vartheta) \cdot e}{h}. \quad (2.4)$$

Вирази (2.3) та (2.4) показують, що сили тиску коліс на штамп дерева залежать від коефіцієнтів жорсткості пружин, геометричних параметрів фрези, а також постійного крутного моменту від сил опору ґрунту. Відповідно до агротехнічних вимог багаторазово допускається контактний тиск на кору дерева становить 0,5 - 0,9 МПа.

Дослідження кінематичних параметрів фрези за 4-ма ступенями свободи із застосуванням рівнянь Лагранжа 2-го порядку дозволили отримати математичну модель у вигляді 2.4 рівнянь руху (2.5 – 2.8), що допускають зміну параметрів маси деталей та геометрії ланок конструкції.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{X}_A} \right) - \frac{\partial T}{\partial X_A} = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot \ddot{X}_A + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot (\ddot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \cdot \sin \varphi_1) + m_3 \cdot K_1 = Q; \quad (2.5)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = (m_{12} + m_2 + m_3) \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot BA^2 + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot (\ddot{X}_A \cdot \cos \varphi_1 - \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1) + m_3 \cdot K_2 = Q_1; \quad (2.6)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = (m_2 + m_3) \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot BC^2 + m_3 \cdot K_3 = Q_2; \quad (2.7)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = \frac{m_3 \cdot CD^2 \cdot \ddot{\varphi}_3}{3} = Q_3. \quad (2.8)$$

де Q, Q_{1-3} – узагальнені сили системи, Н; K_{1-3} – коефіцієнти, що враховують співвідношення геометричних та кінематичних параметрів деталей фрези; m_1, m_2, m_3 – маси телескопічної балки, поворотного бруса та ротора відповідно, кг; BA – довжина телескопічної балки, м; BC – радіус розташування осі ротора щодо осі поворотного бруса, м; CD – радіус ротора, м².

Для підвищення працездатності фрезерного агрегату необхідно забезпечити динамічну стійкість вузлів і деталей, що обертаються. Динамічні навантаження від деталей, що обертаються, істотно зменшують довговічність опор валів та самих робочих деталей.

На рис. 2.7 вигляд графіка зміни швидкості руху фрези в точці М залежно від лінійної швидкості ножа при $R_1=0,097$ різних значеннях коефіцієнту тертя.

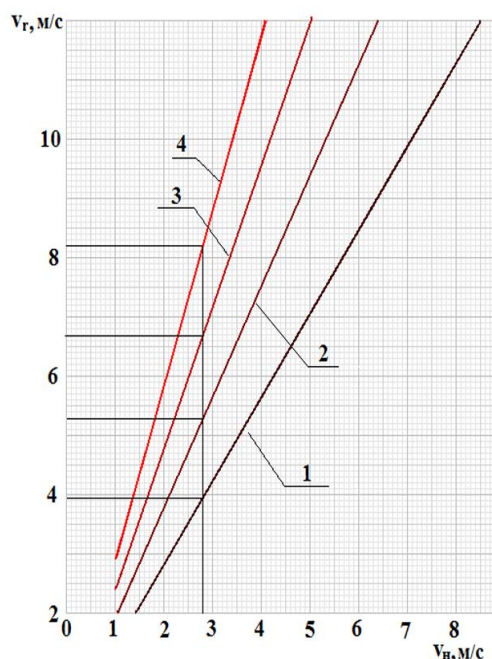


Рисунок 2.7 – Графіки змінювання відносної швидкості руху фрези за такими значеннями коефіцієнтів тертя:

1 – $\mu=0,2$; 2 – $\mu=0,4$; 3 – $\mu=0,6$; 4 – $\mu=0,8$.

Для визначення плану експериментальних досліджень потрібно знайти граничні межі варіювання частоти обертання роторів. Тому, побудуємо графік зміни швидкості V_r за різних значень коефіцієнту тертя, якщо швидкість ножа лінійна $V_n=2,8$ м/с. Така гіпотеза була прийнята при обґрунтуванні напрямку ножа (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Графік зміни швидкості V_r руху т. М по поверхні ножа від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа $V_n=2,8$ м/с і радіусі ножа

$$R_1=0,097\text{м}$$

Таким чином, враховуючи те, що відносна швидкість V_r руху т. М на виході з ножа збільшується в середньому у 2 рази, то для планування дослідів частоту обертання роторів слід приймати в межах від 2с^{-1} до 3с^{-1} з інтервалом варіювання 0,5.

Тобто, при значеннях коефіцієнту тертя від 0,4 до 0,6 відносна швидкість V_r руху т. М (далі – частки ґрунту) на виході з ножа збільшується в середньому у 2 рази від початкового значення, яке дорівнює лінійній швидкості ножа $V_n=2,8\text{ м/с}$. Набута часткою ґрунту швидкість буде впливати, як на розпушення ґрунту, так і на його розкидання ножем.

Аналіз динамічних характеристик взаємодії ґрунту з поверхнею робочого органу.

