**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

**Коноплич Анна Вячеславівна**

**УДК 631.3:633.15**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

# Удосконалення комплексу машин для вирощування яблук з модернізацією ґрунтообробної фрези

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Коноплич А.В.

**Керівник роботи**

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2026**

# АНОТАЦІЯ

***Коноплич Анна Вячеславівна. Удосконалення комплексу машин для вирощування яблук з модернізацією ґрунтообробної фрези.*** *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування яблук з модернізацією ґрунтообробної фрези. Проаналізовано сучасний стан вирощування яблук у світі та Україні, а також особливості застосування інтенсивних технологій у садівництві. Обґрунтовано технологію вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області з урахуванням природно-кліматичних умов, ґрунтових особливостей і строків виконання основних технологічних операцій. Розроблено технологічну карту вирощування яблук та підібрано комплекс машин для виконання робіт у промисловому саду. Особливу увагу приділено міжрядному обробітку ґрунту, для якого запропоновано модернізацію ґрунтообробної фрези. Запропоновані конструктивні рішення спрямовані на підвищення якості розпушування ґрунту, зменшення енергоємності процесу та підвищення продуктивності агрегату. У роботі також розглянуто питання охорони праці під час експлуатації машинно-тракторного агрегату та виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Результати роботи можуть бути використані для підвищення ефективності механізованого догляду за яблуневими насадженнями в умовах сільськогосподарських підприємств.

*Ключові слова: яблуня, садівництво, комплекс машин, ґрунтообробна фреза, міжрядний обробіток, Полісся, модернізація.*

# ANNOTATION

***Anna Vyacheslavivna Konoplych. Improvements to the range of machinery for apple cultivation, including the modernisation of the soil-tilling cutter.*** – *Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the improvement of machinery for apple cultivation, focusing on the modernisation of a soil-tilling cutter. It analyses the current state of apple cultivation worldwide and in Ukraine, as well as the specific features of applying intensive technologies in horticulture. The technology for apple cultivation in the Polissia region of Zhytomyr Oblast is substantiated, taking into account natural and climatic conditions, soil characteristics and the timing of key operational procedures. A technological chart for apple cultivation has been developed and a range of machinery selected for carrying out work in a commercial orchard. Particular attention is paid to inter-row soil cultivation, for which a modernisation of the soil-tilling cutter is proposed. The proposed design solutions are aimed at improving the quality of soil loosening, reducing the energy consumption of the process and increasing the productivity of the unit. The paper also addresses occupational health and safety issues during the operation of the machine-tractor unit and provides a technical and economic justification for the design solutions. The results of this work can be used to improve the efficiency of mechanised care for apple orchards in agricultural enterprises.

*Keywords: apple tree, horticulture, machine complex, soil-tilling cutter, inter-row cultivation, Polissia, modernisation.*

# ЗМІСТ

ВСТУП……6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК……..…..10
1.1. Сучасний стан вирощування яблук у світі та Україні…….…....10
1.2. Передові технології вирощування яблук…….….12
1.3. Сучасні засоби механізації технологічних операцій……..……14
1.4. Автоматизація та роботизація вирощування яблук…….....15
Висновки по розділу……..……16
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК В ЗОНІ ПОЛІССЯ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ……...…….18
2.1. Природно-виробничі умови Полісся Житомирської області……..……...18
2.2. Вихідні параметри проєктованого яблуневого саду……..……..19
2.3. Обґрунтування системи вирощування та догляду за насадженнями…...…..21
2.4. Проєктування технологічного процесу……...….....22
2.5. Комплекс машин для реалізації проектованої технології…….....…….24
2.6. Технологічна карта вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області…….…25
2.7. Організація виконання механізованих робіт……...….27
2.8. Контроль якості технологічних операцій……...…….27
Висновки по розділу…….…….28
РОЗДІЛ 3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ…….……..30
3.1. Умови виконання операції……...……..30
3.2. Агротехнічні вимоги до операції……...…..…….31
3.3. Технологічна підготовка агрегату до роботи……..….32
3.4. Склад агрегату та обґрунтування робочого режиму……...33
3.5. Підготовка садового масиву……....…….35
3.6. Вибір способу руху агрегату……...……..35
3.7. Контроль якості виконання операції…….36
3.8. Вимоги безпеки під час виконання операції…….....……..37

Висновок по розділу…….…….38
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ……...……..39
4.1. Початкові дані для розрахунку……...……..39
4.2. Визначення основних параметрів фрези з горизонтальною віссю обертання……39
4.3. Енергетичний розрахунок агрегату……...……43
4.4. Розрахунок на міцність……...…...…44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ…….……..45
5.1. Загальна характеристика умов праці під час вирощування яблук…...……..45
5.2. Нормативна основа організації безпечних робіт……...…….…46
5.3. Ідентифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів……....…46
5.4. Оцінювання ризиків під час роботи ґрунтообробної фрези……..….47
5.5. Вимоги безпеки до тракторного агрегату з модернізованою фрезою…...…48
5.6. Організаційні заходи безпеки при виконанні технологічних операцій…….50
5.7. Засоби індивідуального захисту і виробнича санітарія…….….50
5.8. Пожежна, електрична та екологічна безпека……..……51
5.9. Дії працівників у разі аварійних ситуацій……...…….…52
Висновки до розділу…….….53
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ……..54
6.1. Завдання та вихідні передумови економічного обґрунтування……..……54
6.2. Розрахунок продуктивності агрегату…….....……55
6.3. Визначення експлуатаційних витрат……...……..56
6.4. Розрахунок річного економічного ефекту……...…….…57
6.5. Оцінка строку окупності модернізації……...…….…….58
6.6. Виробниче значення запропонованих рішень……...…..60
Висновки по розділу…….……60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...……62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..64

# ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Садівництво є однією з важливих галузей аграрного виробництва України, яка забезпечує населення цінною плодовою продукцією, сировиною для переробної промисловості та сприяє підвищенню економічної ефективності сільськогосподарських підприємств. Серед плодових культур особливе місце займає яблуня, оскільки вона характеризується високою врожайністю, тривалим періодом зберігання плодів, широким сортовим різноманіттям і стабільним попитом на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Ефективність вирощування яблук значною мірою залежить від правильного добору технології, раціонального використання машинно-тракторного парку, своєчасного виконання агротехнічних заходів і забезпечення належного догляду за ґрунтом у міжряддях саду. Особливо актуальним це питання є для зони Полісся Житомирської області, де природно-кліматичні умови, тип ґрунтів, рівень зволоження та тривалість вегетаційного періоду потребують обґрунтованого підходу до проектування технології вирощування яблук.

Однією з важливих технологічних операцій у промисловому яблуневому саду є обробіток ґрунту в міжряддях. Від якості виконання цієї операції залежить водно-повітряний режим ґрунту, знищення бур’янів, накопичення та збереження вологи, активність кореневої системи дерев, а також загальний стан насаджень. Для виконання цієї операції широко застосовуються ґрунтообробні фрези, які забезпечують інтенсивне розпушування, подрібнення грудок, перемішування рослинних решток і створення сприятливих умов для росту яблунь.

Разом з тим, існуючі ґрунтообробні машини не завжди повною мірою відповідають вимогам сучасного садівництва. Під час роботи в міжряддях саду можуть виникати проблеми нерівномірного обробітку ґрунту, підвищеної енергоємності процесу, значного зношування робочих органів, утворення

великих грудок, пошкодження кореневої системи дерев або недостатнього підрізання бур'янів. Тому модернізація ґрунтообробної фрези є актуальним напрямом удосконалення комплексу машин для вирощування яблук.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності механізованого догляду за яблуневими насадженнями шляхом удосконалення комплексу машин і модернізації ґрунтообробної фрези. Запропоновані проектні рішення мають бути спрямовані на покращення якості обробітку ґрунту, зменшення витрат пального, скорочення трудомісткості робіт, підвищення продуктивності агрегату та забезпечення безпечних умов праці механізатора.

**Метою кваліфікаційної роботи** є удосконалення комплексу машин для вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області з модернізацією ґрунтообробної фрези для підвищення якості та ефективності міжрядного обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

– проаналізувати сучасний стан і передові технології вирощування яблук у світі та Україні;

– розглянути сучасні засоби механізації, автоматизації та роботизації технологічних процесів у садівництві;

– охарактеризувати природно-кліматичні умови зони Полісся Житомирської області та їх вплив на технологію вирощування яблук;

– розробити технологічну карту вирощування яблук і визначити комплекс машин для виконання основних технологічних операцій;

– обґрунтувати операційну технологію міжрядного обробітку ґрунту в яблуневому саду;

– запропонувати модернізацію ґрунтообробної фрези та визначити її вплив на якість виконання технологічної операції;

– розробити заходи з охорони праці під час експлуатації тракторного агрегату з ґрунтообробною фрезою;

– виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

**Об’єктом дослідження** є технологічний процес вирощування яблук у промисловому саду в умовах Полісся Житомирської області.

**Предметом дослідження** є комплекс машин для вирощування яблук та ґрунтообробна фреза, яка використовується для міжрядного обробітку ґрунту в яблуневому саду.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Борак К. В., Шевчук О. А., Федорчук А. О., **Коноплич А.В.,** Словінський А.Й., Юрченко Б. Ю Методи підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026.С. 94-99.

2. Борак К.В., Кащенко Є.Д., Савченко В.М., **Коноплич А.В.,** Мельничук М.М. Порівняльна оцінка технологій no-till, mini-till та традиційної оранки за показниками енерговитрат і продуктивності. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 95-98.

**Практичне значення** роботи полягає в можливості використання запропонованих рішень у господарствах, що займаються вирощуванням яблук, для підвищення ефективності механізованих робіт, зменшення експлуатаційних витрат і покращення якості догляду за ґрунтом у міжряддях саду. Модернізована ґрунтообробна фреза може забезпечити більш рівномірне

розпушування ґрунту, якісне знищення бур’янів, зменшення кількості повторних проходів агрегату та підвищення продуктивності праці.

Отже, удосконалення комплексу машин для вирощування яблук з модернізацією ґрунтообробної фрези є важливим напрямом підвищення ефективності садівництва, раціонального використання технічних засобів і забезпечення стабільного виробництва якісної плодової продукції.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 28 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 67 сторінок комп’ютерного тексту, містить 20 рисунків, 19 таблиць та 2 додатки.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК

## 1.1. Сучасний стан вирощування яблук у світі та Україні

Яблуко є однією з провідних плодових культур помірного клімату. Його значення визначається стабільним попитом на свіжу продукцію, можливістю тривалого зберігання, придатністю до транспортування та широким використанням у переробці. Технологія вирощування яблук є комплексною системою, що об’єднує добір сорту й підщепи, конструкцію саду, ґрунтовий догляд, захист рослин, зрошення, механізоване виконання операцій, збирання, сортування та зберігання.

Світове виробництво яблук характеризується високою концентрацією. За оцінками USDA FAS, середній обсяг світового виробництва у 2016-2025 маркетингових роках становив близько 80,16 млн т. У 2024/2025 МР основними виробниками були Китай, країни ЄС-27, США, Туреччина та Індія. Китай формував близько 57% світового виробництва, а ЄС-27 - близько 13%. Це означає, що зміни погоди, врожайності та торговельної політики в кількох ключових регіонах істотно впливають на ціни й міжнародну торгівлю.

Україна належить до помітних європейських виробників яблук. За аналітичними матеріалами 2024/2025 МР, вона виробляла орієнтовно 1,13 млн т, або близько 1,3% світового виробництва. Для національного садівництва яблуко має стратегічне значення, оскільки забезпечує внутрішній ринок, сировину для яблучного концентрату та експортний потенціал свіжої продукції. Водночас конкурентоспроможність стримується неоднорідністю насаджень, дефіцитом сучасних сховищ, високою часткою ручної праці та воєнними логістичними ризиками.

Таблиця 1.1 – Орієнтовна структура світового виробництва яблук у 2024/2025 МР

| Країна / група | Частка, % | Орієнтовний обсяг, млн т | Роль на ринку |
|---|---|---|---|
| Китай | 57,0 | 45,7 | Головний виробник і великий внутрішній ринок |
| ЄС-27 | 13,0 | 10,4-10,5 | Потужний технологічний регіон |
| США | 6,0 | 4,8 | Промислове садівництво та експорт |
| Туреччина | 5,0 | 4,0 | Зростання виробництва й експорту |
| Індія | 3,0 | 2,4 | Великий ринок споживання |
| Україна | 1,3 | 1,13 | Виробник із експортним потенціалом |
| Інші країни | 14,7 | 11,8 | Регіональні виробники Європи, Азії та Америки |

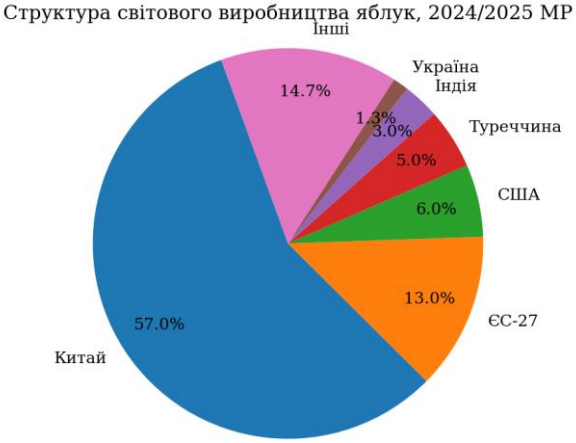



Рис. 1.1. Структура світового виробництва яблук у 2024/2025 МР.

Європейський сектор яблук є технологічно розвинутим, але дедалі сильніше залежить від кліматичних ризиків. WAPA на конференції Prognosfruit 2025 повідомляла, що виробництво яблук у провідних країнах ЄС у сезоні 2025/2026 очікувалося на рівні близько 10,5 млн т, майже без зміни до попереднього року, але нижче середніх багаторічних показників. Серед причин називаються весняні заморозки, посухи, обмеження засобів захисту рослин, перехід на нові сорти та збільшення частки органічних насаджень.

В Україні основні регіони вирощування яблук зосереджені у Вінницькій, Чернівецькій, Закарпатській, Хмельницькій, Дніпропетровській, Тернопільській, Львівській та Київській областях. У 2023 р. валове виробництво яблук становило майже 1173 тис. т, площа насаджень - 75,6 тис. га, а середня врожайність - 154,8 ц/га. Значна частина площ залишається у

господарствах населення, тоді як промислові сади забезпечують вищу однорідність якості, кращу придатність до зберігання та експорту.




Рис. 1.2. Динаміка виробництва яблук в Україні

### 1.2. Передові технології вирощування яблук

Передові технології яблуневого саду базуються на переході від екстенсивних насаджень із великими деревами до інтенсивних садів на слаборослих і напівкарликових підщепах. Такі сади мають високу щільність посадки, шпалерну систему, обмежену висоту крони та добре освітлену плодову стіну. У світовій практиці поширені системи Tall Spindle, Slender Spindle, плоска плодова стіна, V-подібні та інші шпалерні форми, які спрощують обприскування, обрізування, нормування врожаю і збирання.

