

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені Олександра Семковича

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Дослідження фізико-механічних властивостей плодових дерев
зерняткових культур з метою оптимізації процесу струшування плодів»

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-51

Спеціальності Н7 «Агроінженерія»

Смерека Володимир Ігорович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу
імені Олександра Семковича

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«28» лютого 2025 р
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарибура А.О..

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ Смереки Володимира Ігоровича

1. Тема роботи: **«Дослідження фізико-механічних властивостей плодових дерев зерняткових культур з метою оптимізації процесу струшування плодів»**

Керівник роботи Гошко Зіновій Орестович, к. т. н., доцент.

Затверджено наказом по університету 28.02.2025 року №140/к-с.

2. Термін здачі студентом магістерської роботи до «15» 12. 2025 р.

3. Вихідні дані для магістерської роботи: 1. *Технологічні вимоги до плодозбиральних машин.* 2. *Патентний огляд.* 3. *Наукова та довідкова література.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ПРОДУКЦІЇ ПЛОДІВНИЦТВА

1.1. Класифікація технологій збирання врожаю в галузі плодівництва;

1.2. Способи збирання плодів

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК

2.1. Особливості роботи тросових струшувачів; 2.2. Шляхи підвищення продуктивності тросових плодозбиральних машин; Висновки

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вихідні дані; 3.2. Методика експериментальних досліджень

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження граничної міцності кори плодових дерев; 4.2. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу; 4.3. Дослідження показників якості зрізу стебла; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Складання карти умов праці при вирощуванні зерняткових плодів; 5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм; 5.3. Охорона і раціональне використання води; Висновки

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання першого розділу	12.09-30.09	
2	Виконання другого розділу	1.10-14.10	
3	Виконання третього розділу	15.10-30.10	
4	Виконання четвертого розділу	31.10-15.11	
5	Написання розділу «Охорона праці»	16.11-22.11	
6	Розрахунок економічної ефективності	23.11-6.12	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді	7.12-10.12	
8	Завершення проекту в цілому	10.12	

Студент _____ Смерека В.І.

Керівник дипломної роботи _____ Гошко З.О.

Дослідження фізико-механічних властивостей плодових дерев зерняткових культур з метою оптимізації процесу струшування плодів. Смерека В.І. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУВМБ ім. Гжицького, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича, 2025. – 62 стор. текст. част.; 7 таблиць; 17 рисунків; 39 бібліографічних назв.

Проведено аналіз машин, що використовуються для збирання яблук. Запропоноване вдосконалення струшувального механізму плодозбиральної машини ТС-40, з метою підвищення якості його роботи, та отримання продукції вищого гатунку.

Наведені результати експериментальних досліджень якісних показників енергомісткості робочих органів плодозбиральних машин. Розроблені заходи техніки безпеки проведено розрахунок економічної ефективності вдосконаленого різального апарата.

Проаналізовано стан та розроблено заходи з охорони праці, захисту цивільного населення та довкілля при виконанні механізованих операцій у господарстві.

Виконано розрахунок економічної ефективності запровадження технології та комплексу машин.

Ключові слова: плодозбиральна машина, струшував плодів, розмірні показники плодових дерев.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. 1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ПРОДУКЦІЇ ПЛОДІВНИЦТВА.....	9
1.3. Класифікація технологій збирання врожаю в галузі плодівництва.....	9
1.4. Способи збирання плодів	12
2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК.....	21
2.1. Особливості роботи тросових струшувачів	21
2.2. Шляхи підвищення продуктивності тросових плодозбиральних машин...22	
Висновки.....	26
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ....	27
3.1. Вихідні дані.....	27
3.2. Методика експериментальних досліджень	28
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
4.1. Дослідження граничної міцності кори плодових дерев.....	35
4.2. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу.....	37
4.3. Дослідження показників якості зрізу стебла	40
Висновки.....	42
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ	43
5.1. Складання карти умов праці при вирощуванні зерняткових плодів	43
5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм	46
5.3. Охорона і раціональне використання води.....	50
Висновки.....	51
6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	60

ВСТУП

Основним напрямком економічного і соціального розвитку України передбачається збільшення виробництва плодів, ягід, винограду, чаю і субтропічних культур, покращення сортового і породного складу насаджень.

Велику цінність для здоров'я людини мають фрукти і ягоди, багаті біологічно активними речовинами. До них слід віднести і яблука, які є цінною сировиною для переробної промисловості і відіграють важливу роль у раціоні харчування людей, особливо в зимовий період [2,6].

Слід зауважити, що вирощування яблук є ефективне для господарств, то дана галузь виробництва високорентабельна і приносить значні прибутки. Для господарства, що має сприятливі умови вирощування яблук, є доцільним впровадження галузі садівництва.

Однак, збільшення виробництва плодів та ягід можливе лише за рахунок інтенсифікації садівництва, яка передбачає комплексну механізацію всіх виробничих процесів під час вирощування даних культур [1,8].

В технологічному процесі виробництва плодів найбільш трудомісткою операцією є збирання врожаю, на яку припадає 15 – 40% всіх загальних затрат по догляду за садами.

Для впровадження в господарствах такої галузі, як садівництво, необхідно звертати увагу на інтенсивні або прогресивні технології вирощування яблук, що передбачають механізацію технологічних операцій.

Слід також звертати увагу на збереження зібраного врожаю, що забезпечує його високу якість і відповідно реалізаційну ціну.

До плодозбиральних машин і пристроїв збирання врожаю без втрат із

Ефективність використання машин залежить від типу насаджень і конструкції крони.

Зв'язок з науковими проблемами, планами, темами. Тема дипломної роботи пов'язана з тематичним планом науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича.

Мета досліджень: обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів струшу вального механізму плодозбиральної машини, шляхом вивчення фізико-механічних властивостей плодових дерев.

Задачі досліджень:

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій плодозбиральних машин;
- визначити основні фактори, які впливають на підвищення технологічної і експлуатаційної ефективності процесу струшування;
- провести експериментальні дослідження механіко-технологічних характеристик системи і окремих елементів крони плодового дерева;
- визначити економічну ефективність та додатковий економічний ефект від проведеної науково-дослідної роботи.

Об'єкти досліджень: технологічний процес струшування плодів зерняткових культур.

Предмет досліджень. Предметом досліджень є компоновка та конструкція страшувального пристрою.

Методи досліджень: при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей крони плодових дерев проводилося з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу на ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводились на спеціально виготовленій установці з використанням теорії планування експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що на основі системного аналізу конструкцій розроблено гіпотезу щодо забезпечення працездатності тросових струшувачів вібраційної дії. Проведено

експериментально-теоретичні дослідження основних етапів технологічного процесу струшування плодів, за допомогою яких отримане обґрунтування конструктивних та робочих параметрів вдосконаленого струшуючого пристрою.

Практичне значення полягає в тому, що запропонована конструкція струшувального пристрою дозволить підвищити продуктивність плодозбиральної машини на 8..12%, зменшити енергоємність технологічного процесу, а також скоротити затрати праці і матеріальних засобів на післязбиральну доочистку продукції.

У роботі отримано вихідні дані та аналітичні вирази для розрахунків та проектування вібраційних механізмів.

Особистий внесок здобувача: основні положення та результати дипломної роботи отримано самостійно, а саме:

- патентно-інформаційний пошук існуючих технологій збирання плодів зерняткових культур та існуючих конструкцій струшувальних механізмів плодозбиральних машин;
- досліджені основні кінематичні, динамічні та геометричні параметри нового струшувального пристрою;
- проведена обробка і аналіз результатів, експериментальних досліджень з обґрунтування геометричних параметрів струшувального пристрою;
- проведена економічна оцінка плодозбиральної машини з вдосконаленим вібраційним пристроєм.

Публікація результатів. За результатами досліджень опублікована 1 стаття у фаховому збірнику.

1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ПРОДУКЦІЇ ПЛОДІВНИЦТВА

1.1. Класифікація технологій збирання врожаю в галузі плодівництва

Для збирання продукції плодівництва використовують три основні технології: ручна, напівмеханізована (з використанням плодovознімальних платформ, та механізована (з використанням плодозбиральних машин).

Для зерняткових культур (яблука, груші, айва), також застосовують комбінований метод, що передбачає часткове збирання продукції плодівництва в ручну, а частину з допомогою плодозбиральних машин, переважно це стосується сотрів пізньо- осіннього та зимового дозрівання. Його особливість полягає в тому, що частину продукції збирають вручну, це дозволяє мінімізувати травмування плодів, а отже забезпечити їх довготривале зберігання. Механізовано збирають продукцію для короткотермінового зберігання. Така продукція йде відразу на реалізацію або переробку (це переважно плодів літніх і осінніх сортів дозрівання).

Ручне збирання є трудоємким, з високим ступенем травматизму і потребує значних затрат ручної праці.

Механізованим способом збирають плоди зерняткових (переважно ранньостиглі сорти) плодів дерева, плоди котрих відправляють на переробку (соки, джеми, пюре) або відразу реалізуються у мережі супермаркетів у свіжому вигляді.

Під час механізованого збирання, плоди знімають з дерев з допомогою прикладання сторонніх зусиль.

Плодозбиральні машини класифікують за способом передачі зусиль (турельні, штангові, тросові), за принципом відокремлення плодів від гілочок (вібраційні, ударні, віброударні), за способом затарювання плодів (оснащені вловлювальними поверхнями, без них).

Найкраще зарекомендували себе плодозбиральні машини вібраційної дії оснащені полотняними уловлюючими поверхнями.

Продукція, яка використовується для довготривалого зберігання, збирається вручну.



Рисунок 1.1 – продукція плодівництва ручного збору

На сьогоднішній день збирання продукції плодівництва вимагає значних трудових затрат, та фінансових витрат для залучення сезонних працівників. Сучасні технології механізованого збору, дозволяють значно оптимізувати дану технологічну операцію, зекономивши фермерам час і кошти.

Головне завдання вирощування плодовоовочевої продукції, це вчасно її зібрати з мінімальним травмуванням, та закласти на зберігання.

Вчасне і якісне збирання продукції плодівництва є запорукою отримання високоякісного продукту, що добре зберігається, а отже високо цінується і позитивно впливає на кінцеву ціну реалізації.

Найкращих результатів досягається при ручному збиранні, однак, це є причиною зростання затрат часу та приці, а низька продуктивність впливає на

терміни збирання плодів, що не завжди є технологічно доцільним і економічно вигідним.

Згідно статистичних даних, аграрний сектор, що займався виробництвом продукції садівництва, станом на початок 2025 року налічував тільки 102 одиниці плодозбиральні машини.

При вирощуванні продукції плодівництва найбільш трудомісткою операцією, є її збирання та сортування.

Також суттєвою проблемою збирання продукції плодівництва, є її неодноразовість дозрівання, тому інколи доводиться застосовувати вибіркове зняття плодів, для цієї мети застосовують плодозбиральні платформи, спеціалізовані плодозбиральні машини.



