МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Завадський Владислав Валентинович

УДК 634.11:631.55:631.3:621.867

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення технології збирання яблук з розробкою пристрою для транспортування

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 _____ Завадський В.В.

Керівник роботи
Савченко В.М.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Завадський Владислав Валентинович. Удосконалення технології збирання яблук з розробкою пристрою для транспортування. – *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 технології збирання яблук з детальною розробкою технологічної операції транспортування плодів у контейнерах. Проведено аналіз сучасних технологій вирощування яблук, зокрема інтенсивних садів, систем механізації, автоматизації та роботизації виробничих процесів у провідних країнах-виробниках і експортерах яблучної продукції. Для умов зони Полісся розроблено технологію вирощування яблук та складено технологічну карту виконання основних операцій у саду. Особливу увагу приділено операції транспортування контейнерів з яблуками агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та контейнеровоза ВУК-3. Встановлено, що одним із недоліків базової конструкції контейнеровоза є можливість переміщення контейнерів по роликовій платформі під дією сил інерції, що спричиняє удари та механічні пошкодження плодів. Запропоновано удосконалення контейнеровоза ВУК-3 шляхом використання рухомого заднього упора з гідроприводом, який забезпечує надійну фіксацію контейнерів під час руху агрегату. Виконано конструктивні, технологічні та техніко-економічні розрахунки, які підтверджують доцільність впровадження запропонованого рішення у виробничих умовах. Розроблене удосконалення дозволяє зменшити пошкодження яблук під час транспортування, підвищити якість товарної продукції, покращити умови праці та збільшити економічну ефективність технології збирання.

Ключові слова: яблука, збирання яблук, технологія транспортування, контейнеровіз, механічні пошкодження плодів.

ANNOTATION

Vladislav Valentynovych Zavadskyi. Improvements to apple harvesting technology, including the development of a transport device. *– 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 ways of improving apple harvesting techniques, with a detailed analysis of the process of transporting fruit in containers. An analysis has been carried out of modern apple-growing technologies, in particular intensive orchards, and systems for the mechanisation, automation and robotisation of production processes in leading apple-producing and exporting countries. A technology for growing apples has been developed for the conditions of the Polissia region, and a flowchart has been drawn up for carrying out the main operations in the orchard. Particular attention has been paid to the operation of transporting containers of apples using a combination comprising an MTZ-80 tractor and a VUK-3 container transporter. It has been established that one of the shortcomings of the basic design of the container transporter is the possibility of containers moving along the roller platform under the action of inertial forces, which causes impacts and mechanical damage to the fruit. An improvement to the VUK-3 container transporter is proposed, involving the use of a hydraulically driven movable rear stop, which ensures the containers are securely held in place whilst the unit is in motion. Structural, technological and technical-economic calculations have been carried out, confirming the feasibility of implementing the proposed solution in production conditions. The developed improvement makes it possible to reduce damage to apples during transport, enhance the quality of marketable produce, improve working conditions and increase the economic efficiency of the harvesting technology.

Keywords: apples, apple harvesting, transport technology, container carrier, mechanical damage to fruit.

ЗМІСТ

ВСТУП……5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК……..…..9
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК В ЗОНІ ПОЛІССЯ……...……..22
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ВУК-3……...……..……33
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……...……46
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ……..60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…….73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……..76

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Садівництво є однією з важливих галузей аграрного виробництва, яка забезпечує населення цінною вітамінною продукцією, а переробну промисловість – сировиною для виготовлення соків, пюре, сушених плодів, консервів та інших харчових продуктів. Серед плодових культур особливе місце займає яблуня, оскільки вона добре пристосована до ґрунтово-кліматичних умов України, характеризується широким сортовим різноманіттям, високою врожайністю та значним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. У зоні Полісся яблуня має важливе виробниче значення, адже природні умови регіону дають можливість вирощувати якісну плодову продукцію за умови правильного добору сортів, застосування сучасних агротехнічних заходів і раціональної організації технологічних процесів.

У сучасних умовах ефективність виробництва яблук значною мірою залежить не лише від урожайності насаджень, а й від якості виконання завершальних технологічних операцій – збирання, навантаження, транспортування та розвантаження плодів. Саме на цих етапах часто виникають значні втрати товарної продукції, пов’язані з механічними пошкодженнями яблук, порушенням режимів переміщення тари, недосконалістю транспортних засобів і недостатньою узгодженістю роботи збиральних та транспортних ланок. Ушкоджені плоди швидше втрачають товарний вигляд, гірше зберігаються, частіше уражуються хворобами та можуть бути використані переважно для переробки, що знижує економічну ефективність виробництва.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності збирання яблук є використання контейнерної технології транспортування.

Вона дозволяє зменшити кількість перевантажувальних операцій, скоротити ручну працю, підвищити продуктивність транспортного процесу та створити кращі умови для збереження якості плодів. Однак ефективність

такої технології значною мірою залежить від конструкції транспортного агрегату, надійності фіксації контейнерів на платформі та безпечності їх переміщення під час руху садовими міжряддями, особливо в умовах нерівної поверхні, гальмування або рушання агрегату з місця.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається технологія збирання яблук з детальною розробкою технологічної операції транспортування. Як базовий транспортний агрегат прийнято трактор МТЗ-80 у складі з контейнеровозом ВУК-3. З метою підвищення якості транспортування плодів запропоновано удосконалення контейнеровоза, яке полягає у застосуванні рухомого заднього упора з гідроприводом для фіксації контейнерів на платформі. Таке технічне рішення спрямоване на усунення самовільного переміщення контейнерів по роликовій доріжці, зменшення ударних навантажень і зниження механічних пошкоджень яблук під час внутрішньогосподарського транспортування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технології збирання яблук шляхом удосконалення технологічної операції транспортування контейнерів з плодами агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та модернізованого контейнеровоза ВУК-3.

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

Проаналізувати сучасні технології вирощування яблук в Україні та провідних країнах світу, визначити основні напрями механізації, автоматизації та роботизації виробничих процесів у садівництві.

Розробити технологію вирощування яблук для умов зони Полісся та скласти технологічну карту виконання основних виробничих операцій.

Обґрунтувати необхідність удосконалення технологічної операції транспортування яблук у контейнерах.

Провести аналіз конструкції контейнеровоза ВУК-3 та визначити основні недоліки, що впливають на якість транспортування плодів.

Запропонувати конструктивне удосконалення контейнеровоза ВУК-3 для надійної фіксації контейнерів під час руху агрегату.

Виконати основні технологічні та конструктивні розрахунки запропонованого удосконалення.