Інтенсивний сад швидше вступає у плодоношення, формує вирівняну за якістю продукцію та краще пристосований до механізації. Його ефективність залежить від якісного садивного матеріалу, правильно підібраної сорто-підщепної комбінації, точного садіння, надійної шпалери, краплинного зрошення, фертигації, протиградового захисту та сучасного зберігання. Недоліком є висока вартість закладання, тому всі технологічні операції мають бути організовані ресурсозберігально.

Важливою складовою є ґрунтовий догляд. У сучасних садах міжряддя переважно залужують, що поліпшує прохідність техніки, зменшує ерозію, пиління і поверхневий стік. Пристовбурну смугу підтримують без бур’янів за допомогою мульчування, механічного обробітку, косарок, щіткових і пальцевих прополювачів, міжстовбурних культиваторів та фрез. Саме ця зона має

найбільше значення для модернізації ґрунтообробної фрези, оскільки вона потребує точності й безпечного обходу штамбів.

Фрезерний обробіток у саду застосовують для розпушування верхнього шару, знищення бур’янів, заробляння органічних решток і добрив. Проте надмірна глибина або частота фрезерування може погіршити структуру ґрунту, пошкодити корені та збільшити втрати вологи. Тому модернізація фрези має забезпечити регульовану глибину, копіювання поверхні, захист дерев і краплинних ліній, а також стабільну якість роботи за мінімального енергоспоживання.

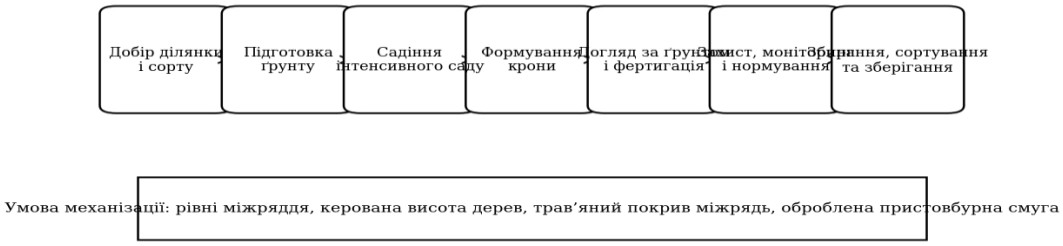



Рис. 1.3. Узагальнена технологічна схема вирощування яблук в інтенсивному саду

Таблиця 1.2 – Передові технологічні рішення для вирощування яблук

| Технологія | Мета | Очікуваний результат | Вимоги до машинного комплексу |
|---|---|---|---|
| Інтенсивний сад на слаборослих підщепах | Раннє плодоношення і висока якість | Стабільна врожайність, зручний догляд | Вузькі трактори, платформи, точні агрегати |
| Шпалерна система і плодова стіна | Краще освітлення та доступ техніки | Однорідне забарвлення, спрощений захист | Обприскувачі з направленим потоком, GPS |
| Краплинне зрошення і фертигація | Оптимізація води та живлення | Менше стресу, економія ресурсів | Фільтри, насоси, контролери, датчики вологості |
| Залуження міжрядь | Захист ґрунту і прохідність техніки | Менше ерозії, стабільний рух агрегатів | Косарки, мульчувачі, подрібнювачі |
| Механічна пристовбурна смуга | Контроль бур’янів без надмірної хімізації | Кращий водний режим і менша конкуренція | Фрези, щіткові та пальцеві пропалювачі |
| Цифровий моніторинг | Оперативні рішення щодо поливу й захисту | Менше втрат і точніше планування | Метеостанції, дрони, датчики, програмні платформи |

### 1.3. Сучасні засоби механізації технологічних операцій

Комплекс машин для вирощування яблук формується відповідно до операцій технологічної карти: передсадивна підготовка ґрунту, внесення добрив, садіння, монтаж шпалери, догляд за міжряддями і пристовбурною смугою, захист рослин, обрізування, збирання, транспортування, сортування та зберігання. На відміну від польових культур, сад має постійні багаторічні насадження, тому техніка повинна працювати у вузьких міжряддях, не пошкоджувати дерева, опори, краплинні лінії й захисні сітки.

Базовим енергетичним засобом у промисловому саду є садовий трактор із невеликою шириною, доброю маневреністю, захисною кабіною та можливістю агрегатування з навісними й причіпними машинами. Для міжрядного догляду застосовують роторні та молоткові косарки, мульчувачі, подрібнювачі гілок, культиватори й фрезерні робочі органи. Для захисту рослин використовують вентиляторні, тунельні та сенсорні обприскувачі, які зменшують знесення робочої рідини й витрати препарату.

Обрізування, проріджування та збирання залишаються трудомісткими операціями. У сучасних садах їх частково механізують за допомогою садових платформ, підйомників, акумуляторного інструменту, механічних контурних обрізувачів, контейнеровозів і навантажувачів. Повністю механічне збирання для свіжого ринку поки обмежене через ризик пошкодження плодів, тому головний резерв підвищення продуктивності полягає у стандартизації саду, використанні платформ і поліпшенні логістики контейнерів.

Ґрунтообробна фреза в такому комплексі виконує операцію, від якої залежить стан пристовбурної смуги та умови роботи інших агрегатів. Для сучасного саду фреза повинна мати регулювання глибини, захист від перевантаження, можливість бокового зміщення, копіювальне колесо, робочі органи для мілкого підрізання бур’янів і систему безпечного обходу штамба. Саме ці вимоги визначають напрям її конструктивної модернізації.

Таблиця 1.3 – Склад машинного комплексу для вирощування яблук

| Операція | Машини та обладнання | Основні вимоги | Значення для фрези |
|---|---|---|---|
| Передсадивна підготовка | Плуг, глибокорозпушувач, планувальник, фреза | Вирівнювання, розпушування, заробляння органіки | Формування якісного верхнього шару |
| Догляд за міжряддями | Косарка, мульчувач, подрібнювач гілок | Прохідність і захист ґрунту | Можливість комбінування з обробітком смуги |
| Пристовбурна смуга | Міжстовбурна фреза, щітковий або пальцевий прополювач | Точний обхід дерев, мала глибина | Головний об’єкт модернізації |
| Захист рослин | Вентиляторний або тунельний обприскувач | Рівномірне покриття крони | Рівне міжряддя поліпшує рух агрегату |
| Обрізування | Платформа, контурний обрізувач, ручний інструмент | Безпечність і точність | Ширина міжрядь має відповідати проходу техніки |
| Збирання і транспортування | Платформа, контейнеровоз, навантажувач | Мінімум пошкоджень і швидке вивезення | Якісна поверхня міжряддя знижує коливання |

### 1.4. Автоматизація та роботизація вирощування яблук

Автоматизація в садівництві розвивається у напрямі точного землеробства, коли рішення щодо поливу, живлення, захисту рослин і збирання приймаються на основі даних. До цифрового комплексу входять метеостанції, датчики вологості ґрунту, GPS-навігація, дрони, супутникові знімки, камери на тракторних платформах, карти врожайності та програмні системи обліку операцій. FAO підкреслює, що цифрові технології є важливим інструментом підвищення продуктивності та ресурсної ефективності аграрного виробництва.

У яблуневому саду метеостанція допомагає прогнозувати ризик парші, борошнистої роси, заморозків і теплового стресу. Датчики вологості дають змогу коригувати полив, а дрони та камери використовують для оцінки сили росту, густоти крони, забарвлення плодів, навантаження врожаєм і проблемних зон. На основі таких даних можна планувати диференційоване внесення добрив, строки захисту рослин і потребу в робочій силі.

Роботизація є перспективним, але ще не повністю масовим напрямом. У світі випробовують роботи для збирання яблук, обрізування, точного

обприскування, штучного запилення та перевезення контейнерів. Найкращі результати такі системи демонструють у молодих добре сформованих садах із плодовою стіною, де плоди доступні для камер і маніпуляторів. У складних старих кронах ефективність знижується через затінення, перекривання плодів листям і ризик механічних пошкоджень.

Для ґрунтообробної фрези перспективним є впровадження елементів автоматизації: датчика наближення до штамба, електрогідравлічного зміщення секції, контролю глибини, обмеження обертів ротора, GPS-моніторингу проходів і захисту від перевантаження. Такі рішення підвищують точність обробітку, зменшують пошкодження дерев і краплинних ліній та поліпшують безпечність роботи агрегату.




Рис. 1.4. Структурна схема автоматизації сучасного яблуневого саду.

**Висновки по розділу**

Аналіз показує, що сучасне вирощування яблук розвивається у напрямі інтенсивних садів, високої якості продукції, ресурсозбереження, точного догляду та цифрового моніторингу. Україна має значний виробничий потенціал, проте для посилення конкурентоспроможності необхідно підвищувати продуктивність промислових насаджень, розширювати сучасне зберігання, покращувати механізацію і зменшувати залежність від ручної праці.

Модернізація ґрунтообробної фрези є актуальною, оскільки догляд за пристовбурною смугою впливає на конкуренцію бур’янів, водний режим, стан ґрунту та умови руху інших машин. Перспективна фреза для яблуневого саду повинна працювати на малій глибині, точно копіювати поверхню, безпечно обходити штамби, не пошкоджувати корені й краплинні лінії та бути придатною для використання в інтенсивних садах.

# РОЗДІЛ 2
# ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК В ЗОНІ ПОЛІССЯ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

## 2.1. Природно-виробничі умови Полісся Житомирської області

Зона Полісся Житомирської області характеризується достатнім, але нерівномірним зволоженням, порівняно легкими за механічним складом ґрунтами, підвищеною кислотністю окремих ґрунтових відмін та ризиком перезволоження у понижених елементах рельєфу. Для садівництва це означає необхідність ретельного вибору ділянки, осушення або відведення надлишкової води, систематичного контролю кислотності ґрунту і впровадження ресурсозберігаючого обробітку, який не руйнує структуру верхнього шару. Проектована технологія має забезпечити стабільне плодоношення яблуні, ефективне використання машинно-тракторного парку та зменшення витрат ручної праці.

Для умов господарств Житомирського Полісся доцільно приймати інтенсивну або напівінтенсивну систему саду з ущільненим розміщенням дерев, опорною конструкцією, краплинним зрошенням, задернінням міжрядь і локальним доглядом за пристовбурними смугами. Саме локальний обробіток смуг є важливим для теми кваліфікаційної роботи, оскільки модернізація ґрунтообробної фрези повинна бути спрямована на підвищення якості розпушування, знищення бур’янів і зменшення пошкодження кореневої системи та штамбів дерев.

Таблиця 2.1 – Вплив умов Полісся Житомирської області на проектування технології вирощування яблук

| Показник | Характеристика для зони Полісся | Технологічне значення для саду |
|---|---|---|
| Ґрунтові умови | Переважають дерново-підзолисті, сірі лісові та супіщані ґрунти; можливе зниження вмісту гумусу і підвищена кислотність. | Потрібні вапнування за потреби, внесення органічної речовини, локальне удобрення і обережний обробіток. |
| Вологозабезпечення | Опадів загалом достатньо, але в окремі фази вегетації можливі посушливі періоди. | Доцільне краплинне зрошення та фертигація для підтримання стабільного росту плодів. |
| Температурний режим | Помірно тепле літо, прохолодна весна, ризик поворотних заморозків у фазу цвітіння. | Потрібні сорти з відповідною зимостійкістю, контроль строків захисту та агроприйоми проти заморозків. |
| Рельєф і дренаж | Кращими є рівні або слабкохвилясті ділянки без застою холодного повітря та води. | Сад закладають на вирівняних ділянках, передбачають водовідведення і технологічні проїзди. |
| Фітосанітарні ризики | В умовах підвищеної вологості зростає небезпека парші, борошнистої роси та плодових гнилей. | Потрібна система моніторингу, профілактичних і лікувальних обробок, санітарія саду. |




Рис. 2.1. Логіка вибору технологічних рішень для умов Полісся.

## 2.2. Вихідні параметри проєктованого яблуневого саду

Для проєктування технології приймається модель інтенсивного яблуневого саду площею 10 га. Такий розмір є зручним для розрахунку потреби в машинах, робочій силі та матеріальних ресурсах, а також дає можливість

оцінити продуктивність агрегатів у межах однієї виробничої дільниці. Сад передбачається закладеним на рівній або слабкохвилястій ділянці з технологічними розворотними смугами, внутрішніми дорогами, джерелом води для зрошення та місцем короткочасного накопичення контейнерів з плодами.

У розрахунках доцільно використовувати схему садіння 4,0 х 1,5 м. За такої схеми на 1 га розміщується близько 1667 дерев, а міжряддя шириною 4,0 м дають можливість працювати садовому трактору з ґрунтообробною фрезою, косаркою, обприскувачем і транспортними причепами. Пристовбурна смуга утримується у розпушеному або мульчованому стані, а міжряддя - у задерненому стані з періодичним скошуванням травостою.

Таблиця 2.2 – Вихідні параметри проектування інтенсивного яблуневого саду

| Параметр | Прийняте проектне значення | Обґрунтування |
|---|---|---|
| Площа саду | 10 га | Типова виробнича дільниця для організації комплексу машин і розрахунку технологічної карти. |
| Схема садіння | 4,0 х 1,5 м | Забезпечує механізований прохід агрегатів у міжряддях і достатню щільність насаджень. |
| Орієнтовна густота | 1667 дерев/га | Визначається діленням 10000 м2 на площу живлення одного дерева - 6,0 м2. |
| Підщепа | слаборосла або середньоросла, залежно від сорту і ґрунту | Сприяє ранньому вступу в плодоношення, формуванню компактної крони та зручності догляду. |
| Формування крони | струнке веретено або поліпшене веретено | Дає змогу механізувати догляд, поліпшує освітлення крони й якість плодів. |
| Утримання міжрядь | задерніння з косінням 5-7 разів за сезон | Зменшує ерозію, покращує прохідність техніки, стабілізує водний режим. |
| Утримання пристовбурної смуги | локальне розпушування фрезою, мульчування, контроль бур’янів | Знижує конкуренцію бур’янів і є основною операцією для модернізованої фрези. |
| Зрошення | краплинне з можливістю фертигації | Підтримує рівномірний водний і поживний режим, особливо під час росту плодів. |

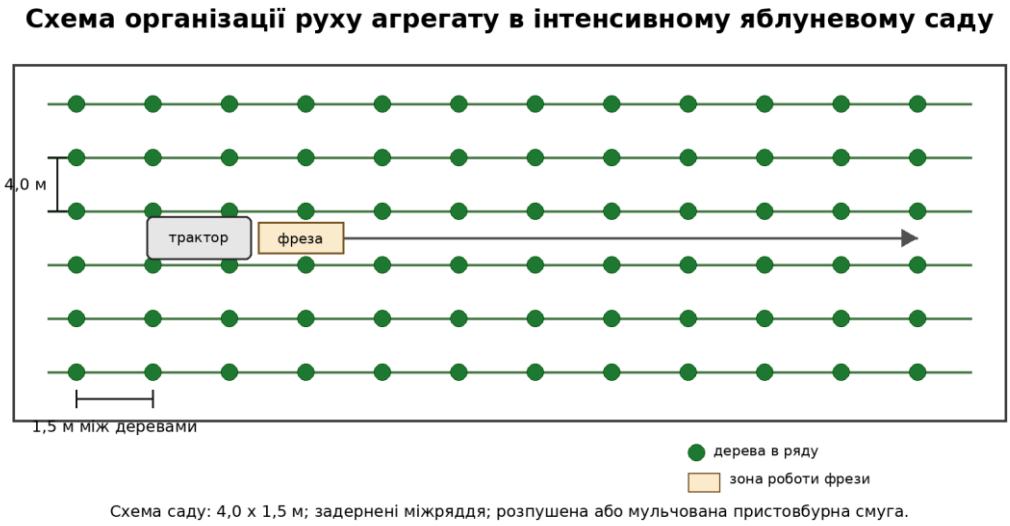



Рис. 2.2. Схема міжряддя, напряму руху агрегату та зони роботи фрези.