Рисунок 1.2 – Вигляд промислового яблуневого саду

Згідно даних світових досліджень та аналізу сучасного рівня механізації процесів збирання продукції плодівництва, використовують чотири різні технології збирання плодів, що включають двофазне збирання (роздільний спосіб збирання), пряме комбайнове збирання, збирання з використанням роботизованих систем і напівмеханізоване і чисто ручне (рис. 1.3).

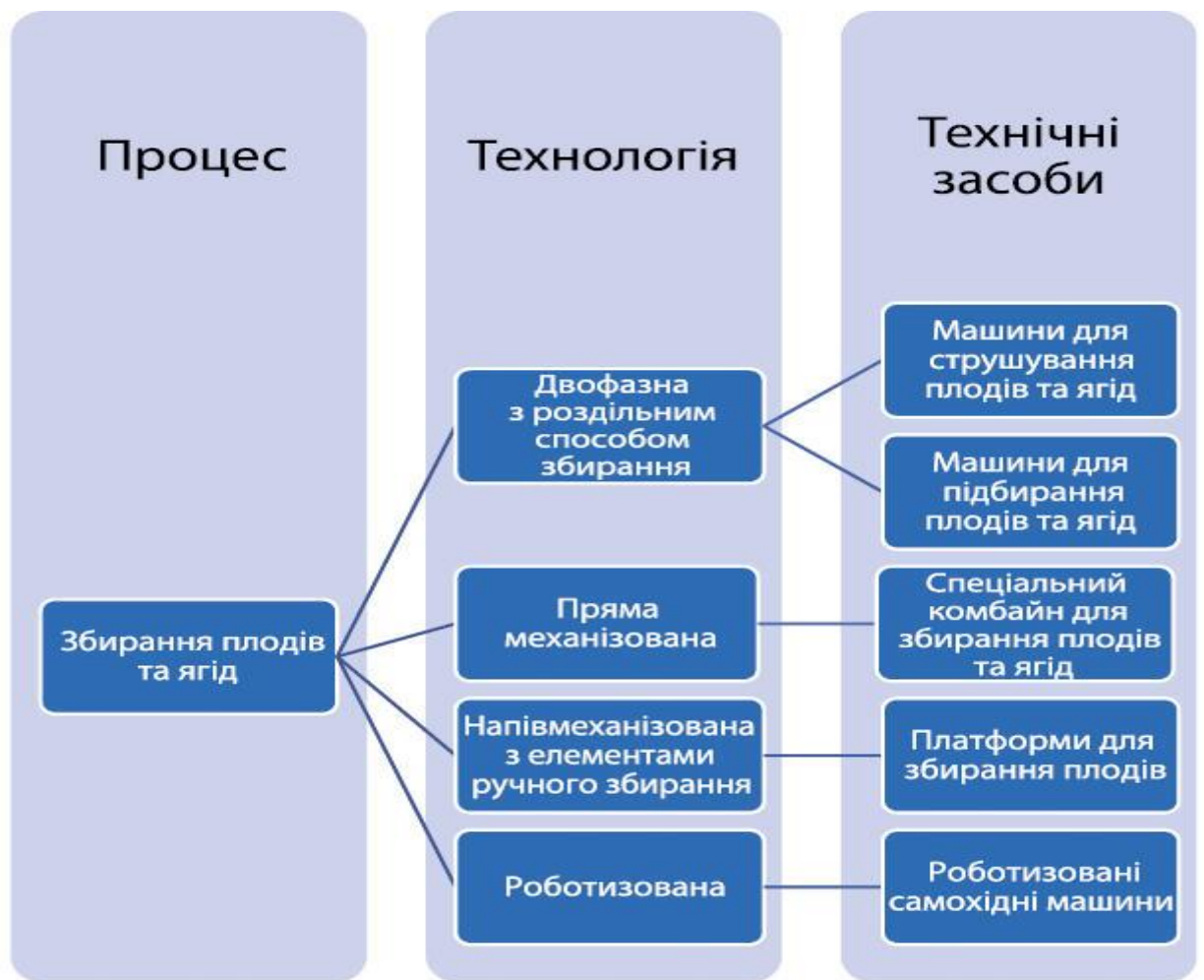


Рисунок 1.3 - Схема процесів збирання продукції плодівництва

Машини для збирання плодів та ягід бувають навісними і самохідними, складаються з пристроїв для коливання дерев (вібратор) та вловлювачів плодів пасивного або активного типів.

1.2. Способи збирання плодів

На сьогоднішній день, плоди зерняткових культур збирають наступними способами: ручний з використанням підручних засобів (драбини, підставки, плодови сумки, та ін.); частково механізованим, з механізацію окремих операцій (механізоване струшування з ручним підбиранням); механізований з застосуванням плодозбиальних комбайнів і машин з завершеним технологічним процесом (струшування і вловлювання плодів, очистка їх від домішок з подальшим затарюванням у контейнери) [6, 8].

Непогано зарекомендував себе спосіб, щоб частково механізувати процес збирання з застосуванням ручних струшувачів плодів, що дозволяє механізувати знімання плодів на вловлюючі поверхні, розстелені у міжряддях саду. Транспортування продукції здійснюється з допомогою спеціалізованого контейнеровоза ВУК-3А (рис. 1.4).

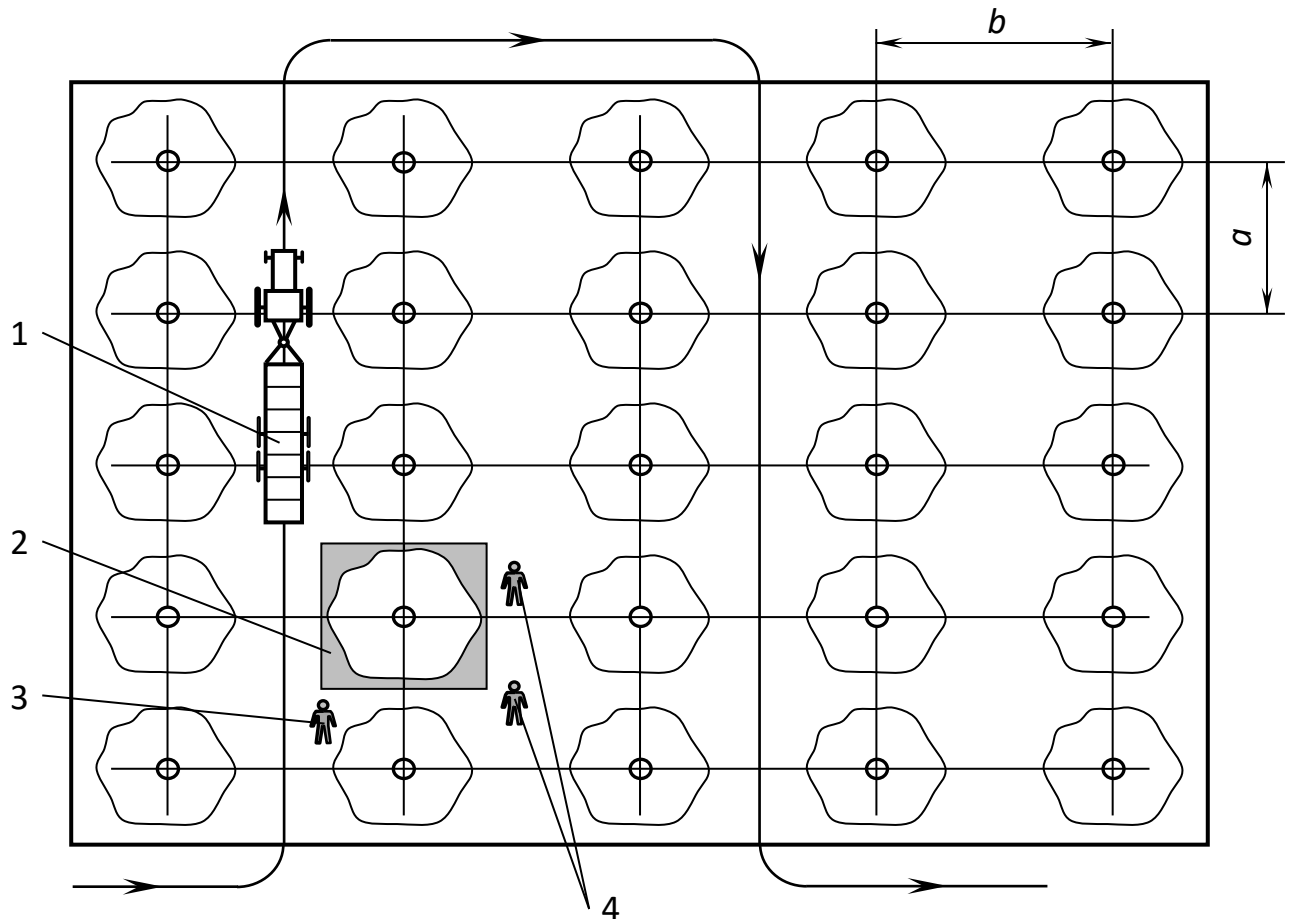


Рисунок 1.4 – Технологічна схема збирання плодів (a – відстань між деревами у ряді; b – ширина міжряддя; $b \times a$ – схема посадки): 1 – контейнеровіз; 2 – переносний уловлювач; 3 – працівник з ручним струшувачем; 4 – допоміжний працівник

В промислових садах, що відповідно підготовлені до механізованого збирання, можна застосовувати плодозбиральну техніку – машини і комбайни оснащені струшувачами [7].

Проаналізувавши вітчизняний ринок плодозбиральної техніки, можна відмітити найбільш вживані з них. Для напівмеханізованого збирання плодів

використовують різні типи садових платформ, зокрема, самохідна платформа PS-5 (рис.1. 5).



Рисунок1.5 - Самохідна платформа PS-5

Вона пристосована для роботи в садах з складним рельєфом місцевості, де необхідні: висока прохідність і стійкість до перекидань. Ще однією її перевагою є можливість збирати плоди з верхніх ярусів крони, на висотах 2,5-4 м. Середня вартість даної платформи становить 55 тис. євро.

Подібна за будовою і призначенням є самохідна плодозбиральна платформа Zip 30, використання якої призначене переважно у промислових садах інтенсивного типу. Дана модель характерна тим, що з допомогою гідравліки можна змінювати її робочу ширину та висоту збирання плодів (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - Самохідна плодозбиральна платформа Zip 30

Вітчизняна промисловість забезпечує, переважно виробництво причіпних плодозбиральних платформ, що простіші в експлуатації і мають меншу вартість. Зокрема компанія ТДВ «Брацлав» розробила – плодозбиральну платформу вантажопідйомністю 3 т, на котрій одночасно може працювати 6 робітників (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Причіпна плодозбиральна платформа ТДВ «Брацлав»

Крім різноманітних плодозбиральних платформ у садівництві також використовують плодозбиральні машини і комбайни типу МПУ-1А, ВУМ-15, ВС-30, ТС-40, що забезпечують струшування плодів, з подальшим їх механізованим або ручним затарюванням. Для збирання плодів кісточкових, зерняткових культур переважно застосовують плодозбиральну машину МПУ-1А, ВУМ-15 [7].