Розробити заходи з охорони праці під час виконання робіт зі збирання і транспортування яблук.

Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованого проектного рішення.

Об'єктом дослідження є технологічний процес збирання яблук у виробничих умовах садівничого господарства зони Полісся.

Предметом дослідження є технологічна операція транспортування контейнерів з яблуками агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В.М., Шевчук О.А., **Завадський В.В.,** Омельчук О.В. Аналіз способів внесення мінеральних добрив. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/savchenko_26-3.pdf (дата звернення: 03.06.2026).

2. Савченко В.М., **Завадський В.В.** Особливості технології вирощування яблук залежно від ґрунтово-кліматичних умов україни. 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. 153-155.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованого удосконалення контейнеровоза ВУК-3 у садівничих господарствах для підвищення якості транспортування плодів, зменшення їх механічних пошкоджень, покращення умов праці та підвищення економічної ефективності виробництва яблук.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливого виробничого завдання – удосконалення технології збирання яблук за рахунок підвищення ефективності та надійності транспортної операції. Запропоноване технічне рішення дозволяє поліпшити роботу агрегату МТЗ-80 з контейнеровозом ВУК-3, забезпечити кращу фіксацію контейнерів і зменшити втрати товарної якості плодів під час транспортування.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 19 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 77 сторінки комп’ютерного тексту, містить 24 рисунки, 18 таблиць та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК

1.1. Значення культури та вимоги до сучасної технології вирощування яблук

Яблуня є однією з найпоширеніших плодових культур помірної зони, а виробництво яблук належить до тих напрямів садівництва, де рівень технологічної дисципліни безпосередньо визначає товарність урожаю, тривалість зберігання і можливість виходу на зовнішні ринки. Для кваліфікаційної роботи, пов’язаної з удосконаленням технології збирання та транспортування, важливо розглядати вирощування яблук не як окремий набір польових операцій, а як єдиний виробничий ланцюг: від вибору сорту й підщепи до моменту доставки контейнерів із плодами на пункт товарної доробки.

Сучасний яблуневий сад усе більше набуває ознак інженерної системи. У ньому поєднуються опорна шпалера, краплинне зрошення, фертигація, метеостанції, засоби захисту від граду та сонячних опіків, навігація техніки, цифрові карти урожайності та спеціалізовані транспортні засоби. Така система спрямована на отримання однорідних плодів високої якості з мінімальними втратами під час збирання, переміщення і зберігання. Відповідно змінюються вимоги до машин: вони мають працювати в вузьких міжряддях, не пошкоджувати дерева, не ущільнювати ґрунт і забезпечувати дбайливе поводження з плодами.

Головною особливістю яблук як об’єкта механізованого збирання і транспортування є їх чутливість до ударних навантажень. Навіть незначне зминання або удар не завжди помітні в момент збирання, але надалі проявляються у вигляді побуріння м’якоті, втрати товарного вигляду та зменшення строку зберігання. Тому технологія вирощування повинна готувати сад до зручного й безпечного збирання: формувати доступну крону,

забезпечувати рівномірне достигання, підтримувати міжряддя у стані, придатному для руху платформ, причепів і контейнеровозів.



Рис. 1.1. Яблука у фазі достигання на дереві. Фото: George Chernilevsky, Wikimedia Commons, public domain.

У країнах із розвиненим садівництвом базовим напрямом стала інтенсифікація: використання слаборослих підщеп, високої щільності садіння, шпалерних конструкцій та вузьких плодових стін. Такий підхід зменшує частку ручної праці, прискорює вступ саду в плодоношення, покращує освітлення крони й створює передумови для застосування напівмеханізованих і роботизованих машин. Саме ця тенденція є визначальною для подальшого удосконалення операції транспортування, оскільки зростає роль контейнерних систем, внутрішньосадової логістики та синхронізації роботи збиральних бригад із транспортними агрегатами.

1.2. Світовий ринок і досвід найбільших країн-експортерів яблук

Експортний ринок свіжих яблук характеризується високою конкуренцією, оскільки покупець оцінює не лише сорт і смакові якості, а й калібр, забарвлення, відсутність механічних пошкоджень, стабільність партій, якість пакування та можливість тривалого транспортування. За даними WITS/UN Comtrade за 2024 рік, серед провідних експортерів свіжих яблук за вартістю були США, Італія, Китай, Чилі, Нова Зеландія, Південна

Африка, Польща, Франція, Туреччина та Нідерланди. При цьому слід враховувати, що в окремих базах даних Європейський Союз може подаватися як агрегований експортер, однак для аналізу технологій доцільно розглядати саме окремі країни.

Таблиця 1.1. Провідні країни-експортери свіжих яблук у 2024 році

Країна	Експортна вартість, млн дол. США	Експорт, тис. т	Технологічна спеціалізація
США	1 086.0	897.4	платформи, сортування, контроль якості, зрошення
Італія	1 082.7	930.5	інтенсивні сади, кооперація, холодильна логістика
Китай	1 046.1	980.9	масштаб виробництва, модернізація садів, пакування
Чилі	601.6	553.9	експорт у міжсезоння, зрошення, холодовий ланцюг
Н. Зеландія	597.2	341.6	2D-сади, FOPS, цифрові технології, платформи
ПАР	577.0	671.2	зрошення, захисні сітки, експортна доробка
Польща	509.9	784.1	інтенсивні сади, сховища ULO, сортування
Франція	471.0	334.8	якість, інтегрований захист, пакування
Туреччина	191.8	316.7	швидке зростання виробництва та переробки
Нідерланди	170.4	122.0	логістичний хаб і реекспорт у Європі

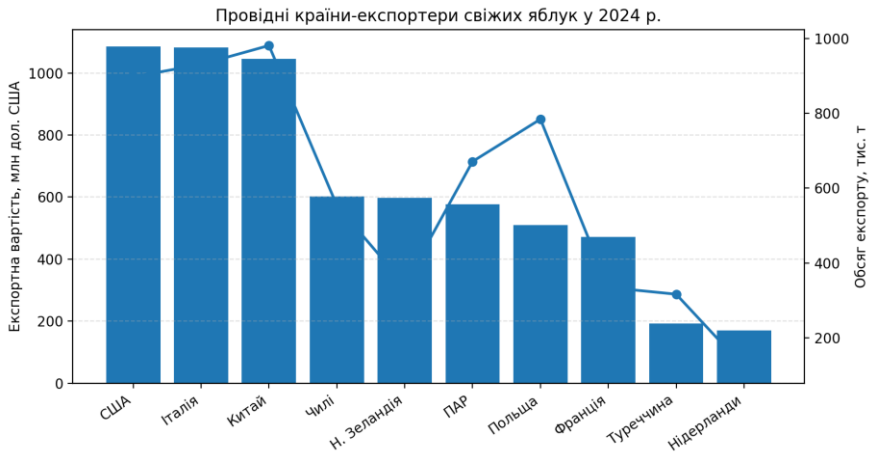


Рис. 1.2. Порівняння провідних країн-експортерів свіжих яблук за вартістю та обсягом експорту у 2024 р.