## 2.3. Обґрунтування системи вирощування та догляду за насадженнями

Проектована технологія вирощування яблук повинна поєднувати агротехнічні, механізовані та організаційні рішення. Основою технології є системний догляд за ґрунтом, кроною, водно-поживним режимом і фітосанітарним станом насаджень. У зоні Полісся важливе значення має підтримання оптимальної структури ґрунту, оскільки надмірне розпушування легких ґрунтів може спричинити втрату вологи, а надмірне ущільнення - погіршення аерації та розвитку кореневої системи.

Модернізована ґрунтообробна фреза у складі машинного комплексу розглядається як основний засіб для механізованого догляду за пристовбурними смугами і поверхневого обробітку міжрядь. Її застосування доцільно обмежувати агротехнічними строками, коли ґрунт має фізичну стиглість, а обробіток не призводить до замазування поверхні або утворення брил. Глибина фрезерування в зоні активного розміщення коренів не повинна бути надмірною; оптимальним є поверхневий обробіток на 6-12 см, залежно від засміченості, вологості та стану ґрунту.

Таблиця 2.3 – Система технологічних рішень для вирощування яблук

| Елемент технології | Проектне рішення | Очікуваний ефект |
|---|---|---|
| Обробіток ґрунту | Задернені міжряддя, локальне фрезерування пристовбурних смуг, мульчування рослинними рештками. | Зменшення бур'янів, покращення структури ґрунту, зниження витрат пального порівняно з суцільним обробітком. |
| Живлення рослин | Основне внесення фосфорно-калійних добрив восени; азотні підживлення навесні; фертигація в період росту плодів. | Рівномірне живлення, зниження втрат добрив, підвищення товарності плодів. |
| Зрошення | Краплинна система з контролем вологості ґрунту. | Стабільний приріст і формування плодів, раціональне використання води. |
| Захист рослин | Інтегрована система: моніторинг, профілактика, обприскування за фазами розвитку та погодними умовами. | Зменшення втрат урожаю від хвороб і шкідників, підвищення якості продукції. |
| Формування крони | Регулярне зимово-весняне обрізування, літні зелені операції за потреби. | Поліпшення освітлення, вирівнювання врожаю, зручність механізованих робіт. |
| Збирання | Ручне знімання плодів у контейнери з використанням платформ, причепів і навантажувача. | Зменшення пошкодження плодів, підвищення продуктивності праці. |

## 2.4. Проєктування технологічного процесу

Технологічний процес вирощування яблук у плодоносному саду має циклічний характер і повторюється щорічно. Його структура формується відповідно до фенологічних фаз яблуні: період спокою, набубнявіння бруньок, цвітіння, зав'язування плодів, інтенсивний ріст плодів, достигання, збирання та підготовка насаджень до перезимівлі. Для кожної фази встановлюються відповідні операції, а машинний комплекс повинен забезпечити їх виконання у стислі агротехнічні строки.

Основною вимогою до проектування є узгодження строків робіт із фактичним станом саду. Наприклад, фрезерування пристовбурних смуг проводять після підсихання ґрунту і появи бур'янів, але до утворення щільної кірки та надмірного розвитку рослинності. Обприскування виконують з урахуванням погодних умов, фази розвитку дерев і прогнозу хвороб. Косіння

міжрядь планують так, щоб травостій не перешкоджав роботі обприскувача та збиральних платформ.

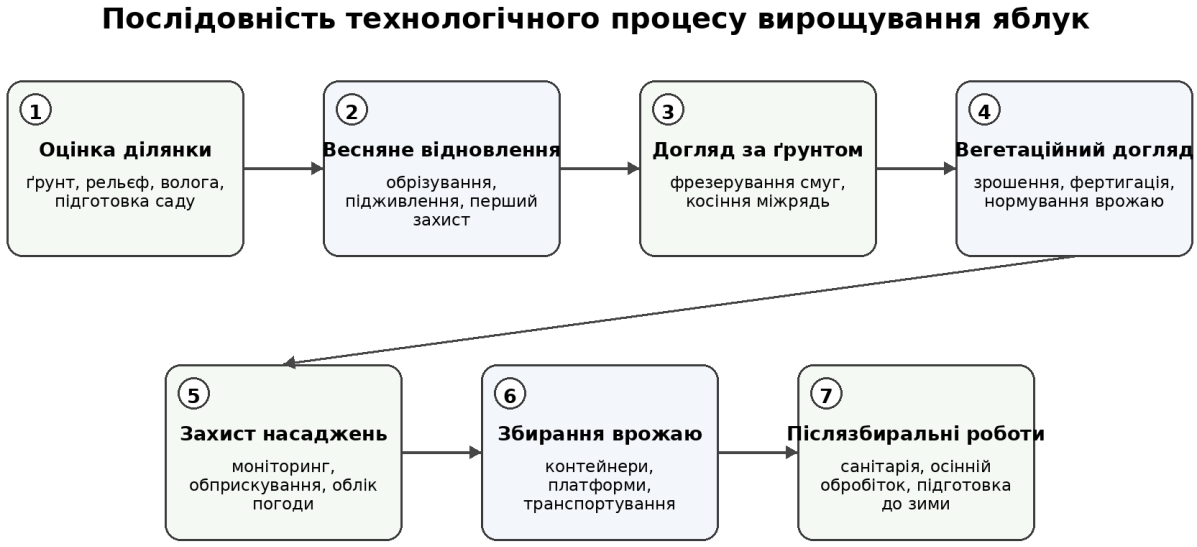



Рис. 2.3. Послідовність виконання основних технологічних операцій

Таблиця 2.4 – Календарне проектування робіт у яблуневому саду.

| Період | Основні роботи | Особливості організації |
|---|---|---|
| Січень - березень | Зимово-весняне обрізування, ремонт шпалери, підготовка техніки. | Роботи виконують у суху погоду; обрізки подрібнюють або вивозять із саду. |
| Березень - квітень | Ранньовесняне підживлення, перший захист, підготовка ґрунту. | Операції узгоджують з відтаванням і фізичною стиглістю ґрунту. |
| Квітень - травень | Фрезерування смуг, косіння, захист від хвороб і шкідників, контроль заморозків. | Найбільш відповідальний період для збереження цвіту та зав’язі. |
| Червень - серпень | Зрошення, фертигація, повторні фрезерування, косіння, обприскування, зелені операції. | Підтримують водний режим і чистоту пристовбурних смуг. |
| Серпень - жовтень | Збирання врожаю за сортами, транспортування, післязбиральна санітарія. | Збирання проводять вибірково у фазу знімальної стиглості. |
| Жовтень - листопад | Осіннє удобрення, вологозарядкове зрошення за потреби, підготовка до зими. | Після завершення листопаду контролюють стан штамбів і опорної системи. |

## 2.5. Комплекс машин для реалізації проектованої технології

Комплекс машин формується з урахуванням ширини міжрядь, площі саду, строків виконання робіт і можливості агрегатування з наявними тракторами. Для інтенсивного саду доцільно застосовувати маневрені трактори потужністю 45-80 к. с. з малим радіусом повороту, захисними дугами або кабіною, справними гальмами і можливістю роботи з навісними та причіпними машинами. У роботі приймається, що основним енергетичним засобом є трактор класу 0,9-1,4, а ключовою машиною для дослідження є модернізована ґрунтообробна фреза.

Модернізація фрези має бути спрямована на підвищення якості кришіння ґрунту, стабілізацію глибини ходу, зменшення забивання рослинними рештками і безпечну роботу поблизу ряду дерев. Для садових умов важливими є наявність захисних кожухів, можливість регулювання робочої ширини або зміщення робочого органу, плавне входження ножів у ґрунт, а також обмеження глибини, щоб не пошкоджувати коріння.




Рис.2.4. Комплекс машин і обладнання для проектованої технології.

Таблиця 2.5 – Рекомендований комплекс машин для яблуневого саду

| Група робіт | Машини та обладнання | Призначення у технології |
|---|---|---|
| Основний енергетичний засіб | Садовий трактор або трактор МТЗ-82.1 / аналог потужністю 60-80 к. с. | Агрегатування фрези, косарки, обприскувача, причепів, розкидача добрив. |
| Догляд за ґрунтом | Модернізована ґрунтообробна фреза, садова косарка, подрібнювач гілок, легкий культиватор. | Розпушування смуг, контроль бур'янів, підтримання задернених міжрядь. |
| Удобрення | Розкидач мінеральних добрив, цистерна для рідких добрив, фертигаційний вузол. | Основне і локальне внесення добрив, живлення через краплинну систему. |
| Захист рослин | Садовий вентиляторний обприскувач 1000-2000 л, метеостанція, засоби моніторингу. | Обробка крони проти хвороб і шкідників, точні строки обприскування. |
| Зрошення | Насосна станція, фільтри, магістралі, краплинні лінії, датчики вологості. | Підтримання оптимальної вологості в зоні коренів. |
| Догляд за кроною | Садові платформи, секатори, пилки, подрібнювач обрізків. | Обрізування, формування крони, подрібнення гілок. |
| Збирання і транспорт | Контейнери, контейнеровоз, причепи, фронтальний навантажувач або вилковий навантажувач. | Збирання, внутрішньогосподарське транспортування, завантаження продукції. |

## 2.6. Технологічна карта вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області

Технологічну карту складено для плодоносного інтенсивного яблуневого саду площею 10 га. Показники продуктивності і строків наведені як проектні, тому під час упровадження вони уточнюються відповідно до сорту, віку насаджень, фактичної врожайності, погодних умов, технічного стану машин і забезпеченості працівниками. Операції з догляду за ґрунтом виділено окремо, оскільки вони пов'язані з модернізацією ґрунтообробної фрези.

Таблиця 2.6 – Технологічна карта вирощування яблук у плодоносному саду площею 10 га

| № | Технологічна операція | Агротехнічні вимоги | Строк виконання | Склад агрегату / обладнання | Кратність | Обсяг для 10 га | Орієнтовна продуктивність | Контроль якості |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Огляд саду після зими, ремонт шпалери, очищення ділянки | Виявити пошкоджені дерева, опори, дріт, місця перезволоження; прибрати сторонні предмети. | березень | ручний інструмент, трактор з причепом | 1 | 10 га | 1,0-1,5 га/зміну | повнота огляду, відсутність перешкод для агрегатів |
| 2 | Зимово-весняне обрізування дерев | Видалити сухі, пошкоджені, загущувальні пагони; зберегти провідник і плодові утворення. | лютий-квітень | садова платформа, секатори, пилки | 1 | 10 га | 0,2-0,4 га/зміну на ланку | освітленість крони, відсутність пеньків і розщеплень |
| 3 | Подрібнення обрізаних гілок у міжряддях | Гілки рівномірно розкласти в міжрядді, подрібнити до часток, що не заважають руху техніки. | березень-квітень | трактор + подрібнювач гілок | 1 | 10 га | 0,8-1,2 га/год | немає валків, рівномірне подрібнення |
| 4 | Ранньовесняне внесення азотних добрив | Внести дозу за результатами аналізу ґрунту і станом дерев; не допускати перекриттів. | березень-квітень | трактор + розкидач добрив | 1 | 10 га | 4-6 га/год | рівномірність розподілу, дотримання норми |
| 5 | Перше фрезерування пристовбурних смуг | Обробіток на 6-10 см після підсихання ґрунту; не пошкоджувати штамби і корені. | квітень-травень | трактор + модернізована ґрунтообробна фреза | 1 | 10 га | 0,4-0,9 га/год | глибина, кришіння, чистота смуги, відсутність пошкоджень дерев |
| 6 | Косіння травостою у міжряддях | Скошувати траву за висоти 15-20 см; залишати подрібнену масу як мульчу. | травень-вересень | трактор + садова косарка | 5-7 | 50-70 га проходів | 1,2-1,8 га/год | рівномірна висота зрізу, немає пропусків |
| 7 | Захист від хвороб і шкідників | Обприскувати за фазами розвитку та моніторингом; забезпечити рівномірне покриття крони. | квітень-серпень | трактор + садовий обприскувач | 10-14 | 100-140 га проходів | 3-5 га/год | якість покриття, витрата робочої рідини, безпека праці |
| 8 | Краплинне зрошення і фертигація | Підтримувати вологість у кореневмісному шарі; подавати добрива малими дозами. | травень-серпень | насос, фільтри, краплинні лінії, фертигаційний вузол | за потреби | 10 га | залежить від витрати системи | вологість ґрунту, рівномірність подачі води |
| 9 | Повторне фрезерування смуг / механічний контроль бур’янів | Працювати по фізично стиглому ґрунту; глибина 6-12 см; не утворювати брил. | травень-серпень | трактор + модернізована фреза | 2-4 | 20-40 га проходів | 0,4-0,9 га/год | знищення бур’янів, рівність поверхні, глибина ходу |
| 10 | Позакореневе підживлення і регуляційні обробки | Виконувати за потреби, у безвітряну погоду, не перевищувати робочі концентрації. | травень-липень | трактор + обприскувач | 3-5 | 30-50 га проходів | 3-5 га/год | рівномірне нанесення, відсутність опіків листків |
| 11 | Літні зелені операції і нормування врожаю | Видалити зайві пагони, за потреби прорідити зав’язь для отримання товарного розміру плодів. | червень-липень | садова платформа, ручний інструмент | 1-2 | 10-20 га проходів | 0,3-0,6 га/зміну | освітленість крони, рівномірне навантаження плодами |
| 12 | Збирання яблук за сортами | Знімати плоди у знімальній стиглості, не допускати ударів і падіння в тару. | серпень-жовтень | садові платформи, контейнери, причепи, навант. | за сортами | 200-300 т при 20-30 т/га | 0,8-1,5 т/люд.-день | товарність, відсутність механічних пошкоджень |
| 13 | Транспортування плодів до пункту доробки | Контейнери перевозити без різких поштовхів, забезпечити короткий шлях від саду до сховища. | серпень-жовтень | трактор + контейнеровоз / причіп | за потреби | 200-300 т | залежить від відстані | цілісність тари, мінімум пошкоджень плодів |
| 14 | Осіннє удобрення і післязбиральний догляд | Внести фосфорно-калійні добрива, виконати санітарні заходи, підготувати сад до зими. | жовтень-листопад | трактор + розкидач, обприскувач, причіп | 1 | 10 га | 4-6 га/год для внесення | дотримання норм, санітарний стан саду |

## 2.7. Організація виконання механізованих робіт

Ефективність технології залежить не лише від наявності машин, а й від правильної організації їх роботи. У плодовому саду значна частина операцій виконується у вузьких міжряддях, тому важливими є маневреність агрегату, правильний вибір швидкості руху, підготовка розворотних смуг і недопущення пошкодження штамбів. Перед початком сезону складають графік роботи машин, перевіряють справність гідросистеми, валів відбору потужності, захисних кожухів, робочих органів, освітлення і гальм.