З метою визначення за рахунок чого збільшується відносна швидкість V_r руху при збільшенні значень коефіцієнту тертя отримуємо вираз:

$$ma = m\omega_1^2 \left[\mu \left(\frac{2V_r}{\omega_1} - (R - \Delta) \cos \alpha \right) + \left(\frac{R_1 \varphi_2}{(\varphi_2 - \alpha)^2} - (R - \Delta) \sin \alpha \right) \right] \quad (2.9)$$

Права складова виразу (2.9) характеризує сили, які сприяють руху частки ґрунту по поверхні ножа [1]. Ліва частина виразу характеризує сили, які сприяють руху частки ґрунту по поверхні ножа і збільшенню відносних швидкостей. Підставляємо визначені вхідні данні в рівняння (2.9) і маємо значення коефіцієнтів ξ стримуючих і рухомих сил при різних R_1 в залежності від μ .

На рис. 2.9 наведено графіки зміни стримуючих і рухомих сил для радіусів ножа R_1 : 0,107; 0,097; 0,087. З наведених на рисунку 2.9 залежностей виходить, що стримуючі сили є постійними й від коефіцієнту тертя не залежать. Для значень радіусів ножа, що аналізуються існують точки рівноваги, в яких величини стримуючих і рухомих сил є однаковими. Так для радіусу ножа $R_1=0,107$ точка рівноваги настає при значенні коефіцієнту тертя 0,24 (рис. 2.9, а)), для радіусу ножа $R_1=0,097$ м точка рівноваги настає при значенні коефіцієнту тертя 0,22 (рис. 2.9, б)), а для радіусу ножа $R_1=0,087$ м при значенні коефіцієнту тертя 0,2 (рис. 2.9, в)).

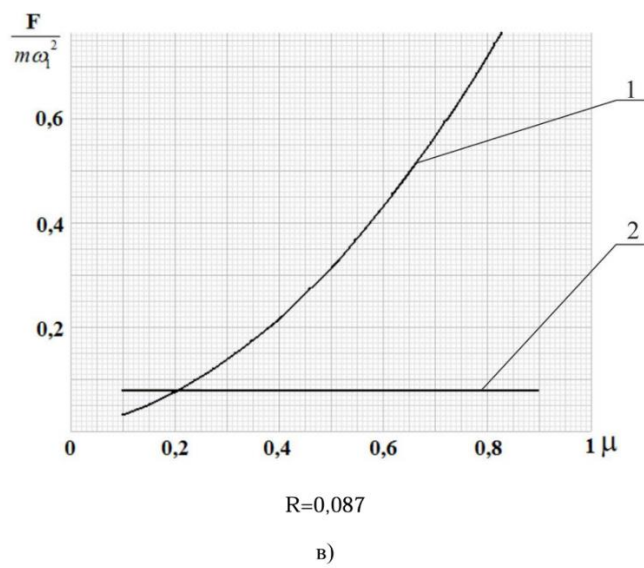
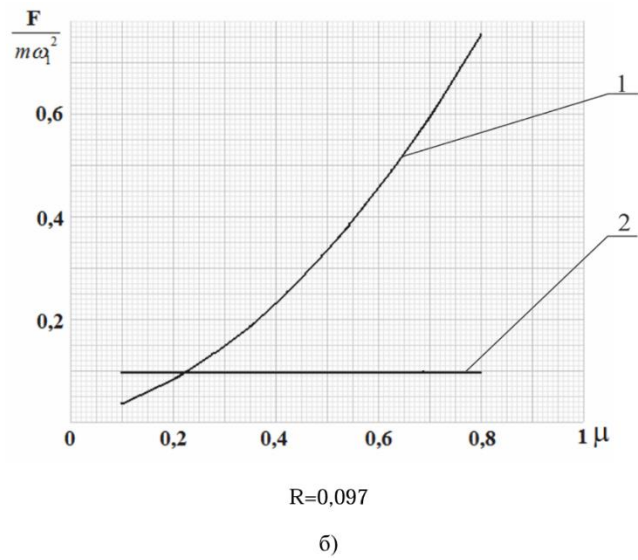
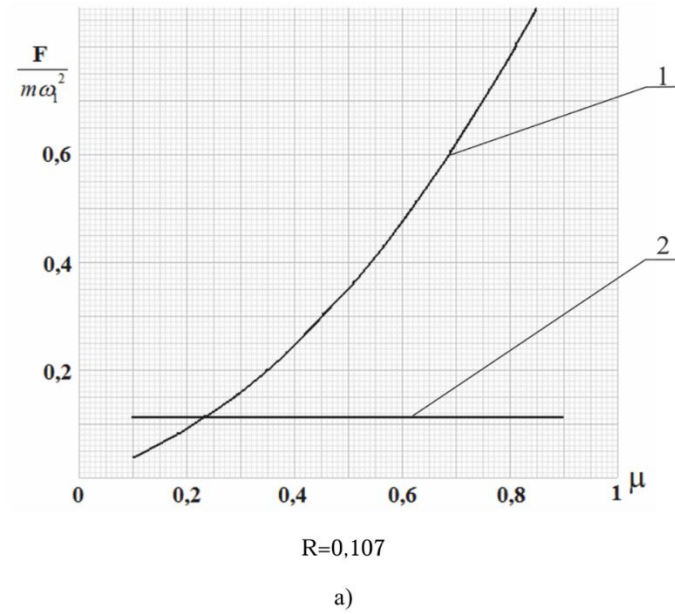


Рисунок 2.9 – Графіки залежностей коефіцієнту сил від коефіцієнту тертя для радіусів ножа R_1 : 0,107; 0,097; 0,087: 1, 2 – сили, які сприяють рух частки ґрунту.