США мають сильні позиції завдяки великим промисловим садам, особливо у штаті Вашингтон. Перспективними для американського садівництва є вузькі плодові стіни, платформи для збирання, напівавтоматичні системи переміщення контейнерів, оптичне сортування та цифровий контроль якості. Американські дослідні центри активно працюють над роботизованим проріджуванням квіток, автоматизованою оцінкою навантаження дерев урожаєм і роботизованим збиранням. Однак повністю автономне збирання поки що не стало масовим через складність розпізнавання плодів у кроні, потребу в високій швидкості роботи та вимоги до дбайливого відривання яблук від плодоніжки.

Італія, зокрема регіони Південний Тіроль і Трентіно, демонструє приклад поєднання інтенсивних насаджень, кооперативної організації виробників, високого рівня зберігання та чітких стандартів якості. Для цього регіону характерні сади на слаборослих підщепах, густе садіння, шпалера, краплинне зрошення, протиградові сітки, інтегрований або органічний захист. Важливою перевагою є те, що дрібні за площею господарства об’єднуються в кооперативи, які забезпечують сортування, охолодження, маркетинг і доступ до зовнішніх ринків.

Китай є найбільшим виробником яблук у світі та одним із провідних експортерів. Технологічний розвиток китайського садівництва відбувається нерівномірно: поряд із традиційними садами існують сучасні інтенсивні насадження зі слаборослими підщепами, краплинним зрошенням, мульчуванням, захистом плодів пакетуванням і машинним доглядом за міжряддями. Для Китаю особливо актуальні реконструкція старих садів, підвищення придатності насаджень до механізованих робіт, цифровий моніторинг площ та автоматизація пакувальних ліній.

Чилі, Нова Зеландія та Південна Африка використовують перевагу протилежного сезону щодо основних ринків Північної півкулі. Для цих країн вирішальними є не тільки врожайність, а й збереження якості на великій відстані транспортування. Тому значна увага приділяється дбайливому

збиранню, швидкому охолодженню, контейнерній логістиці, контрольованій атмосфері, автоматизованому сортуванню та простежуваності партій. Нова Зеландія додатково просуває 2D-архітектуру садів і системи, підготовлені до роботизації, а Чилі та ПАР активно застосовують зрошення і захисні сітки як реакцію на кліматичні ризики.

Польща є важливим прикладом для України, оскільки має подібні кліматичні умови, значну частку сімейних садів і розвинену систему зберігання та переробки. У польських господарствах триває перехід від старих високорослих садів до інтенсивних насаджень із холодильниками ULO, електронним сортуванням, механізованим доглядом і сучасною експортною логістикою. Досвід Польщі показує, що конкурентність забезпечується не лише врожайністю, а й здатністю швидко формувати однорідні партії та мінімізувати механічні пошкодження під час збирання і перевезення.

1.3. Перспективні системи вирощування яблук

Найбільш поширеним напрямом розвитку промислових садів є перехід до високощільних систем типу Tall Spindle, Slender Spindle, V-trellis, UFO, 2D-плодової стіни та Future Orchard Planting System. Їх об’єднує прагнення сформувати вузьку, добре освітлену крону, у якій плоди доступні з міжряддя, а більшість операцій можна виконувати з платформи або машинним агрегатом. У таких садах використовують слаборослі підщепи, опорні стовпи, дроти шпалери, фертигацію та мінімальне початкове обрізування для швидкого вступу дерев у плодоношення.

Перевага інтенсивного саду полягає в тому, що дерево не витрачає зайву енергію на формування великої деревини, а швидше переходить до стабільного плодоношення. Рівномірне освітлення крони сприяє кращому забарвленню плодів, підвищенню вмісту сухих речовин і зменшенню частки нестандартної продукції. Для механізації важливим є те, що вузька крона

зменшує потребу в драбинах, скорочує час на збирання та полегшує роботу машин для обрізування, обприскування, проріджування і моніторингу.



Рис. 1.3. Інтенсивний яблуневий сад із компактними кронами.

Система Tall Spindle, яку часто розглядають як базову для сучасних садів, передбачає використання слаборослої підщепи, опори, центрального провідника та регулярного відновлення плодової деревини. За рекомендаціями канадських і американських консультативних служб, така система поєднує високу ранню врожайність, простоту навчання персоналу, можливість часткової механізації й нижчу собівартість одиниці продукції за рахунок підвищення якості плодів. Саме такі ознаки роблять її придатною для переходу до автоматизованих і роботизованих операцій.

Важливою складовою перспективних технологій є протикліматичний захист. У країнах-експортерах поширюються протиградові сітки, сітки проти сонячних опіків, вітрозахисні смуги, мікрозрошення, системи захисту від весняних приморозків і точне керування водним режимом. В умовах зміни клімату ці елементи стають не додатковими, а базовими, оскільки забезпечують стабільність товарного врожаю. Для технології збирання це означає, що строки достигання, щільність плодів і маршрути руху техніки можна планувати більш прогнозовано.

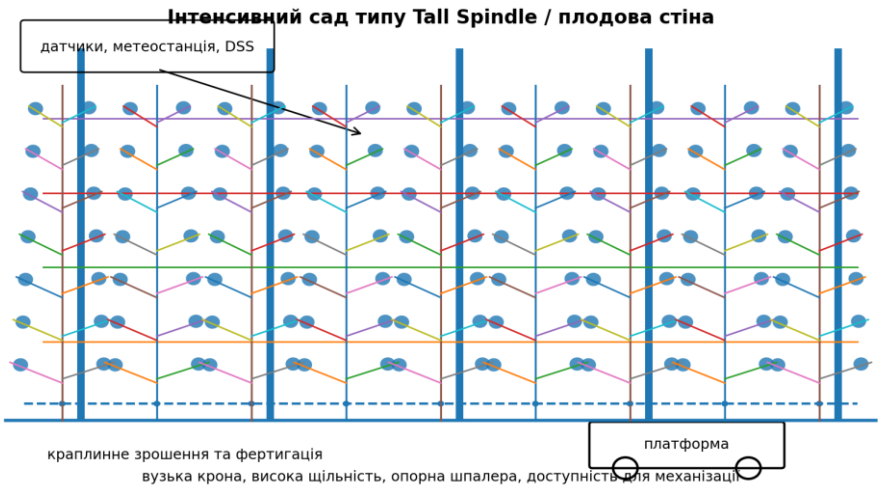


Рис. 1.4. Схема інтенсивного яблуневого саду, підготовленого до механізації та цифрового моніторингу.