Для операцій з фрезерування найбільш раціональним є човниковий рух по міжряддях з розворотом на спеціально підготовлених смугах. Робоча швидкість повинна забезпечувати якісне кришіння ґрунту без викидання грудок на штамби дерев. У випадку підвищеної вологості або наявності ущільненої кірки фрезерування переносять до настання фізичної стиглості ґрунту. На поворотах робочі органи піднімають, а вал відбору потужності вимикають або переводять у безпечний режим відповідно до конструкції агрегату.

Таблиця 2.7 – Організаційні вимоги до виконання механізованих робіт

| Операція | Основні вимоги до організації | Критерій раціональності |
|---|---|---|
| Фрезерування смуг | Попередній огляд міжрядь, вибір глибини 6-12 см, робота без різких маневрів, дотримання захисної відстані до дерев. | Висока якість розпушування без пошкодження насаджень. |
| Косіння міжрядь | Робота після підсихання рослинності, регулювання висоти зрізу, уникнення намотування трави. | Рівна поверхня міжряддя і добра прохідність техніки. |
| Обприскування | Робота за швидкості вітру, що не спричиняє знесення крапель; калібрування форсунок і тиску. | Повне покриття крони при мінімальних втратах препарату. |
| Збирання | Рух платформ і причепів по визначених маршрутах, своєчасне вивезення контейнерів. | Зменшення простоїв збиральників і пошкодження плодів. |

## 2.8. Контроль якості технологічних операцій

Контроль якості у проектованій технології виконується механізатором, агрономом і відповідальною особою за машинно-тракторний парк. Його завданням є своєчасне виявлення відхилень від агротехнічних вимог і

недопущення накопичення помилок протягом сезону. Особливої уваги потребує робота модернізованої фрези, оскільки неправильне регулювання глибини, частоти обертання або зміщення робочого органу може спричинити травмування коренів, викидання ґрунту на штамби, утворення гребенів і нерівномірне знищення бур'янів.

Для фрезерування пристовбурних смуг контролюють глибину обробітку, ступінь кришіння ґрунту, рівність поверхні, ширину обробленої смуги, наявність необроблених ділянок і механічні пошкодження дерев. Вимірювання глибини проводять у кількох точках по довжині проходу, а стан поверхні оцінюють візуально та за допомогою контрольної рейки. Якщо якість не відповідає вимогам, регулюють опорні колеса, кут атаки або положення робочого органу, а також змінюють швидкість руху.

Таблиця 2.8 – Контроль якості основних технологічних операцій

| Показник контролю | Нормативне або проектне значення | Метод перевірки |
|---|---|---|
| Глибина фрезерування | 6-12 см залежно від вологості та засміченості | Вимірювання лінійкою або щупом у 5-10 точках проходу. |
| Ширина обробленої смуги | Відповідно до налаштування фрези і схеми саду | Вимірювання рулеткою після проходу агрегату. |
| Пошкодження дерев | Не допускаються пошкодження штамбів і скелетних коренів | Візуальний огляд ряду після роботи агрегату. |
| Кришіння ґрунту | Переважання дрібних і середніх агрегатів без великих брил | Огляд поверхні та порівняння з агротехнічними вимогами. |
| Знищення бур'янів | Не менше 90 % у зоні проходу робочих органів | Огляд контрольних ділянок до і після обробітку. |
| Якість обприскування | Рівномірне покриття крони без стікання робочої рідини | Візуальний огляд, водочутливий папір за потреби. |
| Якість збирання | Плоди зняті без ударів, відсутні домішки листя і гілок у тарі | Огляд контейнерів і відбір контрольної проби. |

**Висновки по розділу**

У другому розділі спроектовано технологію вирощування яблук для зони Полісся Житомирської області з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов,

потреби у стабільному водно-поживному режимі та необхідності механізованого догляду за міжряддями і пристовбурними смугами. Запропоновано інтенсивну систему саду зі схемою садіння 4,0 х 1,5 м, задернінням міжрядь, краплинним зрошенням і локальним обробітком ґрунту модернізованою фрезою.

Складена технологічна карта охоплює повний цикл робіт у плодоносному саду: весняне відновлення насаджень, обрізування, удобрення, фрезерування, косіння, захист, зрошення, збирання та післязбиральний догляд. Основним напрямом удосконалення комплексу машин визначено підвищення якості роботи ґрунтообробної фрези, що дає змогу зменшити ручну працю, покращити стан пристовбурних смуг і забезпечити стабільні умови росту дерев.

# РОЗДІЛ 3
# ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ

У цьому розділі подано перероблений варіант операційної технології фрезерного обробітку ґрунту в міжряддях яблуневого саду. Матеріал зорієнтовано на умови зони Полісся Житомирської області та на використання машинно-тракторного агрегату у складі трактора ЮМЗ-6Л і ґрунтообробної фрези ФПШ-200, модернізованої для роботи в садових насадженнях. Операція спрямована на розпушення верхнього шару ґрунту, знищення бур’янів, вирівнювання поверхні міжрядь і створення умов для кращого водно-повітряного режиму кореневмісного шару.

## 3.1. Умови виконання операції

Фрезерування ґрунту доцільно виконувати після попереднього огляду садового масиву, коли вологість ґрунту забезпечує якісне кришіння без налипання на робочі органи. Для яблуневого саду Полісся характерними є легкі та середні за механічним складом ґрунти, місцями з підвищеною кислотністю і схильністю до ущільнення у коліях техніки. Тому глибина та швидкість обробітку мають добиратися так, щоб не пошкоджувати кореневу систему дерев і не утворювати надмірно розпиленого шару.

Оброблювану ділянку розглядаємо як виробничий квартал саду з прямолінійними міжряддями. Робочий хід агрегату організовується вздовж рядів дерев, а повороти виконуються на розворотних смугах. Перед початком роботи уточнюють ширину міжрядь, наявність опор шпалери або системи краплинного зрошення, розміщення молодих і плодоносних дерев, а також межі безпечного наближення робочих органів фрези до штамбів.

Таблиця 3.1 – Вихідні умови виконання фрезерного обробітку

| Показник | Прийнята характеристика |
|---|---|
| Зона виконання робіт | Полісся Житомирської області |
| Культура | Яблуня, промисловий сад |
| Тип робіт | Міжрядний фрезерний обробіток ґрунту |
| Орієнтовні розміри ділянки | довжина гону – 1875 м; ширина масиву – 800 м |
| Рельєф | рівнинні ділянки або схили до 1,5–3° для промислових насаджень |
| Агрофон | міжряддя саду після попередніх доглядових операцій |
| Обмеження | камені, великі грудки, залишки дроту, кілків та інші сторонні предмети не допускаються |

### 3.2. Агротехнічні вимоги до операції

Якість роботи ґрунтообробної фрези визначається рівномірністю розпушення, ступенем подрібнення грудок, повнотою підрізання бур’янів і відсутністю пошкоджень дерев. На відміну від суцільного польового обробітку, у саду особливу увагу приділяють точності ведення агрегату в міжрядді, обмеженню робочої зони біля штамбів та збереженню структури верхнього шару ґрунту.

Фрезерування рекомендується проводити за вологості ґрунту, за якої ґрунт легко кришиться і не розмазується. Надмірно сухий ґрунт призводить до підвищення запиленості та швидкого зношування ножів, а перезволожений — до налипання, погіршення кришіння і збільшення витрат енергії. Під час роботи не допускається захоплення фрезою каміння, металевих предметів, залишків шпалерного дроту або елементів зрошувальної системи.

Таблиця 3.2 – Основні агротехнічні показники операції

| Показник якості | Нормативне або рекомендоване значення |
|---|---|
| Вологість ґрунту | до 23 % |
| Твердість ґрунту | до 6 МПа |
| Допустимий схил під час роботи агрегату | до 8° за безпечних умов руху |
| Глибина інтенсивного кришіння верхнього шару | 6–8 см |

Продовження таблиці 3.2

| | |
|---|---|
| Загальна глибина розпушення | до 16 см |
| Переважний розмір грудок у шарі 0–8 см | до 25 мм |
| Грудки понад 100 мм | не допускаються |
| Підрізання бур’янів у межах робочої ширини | повне |
| Висота гребенів після проходу агрегату | не більше 2 см |

### 3.3. Технологічна підготовка агрегату до роботи

Підготовка машинно-тракторного агрегату починається з перевірки технічного стану трактора, справності навісної системи, карданної передачі та захисних кожухів. Після цього оглядають фрезу: перевіряють кріплення ножів, відсутність тріщин на дисках і валах, стан підшипникових вузлів, редуктора, опорних коліс і регулювальних елементів. Ножі з деформаціями, тріщинами або надмірним спрацюванням замінюють до виїзду в сад.

Після з’єднання фрези з трактором виконують технологічне налаштування. Глибину обробітку встановлюють опорними колесами або регулювальними полозками, горизонтальність рами перевіряють на рівному майданчику, а робочу ширину узгоджують із шириною міжряддя. У садових умовах особливо важливо перевірити, щоб крайні робочі органи не заходили в зону кореневої шийки і не торкалися системи краплинного зрошення.




Рис. 3.1. Схема технологічної підготовки агрегату до роботи

Таблиця 3.3 – Налаштування агрегату перед початком роботи

| Елемент підготовки | Зміст виконання | Очікуваний результат |
|---|---|---|
| Трактор | перевірити рівень пального, мастила, тиск у шинах, роботу гальм і ВВП | агрегат готовий до безпечного руху |
| Фреза | оглянути ножі, кожухи, редуктор, підшипники та кріплення | виключено поломки й викидання предметів |
| Навішування | з’єднати фрезу з трактором без ривків, зафіксувати пальці та запобіжні елементи | надійне зчеплення машини з трактором |
| Регулювання глибини | встановити опорні колеса на задану глибину 6–16 см | стабільна глибина обробітку |
| Пробний прохід | обробити коротку ділянку й оцінити кришіння, рівність та відсутність пошкоджень дерев | уточнення режиму перед основною роботою |

### 3.4. Склад агрегату та обґрунтування робочого режиму

Для виконання операції приймається агрегат у складі трактора ЮМЗ-6Л і ґрунтообробної фрези ФПШ-200. У межах кваліфікаційної роботи фреза розглядається як об’єкт модернізації, тому під час вибору режиму роботи враховується не лише тягове навантаження на трактор, а й стабільність приводу робочих органів, якість кришіння ґрунту та безпечна робота в обмеженому просторі міжрядь.

Фрезерування може виконуватись на кількох робочих передачах трактора. Для порівняння приймаємо три можливі швидкісні режими: $V_{р1}$ = 4,24 км/год; $V_{р2}$ = 4,73 км/год; $V_{р3}$ = 5,26 км/год. Зі збільшенням швидкості підвищується продуктивність, але водночас зростає динамічне навантаження на фрезу, погіршується контроль траєкторії руху в саду і може знижуватися якість розпушення. Тому остаточний режим добирають за коефіцієнтом використання тягового зусилля і за результатами пробного проходу.

Тяговий опір робочої машини визначають з урахуванням сили кочення, ухилу ділянки та потужності, потрібної для приводу активних робочих органів. У загальному вигляді розрахунок опору фрезерного агрегату можна подати так:

$$R_м = G_м \cdot (f + i) + 3{,}6 \cdot N / (V_р \cdot \eta),\ кН \qquad (3.1)$$

де $R_м$ – сумарний опір машини, кН; $G_м$ – експлуатаційна вага фрези, кН; f – коефіцієнт опору коченню; і – величина ухилу; N – потужність, необхідна для приводу робочих органів, кВт; Vр – робоча швидкість, км/год; η – коефіцієнт корисної дії передачі потужності до робочих органів.

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора застосовують для перевірки, чи не перевищує навантаження допустимі межі:

$$\xi = R_м / P_т \quad (3.2)$$

де ξ – коефіцієнт завантаження трактора; $P_т$ – тягове зусилля трактора на вибраній передачі. Для стабільної роботи агрегату бажано, щоб коефіцієнт завантаження не наближався до граничного значення, оскільки запас тягового зусилля потрібний для подолання ущільнених ділянок, невеликих ухилів і нерівностей міжрядь.

Таблиця 3.4 – Порівняння можливих швидкісних режимів агрегату

| Режим | Швидкість, км/год | Оцінка роботи | Рішення |
|---|---|---|---|
| $V_{р1}$ | 4,24 | найкраща керованість у міжрядді, стабільна глибина, помірне навантаження | приймається як основний |
| $V_{р2}$ | 4,73 | продуктивність вища, однак потрібний уважніший контроль траєкторії | допускається на рівних ділянках |
| $V_{р3}$ | 5,26 | зростає ризик погіршення кришіння і перевантаження приводу | використовувати обмежено |

Для подальших розрахунків приймаємо перший робочий режим зі швидкістю 4,24 км/год. За робочої ширини фрези 2,0 м теоретична продуктивність агрегату становить:

$$W_т = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р = 0{,}1 \cdot 2{,}0 \cdot 4{,}24 = 0{,}85 \text{ га/год} \quad (3.3)$$

З урахуванням поворотів, технологічних зупинок, контролю якості та регулювань коефіцієнт використання часу зміни приймаємо 0,75. Тоді орієнтовна змінна продуктивність становить:

$$W_{ек} = W_т \cdot \tau = 0{,}85 \cdot 0{,}75 = 0{,}64 \text{ га/год} \quad (3.4)$$

### 3.5. Підготовка садового масиву

Підготовка ділянки є обов’язковою умовою якісного й безпечного виконання операції. До виїзду агрегату в сад проводять огляд міжрядь, прибирають каміння, металеві предмети, залишки пакувальних матеріалів, гілки після обрізування та інші перешкоди. Окремо перевіряють розташування краплинних трубок, опорних стовпів, якорів шпалери й межі кварталу, оскільки їх пошкодження може призвести до зупинки роботи та додаткових витрат.