Плодозбиральна машина МПУ-1А, змонтована на базі самохідного шасі трактора Т-25 (рис. 1.8) [6], вона призначена для збирання плодової продукції з дерев, діаметр крони яких менше 6 м, з діаметром штамба в робочій зоні (ділянка прикладання збурюючі коливань) до 200 мм. Дана модель МПУ-1А, позиційної дії і забезпечує завершений технологічний цикл (зняття та уловлювання плодів, їх очистку, транспортування і затарювання), оснащена інерційним струшувачем. В деяких літературних джерелах її називають плодозбиральним комбайном [6,7].

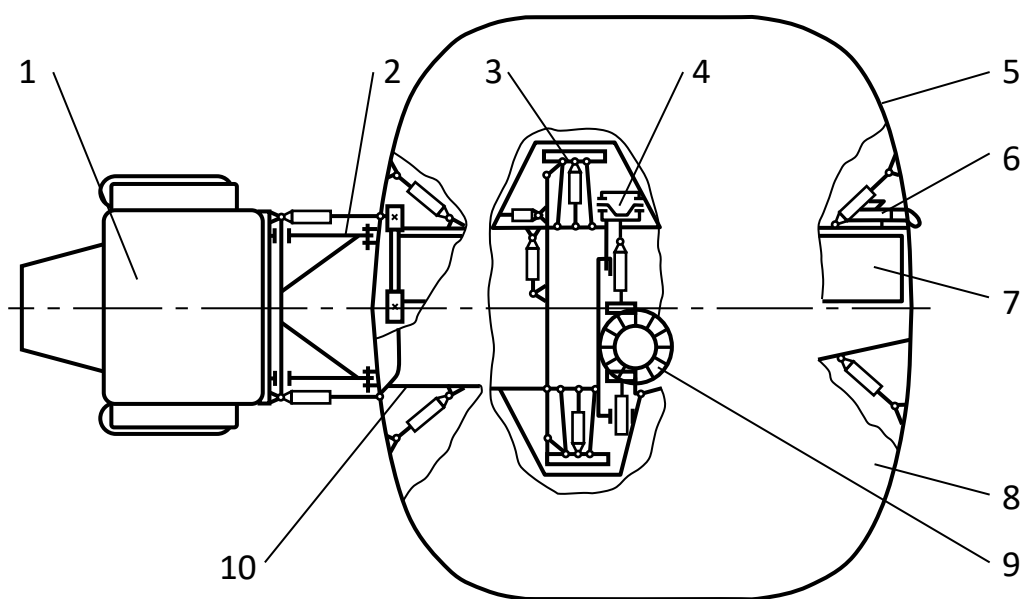


Рисунок 1.8 – Схема плодозбиральної машини МПУ-1:

1 – самохідне шасі Т-16М; 2 – паралелограмні механізми; 3 – передній міст; 4 – інерційний струшувач; 5 – розтяжки; 6 – вентилятор; 7 – повздовжній вивантажувальний транспортер ; 8 –

Недолік цієї плодозбиральної машини полягає в тому, що робоча висота штамба повинна бути не нижче 70 см. Тому для збирання плодів з високорослих дерев з неадаптованими штамбами для механізованого збирання, пропонують використовувати турельні струшувачі інерційного типу, що складаються з вібраційної штанги, змонтованої на рамі машини.

Фірма Munckhof з Нідерландів виробляє двосекційні плодозбиральні комбайни (рис. 1.9), що складаються з двох секцій, котрі рухаються паралельно вздовж рядів плодових дерев. Одна з них оснащена турельним струшувачем вібраційного типу, що забезпечує коливання центрального провідника або скелетні гілки дерев [9].



Рисунок 1.9– Плодозбиральний комбайн фірми Munckhof

Позитивним моментом даного комбайна, є висока продуктивність і можливість працювати у напів- чи повністю автоматизованому режимах, та забезпечувати завершений цикл збиральних робіт.

Часто застосовують на плодозбиральній техніці інерційні дебаласні збурювачі коливань, здатні захоплювати центральний провідник дерева або скелетну гілку рис. 1.10.

Інерційний дебаласний збурювач коливань встановлюють на енергетичний зачіб, оснащений насосною станцією 1. Інерційний струшувач передає збурювальні коливання центральному провіднику.

Вібраційні механізми моделей VNB-D-E, VNP, VNF кріпляться на ланцюгах, їх привід забезпечується гідроприводом, що живляться від гідросистем [7].

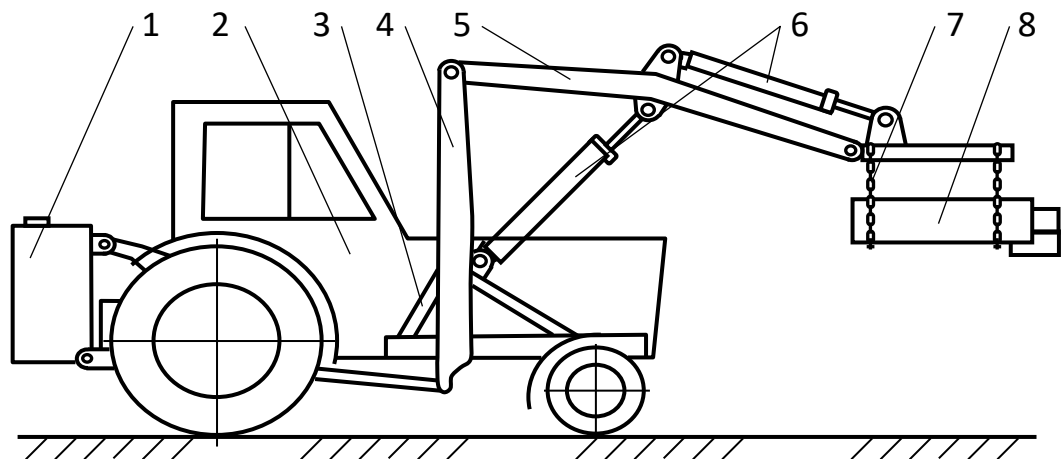


Рисунок 1.10 – Схема плодознімального агрегату з інерційним дебалансним струшувачем: 1 – насосна станція; 2 – трактор; 3 – рама; 4 – стійка; 5 – стріла; 6 – інерційний дебалансний струшувач

Їх VHB коливається в межах 55 дер/год, а моделей VHD, VHE та VHF до 65 дер/год. Їх струшувач кріпиться до штамба або центрального провідника плодового дерева на висоті від 0,5 - 2,2 м. Дані моделі характеризуються незначною амплітудою коливань, що мінімізує травмування кори дерев та їх кореневих систем.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.11 – Моделі інерційних струшувачів французької фірми AMB ROUSSET: а – VHB-D-E; б – VHP; в – VHF; г –

Однією особливістю вищезгаданих плодозбиральних машин є те, що їх використання можливе тільки в садах, підготованих до механізованого збирання.

Простішими і менш вибагливими є конструкції струшувачів тросового типу моделі SEC французької фірми AMB ROUSSET (рис. 1.12) [11].



Рисунок 1.12 – Тросовий вібраційний струшувач плодів

Вібратор, тросом з допомогою петлі-захвата з'єднується з центральним провідником дерева (рис. 1.12), і забезпечує його коливання. Плоди підбираються вручну, або вловлюються на брезентовий вловлювач. Продуктивність даної моделі 20 дерев/год.

Аналогом вітчизняного тросового струшувача є модель ТС-40 (рис.1.13). Він складається з еластичної петлі-захвата 1, з'єднаної тросом 2 із штоком 3, поршня 7, що переміщається у направляючій 6. Пружина 4 забезпечує жорсткий опір ходу поршня, обмеженого регульованим упором 5, встановленим в отвори направляючої 6, що жорстко з'єднаний з обоймою 8 ексцентрика 10 і підшипником 9. Вал 11 ексцентрикового механізму монтується в опорах поворотної платформи 12.

В процесі роботи тросового струшувача, на центральний провідник кріпиться петля-захват 1, а гідроциліндр 16 забезпечує попередній натяг троса 2.

Гідродвигун приводить у дію ексцентриковий механізм 10, забезпечуючи зворотно-поступальний рух обичайки 8 з циліндром 6. Внаслідок зміщення ексцентрикового механізму, дерево відхиляється від вертикального положення,

і здійснює коливання плодів, забезпечуючи відрив плодів.

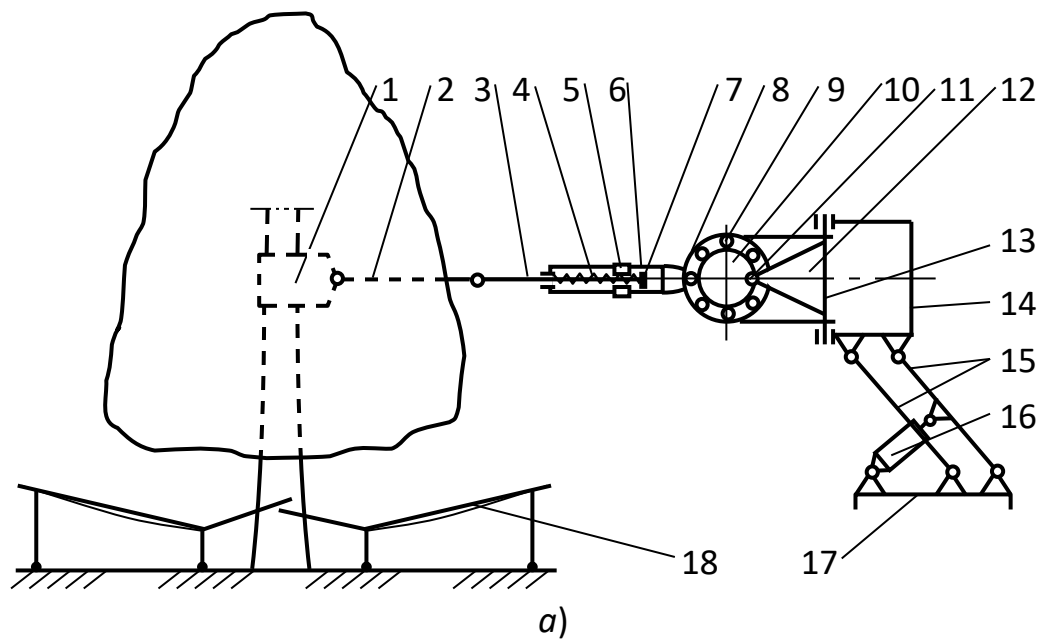


Рисунок 1.13 – Тросовий віброударний струшувач плодів (а – схема;

б – загальний вигляд): 1 – петля-захват; 2 – трос; 3 – шток; 4 – пружина; 5 – упори; 6 – циліндр; 7 – поршень; 8 – обичайка; 9 – підшипник; 10 – ексцентрик; 11 – вал; 12 – платформа; 13 – вісь; 14 – скоба; 15 – паралелограмний механізм; 16 – гідроциліндр; 17

Основними перевагами механізованого способу збирання плодів є, висока повнота зняття плодів; низька трудоемкість; висока продуктивність, невисока собівартість затрат.