Таким чином, досягнення необхідної структури ґрунту в пристовбурних смугах дерев у садах можна через використання робочих органів пропонованої фрезерної машини, обґрунтовані параметри її геометричної форми будуть здійснювати якісний обробіток ґрунту з розміром від 0,25мм до 7мм.

В результаті проведеного математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом нами доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту (коефіцієнт 0,6-0,8) необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Програма та методика досліджень.

Метою досліджень було визначення ефективності роботи розроблених робочих органів у складі експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М (Рис. 3.1-3.2).



Рисунок 3.1 – Ніж фрезерної машини

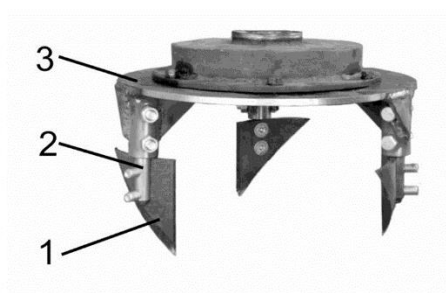


Рисунок 3.2 – Ножовий ротор фрезерної машини:

1 – ніж; 2 – стійка ножа; 3 – диск.

Програмою досліджень було передбачено:

- вивчення впливу конструктивних параметрів робочих органів і режимів роботи фрезерної машини на структурно-агрегатний стан ґрунту в пристовбурних смугах;
- вивчення впливу конструктивних параметрів робочих органів і режимів роботи фрезерної машини на енергоємність, яка витрачається на привід роторів від ВВП.

Ротори з розробленими ножами було встановлено на експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1М, загальний вигляд якої наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М з трактором ЮМЗ-6

Фрезерна машина містить два ротори 1 і 2 з ножами 3 (рис. 3.3), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивних типу.

Кожний ротор фрези має диск 1 зі стійками 2, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножа 3. Між диском і редуктором встановлені фрикційні муфти 4 для запобігання аварійних поломок при влученні в зону розпушування каміння, дроту та інших перешкод. Фрезерні ротори впливають на ґрунт ножами, які мають циліндричну поверхню.

Фрезерна машина працює в такий спосіб. Ножі роторів занурюються на глибину до 8 см ($2/3$ довжини ножа H). Поступово рухаючись фрезерна машина розрізає ґрунт пристовбурної смуги ножами по трохойдам. Відділена ножем від масиву ґрунту скиба взаємодіє з його внутрішньою поверхнею і під впливом сил набуває відносну швидкість V_A , яка спрямована в сторону денної поверхні ґрунту, а її величина більша окружної швидкості ножа, що має сприяти збільшенню середньої фракції ґрунту до 80%.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень та визначення раціональних технологічних параметрів роботи експериментальних робочих органів фрезерної машини були проведені дослідження з використанням елементів математичного планування, а саме багатофакторного аналізу [7]: X_1 – швидкість

руху агрегату; X_2 – частота обертання робочих органів (ножів) фрези; X_3 – глибина обробітку ґрунту; X_4 – щільність ґрунту; X_5 – абсолютна вологість ґрунту; X_6 – радіус обертання робочих органів фрези; X_7 – кількість ножів на одному диску фрези; X_8 – висота стояків ножів; X_9 – ступінь задерніння ґрунту (маса рослин на м^2).

3.2. Результати досліджень впливу параметрів робочих органів удосконаленої фрезерної машини на технологічний процес обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень.

Фрезерна машина МФ-1М під час досліджень агрегувалася з трактором ЮМЗ-6. Тип ґрунту чорнозем-південний. Умови при проведенні досліджень визначалися згідно загально прийнятих методик [9]. Фізичний стан ґрунту наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізичний стан ґрунту

Шар ґрунту, см	Абсолютна вологість, %	Твердість, МПа
0 – 10	15,2	0,6
10 – 20	23,7	0,8

В результаті реалізації матриці планування дослідів були отримані величини, які характеризували якість виконання технологічного процесу розпушення ґрунту в пристовбурній смузі багаторічних насаджень. В якості оцінюючого фактора було обрано коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту. Паралельно з цим для оцінки енергоємності процесу обробки ґрунту експериментальними робочими органами фрезерної машини проводилися замірювання крутного моменту на ВВП трактора під час проведення досліджень. Результати, які були отримані під час проведення досліджень наведено в таблиці 3.2.

Після реалізації план-матриці проведення експерименту і розрахунку по отриманим результатам середньої величини критерію оптимізації для кожного дослідів з'ясовувалася можливість застосування методу регресійного аналізу. Для цього перевірялася гіпотеза однорідності дисперсій [9]. Підтвердивши гіпотезу про

однорідність дисперсій і, приймаючи гіпотезу про нормальний закон розподілу їхньої величини з урахування строгої фіксації розглянутих факторів на обумовлених рівнях, в подальшому для обробці результатів експерименту був прийнятий регресійний аналіз [9].