Після огляду уточнюють напрямок руху агрегату, місця розворотів, порядок обробітку міжрядь і точки контролю якості. Якщо на ділянці є перезволожені місця, їх обробляють пізніше або обходять, щоб не спричинити ущільнення ґрунту і пробуксовування трактора.

Таблиця 3.5 – Порядок підготовки садового кварталу

| Етап | Зміст робіт | Призначення |
|---|---|---|
| 1 | огляд міжрядь і розворотних смуг | виявлення небезпечних або складних місць |
| 2 | прибирання гілок, каміння, сторонніх предметів | захист ножів фрези і підвищення якості роботи |
| 3 | перевірка краплинного зрошення та опор | запобігання пошкодженню інфраструктури саду |
| 4 | позначення перешкод і меж обробітку | підвищення безпеки руху агрегату |
| 5 | вибір напрямку руху і місць розвороту | скорочення холостих ходів і втрат часу |

### 3.6. Вибір способу руху агрегату

Для фрезерного обробітку міжрядь яблуневого саду найбільш доцільним є гоновий, або човниковий, спосіб руху. Агрегат проходить одне міжряддя в прямому напрямку, виконує розворот на краю кварталу і повертається сусіднім міжряддям. Така схема забезпечує просту організацію роботи, зменшує кількість складних маневрів і дає змогу механізатору постійно контролювати положення фрези відносно ряду дерев.

Холості ходи в саду неминучі, оскільки вони пов’язані з розворотами та переїздами між міжряддями. Проте їх частку можна зменшити правильним вибором ширини розворотної смуги, послідовності обробітку й напрямку руху. На коротких ділянках частка холостого ходу може істотно зростати, тому за

можливості доцільно обробляти квартал довгими проходами без зайвих переїздів.

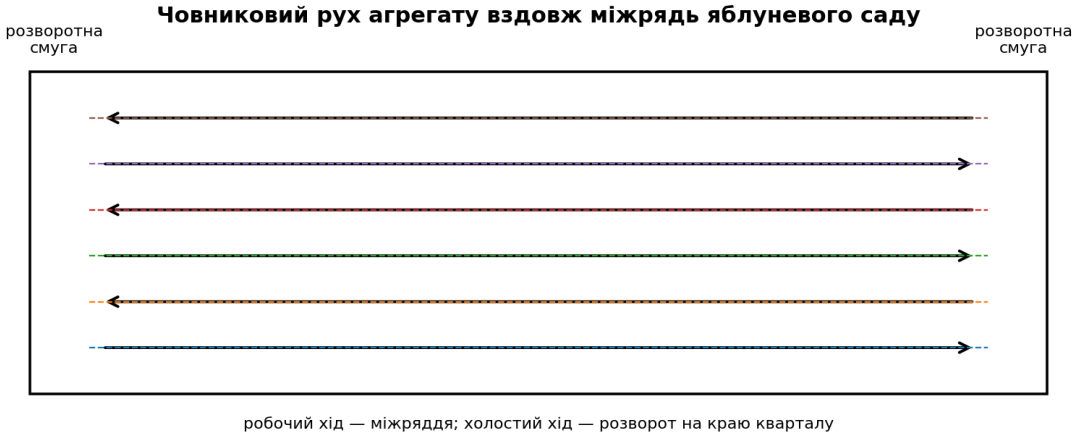



Рис. 3.2. Схема човникового руху агрегату в міжряддях саду.

Під час руху механізатор повинен дотримуватися сталої швидкості, не допускати різких поворотів із заглибленими робочими органами та виконувати розвороти лише після повного виведення фрези з робочого положення. За наявності схилу перевагу надають руху вздовж напрямку, який забезпечує найменшу небезпеку бокового зсуву агрегату і найкраще збереження ґрунтової поверхні.

### 3.7. Контроль якості виконання операції

Контроль якості фрезерування проводиться на початку роботи, після пробного проходу, а також періодично протягом зміни. Первинну оцінку виконує механізатор разом з агрономом або відповідальною особою. За потреби коригують глибину обробітку, швидкість руху, положення опорних коліс і траєкторію ведення агрегату.

Основними показниками контролю є фактична глибина розпушення, розмір грудок, рівність поверхні, відсутність необроблених смуг, повнота знищення бур’янів і безпечна відстань до дерев. Якість вважається задовільною, якщо фреза забезпечує рівномірне кришіння ґрунту, не утворює високих гребенів і не збільшує вміст ерозійно небезпечних пилуватих частинок у верхньому шарі.

Таблиця 3.6 – Показники контролю якості фрезерування

| Показник | Метод контролю | Допустиме значення |
|---|---|---|
| Глибина обробітку | вимірювання лінійкою або щупом у кількох точках проходу | 6–16 см залежно від завдання |
| Кришіння ґрунту | візуальна оцінка та відбір проб | переважно грудки до 25 мм у верхньому шарі |
| Наявність великих грудок | огляд поверхні після проходу | грудки понад 100 мм не допускаються |
| Підрізання бур’янів | огляд робочої смуги | бур’яни мають бути повністю підрізані |
| Рівність поверхні | візуальний огляд і вимірювання гребенів | висота гребенів не більше 2 см |
| Стан дерев і обладнання саду | огляд рядів після проходу агрегату | пошкодження штамбів, опор і трубок зрошення не допускаються |

### 3.8. Вимоги безпеки під час виконання операції

До роботи з агрегатом допускаються лише працівники, які мають право керування трактором відповідної категорії, пройшли інструктаж з охорони праці та знають будову фрези, порядок її регулювання і правила безпечного обслуговування. Перед початком зміни перевіряють справність огороджень, карданної передачі, захисного кожуха, зчіпних пристроїв і сигналізації трактора.

Навішування фрези на трактор виконують на рівному майданчику. Трактор подають до машини заднім ходом плавно, без ривків і лише за сигналами працівника, який перебуває поза небезпечною зоною. Забороняється виконувати регулювання, очищення ножів або усунення несправностей при ввімкненому двигуні чи обертанні робочих органів. Особливої обережності потребує робота з ножами фрези, оскільки їхні гострі кромки можуть спричинити травмування під час монтажу та обслуговування.

Таблиця 3.7 – Небезпечні фактори та запобіжні заходи

| Небезпечний фактор | Можливі наслідки | Запобіжний захід |
|---|---|---|
| обертання ножового барабана | травмування працівника | не наближатися до фрези під час роботи, не знімати кожухи |
| викидання каміння або грудок | пошкодження техніки, травми | попередньо очищати міжряддя, використовувати захисний кожух |
| карданна передача | захоплення одягу або предметів | працювати тільки з цілими огородженнями |
| рух у вузьких міжряддях | пошкодження дерев або зрошення | дотримуватися сталої траєкторії та безпечної швидкості |
| обслуговування ножів | порізи рук | використовувати рукавиці, фіксувати робочі органи, вимикати двигун |

**Висновок по розділу**

Операційна технологія фрезерного обробітку ґрунту в яблуневому саду передбачає чітку підготовку ділянки, налаштування агрегату, вибір раціонального швидкісного режиму та постійний контроль якості. Для умов Полісся Житомирської області доцільно застосовувати помірну швидкість руху 4,24 км/год, що забезпечує кращу керованість агрегату в міжряддях, стабільну глибину обробітку і зменшення ризику пошкодження дерев. Прийнята технологія може бути використана як основа для подальшого обґрунтування модернізації ґрунтообробної фрези та оцінки ефективності її застосування у комплексі машин для вирощування яблук.

# РОЗДІЛ 4
# ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

## 4.1. Початкові дані для розрахунку

Проєктована фреза призначена для розпушування ґрунту в міжряддях саду. Для подальших розрахунків приймаються такі вихідні величини: ширина захвату $B$ = 2,5 м, робоча швидкість агрегату $V_м$ = 4,2 км/год, глибина обробітку $h$ = 12 см, питомий опір деформації ґрунту $\rho$ = 35 МПа.

## 4.2. Визначення основних параметрів фрези з горизонтальною віссю обертання

Загальна схема ґрунтообробної фрези, що може використовуватися для польового обробітку або в ягідниках, наведена на рис. 1.

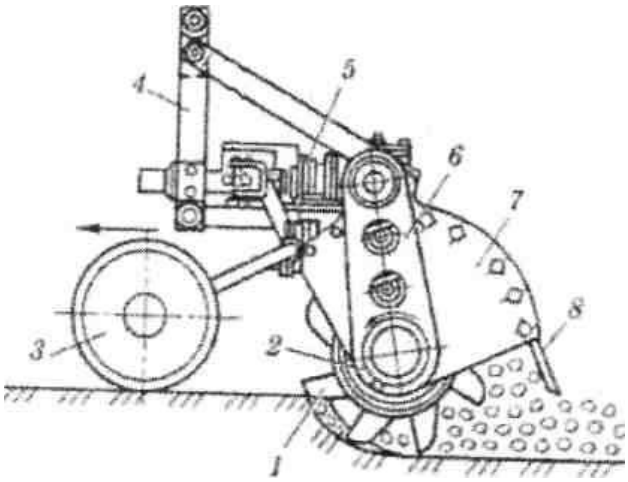



Рис. 4.1. Схема ґрунтообробної фрези: 1 – ніж; 2 – барабан; 3 – опорне колесо; 4 – навіска; 5 і 6 – редуктори; 7 – кожух; 8 – решітка.

### 4.2.1. Діаметр фрезерного барабана

Діаметр барабана D, визначений за кінцями ножів, добирають так, щоб робочі органи забезпечували задану глибину обробітку h. При цьому в ґрунт повинні занурюватися тільки ножі, тоді як інші елементи барабана мають проходити над поверхнею поля з мінімальним технологічним зазором 50...60

мм. Для більшості ґрунтообробних фрез орієнтовне співвідношення становить D = (2,5...3,5)h.

$$D = 3 \cdot 0,12 = 0,36 \text{ м}$$

**4.2.2. Кількість ножів на одному диску**

Кількість ножів z визначають з урахуванням двох основних вимог: забезпечення потрібної подачі на ніж і зменшення гребенистості дна борозни. Ці показники безпосередньо впливають на якість виконання агротехнічної операції. Згідно з рекомендаціями та аналізом конструкцій фрез [2, 5], найпоширенішими є схеми з 2, 4 або 6 ножами. Для розрахункової конструкції приймаємо z = 10.

**4.2.3. Кількість дисків на барабані**

$$m = B / (2l + \delta) \quad (4.1)$$

де l – довжина відігнутої частини ножа; δ – товщина диска.

$$m = 2,5 / (2 \cdot 0,05 + 0,009) = 22,9 \approx 30$$

**4.2.4. Кінематичний режим роботи фрези**

$$\lambda = 5,8$$

де $h_2$ = (0,1...0,15)h – висота гребенів на дні борозни; R – радіус фрезерного барабана, R = D/2.

**4.2.5. Частота обертання барабана**

$$n = 60V_к / (\pi D), \text{ об/хв} \quad (4.2)$$

де $V_к$ – колова швидкість барабана, м/с; $V_к = V_a\lambda$.

$$n = 60 \cdot 1,17 \cdot 5,8 / (3,14 \cdot 0,36) = 360 \text{ об/хв}$$

**4.2.6. Подача на ніж**

Подачу на один ніж визначають за умовою отримання мінімальної гребенистості обробленого дна та з урахуванням геометричних параметрів барабана (рис. 2) [4, 8].

$$S = \pi D / (z\lambda), \text{ м} \quad (4.3)$$

$$S = 3,14 \cdot 0,38 / (10 \cdot 5,8) = 0,021 \text{ м}$$

Для фрез такого типу рекомендованим вважають інтервал S = 0,05...0,15 м.

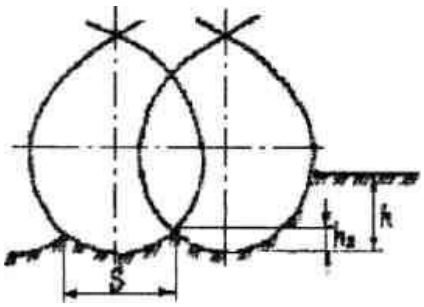



Рис. 4.2. Схема визначення подачі на ніж і висоти гребенів: h – глибина обробітку; h2 – висота гребенів; S – подача на ніж.

**4.2.7. Кути встановлення та загострення ножів**

Кут встановлення ножів на дисках відносно радіуса барабана, а також кут їх загострення приймають з урахуванням умов зменшення опору різанню та забезпечення самоочищення робочих органів під час руху агрегату [4, 5].

Кут $\gamma_2$ доцільно вибирати в межах 30...40°.

$$\gamma_1 = 90 - \gamma_2 = 90 - 30 = 60° \quad (4.4)$$

**4.2.8. Потужність, що реалізується фрезою**

Загальні витрати потужності на роботу фрези подають як суму складових, пов’язаних із деформацією ґрунту, відкиданням зрізаної стружки та переміщенням машини по полю:

$$N = N_д + N_в + N_п, \text{ кВт} \quad (4.5)$$

де $N_д$ – потужність, потрібна для деформування ґрунту, кВт; $N_в$ – потужність на відкидання стружки, кВт; $N_п$ – потужність на переміщення фрези, кВт.

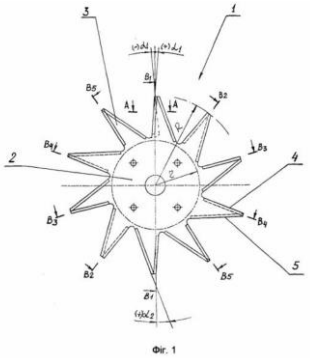


Рис. 3. Схема встановлення ножів на фрезерному барабані: β – кут загострення ножа; γ – кут розміщення різальної кромки; $\gamma_1$ і $\gamma_2$ – кути встановлення.