Недоліками механізованого збирання є, пошкодження крони, кореневої системи та кори у місці прикладання збуджуючи зусиль; значні енергозатрати.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК

2.1. Особливості роботи тросових струшувачів

Зняття плодів з плодових дерев плодозбиральною машиною, на основі тросового струшувача відбувається за рахунок передачі деревам вібрації через трос з'єднаний з петлю-захватом. Плодозбиральна машина зупиняється у міжрядді плодового саду, навпроти дерев, що знаходяться в зоні досяжності троса, і за рахунок кріплення петлі-захвату знімає з них урожай (рис.2.1). Струшені плоди потрапляють на переносні брезентові вловлюючі поверхні, встановлені під кроною дерева, з подальшим перевантаженням їх у тару. Вловлювач складається з двох переносних частин, що щільно встановлюються під кроною дерева, перед під'їздом до неї плодозбиральної машини. Обслуговують плодозбиральний комплекс четверо, або шестеро допоміжних працівників – водій керує плодозбиральною машиною, оператор кріпить петлю-захват до центрального провідника плодового дерева, решта – переносять вловлювальні поверхні і забезпечують завантаження зібраних плодів у тару, встановлену у міжрядді саду.

Враховуючи, що за один переїзд, плодознімальна машина забезпечує струшування плодів з двох дерев, а потім позиціонує до наступної пари, де процес повторюється. Отже робочим циклом вважаємо роботу плодозбиральної машини біля кожної пари плодових дерев. Розраховуючи тривалість одного циклу $T_{\text{ц}}$, визначаємо суму затрат часу двох (чотирьох) працівників – при роботі агрегату з переїздами $T_{\text{ц11}}$ і без переїздів $T_{\text{ц12}}$:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц11}} + T_{\text{ц12}} . \quad (2.1)$$

Струшування плодів з дерев суміжних рядів, відбувається за тією ж схемою, чистий робочий час циклу зняття плодів з одного дерева T , визначаємо з умови:

$$T = \frac{T_{\text{ц}}}{2} = \frac{T_{\text{ц11}} + T_{\text{ц12}}}{2} . \quad (2.2)$$

Під час роботи плодозбиральної машини, її експлуатаційна продуктивність залежить від часу переїздів від дерева до дерева, що, є причиною зростання затрат праці на зняття плодів з одного плодового дерева.

Важливість досліджень полягають у підвищенні якості роботи плодозімальної машини, за рахунок зменшення часу на струшування плодів та скорочення часу на переїзди. Одним з шляхів вирішення даного питання, є забезпечити позиціонування струшувача таким чином, що за один переїзд, він міг почергового знімати плоди з чотирьох дерев, без переїзду. З цією метою слід вирішити наступні завдання:

- зменшення часу і кількості переїздів між плодовими деревами, скоротивши тривалість струшування плодів з одного дерева і збільшити технічну продуктивності агрегату;
- забезпечити максимальний кут розвороту вібраційної платформи до 270° .

2.2. Шляхи підвищення продуктивності тросових плодозбиральних машин

Технологічний процес збирання плодів, розпочинався з позиціонування плодозбиральної машини у міжрядді плодового саду, ексцентриковий віброзбурювач коливань тросового типу, змонтований на поворотній платформі і навішений на трьох точкову навіску енергетичного засобу (трактор МТЗ-82). Плодозбиральна машина зупиняється навпроти дерев l_1 і l_2 , розташованих у суміжних рядах саду (рис. 1.13а). Наступним етапом, є виконання ряду послідовних операцій – вібратор струшувача з допомогою проміжного троса з'єднують через петлю-захват з центральним провідником дерева. Тросу забезпечують попередній натяг, щоб вибрати порередні зазори між елементами петлі-захвату і центральним провідником плодового дерева. Попередній натяг забезпечують регулятором тиску, підєднаним до магістралі гідроциліндра, забезпечує горизонтальне переміщення ексцентрикового вібратора.

Процес струшування плодів з дерева в середньому триває 7-8 с. По його завершенні, натяг троса послаблюють, з подальшим зняттям петлі-захвату з 1₁ дерева першого ряду, з подальшим її кріпленням на провіднику дерева ряду (дерево 1₂), послідовність подальших операцій аналогічні попереднім; енергетичний засіб під час цих маніпуляцій залишається на вихідній позиції, оператор в цей час, з допомогою гнучкого троса, кріпить петлю-захват до наступного дерева.

Переїхавши, до наступної пари дерев, процес струшування плодів повторюється, допоміжні працівники в цей час, затарюють плоди і встановлюють вловлювачі під наступну крону дерева.

Зібравши плоди з чотирьох суміжних дерев, плодознімальна машина переїжджала до наступних, повторюючи технологічний процес.

Згідно попередніх досліджень, тривалість операції струшування плодів зерняткових культур, у міжрядді саду становить час циклу знімання плодів з одного дерева $T_3^{(1)}$. Якщо за одне переміщення плоди струшуються з двох дерев, то $T_3^{(2)}$ є зростає, ніж за аналогічний термін, коли з однієї позиції струшуються плоди з чотирьох дерев $T_3^{(4)}$, тобто:

$$T_3^{(2)} = \frac{n_1 T_u + T_{n3}}{n_1} \rangle T_3^{(4)} = \frac{n_2 T_u + T_{n3}}{n_2}, \quad (2.4)$$

де T_{n3} – час, що витрачається на переїзди і зупинки плодозбирального агрегату, год;

T_u – тривалість процесу струшування плодів з одного дерева, год;

n_1, n_2 – кількість плодових дерев, плоди з яких струшують з однієї позиції, шт.

Згідно з (2.4):

$$T_3^{(2)} = T_u + \frac{T_{n3}}{n_1} \rangle T_3^{(4)} = T_u + \frac{T_{n3}}{n_2}, \quad (2.5)$$

Оскільки $n_1 = 2$, а $n_2 = 4$, то:

$$T_3^{(2)} = T_u + \frac{T_{n3}}{2} \rangle T_3^{(4)} = T_u + \frac{T_{n3}}{4}, \quad (2.6)$$

а отже, $T_3^{(2)} > T_3^{(4)}$.

На основі розрахункових формул можемо зробити висновок, що збирання плодів з чотирьох дерев з однієї позиції, без додаткових переміщень плодознімальної машини, сприяє скороченню часу, що затрачається на струшування плодів з одного дерева і сприяє збільшенню годинної продуктивності плодозбирального агрегату.

Для забезпечення реалізації даної операції (одночасне позиціонування біля чотирьох дерев), необхідно віброплатформу (рис. 1.13) обладнати поворотним кронштейном 4, внаслідок чомго віброзбурювач зможе послідовно повертись на вісі 2 у горизонтальній площині на кут 270° .

Послідовність виконання операцій при збиранні плодів з першого плодового дерева 1_2 (рис. 1.13а) сусіднього ряду аналогічна, але відсутні затрати часу, на переміщення плодозбирального агрегату, хоча додатково здійснюється перенесення гнучкого троса і петлі-захвату від дерева 1_1 до 1_2 . Ці затрати часу на струшування плодів з першої пари дерев, суміжних рядів неоднакові, тобто $T_{ц11} = 67\text{с}$, а $T_{ц12} = 51\text{с}$.

При позиціонуванні плодознімальної машини до слідуєчої пари дерев, процес струшування плодів повторюється. Також збільшується час на переїзд (операція 1), порівняно з затратами на перестановку гнучкого троса і петлі захвату (операція 7).

Щоб досягнути бажаного ефекту, необхідно розрахувати на міцність кріплення поворотного механізму, врахувавши показники жорсткості центрального провідника, та скелетних гілок плодових дерев.

Наступні операції, що супроводжуються затарюванням плодів 8, демонтажем 9, перенесенням 10 і встановленням уловлювальних поверхонь під наступну крону дерева, виконуються чотирма допоміжними працівниками. Використовуючи дві пари вловлювальних поверхонь, час, що затрачається на виконання допоміжних операцій T_∂ , становить 102 с і враховується проміжком, між струшуванням плодів з дерева 1_1 (операція 4), до початку наступного

натягу троса, для наступної роботи струшувача біля дерева 2₁ (операція 3).

Збирання плодів з наступних дерев, що розташовані у двох суміжних рядах, відбувається за тією ж методикою, тому сумарні затрати час на струшування плодів з одного дерева T , визначемо, з формул і отримаємо $T = 0,98$ хв.

Згідно замірів, для випадку, коли плодозбиральний агрегат тросового типу позиціонує одночасно біля чотирьох плодових дерев, тривалість послідовних операцій його наладки аналогічна, хоча в певній мірі змінюється послідовність їх виконання, а це сприяє скороченню тривалості часу струшування плодів з одного плодового дерева, та дозволяє збільшити продуктивність плодозбиральної машини тросового типу, максимальний показник, якої може скласти до 40 дерев/год змінного часу.

Щоб струсити повністю плоди з одного плодового дерева, достатньо 7-8с., а решта часу використовується на підготовчо-заклучні операції, скоротивши які, можна суттєво збільшити продуктивність плодозбиральні машини.

Для запропонованої технології збирання плодів зерняткових культур тросовим струшувачем вібраційної дії, необхідно більш ґрунтовно дослідити фізико-механічні властивості плодових дерев, та їх вплив на процес струшування. Провести дослідження з впливу жорсткості скелетних гідок плодових дерев, на міцність поворотної віброплатформи, тросового віброударного струшувача. Проаналізувати економічну ефективність застосування плодозбиральної машини тросового типу, для різних способів збирання врожаю.

Висновки

1. Для запропонованої технології збирання плодів зерняткових культур тросовим струшувачем вібраційної дії, необхідно більш ґрунтовно дослідити фізико-механічні властивості плодових дерев, та їх вплив на процес струшування.
2. Щоб струсити повністю плоди з одного плодового дерева, достатньо 7-8 с., а решта часу використовується на підготовчо-заклучні операції, скоротивши які, можна суттєво збільшити продуктивність плодозбиральні машини.
3. На основі проведених теоретичних розрахунків, нами встановлені залежаності, що до модернізації конструктивних параметрів базової моделі тросового струшувача.
4. З допомогою отриманих розрахункових залежностей можна розрахувати кінематичні параметри процесу вібрації (амплітуду, частоту коливань).