Таблиця 3.2 – План-матриця проведення експерименту і його результати

№ досліджу	Кодифіковані значення факторів			Результати досліджу	
	X ₁	X ₂	X ₃	Коефіцієнт структурності ґрунту, Y ₁ , %	Величина крутного моменту, Y ₂ , Нм
1	-	-	-	0,35	260
2	+	-	-	0,35	310
3	-	+	-	0,28	245
4	+	+	-	0,18	250
5	-	-	+	0,24	335
6	+	-	+	0,21	370
7	-	+	+	0,75	232
8	+	+	+	0,4	285
9	-1,68	0	0	0,25	140
10	1,68	0	0	0,24	234
11	0	-1,68	0	0,18	290
12	0	1,68	0	0,14	210
13	0	0	-1,68	0,25	115
14	0	0	1,68	0,39	260
15	0	0	0	0,65	190
16	0	0	0	0,68	210
17	0	0	0	0,64	215
18	0	0	0	0,69	180
19	0	0	0	0,7	192
20	0	0	0	0,68	203

Розрахунок коефіцієнтів регресії виконувався згідно методики [9]. Для оцінки однорідності дисперсій середнього арифметичного по кожному досліджу використовувався критерій Кохрена на рівні значущості 0,05. Рівняння математичної моделі факторів другого рівня технологічного процесу обробітку ґрунту в загальному вигляді записується так:

$$Y = b_0 + b_1 X_{10} + b_2 X_7 + b_3 X_{10}^2 + b_4 X_7^2 + b_5 X_{10} X_7 \quad (3.1)$$

Розрахунки згідно наведених формул виконувалися за допомогою програми Excel. На підставі розрахунків визначені коефіцієнти регресії. Значущість коефіцієнтів регресії визначалася за критерієм Стюдента, адекватність отриманих

математичних моделей за критерієм Фішера [9].

Рівняння регресії, що описують залежності коефіцієнта структурно-агрегатного стану ґрунту Y_1 і енергоємності процесу розпушення ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень Y_2 мають відповідно наступний вигляд:

$$Y_1 = 0,669 - 0,036X_1 + 0,029X_2 + 0,05X_3 - 0,124X_1^2 - 0,154X_2^2 - 0,098X_3^2 - 0,0525X_1X_2 + 0,118X_2X_3 - 0,035X_1X_3 \quad (3.2)$$

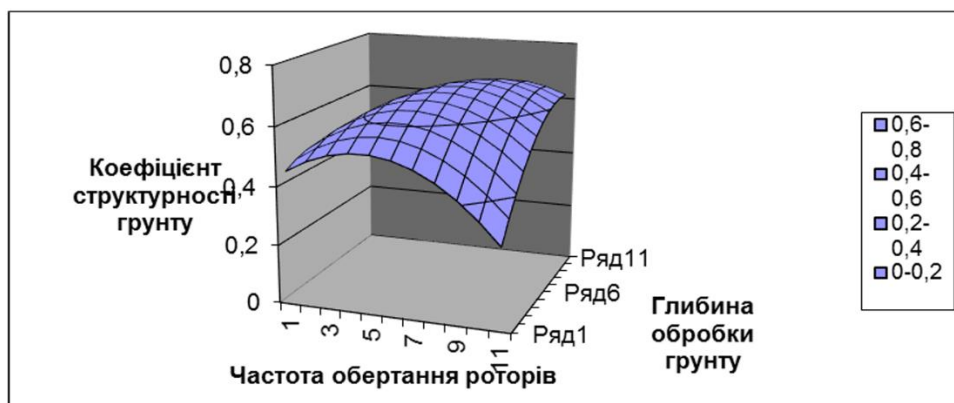
$$Y_2 = 195,53 + 22,04X_1 - 29,10X_2 + 29,35X_3 + 12,35X_1^2 + 34,62X_2^2 + 12,53X_3^2 - 3,38X_1X_2 - 14,13X_2X_3 + 4,13X_1X_3 \quad (3.3)$$

Аналізуючи отримані рівняння 3.2 можна констатувати, що найбільший вплив на коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту Y_1 має глибина обробітку ґрунту X_3 .

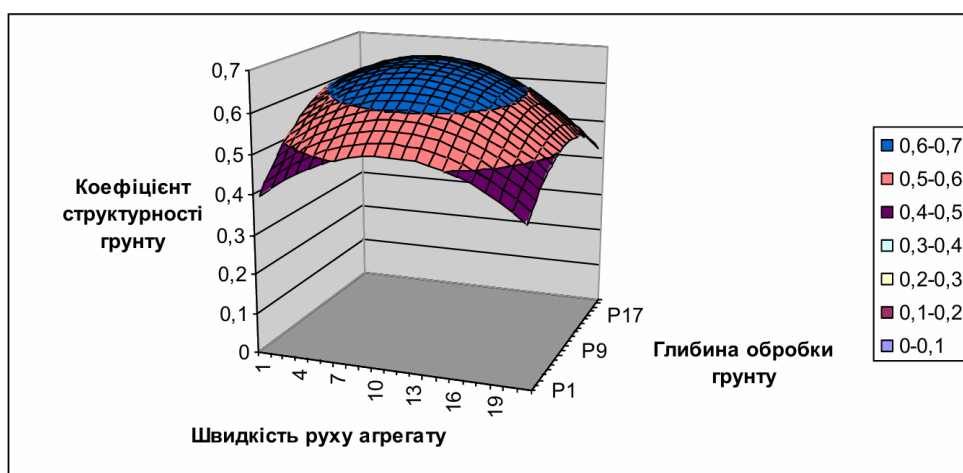
На енергоємність процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах експериментальними робочими органами фрези обрані фактори приблизно мають однаковий вплив, але більший вплив мають частота обертання роторів фрези X_2 і глибина обробітку ґрунту X_3 .