Ще одним напрямом є сортова стратегія. Експортно орієнтовані країни поступово переходять від великої кількості традиційних сортів до обмеженішого набору комерційно сильних сортів і клубних брендів, які забезпечують стабільний попит. Така стратегія впливає на технологію збирання: сорти з високими вимогами до забарвлення або чутливою шкіркою потребують багаторазового вибіркового збирання, дбайливого перевантаження контейнерів і швидкого охолодження. Тому технологія транспортування повинна бути адаптована не тільки до маси вантажу, а й до фізико-механічних властивостей плодів.

1.4. Механізація технологічних процесів у яблуневому саду

Механізація у сучасному саду охоплює практично всі операції, але її рівень різний. Найбільш механізованими є підготовка ґрунту, догляд за міжряддями, косіння трави, внесення добрив, обприскування, підвезення тари, переміщення контейнерів та вивезення зібраного врожаю. Частково механізованими залишаються обрізування, проріджування та збирання, оскільки ці операції потребують вибірковості, оцінки стану кожного дерева і дбайливого контакту з плодами.

Для інтенсивних садів важливими є вузькоколійні трактори, садові платформи, причепи-контейнеровози, фронтальні та бокові навантажувачі, подрібнювачі гілок, косарки міжрядь, обприскувачі з вентиляторними або баштовими системами розподілу повітря. У багатьох господарствах платформа стає універсальним енергетичним і робочим засобом: з неї виконують обрізування, підв'язування, проріджування, збирання плодів і контроль якості. Завдяки цьому скорочується використання драбин, підвищується безпека праці і зменшується стомлюваність робітників.

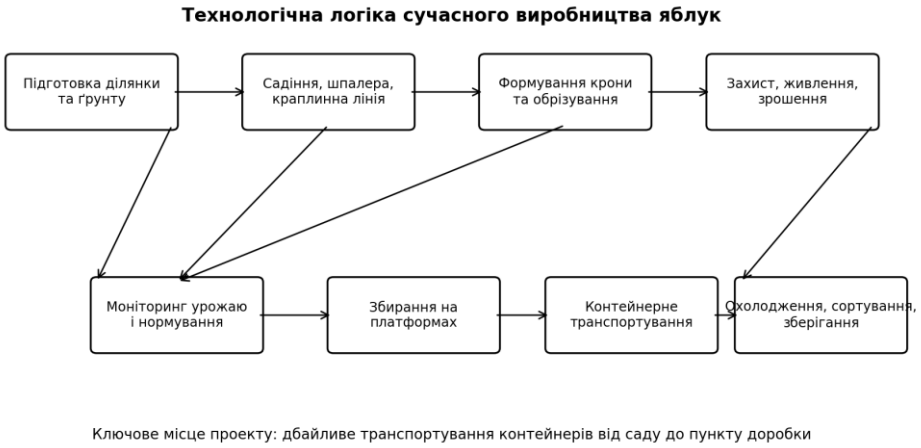


Рис. 1.5. Послідовність основних операцій сучасної технології вирощування та збирання яблук.

Операція транспортування у саду має особливе значення, тому що вона зв'язує ручне або напівмеханізоване збирання з післязбиральною доробкою. Типова схема передбачає підвезення порожніх контейнерів у міжряддя, наповнення їх плодами, переміщення до польового пункту або безпосередньо до сховища, розвантаження і повернення тари в сад. Якщо транспортний агрегат рухається нерівномірно, різко гальмує або допускає переміщення контейнерів на платформі, виникають удари й пошкодження яблук. Тому конструкції контейнеровозів повинні передбачати фіксацію тари, амортизацію, плавне завантаження і безпечне розвантаження.

Світова практика демонструє поступову відмову від перевезення плодів насипом на користь контейнерної системи. Контейнер забезпечує меншу

висоту падіння, спрощує облік, дає можливість переміщення навантажувачем, краще інтегрується зі сховищем і сортувальною лінією. Водночас контейнерна технологія потребує достатньої кількості тари, точного планування маршрутів, справних під'їзних доріг і узгодженості між бригадою збирачів та транспортним засобом.

Механізоване обрізування у плодових стінах виконується переважно дисковими або ножовими машинами, які формують зовнішній контур крони. Воно не повністю замінює ручну роботу, але зменшує її обсяг і створює більш однорідну архітектуру дерев. Механічне проріджування квіток струнними машинами застосовується в окремих країнах, але потребує точного вибору фази розвитку і швидкості руху агрегату. Обприскування стає ефективнішим завдяки баштовим вентиляторам, електростатичним системам, датчикам наявності крони та змінній нормі внесення препаратів.

1.5. Автоматизація і цифровізація вирощування яблук

Автоматизація в яблуневому саду розвивається насамперед у сфері прийняття рішень. Метеостанції, датчики вологості ґрунту, моделі розвитку хвороб і шкідників, карти рельєфу, супутникові та дронові знімки допомагають визначати оптимальні строки поливу, захисту, проріджування і збирання. У Новій Зеландії, США та країнах ЄС поширюються системи прогнозування ризику парші, борошнистої роси, плодожерки, сонячних опіків і дефіциту води. Це дає змогу зменшувати витрати препаратів, точніше планувати роботу техніки та підвищувати екологічність виробництва.

Сучасні системи точного садівництва використовують GPS-навігацію, електронні журнали робіт, датчики витрати робочої рідини, контролери секцій обприскувача, електронні вагові системи та QR-коди для простежуваності контейнерів. Кожний контейнер може бути прив'язаний до кварталу саду, сорту, дати збирання, бригади та подальшого маршруту зберігання. Для експортних ланцюгів це важливо, оскільки дозволяє швидко ідентифікувати походження партії та контролювати якість на всіх етапах.

Автоматизація післязбиральної доробки розвинена значно більше, ніж автоматизація польових операцій. Сортувальні лінії з машинним зором оцінюють розмір, колір, дефекти поверхні, іноді внутрішню якість плодів. Автоматичні палетайзери, водяні канали, м’які транспортери та камери контрольованої атмосфери дають змогу зберігати яблука протягом тривалого періоду. Однак ефективність цих систем залежить від того, в якому стані плоди надходять із саду. Якщо пошкодження виникли під час збирання або транспортування, подальша автоматизація вже не може повністю відновити якість.