Визначальною у загальному балансі є потужність $N_д$, яку розраховують за формулою:

$$N_д = 10^{-3} \cdot p \cdot c \cdot h \cdot z \cdot Vк / (\pi D), кВт \quad (4.6)$$

де p – питомий опір деформації ґрунту, Н/м$^2$; h – глибина обробітку, м; $V_к$ – колова швидкість барабана, м/с; D – діаметр барабана, м; c – переріз ґрунтової стружки, м$^2$, c = sl.

$$N_д = 26,4 кВт$$

Потужність, необхідну для відкидання ґрунтової стружки, визначають за залежністю:

$$N_в = 10^{-3} \cdot k_в \cdot B \cdot h \cdot \psi \cdot Vк^2 / 2, кВт \quad (4.7)$$

де $k_в$ – коефіцієнт, що залежить від форми ножа, $k_в$ = 0,85...1,0; ψ – об'ємна маса ґрунту, кг/м$^3$; B – ширина захвату, м; h – глибина обробітку, м; $V_к$ – колова швидкість, м/с.

$$N_в = 6,2 кВт$$

Потужність, що витрачається на переміщення фрези, обчислюють так:

$$N_п = G_ф \cdot f \cdot V_м / 1000, кВт \quad (4.8)$$

де f = 0,15...0,20 – коефіцієнт опору перекочуванню; Gф – вага фрези, Н; Vм – швидкість руху агрегату, м/с.

$$N_п = 3800 \cdot 0,18 \cdot 1,17 / 1000 = 0,8 кВт$$

$$N_е = 26,4 + 6,2 + 0,8 = 33,4 кВт$$

Потужність, що має бути підведена до вала відбору потужності трактора, визначають з урахуванням ККД передачі:

$$N_{ВВП} = (N_д + N_в) / \eta_{пер}, кВт \quad (4.9)$$

де $\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії передачі від ВВП до фрезерного барабана, який залежить від прийнятої кінематичної схеми приводу.

$$N_{ВВП} = (26,4 + 6,2) / 0,89 = 36,6 кВт$$

**4.2.9. Кінематичний розрахунок**

Після встановлення частоти обертання барабана і частоти ВВП трактора добирають схему передач та визначають загальне передаточне число *i*.

### 4.3. Енергетичний розрахунок агрегату

#### 4.3.1. Втрати потужності у трансмісії трактора

$$N_{пр} = (1 - \eta_{тр}) \cdot N_e, \text{ кВт} \quad (4.10)$$

де Ne – ефективна потужність двигуна трактора вибраного тягового класу, кВт; ηтр – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора. Клас трактора попередньо приймають за технічною характеристикою фрези.

Для тракторів класу 1,4 коефіцієнт ηтр зазвичай перебуває в межах 0,8...0,9.

$$N_{пр} = (1 - 0,85) \cdot 38,4 = 5,76 \text{ кВт}$$

#### 4.3.2. Потужність на переміщення агрегату.

$$N_f = (G_{тр} + G_ф) \cdot f \cdot V_м / 1000, \text{ кВт} \quad (4.11)$$

де $G_{тр}$ і $G_ф$ – відповідно вага трактора та фрези, кгс; f – коефіцієнт опору перекочуванню агрегату, f = 0,01...0,1; $V_м$ – швидкість руху, км/год.

$$N_f = (32400 + 3800) \cdot 0,04 \cdot 1,17 / 1000 = 1,7 \text{ кВт}$$

#### 4.3.3. Потужність на буксування

$$N_б = N_e \cdot \eta_{тр} \cdot \delta, \text{ кВт} \quad (4.12)$$

де δ – коефіцієнт буксування, який приймають у діапазоні δ = 0,05...0,12.

$$N_б = 38,4 \cdot 0,85 \cdot 0,05 = 1,63 \text{ кВт}$$

#### 4.3.4. Потужність на подолання схилів

$$N_{сх} = (G_{тр} + G_ф) \cdot i \cdot V_м, \text{ кВт} \quad (4.13)$$

де i – величина схилу місцевості, i = 0,01...0,05.

$$N_{сх} = (32400 + 3800) \cdot 0,01 \cdot 1,17 = 0,5 \text{ кВт}$$

#### 4.3.5. Сумарна потужність роботи фрезерного агрегату

$$N_Σ = N_{ВВП} + N_{пр} + N_f + N_б + N_{сх}, \text{ кВт} \quad (4.14)$$

$$N_Σ = 36,6 + 5,76 + 1,7 + 1,63 + 0,5 = 46,2 \text{ кВт}$$

#### 4.3.6. Коефіцієнт використання потужності двигуна

Для нормальної роботи агрегату раціональним вважається значення коефіцієнта η у межах 0,6...0,8.

$$\eta = N_Σ / N_e \quad (4.15)$$

$$\eta = 46,2 / 58,9 = 0,78$$

### 4.4. Розрахунок на міцність

Діаметр вала фрезерного барабана визначаємо з урахуванням умов міцності та жорсткості при крученні. Приймаємо, що вал є суцільним і виготовлений зі сталі 35.

Спочатку визначаємо крутний момент:

$$M_к = 9549 N_{ВВП} / n = 9549 \cdot 36{,}6 / 360 = 971 \text{ кН·м}$$

За умовою міцності діаметр вала встановлюють за залежністю:

$$d \geq \sqrt[3]{(16 M_к / (\pi[\tau]))} = \sqrt[3]{(16 \cdot 0{,}971 / (3{,}14 \cdot 150))} = 32 \text{ мм}$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження при крученні, МПа.

За умовою жорсткості діаметр фрезерного вала визначають так:

$$d \geq \sqrt[4]{(32 M_к / (G\pi[\theta]))} = \sqrt[4]{(32 \cdot 0{,}971 / (8 \cdot 10^{-4} \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3))} = 14{,}3 \text{ мм}$$

де G – модуль пружності сталі, МПа; $[\theta]$ – допустимий відносний кут закручування, $м^{-1}$.

Отже, для одночасного забезпечення міцності та жорсткості приймаємо діаметр вала фрезерного барабана d = 35 мм.

# РОЗДІЛ 5
# ОХОРОНА ПРАЦІ

## 5.1. Загальна характеристика умов праці під час вирощування яблук

У кваліфікаційній роботі розглядається удосконалення комплексу машин для вирощування яблук з модернізацією ґрунтообробної фрези. Тому питання охорони праці пов’язуються насамперед із виконанням механізованих операцій у міжряддях саду, технічним обслуговуванням агрегату, застосуванням засобів захисту рослин, ручними роботами з обрізування і збирання плодів, а також із безпечним переміщенням працівників та техніки на території саду.

Умови Полісся Житомирської області характеризуються підвищеною зволоженістю, періодичним перезволоженням ґрунтів, наявністю дерново-підзолистих і супіщаних ґрунтів, що впливає на стійкість тракторного агрегату, тягові умови, ризик буксування та якість фрезерування. У весняно-осінній період додатковими небезпечними факторами є слизькі міжряддя, обмежена видимість, туман, дощ, низька температура повітря та підвищена вологість.

Основними виконавцями робіт є тракторист-машиніст, працівники садівничої бригади, слюсарі з технічного обслуговування, оператори обприскувачів, працівники, які виконують ручне формування крони, збирання та транспортування яблук. Роботодавець повинен організувати безпечні умови праці, навчання та інструктажі, забезпечити справний технічний стан машин, засоби індивідуального захисту, аптечку, первинні засоби пожежогасіння і контроль за додержанням технологічної дисципліни.

## 5.2. Нормативна основа організації безпечних робіт

Організація охорони праці у садівничому господарстві повинна відповідати вимогам законодавства України та галузевих нормативних актів. Базовим документом є Закон України «Про охорону праці», який визначає обов’язки роботодавця і права працівників на безпечні та нешкідливі умови праці. Для аграрного виробництва основними є Правила охорони праці у

сільськогосподарському виробництві, які поширюються на роботодавців і працівників, зайнятих у виробництві сільськогосподарської продукції.

Таблиця 5.1 – Нормативні документи, враховані при розробленні заходів з охорони праці

| Документ | Сфера застосування у роботі | Що враховано в розділі |
|---|---|---|
| Закон України «Про охорону праці» | Загальна організація безпечних умов праці | обов'язки роботодавця, навчання, інструктажі, профілактика травматизму |
| Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, наказ Мінсоцполітики №1250 | Механізовані та ручні роботи в садівництві | вимоги до обладнання, робочих місць, допуску працівників, рухомих частин машин |
| НПАОП 01.51-1.01-01 | Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарських машин | блокування, зупинка двигуна, безпечне виконання регулювань і ремонту |
| ДСП 8.8.1.2.001-98 | Роботи із засобами захисту рослин | допуск працівників, ЗІЗ, зберігання і застосування препаратів за регламентами |
| ДСН 3.3.6.052-99 | Оцінювання мікроклімату робочої зони | температура, вологість, швидкість руху повітря, режим праці та відпочинку |
| Правила пожежної безпеки в Україні, наказ МВС №1517 | Гаражі, склади, польові роботи, заправлення техніки | первинні засоби пожежогасіння, порядок дій при пожежі, заборона відкритого вогню |

### 5.3. Ідентифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час вирощування яблук небезпечні фактори виникають на всіх етапах технологічного процесу: під час підготовки ґрунту, фрезерування міжрядь, внесення добрив, обприскування, обрізування, догляду за кроною, збирання та транспортування плодів. Найбільш травмонебезпечними є роботи з ґрунтообробною фрезою, оскільки робочі органи обертаються з великою частотою, можуть захоплювати сторонні предмети, викидати частинки ґрунту і рослинні рештки, а також створювати підвищені рівні шуму та вібрації.

Таблиця 5.2 – Небезпечні фактори під час виконання основних операцій у яблуневому саду

| Операція | Можливі небезпечні фактори | Наслідки | Профілактичні заходи |
|---|---|---|---|
| Фрезерування міжрядь | обертові ножі фрези, викид каміння, буксування трактора, наїзд на працівника | травмування, пошкодження техніки, перекидання агрегату | огородження карданних і робочих органів, заборона перебування людей у небезпечній зоні, робота на рекомендованій швидкості |
| Навішування та регулювання фрези | затискання пальців, самовільне опускання навіски, нестійкість агрегату | забої, переломи, травми кистей | використання підставок, фіксація навіски, зупинка двигуна, робота у рукавицях |
| Обприскування саду | контакт із робочим розчином, аерозоль, знос препарату вітром | отруєння, подразнення шкіри й очей | допуск лише підготовлених працівників, ЗІЗ, виконання регламентів, недопущення людей у зону обробки |
| Обрізування дерев | гострий інструмент, падіння гілок, робота на висоті | порізи, забої, падіння | справний інструмент, стійкі драбини або платформи, каска, окуляри, рукавиці |
| Збирання і транспортування плодів | перенесення вантажів, рух тракторів і причепів, нерівна поверхня | перевтома, падіння, наїзд | маршрути руху, обмеження швидкості, механізація переміщення контейнерів, сигнальні жилети |
| Технічне обслуговування | гарячі поверхні, мастила, рухомі деталі, інструмент | опіки, порізи, защемлення | повна зупинка агрегату, очищення лише після вимкнення, використання справного інструменту |

## 5.4. Оцінювання ризиків під час роботи ґрунтообробної фрези

Для умов проєктованої технології ризик доцільно оцінювати за спрощеною матрицею: імовірність виникнення небезпечної події множиться на важкість можливих наслідків. Такий підхід дає змогу визначити операції, які потребують першочергових технічних і організаційних заходів. Для фрезерного агрегату найвищий ризик мають обертові робочі органи, карданна передача,

небезпечна зона позаду та збоку фрези, а також регулювання і очищення робочих органів без повної зупинки машини.

Таблиця 5.3 – Орієнтовна оцінка ризиків для фрезерного агрегату

| Небезпечна подія | Імовірність, P | Важкість, S | Рівень ризику R=P×S | Заходи зниження ризику |
|---|---|---|---|---|
| Дотик до обертових ножів під час роботи | 3 | 5 | 15 – високий | захисні кожухи, заборона наближення, зупинка ВВП перед оглядом |
| Захоплення одягу карданним валом | 2 | 5 | 10 – високий | повний кожух кардана, прилягаючий спецодяг, контроль перед виїздом |
| Викид каміння або грудок ґрунту | 3 | 3 | 9 – середній | задній щиток фрези, очищення міжряддя, безпечна дистанція |
| Перекидання агрегату на перезволоженому ґрунті | 2 | 5 | 10 – високий | робота за допустимої вологості ґрунту, рух без різких поворотів, вибір передачі |
| Травма при навішуванні фрези | 3 | 3 | 9 – середній | узгоджені сигнали, підставки, фіксація агрегату, рукавиці |
| Пожежа при заправленні або витоку пального | 1 | 5 | 5 – середній | заправлення у відведеному місці, вогнегасник, заборона куріння |




Рис. 5.1. Схема управління безпекою праці при виконанні робіт у яблуневому саду

## 5.5. Вимоги безпеки до тракторного агрегату з модернізованою фрезою

Модернізована ґрунтообробна фреза повинна бути сконструйована та експлуатуватися так, щоб мінімізувати контакт працівника з небезпечними

рухомими частинами. Усі передачі, карданний вал, з’єднувальні муфти та робочі органи, доступ до яких можливий під час роботи або обслуговування, необхідно закривати штатними кожухами. Фреза має бути агрегатована з трактором відповідного тягового класу, а навісна система повинна забезпечувати надійне утримання машини у транспортному і робочому положеннях.

Перед початком роботи тракторист перевіряє технічний стан трактора, справність гальм, рульового керування, освітлення, звукового сигналу, дзеркал, захисного огородження карданного вала, кріплення ножів фрези, наявність мастила в редукторі, затягування різьбових з’єднань, справність механізму піднімання та фіксації. Не допускається робота з тріщинами в корпусі, ослабленими ножами, відсутніми захисними кожухами, витоками пального або мастила.

Під час фрезерування міжрядь швидкість руху повинна відповідати стану ґрунту, ширині міжрядь і робочій глибині обробітку. Забороняється різко повертати агрегат із заглибленою фрезою, перебувати позаду або збоку машини у зоні можливого викиду ґрунту, очищати робочі органи руками при ввімкненому двигуні, перевозити людей на навісній машині або причепі, виконувати ремонт при працюючому валу відбору потужності.

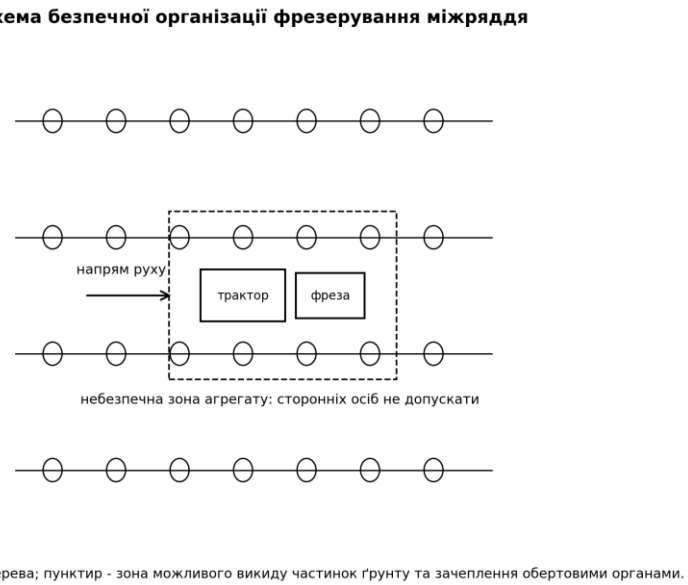



Рис. 5.2. Схема безпечної організації роботи фрезерного агрегату в міжряддях саду.