Для аналізу отриманого рівняння регресії були побудовані дворівнені перетини поверхонь відгуку в області експерименту на нульовому рівні залежностей коефіцієнта структурно-агрегатного стану ґрунту від обраних факторів (рис. 3.4) та енергоємності процесу розпушення ґрунту експериментальними робочими органами (рис. 3.5).

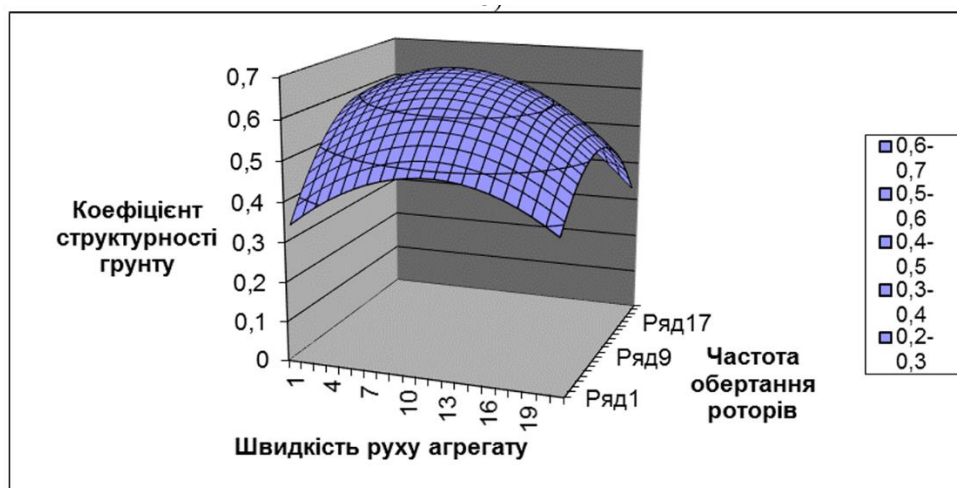
Для визначення показників значень факторів, при яких коефіцієнт структурності ґрунту має оптимальні значення, було досліджене отримано рівняння регресії за допомогою програми Excel. В результаті цього було визначено значення показників незалежних факторів, при яких коефіцієнт структурності ґрунту має максимальне значення в даних умовах роботи фрезерної машини $Y_{1\max} = 0,693$.



а)



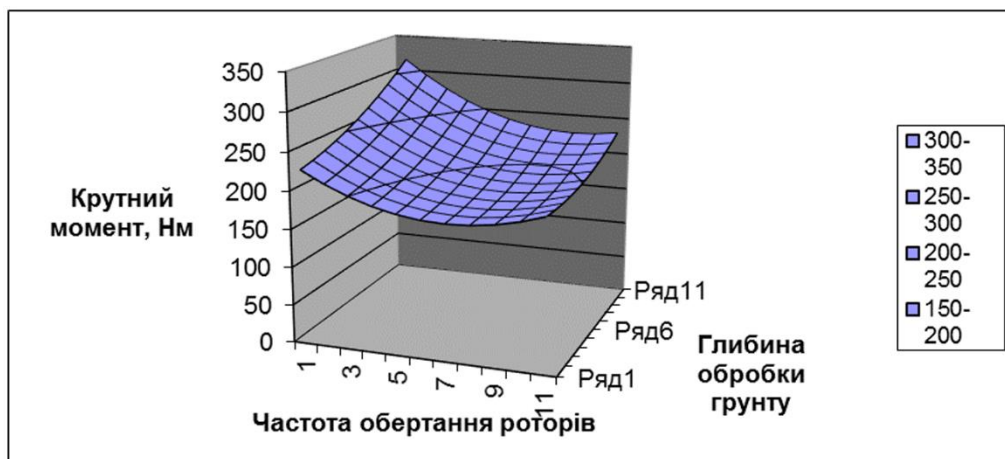
б)



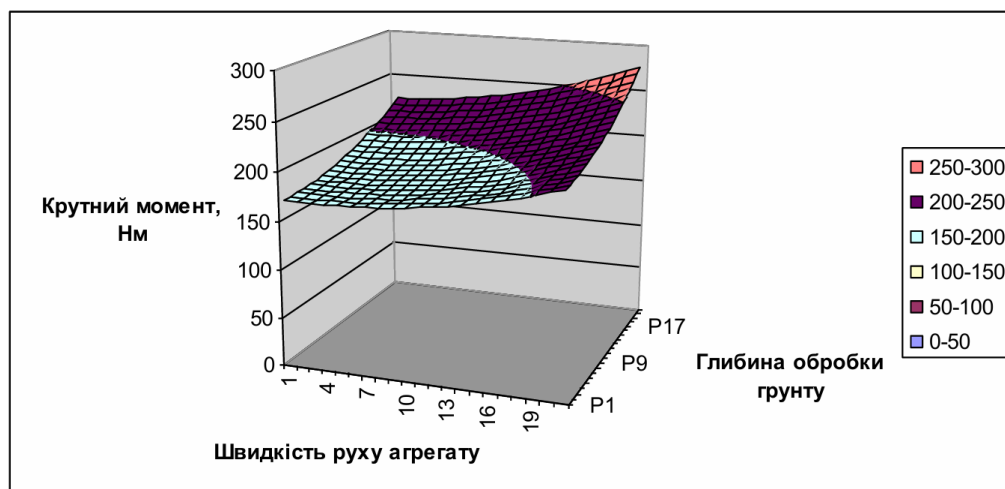
в)