Перспективним є поєднання цифрового моніторингу врожаю з логістикою збирання. Камери або сканери можуть оцінювати кількість і розміри плодів на дереві, прогнозувати завантаження контейнерів і потребу в транспортних засобах. Це дозволяє зменшити простої збиральних бригад, уникнути надлишкового переміщення техніки та планувати маршрут контейнеровоза за фактичним станом саду. Для теми цієї роботи особливо важливо, що цифрова логістика створює передумови для обґрунтованого вибору місткості, швидкості та режимів роботи транспортного агрегату.

1.6. Роботизація технологічних процесів

Роботизація у садівництві перебуває на етапі активного розвитку, але її комерційне поширення ще обмежене. Найбільш перспективними є роботи для моніторингу, проріджування, точкового обприскування, запилення, обрізування та збирання. Спільною умовою для всіх роботизованих систем є наявність «машинно-дружнього» саду: вузької крони, рівномірної висоти дерев, доступних плодів, стабільних міжрядь і мінімальної кількості перешкод у робочій зоні.

Дослідні системи роботизованого проріджування використовують камери глибини, алгоритми розпізнавання квіток і маніпулятори з робочим органом, який видаляє частину квіткового навантаження. Польові випробування у США показують, що такі системи можуть вибірково

працювати з квітковими кластерами, хоча потребують підвищення швидкодії та надійності. Роботизоване запилення також розглядається як відповідь на ризики нестачі природних запилювачів і несприятливих погодних умов під час цвітіння.

Роботизоване збирання яблук є найскладнішим напрямом. Машина повинна виявити плід, оцінити його стиглість і доступність, підвести захват, відокремити яблуко без пошкодження, передати його в м'яку транспортну систему і зробити це з продуктивністю, конкурентною ручній праці. Труднощі створюють листя, тіні, перекриття плодів, різна жорсткість плодоніжки, нерівномірність крони та необхідність багаторазового вибіркового збирання. Тому найближчим часом найреалістичнішою є не повна заміна людей, а поєднання роботів із платформами, системами підказок, автоматичним підрахунком плодів і покращеною логістикою контейнерів.

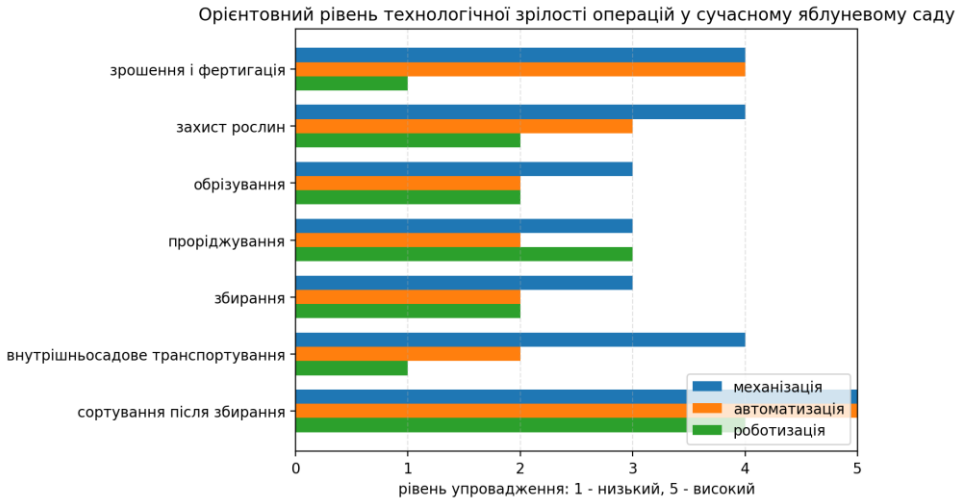


Рис. 1.6. Порівняння рівня механізації, автоматизації та роботизації основних операцій яблуневого саду.

Стан технологічної зрілості операцій свідчить, що транспортні процеси вже достатньо механізовані, але мають резерв у частині автоматичного керування, безпечної фіксації тари, датчиків навантаження та інтеграції з цифровим обліком. Роботизація транспортування може розвиватися через автономні садові платформи, безпілотні тягачі, електричні візки для

контейнерів і системи маршрутизації. Проте навіть без повної автономності значний ефект може дати удосконалення конструкції транспортного засобу, яке зменшить переміщення контейнерів, удари та втрати якості.

1.7. Узагальнення аналізу для удосконалення операції транспортування

Аналіз сучасних технологій вирощування яблук у провідних країнах-експортерах показує, що конкурентоспроможність формується не окремою операцією, а комплексом взаємопов'язаних рішень. Інтенсивний сад створює основу для якісного врожаю, механізація скорочує витрати праці, автоматизація підвищує точність управління, а роботизація відкриває перспективу подальшого зменшення залежності від сезонної робочої сили. Водночас жодна з цих складових не буде ефективною, якщо під час збирання і перевезення плоди отримують пошкодження.

Для умов України найбільш практичним напрямом є поетапне впровадження елементів світового досвіду: створення або реконструкція садів під механізовану технологію, використання контейнерної системи, застосування платформ і спеціалізованих причепів, удосконалення внутрішньосадової логістики, розвиток холодильного зберігання та сортування. Особливу увагу слід приділяти транспортним операціям, оскільки саме вони часто виконуються в нерівних польових умовах і можуть спричиняти удари контейнерів, зміщення тари та погіршення товарної якості яблук.

З огляду на це детальна розробка технологічної операції транспортування є актуальною. Вона повинна включати вибір раціонального транспортного агрегату, обґрунтування режимів руху, місткості та схеми розміщення контейнерів, а також конструктивні рішення для фіксації тари під час руху. Перспективним є використання контейнеровозів із удосконаленими упорами, роликовими доріжками, гідравлічним керуванням і засобами зменшення ударних навантажень. Такі рішення відповідають світовій тенденції: підвищувати продуктивність не за рахунок грубого

збільшення швидкості, а за рахунок точності, дбайливості та узгодженості всіх елементів технології.

Висновки по розділу

1. Світове виробництво яблук розвивається у напрямі інтенсивних насаджень із слабкорослими підщепами, шпалерою, краплинним зрошенням, вузькою кроною та високою придатністю до механізованого догляду.

2. Найбільші експортери свіжих яблук поєднують інтенсивне вирощування з високим рівнем післязбиральної доробки, холодової логістики, сортування та простежуваності партій.