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вихідні дані

Будова плодового дерева зерняткових культур.

Крону плодового дерева (рис. 3.1) можна розділити дві частини: надземну (штамб і крона) і підземну (кореневу). До надземної частини відносять штамб (нижня частина крони без скелетних гілок) і центральний провідник стовбура з численними розгалуженнями гілок першого та другого порядків, що утворюють крону.

До підземної частини відносять основне і обростаюче коріння. На останньому розташовані всмоктуючі корінці. Основні корені виконують головним чином роль транспортних шляхів.

Враховуючи, те що для струшування плодів доводиться прикладати збурюючі зусилля до штамба, або центрального провідника (залежно від віку дерев), тому завданням польових досліджень, є заміри розмірних показників скелетних гілок, а саме: кількість ярусів та кількість скелетних гілок першого порядку на дереві; діаметр скелетних гілок при основі – місце кріплення з центральним провідником; максимальну довжину гілок; висоту кріплення петлі-захвату; діаметр гілки в місці кріплення петлі-захвату; кут відгалуження скелетної гілки від остова.

Досліджували дерева зимових та пізньоосінніх сортів: Айдаред, Спартан, Глостер, Семеренка у відділенні дослідної станції садівництва Інституту садівництва (НААНУ) с. Неслухів. Ці сорти придатні для районування у всіх кліматичних зонах України, включаючи й західні області і рекомендовані для вирощування [8]. Дослідження проводили на базі с.Неслухів, а також у саду ЛНУП. Для проведення експериментальних досліджень використовували відомі [8] та розроблені методики, прилади й допоміжне обладнання.

Згідно розробленої програми лабораторних експериментів визначали:

ярусність та кількість скелетних гілок на плодовому дереві; їх діаметр D_z в основі (рис. 3.1) – місці з'єднання з центральним провідником, або скелетною гілкою нижчого порядку; повну довжину гілок L_z ; висоту встановлення петлі-захвату ℓ_z , яку заміряли від основи гілки до місця його кріплення і прикладання вібраційних коливань; кут відгалуження α_z (рис. 3.1) гілки від центрального провідника крони дерева.

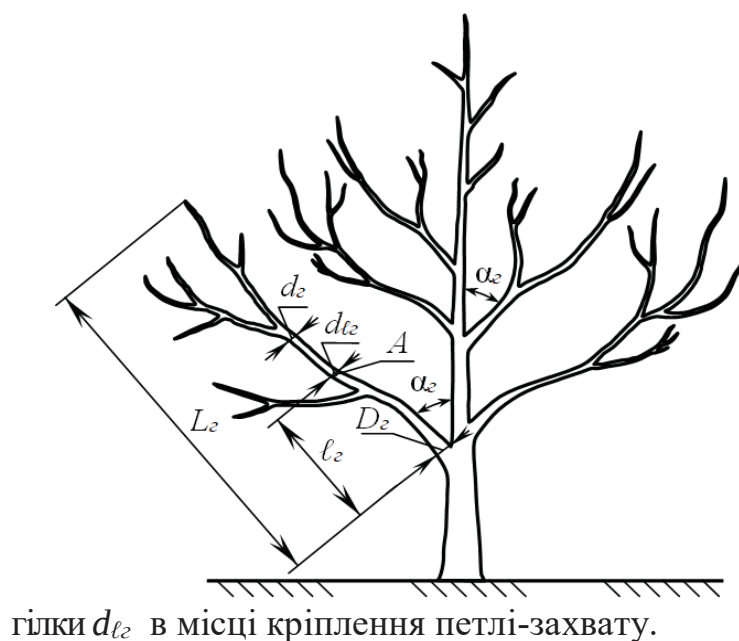


Рисунок 3.1 - Схема крони плодового дерева ** A – місце кріплення петлі-захвату

Скелетні гілки крони плодового дерева розглядаємо, як консольну балку з змінним січенням діаметром d_z (рис. 3.1), діаметром в основі D_z і довжиною гілки L_z . Також заміряємо діаметр

гілки d_{ℓ_z} в місці кріплення петлі-захвату.

Розмір скелетних гілок (довжина, діаметр, кількість розгалужень) впливає на частоти їх власних коливань та коефіцієнт їх згасання, приведену масу і коефіцієнт жорсткості визначають за розмірами і віддаллю кріплення петлі-захвату ℓ_z .

Діаметр гілки при основі D_z , визначали за довжиною d_z і рахували, як середнє арифметичне значення результатів цих показників, у двох взаємно перпендикулярних січеннях. Виміри здійснювали штангенциркуля SIGMA з точністю вимірювання 0,01 мм й електронною фіксацією показів (рис. 3, а).

3.2. Методика експериментальних досліджень

Для визначення повної довжини плодових гілок L_z та відстань кріплення петлі-захвату ℓ_z використано лазерний далекомір DW040P (рис. 3.4,б) з наступними характеристиками: клас лазера 2, діапазон вимірювань 0,3 – 40 м;

точність вимірювань 0,1 мм/м. Показники використаного далекоміра дозволяють визначати розміри крони плодових дерев з необхідною точністю.



Діаметр гілок D_z заміряли з допомогою електронного штангенциркуля, з точністю замірів до 0,01мм.

Рисунок 3.2 – електронний штангенциркуль

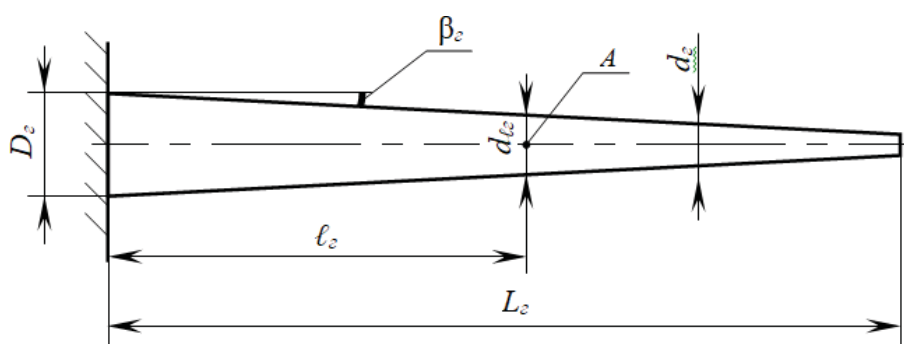


Рисунок 3.3 - Схема замірів параметрів скелетної гілки



а)



б)



в)

Рисунок 3.4 - Прилади для вимірювання розмірних показників плодових дерев: а – електронний штангенциркуль; б – лазерний далекомір DW040P; в – кутомір Skil0580AA

Відстань між крайніми ділянками гілки заміряли світловим променем дальноміра, якого кріпили до основи досліджуваної ділянки крони дерева. Покази замірюваної відстані відображались на дисплеї далекоміра. Дослідам піддавали скелетні гілки першого та другого порядків, крони плодових дерев.

Кут відхилення α_z скелетної гілки від центрального провідника крони плодового дерева, заміряли при допомозі транспортера закріпленого на мірну рейку (рис. 3.4, в), що дозволяє здійснювати заміри від 0° до 220° з точністю до $\pm 0,5^\circ$ і фіксувати результати на цифровому дисплеї.

Нерухому планку кутоміра приставляли до поверхні центрального провідника, з відгалуженою скелетною гілкою. Рухому планку транспортера відхиляли до контакту з поверхнею відгалуженої скелетної гілки, а цифровий екрані відображав кут відхилення α_z .

Кут сходження β_z гілки (рис.3.3) визначали, як кут нахилу кінцевої поверхні гілки. Даний кут, дає характеристику зміни діаметра січення гілки d_z на віддалі ℓ_z від основи D_z і розраховується за формулою:

$$\beta_z = \arctg \frac{D_z - d_z}{2\ell_z} \quad (3.1)$$

Кут сходження розраховували для п'яти ділянок січення, щоб отримати різні значення відстані ℓ_z у межах 1,25 – 2,25 м.

Згідно розрахунків (3.1), діаметр гілки в місці кріплення петлі-захвату на віддалі ℓ_z рівний:

$$d_z = D_z - 2\ell_z \operatorname{tg} \beta_z \quad (3.2)$$

Параметри крони зерняткових кльтур та розмірні показники скелетних гілок з діаметром, в місці січення: 50, 60, 70, 80 і 90 мм, досліджували на 25 деревах кожного з досліджуваних сортів, вік дерев коливався в межах 10 - 30 років.

Періодично з крони плодових дерев, необхідно видаляти непродуктивні гілки, з метою їх омолодження, це скелетні гілки першого та другого порядків.

У досліджуваному саді росли переважно плодові дерева з покращеною ярусною кроною, з чітко вираженими трьома ярусами, на двох нижніх розмішались по три - чотири скелетні гілки, а на верхніх – по дві-три. Також окремі дерева мали чахоподібну крону.

Для підвищення врожайності плодового саду та забезпечення механізованого знімання плодів, кількість плодових гілок регулюють обрізуванням, проріджуючи крону і формуючи розгалуження скелетних гілок, що плодоносять [5]. Продуктивність тросового струшувача залежить від кількості плодоносних скелетних гілок. Враховуючи врожайність плодових дерев, можна розрахувати затрати праці, на збирання плодів, та обґрунтувати економічну ефективність використання плодозбиральної машини обладнаної тросовим струшувачем.

Результати замірів діаметра скелетних гілок D_c при основі і кут їх відхилення α_c від центрального провідника плодового дерева наведено у табл. 4.1.

З віком дерева, діаметр гілки D_c при основі та кут відгалуження α_c зростають.

Щоб дослідити граничні навантаження на кору дерева в зоні кріплення петлі-захвата (місце передачі збурювальних коливань), для лабораторних досліджень використаємо універсальний механічний прес. Вибираємо прес УП-3 (рис. 3.5), спеціально переоснащений для визначення допустимої меж міцності кори плодових дерева [8].