Рисунок 3.4 – Двомірні перетини поверхні відгуків в області експерименту дослідження впливу технологічних і кінематичних параметрів робочих органів фрезерної машини на коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту при:

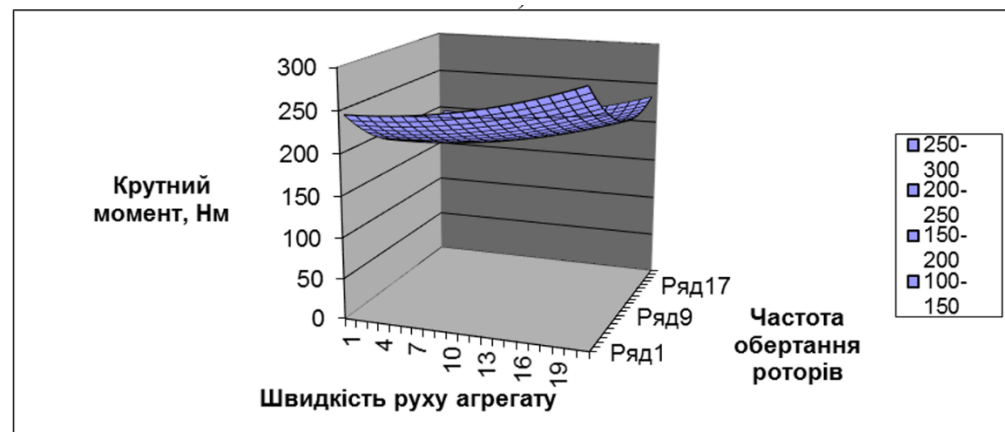
а) $X_1=0$; б) $X_2=0$; в) $X_3=0$.



а)



б)



в)

Рисунок 3.5 – Двовірні поверхні відгуків в області експерименту дослідження впливу технологічних і кінематичних параметрів робочих органів фрезерної машини на енергоємність технологічного процесу обробітку ґрунту при:

а) $X_1=0$; б) $X_2=0$; в) $X_3=0$.

При цьому значення незалежних факторів в кодованому вигляді мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = -0,329$;
- частота обертання ротора, $X_2 = 0,379$;
- глибина обробітку ґрунту, $X_3 = 0,55$.

В натуральному вигляді вони мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = 0,61$ м/с;
- частота обертання ротора, $X_2 = 2,7$ с⁻¹;
- глибина обробітку ґрунту, $X_3 = 9,1$ см.

Аналіз отриманого рівняння 3.3 енергоємності процесу обробітку ґрунту експериментальними робочими органами фрезерної машини дозволило визначити технологічні та кінематичні параметри роботи машини, при яких мінімальне значення крутного моменту на ВВП трактора $Y_{2min} = 171,84$ Нм.

При цьому значення незалежних факторів в кодованому вигляді мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = -0,679$;
- частота обертання ротора, $X_2 = 0,114$;
- глибина обробітку ґрунту, $X_3 = -0,97$.

В натуральному вигляді вони мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = 0,5$ м/с;
- частота обертання ротора, $X_2 = 2,6$ рад/с;
- глибина обробітку ґрунту, $X_3 = 6$ см.

В результаті вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і плодових, надважливим важливим аспектом є урожайність. Високу урожайність можливо отримати якщо створити оптимальні умови для його розвитку. Створення оптимального агрегатного стану ґрунту створює сприятливі умови для кореневої системи рослини, розвиток якої забезпечує отримання високих врожаїв.

Таким чином, питання якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень має велике значення. В цьому випадку з двох параметрів оптимізації головним є коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту. На

підставі цього обираємо технологічний і кінематичний режим роботи агрегату, який обґрунтовано при вирішенні першого регресійного рівняння. Отримане друге регресійне рівняння дозволяє отримати значення крутного моменту на валу ВВП трактора на обраному режимі роботи. З цією метою в рівняння (3.3) підставляємо значення незалежних факторів в кодованому вигляді, при яких отримано максимальне значення коефіцієнта структурності ґрунту. В результаті вирішення цього рівняння отримано наступне значення крутного моменту $M=175,8$ Нм на обраному режимі роботи фрезерної машини з експериментальними робочими органами.

Визначено, що потужність на привід машини МФ-1М з робочими органами у вигляді ножів при глибині обробітку 8 см становила 4,8 кВт, що в 5 раз менше ніж у фрези МФ-1. Це сприяло збільшенню середнього напрацювання на технічну відмову до 500 год., що відповідає вимогам технічного засобу. Максимальне значення коефіцієнта структурності ґрунту досягається при частоті обертання роторів $2,7 \text{ с}^{-1}$, швидкості руху агрегату 0,61 м/с та глибині обробітку 9,1 см і дорівнювало 0,693.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація охорони праці в господарстві.

Технологічне обладнання, що використовується для виконання сезонних робіт, перед введенням в експлуатацію повинно наводитися в технічно справний стан відповідно до вимог, викладених в експлуатаційній документації виробників, і підтримуватися у справному стані протягом усього періоду експлуатації проведенням його технічного обслуговування та ремонту.

Нове, відремонтоване або тривале час на консервації технологічне обладнання, що використовується при проведенні сільськогосподарських робіт, повинно піддаватися обкатці під керівництвом працівника, відповідального за його технічний стан, відповідно до вимог експлуатаційної документації виробників.