3. Механізація найбільш поширена в операціях догляду за міжряддями, обприскування, підвезення тари та транспортування контейнерів; обрізування, проріджування і збирання залишаються частково ручними, але активно автоматизуються.

4. Автоматизація і роботизація потребують спеціально сформованої архітектури саду, тому перспективними є плодові стіни, 2D-системи і сади, придатні для платформ, сенсорів та роботів.

5. Для теми кваліфікаційної роботи ключовим є зменшення механічних пошкоджень яблук під час внутрішньосадового транспортування, що обґрунтовує необхідність удосконалення транспортного агрегату та способу фіксації контейнерів.

РОЗДІЛ 2
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯБЛУК В ЗОНІ ПОЛІССЯ

Метою цього розділу є обґрунтування технології вирощування яблук для умов Полісся з урахуванням природно-кліматичних обмежень регіону, вимог інтенсивного садівництва та необхідності раціональної організації операції транспортування врожаю. Проектна технологія орієнтована на промисловий яблуневий сад, у якому основна частина робіт виконується механізовано, а зібрані плоди транспортуються у контейнерах агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3.

За базову виробничу модель прийнято інтенсивний шпалерний сад із краплинним зрошенням, трав’яним міжряддям і компактною кроною дерев. Така система дає змогу краще використовувати площу, забезпечувати рівномірне освітлення плодів, спрощувати догляд за насадженнями, зменшувати втрати під час збирання та створювати передумови для застосування сучасних технічних засобів.



Рис. 2.1. Приклад інтенсивного яблуневого саду зі шпалерною системою та технологічними міжряддями.

2.1. Агрокліматичні передумови вирощування яблук у зоні Полісся

Полісся характеризується порівняно достатнім зволоженням, помірним тепловим режимом, значною часткою дерново-підзолистих і супіщаних ґрунтів, а також підвищеним ризиком весняних приморозків у понижених місцях рельєфу. Для яблуні ці умови є загалом придатними, проте технологія повинна передбачати дренування перезволожених ділянок, підтримання оптимальної реакції ґрунтового розчину, захист від хвороб у вологі роки та ефективне регулювання навантаження дерев урожаєм.

Під сад необхідно відводити рівні або слабкохвилясті ділянки з невеликим повітряним дренажем. Небажаними є замкнені пониження, де накопичується холодне повітря, а також площі з близьким заляганням ґрунтових вод. Для промислового яблуневого саду доцільно проводити попереднє агрохімічне обстеження, визначати вміст гумусу, рухомого фосфору, обмінного калію, кислотність і щільність ґрунту. На кислих ґрунтах Полісся важливе значення має вапнування, оскільки за надмірної кислотності погіршується засвоєння поживних речовин і знижується зимостійкість дерев.

Таблиця 2.1. Основні агрокліматичні умови та проектні рішення для яблуневого саду в зоні Полісся

Показник	Проектне значення / вимога	Вплив на технологію	Проектне рішення
Тип ґрунтів	дерново-підзолисті, супіщані та легкосуглинкові	можливий дефіцит гумусу і калію	органічні добрива, сидерати, локальне внесення NPK
Кислотність	бажано pH 5,8–6,5	кислі ґрунти знижують засвоєння елементів живлення	вапнування до закладання саду та контроль pH
Зволоження	достатнє, але нерівномірне впродовж сезону	у посуху погіршується налив плодів	краплинне зрошення і мульчування пристовбурних смуг
Температурний режим	помірний, з ризиком весняних приморозків	пошкодження квіток і зав’язі	вибір ділянки, сорту, захисні заходи у критичні фази
Фітосанітарні умови	вологі роки сприяють парші та гнилям	потреба у системному моніторингу	інтегрований захист, провітрювана крона, санітарні операції

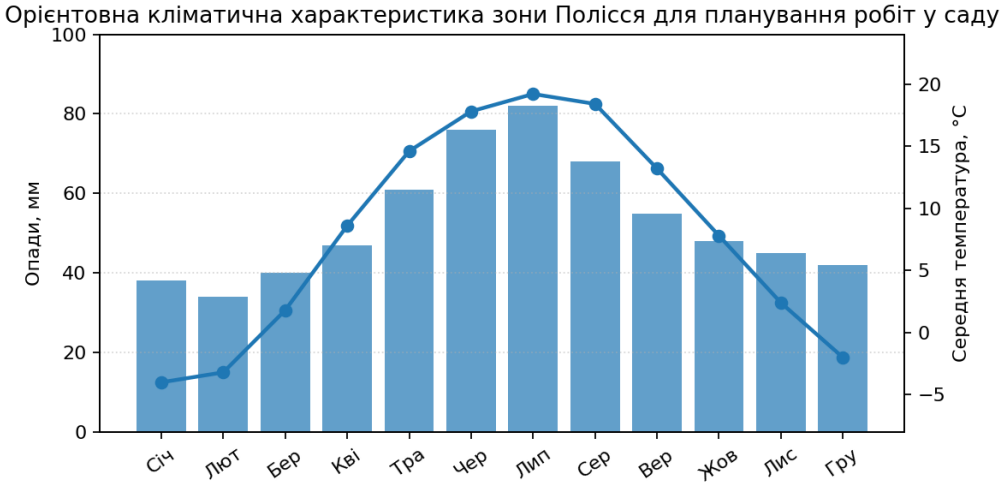


Рис. 2.2. Орієнтовний хід температури та опадів у зоні Полісся за місяцями року.

2.2. Вибір типу насадження, сортів і конструкції саду

Для умов Полісся доцільним є створення інтенсивного саду з розміщенням дерев за схемою 4,0 × 1,5 м, що забезпечує близько 1667 дерев на гектар. Така схема залишає достатню ширину міжрядь для руху тракторних агрегатів, обприскувачів, косарок, платформ і контейнеровозів, а також забезпечує компактність крони та рівномірне освітлення плодів.

Як базову форму крони приймаємо струнке веретено або модифіковану веретеноподібну крону на слаборослих і середньорослих підщепах. За умов достатнього догляду така система придатна для швидкого вступу насаджень у плодоношення, спрощує обрізування, нормування врожаю, захист рослин і збирання плодів. Для підвищення технологічності саду дерева повинні мати міцну шпалеру, опорні стовпи, 3–4 ряди дроту, краплинну лінію та добре організовані розворотні смуги.

Сортовий склад формують з урахуванням зимостійкості, стійкості до основних хвороб, ринкового призначення плодів і строків достигання. У проектному саду доцільно поєднувати сорти літньо-осіннього та зимового строків достигання, що дає змогу рівномірніше завантажувати робочу силу, тару, транспорт і сховище. У кварталі саду передбачають сорти-запилювачі

або сумісні сорти в рядах, оскільки ефективне запилення є однією з умов стабільного врожаю.