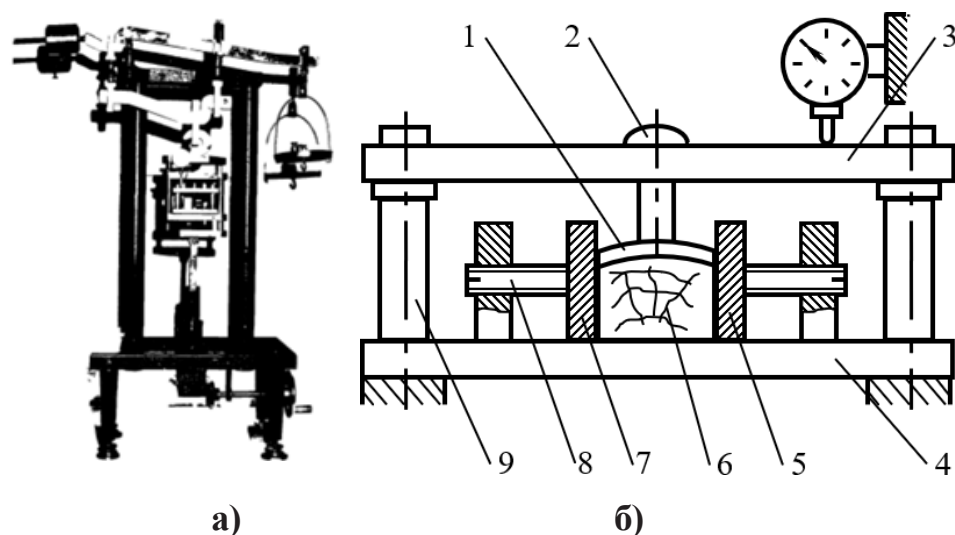


Рисунок 3.5 - Універсальний механічний прес УП-3 [7]:

а) – загальний вигляд; б) – пристрій для кріплення дослідного фрагмента гілки дерева; 1 – кора; 2 – індентор; 3 – навантажувальна плита; 4 – опорна плита; 5, 7 – притискні пластини; 6 – досліджуваний зразок; 8 – регулювальний гвинт; 9 – напрямна штанга

Пристрій (рис. 3.5, б) складається з опорної 4 та навантажувальної 3 плит, та напрямної штанги 9.

Робочий процес універсального механічного преса відбувається в наступній послідовності: дослідний зразок фрагмента гілки дерева 6, встановлюють на опорну плиту 4 і фіксують притискними пластинами 5, 7. Наступним етапом є з допомогою індентора 2, навантажуються кора плодової гілки. Прикладене зусилля фіксується індентором, його збільшують до тих пір, поки на поверхні кори не появляться сколи, або тріщини. Це зусилля вважається критичним (граничним). Дослідні зразки готують безпосередньо перед дослідженнями, їх вирізають зі скелетних гілок і зберігають у поліетиленових мішках, для збереження вологи. Деформацію фіксують індикатором.

Недолік даної методики, це труднощі пов'язані з отримання лабораторних зразків без втрати природної вологи до моменту експерименту.

Щоб запобігти виникненню незворотніх пластичних деформацій у корі дерева, було запропоновано, метод фіксації межі міцності кори при

нормальному навантаженні гілки плодового дерева. Даний спосіб передбачає фіксування межі міцності кори плодового дерева у момент зміни вискоеластичної деформації у пластичну. Перехід в область пластичної деформації супроводжується різким скачком зміни швидкості деформації за постійної зміни прикладеного навантаження, коли долається границя міцності кори і переходить у текучу фазу.

В цьому випадку, межу міцності кори плодового дерева за умов нормального стиску визначаємо за формулою:

$$[\sigma] = P_S , \quad (3.3)$$

Таким чином можна розрахувати нормальну складову прикладеного збурюючого зусилля, що супроводжується деформацією, спрямованою по нормалі до поверхні навантаження.

Під час проведення досліджень, приймали вибірку плодкових дерев, що складалась з десяти дерев різних вікових груп, їх діаметри штаблів коливались у межах 50 - 200 мм. Граничну межу міцності кори плодкових дерев під час нормального стиску, визначали в польових умовах у момент технічної стиглості плодів з допомогою запропонованого приладу (рис. 3.6).

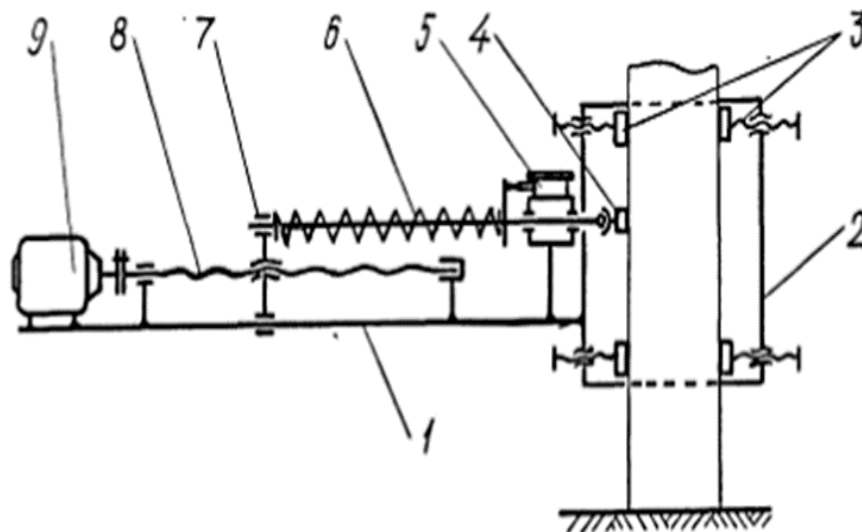


Рисунок 3.6 - Твердомір для визначення граничної межі міцності кори під час нормального стиску: 1 – основа; 2 – рамка; 3 – упори; 4 – індентор; 5

– годинниковий індикатор; 6 – пружина; 7 – повзун; 8 – гвинт; 9 – електропривід

Вимірювальне обладнання складається з основи 1, яка кріпиться рамкою 2 і упорами 3 до штамба дерева, індентора 4 та індикатора годинникового типу 5. Блок силового навантаження містить пружину 6, повзун 7, гвинт 8 та електропривід 9 двостороннього обертання.

Вимірювальне обладнання монтується на штамп або скелетну гілку дерева (рис. 3.6), вмикається живлення електроприводу 9, яким гвинт 8, повзун 7 і пружина 6 плавно навантажують індентор 4, з площею контактного січення 1 см^2 . Швидкість вминання кори індентором 4, фіксується індикатором 5, а стискаюче зусилля – деформацією пружини 6. У момент скачка різкого збільшення швидкості деформації кори, індикатором 5 фіксується зусилля на індикаторі 4 деформацію пружини 6 і вмикається реверс електроприводу. Зростання швидкості руху індентора, обумовлене появою незворотних пластичних деформацій.

$$[\sigma] = P / S, \quad (3.4)$$

де $[\sigma]$ – гранична межа міцності кори плодового дерева за нормального стиску, Па;

P – зусилля прикладене до кори, Н;

S – площа активного січення індентора, що діє на кору.

Отже, щоб створити сучасну плодозбиральну техніку, необхідно поглиблено дослідити міцність кори плодових дерева, граничні її навантаження, та розробити обладнання для лабораторних досліджень.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження граничної міцності кори плодових дерев

Використано вдосконалений спосіб дослідження граничної міцності кори плодових дерев, при її нормальному навантаженні.

Було встановлено, що під час прикладання механічних зусиль, в корі плодового дерева, на першому етапі виникають зворотно пружні деформації, що не впливають на функціональні показники верхнього шару кори, а саме: флоєми, флодерми та камбію [5].

Перевищення граничної пружної деформації кори плодового дерева, на другому етапі, супроводжується виникненням незворотної пластичної деформації (руйнування кори та відмирання її волокон).

Лабораторними дослідженнями було встановлено (рис. 4.1), що молодим і слаборослим деревам відповідає нижня границя граничних значень міцності кори при нормальному стиску, це можна пояснити тим, що у молодих дерев менша товщина пробкової тканини кори. Товщина пробкової тканини залежить від умов та регіону вегетації, а також сортових та вікових характеристик дерева. Зі віком, у дерев процес утворення пробкових тканини сповільнюється (рис. 4.1).

Використання запропонованого методу та приладу, у порівнянні з стандартними методами з використанням приладу УП-3, дозволяє скоротити час проведення досліджень, зменшити трудомісткість процесу, за рахунок проведення досліджень у польових умовах і збільшити достовірність результатів.

Було встановлено, що гранична межа міцності кори плодового дерева до моменту межі текучості, є значно нижчою межею її руйнування.

Результати експериментальних досліджень показників межі міцності кори для нормального стиску, отримані за запропонованою методикою, дають можливість, розрахувати та вибрати необхідний матеріал для конструювання

накладок захватів струшувачів плодозбиральних машин, щоб забезпечити необхідну площу їх контакту в місці передачі збурюючих коливань, що не спричинить до пошкодження кори під час виконання процесу струшування.

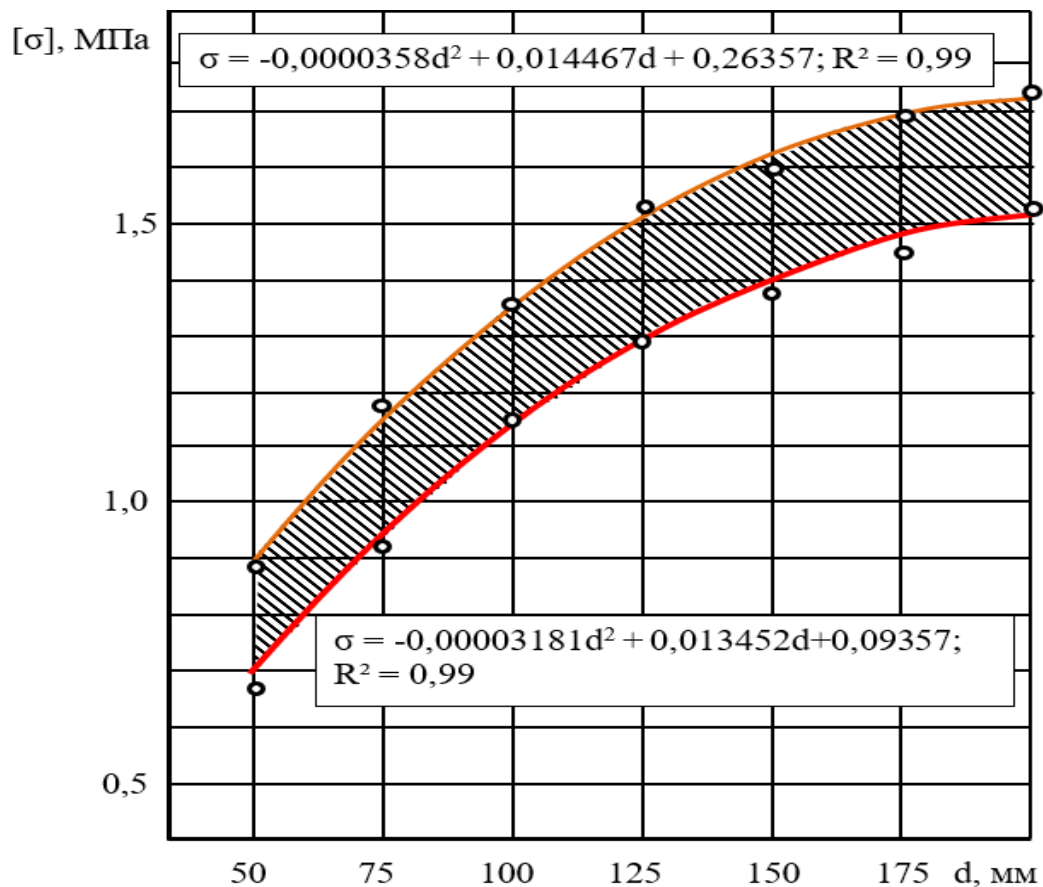


Рисунок 4.1 – Межі міцності кори плодових дерев за нормального стиску

Гранична межа міцності кори, для дерев з діаметрами штаму: 50, 75, 100, 125, 175 і 200 мм, що відповідає значенням: 0,68–0,88; 0,92–1,17; 1,14–1,35; 1,29–1,54; 1,38–1,59; 1,45–1,69; 1,53–1,74 МПа, відповідно.