Технічне обслуговування та ремонт обладнання підвищеної небезпеки (котли, теплогенератори, агрегати для сушіння трав'яного борошна, судини та установки, що працюють під тиском, газові установки) постійної дії повинні здійснюватися відповідно до розроблених річних графіків обслуговування та ремонту, що затверджуються роботодавцем або іншою уповноваженою ним посадовою особою.

У кожному суб'єкті господарювання, що здійснює проведення сільськогосподарських робіт, повинна бути карта землеустрою із зазначенням поздовжніх і поперечних ухилів, земельних ділянок, перешкод, маршрутів руху технологічних потоків і техніки, а також позначенням небезпечних місць.

При організації та проведенні сільськогосподарських робіт роботодавцем повинен реалізовуватись комплекс організаційно-технічних заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації, технічного обслуговування та ремонту самохідних та інших машин, що використовуються при проведенні сільськогосподарських робіт відповідно до вимог охорони праці, а також вимог експлуатаційної документації виробників, технічних регламентів і національних [6].

4.2. Моделювання виникнення травматизму при роботі з фрезерною машиною.

За моделювання виробничих небезпек відбувається наступне: аналізуються всі обставини, що передували нещасному випадку; визначаються фактори, які призвели до небезпечної ситуації (наприклад, недотримання правил безпеки, несправне обладнання); проводиться детальний розгляд потенційних небезпек під час роботи з обладнанням, механізмами тощо; на основі аналізу розробляються конкретні дії для усунення ризиків та запобігання повторним інцидентам; організовуються заходи, де учасники можуть відпрацювати порядок дій при нещасному випадку, включаючи сповіщення керівництва та служб швидкої допомоги.

Моделювання виникнення травматизму при роботі з фрезерною машиною наведено на рис. 4.1:

$$НУ — НД — НС — (А;Т)$$

Рисунок 4.1 – Модель виникнення травм при роботі з фрезерною машиною

Небезпечна умова **НУ** може передбачати виникнення помилок, що здійснює працівник у процесі роботи **НД** в результаті чого слідує небезпечна ситуація **НС** з наслідками **А; Т**.

Отже, в даному розділі нами наведено основні питання, що пов'язані з організацію охорони праці в аграрному господарстві. Також зазначено, про важливість моделювання виробничих небезпек при роботі із сільськогосподарськими машинами для того щоб уникнути на робочих місцях аварій і травмування працівників.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

В даний час існують засоби механізації, здатні зменшити кількість ручної праці на виконанні операцій з обробітку ґрунту та знизити витрати на їх проведення. Однак застосування дорогих і технічно складних машин також може негативно позначитися на собівартості виробленої продукції.

У зв'язку з цим проведено економічне обґрунтування застосування технічних засобів для механізації обробітку багаторічних насаджень, застосування яких дозволило б мінімізувати витрати праці та собівартість виробництва плодової продукції [16].

Вихідні дані для розрахунків техніко-економічної оцінки технічного рішення наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку

Назва показник	МТА	
	новий	базовий
Оптова ціна 1 кг палива, грн.	14,6	14,6
Витрати палива агрегатом, кг/га	24,9	33
Продуктивність МТА за 1 годину змінного часу, га/год	0,23	0,2
Погодинна оплата праці, грн./год	12,50	12,50
Ціна трактора , грн.	478000	478000
Ціна фрези, грн.	96000	124000
Реновація (%) : трактора	12,5	12,5
фрези	14,3	14,3
Норми відрахувань (%) на ремонти і обслуговування: трактора	22	22
фрези	18	18
Нормативне річне завантаження, год : трактора	1300	1300
фрези	370	370
Зональне річне завантаження, год : трактора	1700	1700
фрези	350	350
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Мінімізація витрат на виробництво механізованих робіт залежить від багатьох факторів, які можна виразити рівнянням питомих витрат:

$$I = B + \frac{A}{W_{\text{сез}}}, \quad (5.1)$$

де I – питомі витрати, грн./га; B – пропорційні витрати, грн./га; A – умовно-постійні витрати, грн.; $W_{\text{сез}}$ – сезонний обсяг роботи, що виконується машинно-тракторним агрегатом, га;

Якщо одну й ту саму роботу можна виконати двома способами, необхідно визначити межі найбільш ефективного застосування цих способів.

Витрати праці на виконання основного виробничого процесу ($З_{\text{тр}}$), люд.-год./га визначаються за формулою:

$$З_{\text{тр}} = Л / W_{\text{см}} \quad (5.2)$$

Витрати праці на річний обсяг роботи нової машини та базової машини ($З_{\text{тр.р}}$), люд.-год./рік дорівнюють:

$$З_{\text{тр.р}} = З_{\text{тр}} * В_з \quad (5.3)$$

Заробітна плата ($З$), грн./га визначається за формулою:

$$З = (1 / W_{\text{см}}) * Л * г \quad (5.4)$$

Витрати на амортизацію (A), грн./га визначаються за формулою:

$$A = (Б * а) / (Т_з * W_{\text{см}}) \quad (5.4)$$

Витрати на поточний ремонт та планово-технічне обслуговування машин (P), грн./га визначаються за формулою:

$$P = (Б * R_T) / (Т_n * W_{\text{см}}) \quad (5.5)$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали та електроенергію (T), грн./га визначаються за формулою:

$$T = q * Ц_T \quad (5.6)$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини ($Е_{\text{р.е}}$), грн. визначається за формулою:

$$E_{p.e} = (\text{Пуд.б} - \text{Пуд.н}) * V_3 \quad (5.7)$$

Термін окупності нової машини, років дорівнює:

$$T = \frac{S}{E_p} \quad (5.10)$$

Нами здійснені розрахунки, за наведеними вище вихідними даними, техніко-економічної ефективності фрезерних машин, які містяться в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники техніко-економічної ефективності фрезерних машин