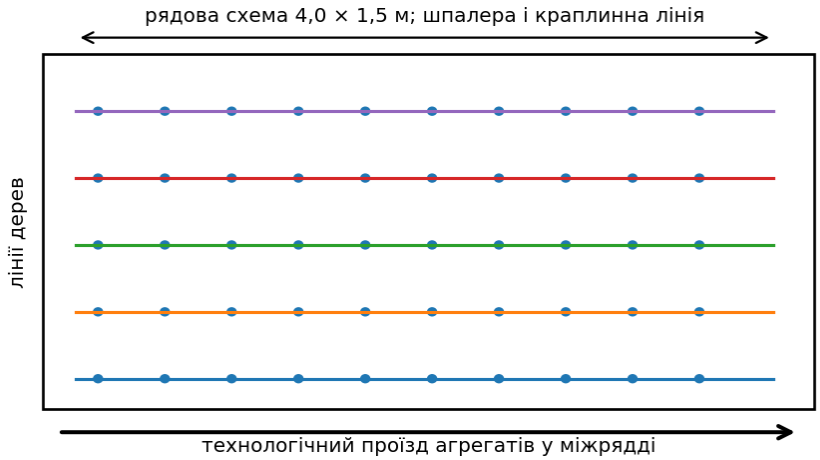


Рис. 2.3. Проектна схема розміщення дерев та технологічних проїздів у яблуневому саду.

Таблиця 2.2. Основні параметри проектованого інтенсивного яблуневого саду

Елемент технології	Прийняте рішення	Значення для механізації	Очікуваний результат	Примітка
Схема садіння	4,0 × 1,5 м	прохід агрегатів МТЗ-80, обприскувача, косарки і ВУК-3	1667 дерев/га	для інтенсивного саду
Форма крони	струнке веретено	доступність крони для обрізування і збору	якісне освітлення плодів	потрібна шпалера
Система ґрунту	трав’яне міжряддя + чиста пристовбурна смуга	можливість регулярного косіння	зменшення ерозії і ущільнення	смуга 0,8–1,0 м
Зрошення	краплинне з фертигацією	локальне внесення води і добрив	стабільний розмір плодів	особливо в посушливі періоди
Тара	контейнери 1200×800×600 мм	сумісність з контейнеровозом	менше травмування плодів	маса плодів орієнтовно 350 кг

2.3. Загальна схема технологічного процесу вирощування яблук

Технологічний процес вирощування яблук у проектованому саду складається з підготовки ділянки, садіння, формування насаджень,

утримання ґрунту, живлення, захисту рослин, регулювання врожаю, збирання, транспортування та післязбирального обслуговування. У плодоносному саду найбільшу питому вагу мають операції догляду за кроною, захисту рослин, збирання та внутрішньогосподарського переміщення плодів.

Технологія повинна забезпечувати безперервність процесу від моменту знімання плодів до доставки контейнерів на пункт товарної обробки або у плодосховище. Для цього розміщення тари, робота збирачів, маршрути руху транспортного агрегату та графік вивезення контейнерів узгоджуються між собою. Особливо важливо уникати тривалого перебування наповнених контейнерів на сонці, різких ударних навантажень і зайвих перевантажень плодів.

Структурна схема проектованої технології вирощування і транспортування яблук

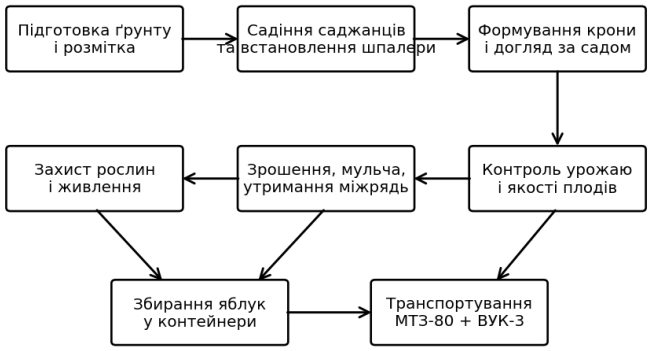


Рис. 2.4. Структурна схема технології вирощування, збирання і транспортування яблук.

2.4. Механізація основних технологічних операцій

У проектованій технології передбачено комплексне використання машинно-тракторних агрегатів, малої садової техніки та допоміжного обладнання. Основним енергетичним засобом для операції транспортування є трактор МТЗ-80, який має достатню потужність для роботи з контейнеровозом ВУК-3, може рухатися технологічними міжряддями та застосовується також на допоміжних роботах у господарстві.

Для обрізування використовують ручний механізований інструмент і садові платформи. Для утримання міжрядь застосовують садові косарки або мульчувачі, для захисту рослин – вентиляторні обприскувачі з регулюванням норми виливу, для внесення добрив – причіпні або навісні розкидачі, а для зрошення – стаціонарну систему краплинних ліній. У міру підвищення рівня оснащення господарства можливе впровадження датчиків вологості, метеостанції, карт урожайності, автоматизованого керування фертигацією та систем моніторингу фітосанітарного стану.

Таблиця 2.3. Засоби механізації для проектованої технології вирощування яблук

Операція	Машина / агрегат	Енергетичний засіб	Механізаційний ефект	Особливості застосування
Обрізування	садова платформа, секатори, електроножиці	акумуляторний інструмент / малий трактор	зменшення ручної важкої праці	проводять у період спокою дерев
Косіння міжрядь	садова косарка або мульчувач	МТЗ-80 або малогабаритний трактор	підтримання прохідності міжрядь	5–7 разів за сезон
Захист рослин	вентиляторний обприскувач 1000–2000 л	трактор класу 1,4	рівномірне покриття крони	за сигналами моніторингу та прогнозу хвороб
Зрошення	краплинна система з фертигацією	насосна станція	стабілізація наливу плодів	керування за вологістю ґрунту
Підготовка тари	контейнеровоз, навантажувач	МТЗ-80	швидке розміщення контейнерів	до початку знімання плодів
Транспортування плодів	удосконалений ВУК-3	МТЗ-80	зменшення ударів і втрат якості	фіксація контейнерів під час руху



Рис. 2.5. Календар виконання основних операцій у плодоносному яблуневому саду

2.5. Проектування операції збирання та транспортування яблук

Збирання яблук проектується як потоковий процес: підготовка тари, розставлення порожніх контейнерів у саду, ручне знімання плодів із мінімальним травмуванням, заповнення контейнерів, вивезення контейнерів із міжрядь і доставка їх на пункт товарної обробки або до плодосховища. Основна вимога до цієї операції – зберегти товарну якість плодів, не допустити ударів і надмірного стискання, а також забезпечити безперервну роботу збирачів без простоїв через відсутність тари або затримку транспорту.