Для кута відгалуження α_2 скелетних гілок від основи крони, має закономірність зміни, аналогічну діаметрові D_2 . Показники цих кутів, формуються під час закладки крони молодих дерев і повинні бути не меншими ніж 45° , щоб забезпечити раціональне розміщення гілок відносно центрального провідника. З роками довжина і маса гілок збільшуються, що стає

причиною їх прогинання і збільшення кута відгалуження. З віком плодових дерев, збільшується крона, а скелетні гілки верхніх ярусів більше відгалужуються від центрального провідника. Для плодових дерев, з віком кут відгалуження зростає з 42,4 до 49,3° за середнього значення 46,1° й коефіцієнта варіації 6,04 %, а для дерев віком 40 років +, ці показники зростуть: з 51,7 до 68,3°, середнє значення 61,6°, коефіцієнт варіації 10,27 %.

4.2. Дослідження розмірних показників плодових дерев

Довжина плодових гілок L_z (табл. 4,1) змінюється за рахунок щорічного приросту, та відповідає їх діаметру D_z при основі відгалуження, із збільшенням якого збільшується і довжина гілок. Якщо врахувати граничне значення довжини та місця ℓ_z кріплення петлі-захвату на гілці, якій передається збурююче коливання, скелетні гілки першого і другого порядків слід розділити на дві категорії. Перша - це гілки діаметром в основі до 50 – 70 мм, з довжиною L_z , що змінюється в межах 2,54 – 3,22 м і коефіцієнтом варіації 5,21 – 5,63%, а зона кріплення петлі-захвату ℓ_z гілок рівна 1,57 – 2,26 м, з коефіцієнтом $V=5,32$ – 8,67 %. Друга категорія – це гілки діаметром 70 – 90 мм, з довжиною 2,86 – 3,94 м, V – 5,63 – 6,09%, з зоною кріплення петлі-захвату –1,99 – 2,78 м, V – 4,69 – 6,11%.

Згідно результатів експериментальних досліджень, вказаний кут β_z (рис. 3.3), зростає відповідно до розмірів гілки і залежить від її діаметра D_z (мм), більші показники відповідають гілкам нижніх ярусів, а менші – верхнім.

$$\beta_z = -953,546 * 10^{-7} D_z^2 + 186,116 * 10^{-4} D_z - 268,574 * 10^{-3}. \quad (4.1)$$

Результати лабораторних досліджень свідчать, що діаметри гілок першого і другого порядків коливаються в межах 39,4 – 92,1 мм. Для дерев віком до 10 років цей показник рівний 48,7 мм, а для 40 років + – 78,3 мм. Зміни даного показника в межах зазначених вікових груп не суттєві, про що свідчить коефіцієнт варіації – 10,45 %, для молодих дерев і 17,36 % – для сорокарічних. Для гілок з діаметром при розгалуженні 30 – 90 мм, кут

сходження β_z зростає з $0,21^\circ$ до $0,63^\circ$, для гілок діаметром 50 – 90 мм, кут сходження знаходиться в діапазоні $0,41 – 0,63^\circ$. Найменше значення кута $0,21^\circ$ мають гілки з діаметром 30 мм, а максимальне $0,63^\circ$ – діаметром 90 мм.

Таблиця 4.1- Діаметр і кут скелетних гілок першого та другого порядків

Показник	Статистичні показники		Вік дерев, років			
			10	20	30	40
Діаметр гілок D_z	Значення, град	min	39,4	48,7	54,9	58,4
		max	53,4	71,8	85,7	92,1
		s	48,7	63,5	71,3	78,3
	середнє квадратичне відхилення, мм		5,087	9,659	11,58	13,591
	коефіцієнт варіації, %		10,45	15,21	16,24	17,36
Кут відгалуження гілок першого порядку α_z	Значення, град	min	42,4	46,6	49,3	51,7
		max	49,3	57,1	63,7	68,3
		s	46,1	52,8	57,9	61,6
	середнє квадратичне відхилення ^o		2,784	4,029	5,482	6,325
	коефіцієнт варіації, %		6,04	7,63	9,47	10,27

На основі відомих значень кутів сходження β_z та діаметрів гілок D_z при основі розгалуження, за формулою (4.1) розрахуємо параметри діаметра d_z на відстані кріплення петлі-захвату ℓ_z на гілках. Для гілок першого порядку діаметром D_z при основі розгалуження 50 – 70 мм, відстань кріплення петлі-захвату ℓ_z змінювалась від 1,25 до 1,75 м, а для гілок другого порядку ($D_z = 70 – 90$ мм) відстань кріплення петлі-захвату ℓ_z буде більшою – 1,75 – 2,25 м.

Таблиця 4.2- Довжина скелетних гілок першого та другого порядків

іаметр гілок в основі D_2 , мм	Статистичні характеристики				
	значення, м			середнє квадратичне відхилення, м	коефіцієнт варіації, %
	min	max	s		
	довжина гілок L_2				
50	2,54	2,83	2,69	0,14	5,21
60	2,69	3,03	2,84	0,153	5,37
70	2,86	3,22	3,03	0,171	5,63
80	3,09	3,48	3,28	0,191	5,81
90	3,41	3,94	3,61	0,221	6,09
	відстань кріплення захвату ℓ_2				
50	1,57	1,91	1,76	0,153	8,67
60	1,79	2,02	1,92	0,102	5,32
70	1,99	2,26	2,13	0,13	6,11
80	2,24	2,47	2,35	0,11	4,69
90	2,47	2,78	2,62	0,15	5,73

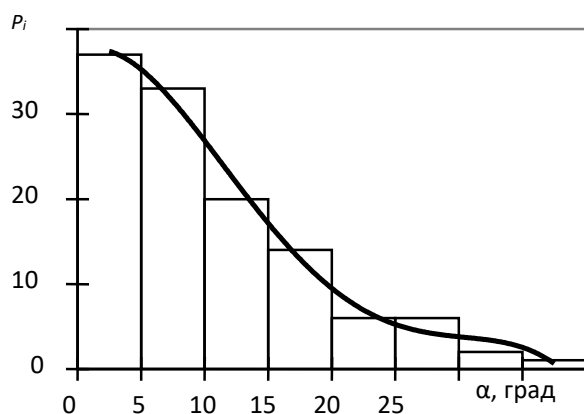
Згідно результатів досліджень побудовані поверхні відгуку діаметрів гілок d_2 в місці кріплення петлі-захвату, від їх діаметру при основі D_2 та відстані кріплення петлі-захвату ℓ_2 (рис. 4.2 а, б), слід врахувати, що ці поверхні відповідають залежності d_2 , мм, при умові дійсних значень для гілок двох розмірних груп:

перша ($D_2 = 50 - 70$ мм; $\ell_2 = 1,25 - 1,75$ м):

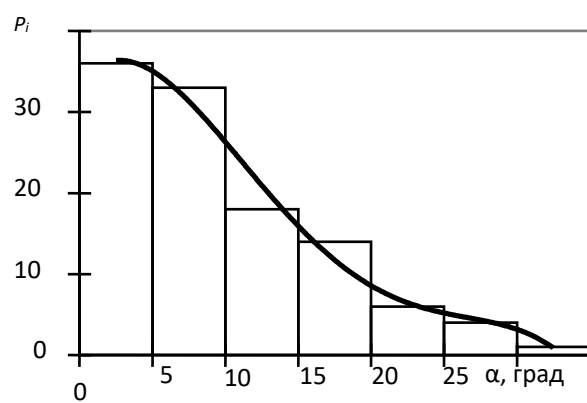
$$d_2 = 16,9889 + 0,4417 D_2 - 3,2 \ell_2 + 0,0047 D_2^2 + 0,2667 \ell_2^2 - 0,25 D_2 \ell_2, \quad (4.2)$$

друга ($D_2 = 70 - 90$ мм, $\ell_2 = 1,75 - 2,25$ м):

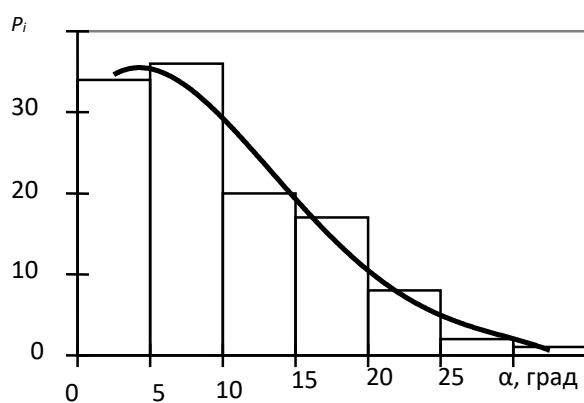
$$d_2 = 44,9778 - 0,0883 D_2 - 13,6 \ell_2 + 0,0068 D_2^2 + 0,5333 \ell_2^2 - 0,12 D_2 \ell_2, \quad (4.3)$$



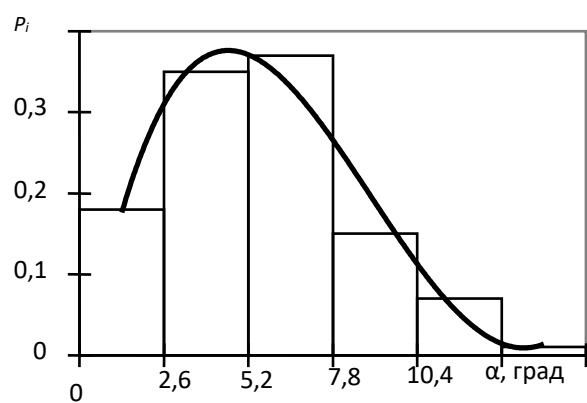
а)



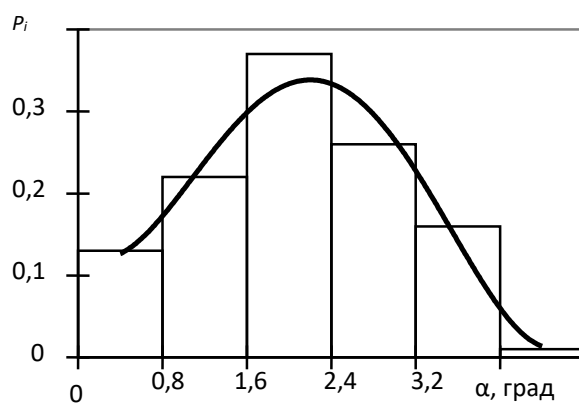
б)