## 5.6. Організаційні заходи безпеки при виконанні технологічних операцій

До виконання механізованих робіт допускаються працівники, які мають відповідну професійну підготовку, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань. Перед початком сезону доцільно проводити позапланову перевірку стану машин, поновлення інструкцій, навчання діям у разі аварії, пожежі, травмування або хімічного впливу.

Таблиця 5.5 – Основні вимоги безпеки за етапами роботи фрезерного агрегату

| Етап | Дії працівника | Вимоги безпеки |
|---|---|---|
| Підготовка до виїзду | огляд трактора і фрези, перевірка кожухів, кріплень, мастила, сигналізації | машина повинна бути справною; відсутність огороджень або несправність гальм є підставою для заборони виїзду |
| Навішування фрези | з’єднання з навісною системою, підключення карданного вала, пробне піднімання | двигун вимкнений; працівники діють за узгодженими сигналами; руки не розміщують між з’єднувальними деталями |
| Робота у міжрядді | рух за технологічною схемою, контроль глибини і якості обробітку | сторонніх осіб у небезпечній зоні немає; повороти виконують після піднімання фрези; ВВП вмикають плавно |
| Очищення робочих органів | видалення рослинних решток і ґрунту | тільки після повної зупинки, вимкнення двигуна і фіксації навісної машини |
| Технічне обслуговування | змащування, перевірка ножів, підтягування кріплень | використовують справний інструмент; піднята машина встановлюється на надійні опори |
| Завершення роботи | очищення, огляд, встановлення у місце зберігання | агрегат залишають на рівному майданчику; знімають навантаження з гідросистеми; прибирають розлиті мастила |

## 5.7. Засоби індивідуального захисту і виробнича санітарія

Працівники, які виконують роботи у саду, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до виду операції. Для тракториста під час фрезерування необхідні спецодяг, захисне взуття з неслизькою підошвою, рукавиці, засоби захисту слуху за підвищеного шуму, захисні окуляри при очищенні робочих органів. Для робіт із засобами захисту рослин

застосовуються лише спеціальні ЗІЗ, визначені регламентом препарату і внутрішньою інструкцією господарства; до таких робіт допускаються тільки підготовлені працівники.

Таблиця 5.5 – Рекомендовані засоби індивідуального захисту

| Вид робіт | Основні ЗІЗ | Призначення |
|---|---|---|
| Фрезерування, культивація, транспортні роботи | спецодяг, закрите взуття, рукавиці, сигнальний жилет, засоби захисту слуху | захист від механічних травм, пилу, шуму, наїзду техніки |
| Обрізування та формування крони | окуляри, рукавиці, каска або захисна каскетка, стійке взуття | захист від падіння гілок, порізів, травм очей |
| Обприскування саду | захисний костюм, рукавиці, окуляри/щиток, респіратор відповідного типу | зменшення контакту зі шкірою, очима і органами дихання |
| Технічне обслуговування | рукавиці, окуляри, спецодяг, взуття з жорстким носком | захист від мастил, металевих частинок, ударів і защемлень |
| Збирання плодів | рукавиці, неслизьке взуття, за потреби пояс або жилет для видимості | профілактика падінь, порізів і перевантаження рук |

Виробнича санітарія передбачає забезпечення працівників питною водою, місцем для відпочинку, аптечкою, засобами миття рук, побутовим приміщенням для переодягання та зберігання спецодягу. У спекотний період роботи планують у ранкові й вечірні години, передбачають перерви в затінених місцях. За дощу, туману, грози, сильного вітру або надмірного перезволоження ґрунту роботи з фрезою, обприскувачем чи підйомними платформами необхідно обмежувати або переносити.

### 5.8. Пожежна, електрична та екологічна безпека

Пожежна безпека в садівничому господарстві забезпечується справністю паливної системи тракторів, відсутністю підтікання пального, наявністю вогнегасника на тракторі та у місцях зберігання техніки, очищенням машин від рослинних решток, забороною куріння і відкритого вогню під час заправлення. Заправлення техніки виконують на спеціально відведеному майданчику з твердим покриттям або в безпечному місці з урахуванням віддалення від складів, сухої рослинності та джерел вогню.

Електробезпека стосується заряджання акумуляторів, використання електроінструменту під час ремонту, освітлення майстерень і складів. Електрообладнання повинно мати справну ізоляцію, заземлення, захист від вологи та механічних пошкоджень. У польових умовах не допускається використання саморобних подовжувачів і пошкоджених кабелів.

Екологічна безпека передбачає недопущення забруднення ґрунту паливом, мастилами і залишками робочих розчинів. Мастила та фільтри збирають у спеціальну тару і передають на утилізацію. Пестициди й агрохімікати зберігають у спеціально обладнаних місцях, застосовують лише за встановленими регламентами, не допускаючи зносу на житлові території, водойми, пасіки та суміжні ділянки.

### 5.9. Дії працівників у разі аварійних ситуацій

До можливих аварійних ситуацій у яблуневому саду належать травмування працівника обертовими частинами, перекидання або застрягання трактора, розрив карданної передачі, пожежа, витік пального, розлив препарату, раптове погіршення самопочуття працівника, гроза або різке погіршення видимості. У кожній бригаді має бути визначена відповідальна особа за зв’язок, наявність аптечки, вогнегасника та доступність транспортного засобу для евакуації.

негайно зупинити агрегат, вимкнути вал відбору потужності, заглушити двигун і встановити машину на стоянкове гальмо;

припинити доступ сторонніх осіб у небезпечну зону та повідомити керівника робіт;

при травмуванні надати домедичну допомогу в межах підготовки працівників і викликати екстрені служби;

при пожежі використати вогнегасник, якщо це не створює додаткової небезпеки для працівника;

при розливі пального, мастила або робочого розчину локалізувати місце забруднення та діяти за інструкцією господарства.

**Висновки до розділу**

Основними небезпеками під час вирощування яблук із застосуванням модернізованої ґрунтообробної фрези є контакт з обертовими робочими органами, викид частинок ґрунту, захоплення одягу карданною передачею, нестійкість агрегату на перезволожених ґрунтах Полісся, вплив шуму, вібрації, пилу, хімічних речовин і підвищене фізичне навантаження при ручних роботах.

Запропоновані заходи охоплюють технічний захист небезпечних вузлів, правильне агрегатування фрези з трактором, обмеження перебування людей у небезпечній зоні, сезонний технічний огляд машин, навчання та інструктажі працівників, застосування ЗІЗ, дотримання пожежної та виробничої санітарії. Реалізація цих заходів знижує імовірність травматизму та забезпечує безпечне виконання технологічних операцій у яблуневому саду.

# РОЗДІЛ 6
# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

## 6.1. Завдання та вихідні передумови економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень виконано з метою визначення доцільності модернізації ґрунтообробної фрези, що використовується у складі машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку ґрунту в яблуневому саду. Запропонована модернізація спрямована на підвищення якості розпушування ґрунту, стабілізацію глибини ходу робочих органів, зменшення буксування та скорочення непродуктивних витрат часу під час виконання технологічної операції.

У зоні Полісся Житомирської області вирощування яблук потребує своєчасного виконання комплексу робіт, пов’язаних із доглядом за міжряддями, знищенням бур’янів, збереженням вологи та поліпшенням повітряного режиму ґрунту. Тому економічний ефект від модернізації фрези формується не лише за рахунок зменшення експлуатаційних витрат, а й через підвищення надійності роботи агрегату та зменшення потреби у повторних проходах.

Для розрахунків прийнято порівняння двох варіантів: базового агрегату з серійною ґрунтообробною фрезою та проектного агрегату з модернізованою фрезою. Розрахунки виконано для умовного промислового яблуневого саду площею 50 га. Обсяг робіт визначено з урахуванням триразового міжрядного обробітку протягом вегетаційного періоду.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

| Показник | Умовне позначення | Одиниця | Значення |
|---|---|---|---|
| Площа яблуневого саду | $F$ | га | 50 |
| Кількість обробітків за сезон | $n$ | разів | 3 |
| Загальний обсяг робіт | $Q = F \cdot n$ | га | 150 |
| Робоча ширина захвату фрези | $B_р$ | м | 2,0 |
| Робоча швидкість базового агрегату | $v_б$ | км/год | 4,2 |
| Робоча швидкість модернізованого агрегату | $v_м$ | км/год | 5,0 |
| Коефіцієнт використання часу зміни, базовий варіант | $\tau_б$ | - | 0,72 |

Продовження таблиці 6.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Коефіцієнт використання часу зміни, проектний варіант | $\tau_м$ | - | 0,78 |
| Ціна дизельного пального, прийнята для розрахунку | $Ц_п$ | грн/л | 75 |
| Оплата праці механізатора з нарахуваннями | Згод | грн/год | 146.4 |
| Додаткові капітальні вкладення на модернізацію | Кд | грн | 45 000 |

### 6.2. Розрахунок продуктивності агрегату

Основним технічним показником, що впливає на економічну ефективність роботи ґрунтообробного агрегату, є його годинна продуктивність. Вона залежить від робочої ширини захвату, швидкості руху та коефіцієнта використання часу зміни. Для оцінювання використано формулу:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_р \cdot v_р \cdot \tau, \quad (6.1)$$

де $W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год; Вр – робоча ширина захвату, м; $v_р$ – робоча швидкість руху, км/год; $\tau$ – коефіцієнт використання часу зміни.

Для базового агрегату продуктивність становить: $W_б = 0,1 \cdot 2.0 \cdot 4.2 \cdot 0.72 = 0.60$ га/год. Для модернізованого агрегату: $W_м = 0,1 \cdot 2.0 \cdot 5.0 \cdot 0.78 = 0.78$ га/год. Отже, за рахунок підвищення робочої швидкості та кращого використання часу зміни продуктивність агрегату зростає приблизно на 29.0 %.

Збільшення продуктивності є наслідком зменшення простоїв на очищення робочих органів, більш стабільного заглиблення фрези, кращого копіювання поверхні міжряддя та підвищення технологічної надійності агрегату. Це дає можливість швидше виконувати обробіток міжрядь у найбільш сприятливі агротехнічні строки.

Таблиця 6.2 – Порівняльні техніко-експлуатаційні показники агрегату

| Показник | Одиниця | Базовий варіант | Проектний варіант | Зміна |
|---|---|---|---|---|
| Робоча ширина захвату | м | 2,0 | 2,0 | без змін |
| Робоча швидкість руху | км/год | 4.2 | 5.0 | +0,8 |
| Коефіцієнт використання часу | - | 0.72 | 0.78 | +0,06 |
| Годинна продуктивність | га/год | 0.60 | 0.78 | +0.18 |
| Витрати робочого часу на сезонний обсяг | год | 248.0 | 192.3 | -55.7 |

### 6.3. Визначення експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на виконання міжрядного обробітку ґрунту складаються з витрат на пальне, мастильні матеріали, оплату праці, амортизаційні відрахування, технічне обслуговування та поточний ремонт. Для порівняння варіантів усі витрати приведено до 1 га обробленої площі.

Витрати пального на 1 га визначаються за формулою:

$$G_{га} = G_{год} / W_{год} \quad (6.2)$$

де $G_{га}$ – витрата пального на 1 га, л/га; $G_{год}$ – годинна витрата пального, л/год; $W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Для базового варіанта витрата пального становить 15.7 л/га, для проектного – 11.5 л/га. Зменшення витрати пального пояснюється тим, що модернізована фреза працює з меншим опором, забезпечує рівномірніше подрібнення ґрунту та зменшує тривалість роботи двигуна на одиницю площі.

Витрати на оплату праці розраховуються як відношення годинної ставки механізатора з нарахуваннями до продуктивності агрегату. Амортизаційні відрахування та витрати на технічне обслуговування також приведено до гектарної продуктивності, що дозволяє об’єктивно порівняти базовий і проектний варіанти.

Таблиця 6.3 – Розрахунок експлуатаційних витрат на 1 га міжрядного обробітку

| Стаття витрат | Методика розрахунку | Базовий варіант, грн/га | Проектний варіант, грн/га | Економія, грн/га |
|---|---|---|---|---|
| Пальне | $G_{га} \cdot Ц_{п}$ | 863.9 | 634.6 | 229.3 |
| Мастильні матеріали | 10 % від вартості пального | 86.4 | 63.5 | 22.9 |
| Оплата праці з нарахуваннями | $З_{год} / W_{год}$ | 242.1 | 187.7 | 54.4 |
| Амортизаційні відрахування | $А_{год} / W_{год}$ | 181.9 | 160.3 | 21.6 |
| Технічне обслуговування і ремонт | $Р_{год} / W_{год}$ | 297.6 | 256.4 | 41.2 |
| Інші прямі витрати | прийнято за нормативом | 70.0 | 65.0 | 5.0 |
| Разом | - | 1741.9 | 1367.4 | 374.4 |

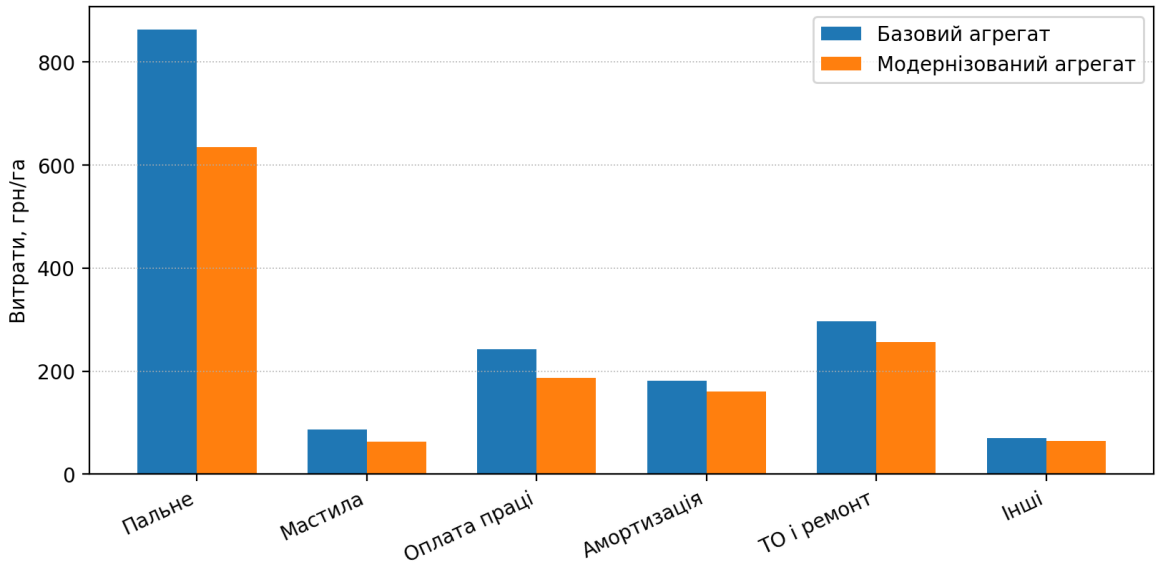



Рис. 6.1. Порівняння структури експлуатаційних витрат базового та модернізованого агрегату

### 6.4. Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект визначається як різниця між витратами на виконання однакового обсягу робіт базовим і модернізованим агрегатами. У розрахунку прийнято, що міжрядний обробіток виконується на площі 50 га тричі за сезон, тобто загальний річний обсяг робіт становить 150 га.