Назва показника	Значення показника		Ступінь зменшення, %
	Фреза ФА-0,76А	Фреза МФ-1М	
Витрати праці, люд · год/га	5,0	4,3	14
Прямі витрати, грн./га	142,1	116,2	18,2
Питомі капіталовкладення, грн./га	226,1	194,3	14,1
Зведені витрати, грн./га	808,0	582,0	28
Економічний ефект, грн./га	-	226,0	-

Таким чином, з проведених розрахунків видно, що впровадження у серійне виробництво пропонованого удосконаленого нового технічного рішення дозволить знизити питомі витрати та зекономити на кожному гектарі обробленої площі. При цьому термін окупності даної машини становить близько одного року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Отже, нами проведені наукові дослідження на основі яких підведені наступні висновки:

1. Проведений аналізу технологій і технічних засобів для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах дерев у садах. В результаті аналізу машин та їх конструкцій визначено, що найбільш близьким технічним рішенням для якісного обробітку ґрунту в садах є фрезерна машина з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижнів. Дана машина буде здійснювати якісний обробіток ґрунту відповідно агротехнічним вимогам, що висуваються до машин та сприяти зменшенню енергетичних витрат на виконання вказаної технологічної операції.

2. Здійснено теоретичні дослідження щодо робочих органів фрезерної машини, а саме математичне моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом в результаті якого доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту, необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню.

Для забезпечення найкращої якості обробітку ґрунту швидкість руху частинок ґрунту V_r на виході з ножа не повинна бути більшою ніж в 2 рази за лінійну швидкість ножа, для чого частота обертання роторів має бути в межах від 2с^{-1} до 3с^{-1} .

3. Експериментальними дослідженнями зразка фрези МФ-1М встановлено, що максимальне значення коефіцієнту структурності ґрунту 0,7, який відповідає оцінці «добрий» запропонованими ножами досягається при частоті обертання роторів $2,7\text{с}^{-1}$, швидкості руху машино-тракторного агрегату 0,65 м/с та глибині обробітку до 9 см. При цьому значення крутного моменту дорівнює 175,8 Нм, що в 5 разів менше ніж у фрези МФ-1. Коефіцієнт варіації дослідних даних знаходився в межах від 25% до 45%, а похибка – від 2,5% до 4,5%.

4. В результаті проведеної економічної оцінки визначено, що впровадження у серійне виробництво пропонованого удосконаленого нового технічного рішення дозволить знизити питомі витрати та зекономити на кожному гектарі обробленої площі. При цьому термін окупності даної машини становить близько одного року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амелькін Н.І. Кінематика та динаміка твердого тіла. Київ, 2000. 240 с.
2. Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ : Нора-Друк, 2005. 288 с.
3. ГОСТ 23729-79 «Методи економічної оцінки спеціалізованих машин».
4. Дідур В.А., Караєв О.Г., Мінько С.А. Математична модель визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні робочого органу фрезерної машини. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь, ТДАТУ. 2015. Вип. 5. Т.2. С. 201-210. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V15T2.html>.
5. Довідник з механізації садівництва / А.Є. Бабенко, В.П. Бабій, М.О. Демидко та ін.; За ред. М.О. Демидка.- 2-е вид., перероб. і доп. Київ : Урожай, 1992.
6. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>. (Дата звернення: 25.09.2025).
7. Караєв А.І. Метод системного аналізу механізованих технологій у зрошуваному садівництві. *Техніка АПК*. 2000. №2. С.6-8.
8. Караєв А.І., Саньков С.М., Сафонов А.Ф. Обробіток ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень фрезерною машиною. *Садівництво та виноградарство*. Київ. 1998. № 1. С.12-13.
9. КНД 46.16.02.08 – 95. Техніка сільськогосподарська. Методика визначення умов випробувань.
10. Мінько С.А., Зінько С.А. Механізація обробітку ґрунту в плодових насадженнях. Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ. 2015. Вип 14, Том 2. С. 61-66.
11. Попович П.Д., Джамаль В.А., Ільчишина Н.Г. та ін. Придатність ґрунтів під сади і ягідники. Київ : Урожай, 1981. 166 с.
12. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. 3б. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79-86.

13. Рульєв В.А. Садівництво півдня України. Запоріжжя : Дике Поле, 2003. 240 с.
14. Саньков С.М., Цимбал В.І. Фреза з вертикальною віссю обертання для обробки присвоєних смуг у саду. *Садівництво та виноградарство*. Київ : 2003. № 4. С.9-10.
15. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
16. Шестопаль О.М. Методика економічної та енергетичної оцінки типів плодоягідних насаджень, помологічних сортів і результатів технологічних досліджень у садівництві. Київ : ІАЕ. 2002. 133 с.