в)

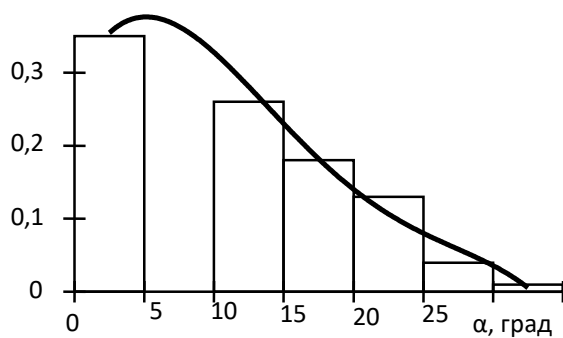


д)

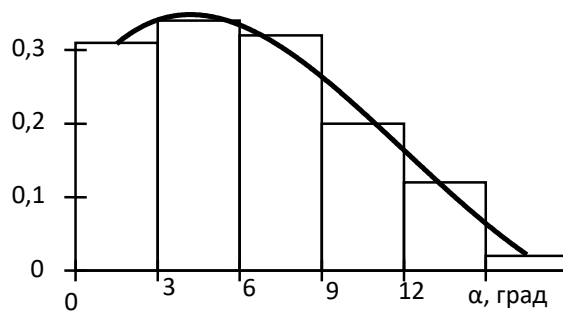


е)

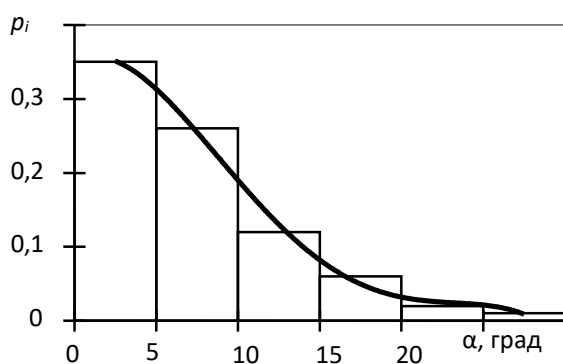
Рисунок 4.5- Криві нормального розподілу кута природного нахилу штабів плодових дерев поперек ряду для сортів яблунь Айдаред (а), Спартан (б), Глостер (в) та груш напівдички (д) і дички (е).



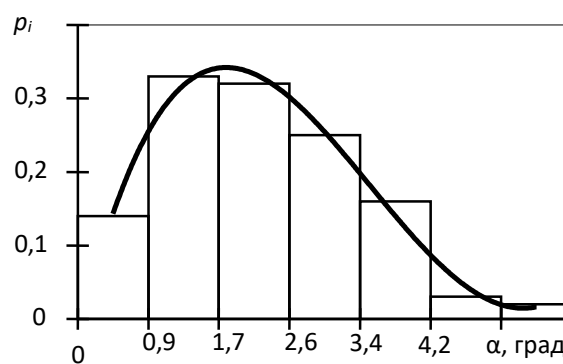
а)



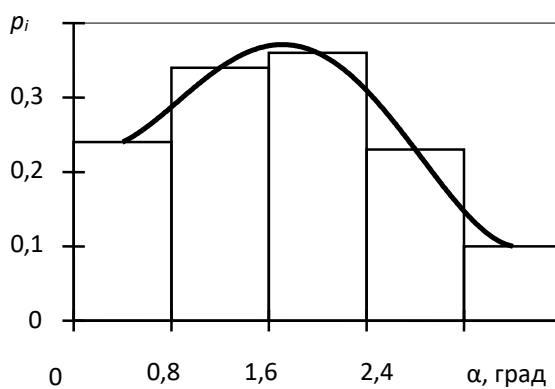
б)



в)



д)



е)

Рисуноу 4.5.-. Криві нормального розподілу кута природного нахилу штамбів плодових дерев вздовж ряду для сортів яблунь Айдаред (а), Спартан (б), Глостер (в) та груш напівдички (д) і дички (е).

Висновки

1.Лабораторними дослідженнями було встановлено, що молодим і слаборослим деревам відповідає нижня границя граничних значень міцності кори при нормальному стиску, це можна пояснити тим, що у молодих дерев менша товщина пробкової тканини кори.

2.Використання запропонованого методу та приладу, у порівнянні з стандартними методами з використанням приладу УП-3, дозволяє скоротити час проведення досліджень, зменшити трудоемкість процесу, за рахунок проведення досліджень в польових умовах і збільшити достовірність результатів.

3.Встановлено, що гранична межа міцності кори плодового дерева до моменту межі текучості, є значно нижчою межі її руйнування.

4. Результати експериментальних досліджень показників межі міцності кори для нормального стиску, отримані за запропонованою методикою, дають можливість, розрахувати та вибрати необхідний матеріал для конструювання накладок захватів струшувачів плодозбиральних машин, щоб забезпечити необхідну площу їх контакту в місці передачі збурюючих коливань, що не спричинить до пошкодження кори, під час виконання процесу струшування.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Щоб струсити повністю плоди з одного плодового дерева, достатньо 7-8 с., а решта часу використовується на підготовчо-заключні операції, скоротивши які, можна суттєво збільшити продуктивність плодозбиральні машини.

2. На основі проведених теоретичних розрахунків, нами встановлені залежаності, що до модернізації конструктивних параметрів базової моделі тросового струшувача.

3. Запропонована технологія вирощування яблук дає змогу значно підвищити продуктивність саду. Для виконання операції збирання плодів пропонується використовувати вібраційний тросовий струшувач та контейнеровоз ВУК-3 для транспортування зібраних яблук.

5. Встановлено, що гранична межа міцності кори плодового дерева до моменту межі текучості, є значно нижчою межі її руйнування.

6. Результати експериментальних досліджень показників межі міцності кори для нормального стиску, отримані за запропонованою методикою, дають можливість, розрахувати та вибрати необхідний матеріал для конструювання накладок захватів струшувачів плодозбиральних машин.

7. Розглянуто роботу служби з охорони праці, фінансування заходів з охорони праці та витрачання коштів в господарстві. Також проаналізувавши умови праці та профілактики травматизму запропоновано заходи покращення стану охорони праці.

8. На основі запропонованої технології вирощування розраховано показники економічної ефективності впровадження технології та комплексу машин для виробництва яблук, за якими річний економічний ефект становитиме 865,4 тис. грн..

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Галузева Програма розвитку садівництва України на період до 2025 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0444555-08#Text> (дата звернення: 13.06.2022).
2. Експорт та виробництво сливи в Україні. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/340-eksport-ta-virobnitstvo-slivi-v-ukrayini> (дата звернення: 13.06.2022).
3. Бабій П. Т. Механізація виробництва плодів і ягід. 2-е вид., допов. і перероб. Київ : Урожай, 1980. 160 с.
4. Бабенко. А. Є, Демидко М. О. , Бабій В. П., Дмитрюк О. П. Довідник з механізації садівництва. 2-е вид., допов. і перероб. Київ : Урожай, 1992. 261 с.
5. Economical shaker VHB – D – E – F for fruit and nuts trees. AMB ROUSSET is a French company. URL: <https://www.amb-rousset.com/wp-content/uploads/2013/04/vhe-aud-l05-009237-0c.pdf> (дата звернення: 13.06.2022).
6. Harvesting machines. Tree shaker. URL: http://www.munckhof.org/Full-automatic_treesaker (дата звернення: 13.06.201822).
7. Исследование и обоснование параметров и режимов работы ударного стряхивателя для уборки плодов : отчет о НИР (промежут.). Львовский с.-х. институт; руков.: В. А. Рыбарук. № ГР 01840013668. Дубляны, 1988. 31 с.
8. Устройство для испытания коры дерева при сжатии : авторське свідоцтво 1810787 СССР, МКИ G 01 N 3/08 / Р. С. Шевчук, О. М. Крупич, В. И. Котысько, З. О. Гошко. № 4940787/28 ; заявл. 23.04.91 ; опубл. 23.04.93, Бюл. № 15.
9. Приймачук Т. Ю. [Розвиток галузі в Україні](#) / Т. Ю. Приймачук, Т. А. Штанько, В. Б. Ковальов // Вісник аграрної науки. — 2017. — № 7. — С. 68-75.
10. Білявський Г.О., Падун М. М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології, вид. 2-ге. – Київ : 1995. – 368 с.

- 11.Винокуров Л.Е.; Васильчик М.В.; Гаман М.В.Основи охорони праці. - Київ : Вікторія. -2001. – 254 с.
- 12.Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. та ін. Сільськогосподарські машини. – Київ : Урожай, 2004. – 448 с.
- 13.Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – Київ: Урожай, 1994. – 272 с.
- 14.Ільченко В.Ю., Карасьов П.І. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в агрегатному виробництві. – Київ: Урожай, 1993. – 286 с.
- 15.Лехман С.Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). – Київ: Урожай, 1990. – 400 с.
- 16.Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. / Рибарук В.Я., Ріпка І.І. – Львів, ЛДАУ, 1998. – 264 с.
17. ДСТУ 3008 – 95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Київ: Держстандарт України, 1995. –36 с.
18. Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення /Укл.: В.М. Боярчук, С.М. Онисько, В.Т. Дмитрів.- Львів: ЛДАУ, 2003. – 28 с.
19. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енерго збереження в АПК.- Тернопіль: Підручник та посібник,2001 -247 с.
20. Лехман С.Д., Кубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.
21. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І., Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. - Київ "Урожай "1993- 268 с.
22. Boschi V., Onjfi M. .Lanza F. Sistema culturale a mais contsnuo: trdici anni di prove nella Hianura Padana. 1. Agrotecnica e concimazsone. -Infirmatore Agrario, 1981, v. 37, N 8, p. 14233-14834, 14237-14339.
23. 900 Servis corn heaues (проспект фирмы "Intenftional Harvester",США).
24. Suajlleur Mais (проспект фирмы "Agrfm"Франция).
- 25.Булгаков В.М., Калетнік Г.М., Кравченко І.С. Теоретична механіка.

Підручник. Київ.: «Хай-Тек-Прес», 2011. 608 с.

26.Ярошенко Л.В., А. А. Видмиш А. А. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 388 с.

27.Ярошенко Л. В. Нові сільськогосподарські вібраційні машини з вертикальним приводним валом/ Вибрации в технике и технологиях.- 2002.- No4. - С. 97 - 105.

28.Матвійчук В.А., Стаднік М. І., Рубаненко О.О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. – Вінниця: ВНАУ, 2016. – с.

29.ISO 4254-1:2012 Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки.мЧастина 1. Загальні вимоги. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 28 с.

30.Гарькавий А.Д., Петриченко В.Ф., Спірін А.В. Конкурентоспроможність технологій і машин. Вінниця: ВДАУ- «Тірас», 2003. 68с.