Економія експлуатаційних витрат на 1 га визначається за формулою:

$$E_{га} = C_б – C_м, \quad (6.3)$$

де $E_{га}$ – економія витрат на 1 га, грн/га; $C_б$ – витрати за базовим варіантом, грн/га; $C_м$ – витрати за проектним варіантом, грн/га.

Річний економічний ефект становить:

$$E_р = E_{га} \cdot Q, \quad (6.4)$$

де Q – річний обсяг робіт  га. За результатами розрахунку економія на 1 га становить 374.4 грн/га  а річний економічний ефект: $E_р = 374.4 \cdot 150 = 56\ 166$ грн.

Крім прямої економії, модернізація фрези забезпечує додаткові організаційно-технологічні переваги. До них належать зменшення тривалості виконання сезонних робіт, скорочення навантаження на механізатора, краще дотримання агротехнічних строків і підвищення рівномірності обробітку ґрунту в міжряддях. Ці чинники позитивно впливають на загальну культуру виробництва та стабільність роботи комплексу машин у саду.

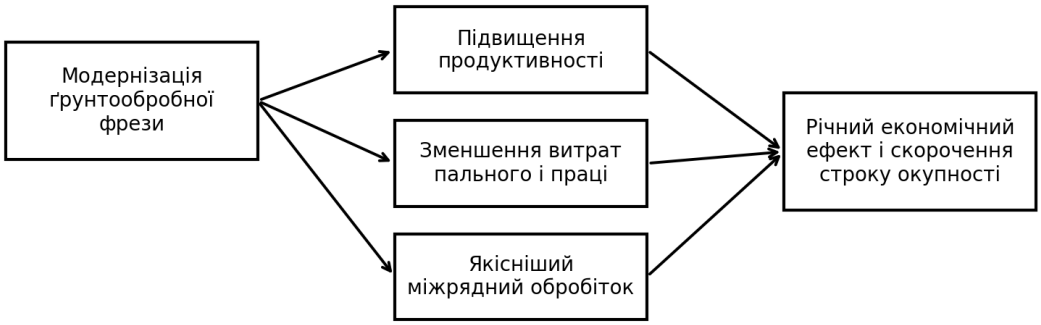



Рис. 6.2. Схема формування економічного ефекту від модернізації ґрунтообробної фрези.

### 6.5. Оцінка строку окупності модернізації

Для оцінювання інвестиційної доцільності проектного рішення визначено строк окупності додаткових капітальних вкладень. До додаткових вкладень віднесено витрати на виготовлення або придбання модернізованих робочих органів, посилення вузлів кріплення, встановлення регулювальних елементів і виконання монтажно-налагоджувальних робіт.

Строк окупності визначається за формулою:

$$Т_{ок} = Кд / Е_р, \quad (6.5)$$

де $Т_{ок}$ – строк окупності, років; $К_д$ – додаткові капітальні вкладення, грн; Ер – річний економічний ефект, грн.

За прийнятих вихідних даних додаткові витрати на модернізацію становлять 45 000 грн. Тоді строк окупності дорівнює: $Т_{ок}$ = 45 000 / 56 166 = 0.80 року. Отримане значення свідчить про швидку окупність проектного рішення та можливість його практичного впровадження у господарствах що мають промислові яблуневі сади.

Важливо, що розрахований строк окупності враховує лише прямий економічний ефект від зменшення експлуатаційних витрат. У разі врахування підвищення якості обробітку, зменшення забур’яненості, поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту та зниження ризику пошкодження кореневої системи фактичний ефект може бути вищим. Однак для обережної оцінки у роботі використано саме прямі витрати, які легко контролюються в умовах виробництва.

Таблиця 6.4 – Узагальнені показники економічної ефективності проектного рішення

| Показник | Одиниця | Значення | Характеристика результату |
|---|---|---|---|
| Річний обсяг робіт | га | 150 | триразовий обробіток саду площею 50 га |
| Приріст годинної продуктивності | % | 29.0 | скорочення тривалості виконання робіт |
| Економія робочого часу за сезон | год | 55.7 | менше завантаження механізатора і трактора |
| Економія пального за сезон | л | 625.4 | зменшення витрат на енергоносії |
| Економія експлуатаційних витрат | грн/га | 374.4 | пряма економія на одиницю площі |
| Річний економічний ефект | грн | 56 166 | зниження витрат на сезонний обсяг робіт |
| Строк окупності модернізації | року | 0.80 | менше одного виробничого сезону |

### 6.6. Виробниче значення запропонованих рішень

Результати розрахунків показують, що модернізація ґрунтообробної фрези має як технічне, так і економічне значення. З технічної точки зору вона дає змогу підвищити стабільність роботи агрегату в міжряддях яблуневого саду, покращити подрібнення ґрунтового шару, забезпечити рівномірне підрізання бур'янів і зменшити потребу в повторному обробітку.

З економічної точки зору основними джерелами ефекту є зменшення витрат пального на гектар, скорочення затрат праці, зменшення тривалості роботи машинно-тракторного агрегату та раціональніше використання техніки протягом сезону. Підвищення продуктивності особливо важливе у весняно-літній період, коли агротехнічні строки виконання операцій є обмеженими, а затримка з обробітком міжрядь може призвести до погіршення стану ґрунту і посилення конкуренції бур'янів за вологу та поживні речовини.

Запропоноване проектне рішення не потребує повної заміни наявної машини, що знижує величину капітальних вкладень. Модернізація може бути виконана в умовах ремонтної майстерні господарства або сервісного підприємства. Це робить рішення доступним для сільськогосподарських підприємств, фермерських господарств і садівничих кооперативів, які використовують тракторні агрегати для догляду за садами.

Порівняння базового та модернізованого варіантів підтверджує, що проектне рішення забезпечує зниження собівартості міжрядного обробітку ґрунту. За прийнятих вихідних даних строк окупності становить менше одного року, що свідчить про високу економічну доцільність впровадження модернізованої ґрунтообробної фрези у виробництво.

### Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації ґрунтообробної фрези для міжрядного обробітку ґрунту в яблуневому саду. Встановлено, що продуктивність агрегату зростає з 0.60 до 0.78 га/год, а сезонні витрати робочого часу зменшуються на 55.7 год. Це забезпечує кращу

організацію механізованих робіт і підвищує можливість виконання операцій у встановлені агротехнічні строки.

Експлуатаційні витрати на 1 га знижуються з 1741.9 до 1367.4 грн/га тобто економія становить 374.4 грн/га. За річного обсягу робіт 150 га очікуваний прямий економічний ефект дорівнює 56 166 грн. Строк окупності додаткових капітальних вкладень у модернізацію становить 0.80 року що підтверджує економічну доцільність запропонованих проектних рішень.

Отже, впровадження модернізованої ґрунтообробної фрези є ефективним напрямом удосконалення комплексу машин для вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області. Проектне рішення забезпечує зменшення витрат, підвищення продуктивності та покращення якості догляду за ґрунтом у міжряддях яблуневого саду.

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто удосконалення комплексу машин для вирощування яблук із модернізацією ґрунтообробної фрези. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності механізованих робіт у садівництві, зменшення витрат праці, пального та забезпечення якісного обробітку ґрунту в міжряддях яблуневого саду.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан вирощування яблук у світі та Україні. Встановлено, що розвиток садівництва залежить від застосування інтенсивних технологій, сучасних сортів, раціонального догляду за насадженнями та високого рівня механізації виробничих процесів. Окрему увагу приділено машинам для догляду за садами, обробітку ґрунту, захисту рослин, обрізування, збирання і транспортування плодів.

У другому розділі спроєктовано технологію вирощування яблук в умовах Полісся Житомирської області. Враховано природно-кліматичні та ґрунтові умови регіону, строки виконання технологічних операцій і вимоги до догляду за плодовими насадженнями. Розроблена технологічна карта дала змогу визначити послідовність робіт, склад машинно-тракторних агрегатів та основні показники їх виконання.

У третьому розділі розглянуто операційну технологію ґрунтообробних робіт у міжряддях яблуневого саду. Визначено умови роботи агрегату, агротехнічні вимоги, порядок підготовки фрези, спосіб руху та показники якості виконання операції. Обґрунтовано доцільність застосування ґрунтообробної фрези для розпушування ґрунту, знищення бур’янів і покращення умов росту яблуневих насаджень.

У конструктивній частині запропоновано модернізацію ґрунтообробної фрези, спрямовану на підвищення якості обробітку, зменшення енергоємності, покращення надійності та адаптацію машини до міжрядного обробітку в саду. Запропоновані рішення забезпечують рівномірніше розпушування ґрунту, якісніше підрізання бур’янів і підвищення продуктивності агрегату.

У розділі з охорони праці проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час роботи з тракторним агрегатом і ґрунтообробною фрезою. Розроблено заходи щодо безпечної експлуатації машини, технічного обслуговування, використання засобів індивідуального захисту, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Розрахунки підтвердили доцільність модернізації фрези, оскільки її використання підвищує продуктивність, зменшує витрати пального, трудові витрати та собівартість ґрунтообробних робіт. Економічний ефект досягається завдяки покращенню якості операції та раціональнішому використанню машинно-тракторного парку.

Отже, мета кваліфікаційної роботи досягнута. У роботі обґрунтовано технологію вирощування яблук у зоні Полісся Житомирської області, визначено комплекс машин для основних операцій і запропоновано модернізацію ґрунтообробної фрези. Запропоновані рішення мають практичне значення для підвищення ефективності догляду за яблуневими насадженнями, зниження експлуатаційних витрат і підвищення конкурентоспроможності виробництва яблук.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

2. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12 (дата звернення: 10.06.2026).

3. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

4. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18 (дата звернення: 10.06.2026).

5. Про пестициди і агрохімікати : Закон України від 02.03.1995 № 86/95-ВР // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/86/95-%D0%B2%D1%80 (дата звернення: 10.06.2026).

6. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15 (дата звернення: 10.06.2026).

7. Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті : наказ Міністерства охорони здоров’я України від 14.07.2020 № 1595 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0722-20 (дата звернення: 10.06.2026).

8. ДСТУ 8133:2015. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів достигання. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

9. ДСТУ 8323:2015. Яблука свіжі ранніх термінів достигання. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

10. ДСТУ 7075:2009. Яблука свіжі для промислового переробляння. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2010.

11. Заєць М. Л. Розрахунок параметрів дозувального пристрою рідких добрив. Наукові читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 35-37.

12. FAOSTAT. Crops and livestock products : статистична база Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН. URL: https://www.fao.org/faostat/en/ (дата звернення: 10.06.2026).

13. WAPA. Prognosfruit 2024 : Apple and Pear Crop Forecast Released. URL: https://www.wapa-association.org/asp/article_2.asp?doc_id=667 (дата звернення: 10.06.2026).

14. USDA Foreign Agricultural Service. Prognosfruit 2024 – EU Production Down for Apples Up for Pears. 2024. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Prognosfruit+2024+-+EU+Production+Down+for+Apples+Up+for+Pears_Berlin_Germany_GM2024-0008 (дата звернення: 10.06.2026).

15. Державна служба статистики України. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур, плодів, ягід і винограду : офіційна статистична інформація. URL: https://data.gov.ua/dataset/188450fa-3a63-43b5-a783-503b52b3f847 (дата звернення: 10.06.2026).

16. Інститут садівництва НААН України. Технології вирощування плодових культур. URL: https://sad-institut.com.ua/ua/tehnologiii.html (дата звернення: 10.06.2026).

17. Інститут садівництва НААН України. Створення інтенсивних насаджень яблуні на середньорослій підщепі ММ.106. URL: https://sad-

institut.com.ua/ua/proponuemo/proponuemo_virobnictvu/stvorennja_intensivnih_nasadjen_jabluni_na_serednoroslijpidshepi_mm.106.html (дата звернення: 10.06.2026).

18. Гриник І. В., Жук В. М., Бублик М. О. та ін. Основи адаптивних технологій вирощування яблуні в Україні : монографія / за ред. І. В. Гриника. Київ : ПП «Санспарель», 2020. 240 с.

19. Чиж О. Д., Фільов В. В., Гаврилюк О. М., Чухіль С. М. Інтенсивні сади яблуні. Київ : Аграрна наука, 2008. 224 с.

20. Кондратенко Т. Є. Сорти яблуні для промислових і аматорських садів України. Київ : Манускрипт-АСВ, 2010. 400 с.

21. Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. Робототехнічні засоби в рослинництві. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). Київ. НУБІП України. С. 589-601.

22. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Іщенко В. В. та ін. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

23. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

24. Пастухов В. І., Чигрин А. Г., Джолос П. А. та ін. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.

25. Гарькавий А. Д., Калетнік Г. М., Мельник І. І., Лихочвор В. В., Кондратюк Д. Г. Технологічний регламент використання машин у рослинництві : навч. посіб. Вінниця : ВДАУ, ЛДАУ, НТУСГ, 2009. 160 с.

26. Zhang K., Lammers K., Chu P., Dickinson N., Li Z., Lu R. Algorithm Design and Integration for a Robotic Apple Harvesting System. arXiv. 2022. URL: https://arxiv.org/abs/2203.00582 (дата звернення: 10.06.2026).

27. Sapkota R., Ahmed D., Khanal S. R., Bhattarai U., Mo C., Whiting M. D., Karkee M. Robotic Pollination of Apples in Commercial Orchards. arXiv. 2023. URL: https://arxiv.org/abs/2311.10755 (дата звернення: 10.06.2026).

28. Sapkota R., Ahmed D., Churuvija M., Karkee M. Immature Green Apple Detection and Sizing in Commercial Orchards using YOLOv8 and Shape Fitting Techniques. arXiv. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2401.08629 (дата звернення: 10.06.2026).