У проекті приймається агрегат для транспортування контейнерів у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3. Особливістю удосконаленого контейнеровоза є фіксація контейнерів на платформі за допомогою рухомого заднього упора, що зменшує переміщення тари по роликовій доріжці під час рушання, гальмування та руху по нерівностях. Це важливо для яблук, оскільки навіть незначні удари можуть знижувати лежкість плодів і спричиняти приховані пошкодження м’якоті.

Прийняті розрахункові умови: урожайність плодоносного саду – 35 т/га; маса яблук в одному контейнері – 0,35 т; місткість удосконаленого ВУК-3 – 9 контейнерів; вантаж за один рейс – 3,15 т. За таких умов для перевезення врожаю з 1 га потрібно близько 100 контейнерів або 12 рейсів агрегату. Якщо середня тривалість одного транспортного циклу з урахуванням під’їзду, навантаження, руху до пункту обробки, розвантаження і повернення становить 0,5 год, продуктивність транспортної ланки дорівнює орієнтовно 6,3 т/год.

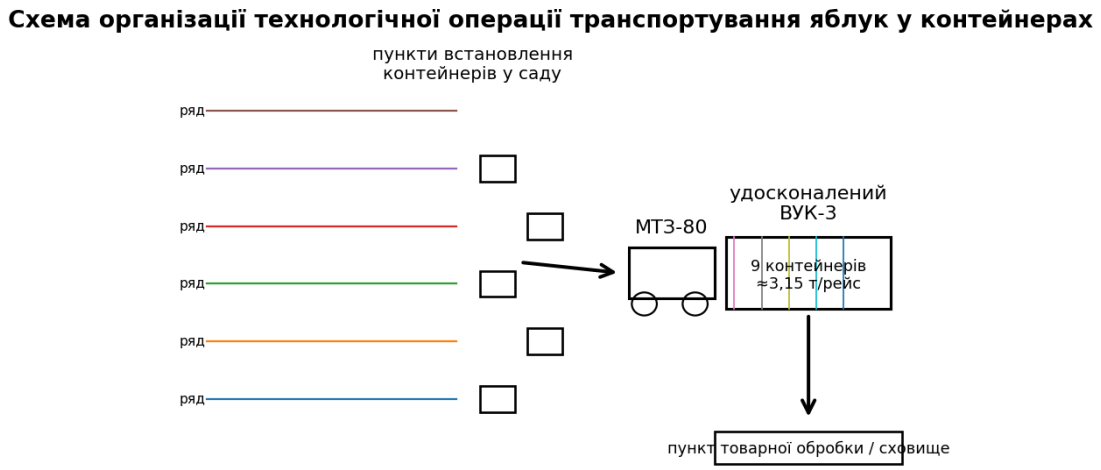


Рис. 2.6. Організаційна схема транспортування яблук агрегатом МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3

Таблиця 2.4. Розрахункові показники операції транспортування яблук у контейнерах

Показник	Позначення	Прийняте значення	Розрахунковий результат
Урожайність саду	У	35 т/га	базовий обсяг перевезення
Маса плодів у контейнері	qк	0,35 т	100 контейнерів/га
Місткість ВУК-3	nк	9 контейнерів	3,15 т за рейс
Кількість рейсів	Nр = У / 3,15	35 / 3,15	≈12 рейсів/га
Тривалість циклу	tц	0,5 год	умовно для внутрішньогосподарського перевезення
Продуктивність транспорту	Wт = 3,15 / tц	3,15 / 0,5	6,3 т/год

2.6. Технологічна карта вирощування яблук

Технологічну карту складено для 1 га інтенсивного плодоносного яблуневого саду в зоні Полісся. У карті враховано сезонність виконання робіт, агротехнічні вимоги, засоби механізації, витрати праці та особливості транспортування контейнерів із яблуками агрегатом МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3 (табл. 2.5). Наведені норми мають проектний характер і можуть уточнюватися залежно від урожайності, відстані перевезення, фактичного складу машинно-тракторного парку та погодних умов конкретного року.

Таблиця 2.5 – Технологічна карта вирощування яблук у зоні Полісся

№	Період виконання	Технологічна операція	Агротехнічні вимоги	Склад агрегату / обладнання	Обсяг робіт на 1 га	Продуктивність	Витрати праці	Примітка
1	Осінь попереднього року	Агрохімічне обстеження ґрунту	відбір зразків по кварталах саду, визначення pH, гумусу, P, K	ґрунтовий бур, GPS, лабораторія	1 га	0,5 га/год	2,0 люд.-год	основа для системи удобрення
2	Осінь	Вапнування кислих ґрунтів	внесення вапнякового матеріалу за результатами аналізу	МТЗ-80 + розкидач вапна	1 га	1,5 га/год	1,0 люд.-год	за потреби
3	Осінь	Основне внесення органічних добрив	рівномірне внесення 30–40 т/га	МТЗ-80 + розкидач органіки	30–40 т	0,25 га/год	4,0 люд.-год	до закладання або підживлення саду
4	Осінь / весна	Розпушування та вирівнювання ґрунту	глибина 25–35 см, відсутність брил і застою води	МТЗ-80 + чизель / культиватор	1 га	0,8 га/год	1,5 люд.-год	не ущільнювати вологий ґрунт
5	Березень	Зимово-весняне обрізування	видалення загущуючих, хворих і пошкоджених гілок	садова платформа, електросекатори	1667 дерев	0,025 га/год	40–55 люд.-год	формувати провітрювану крону
6	Березень	Подрібнення гілок після обрізування	рівномірне подрібнення решток у міжряддях	МТЗ-80 + мульчувач	1 га	1,0 га/год	1,0 люд.-год	зменшує запас інфекції
7	Квітень	Ранньовесняне підживлення	локальне внесення NPK у пристовбурні смуги	МТЗ-80 + розкидач / фертигація	1 га	1,2 га/год	1,2 люд.-год	доза за аналізом ґрунту
8	Квітень–травень	Перші захисні обприскування	рівномірне покриття крони, контроль парші та шкідників	трактор + вентиляторний обприскувач	1 га за обробку	2,0 га/год	0,7 люд.-год/обробку	за прогнозом і фазами розвитку
9	Травень	Косіння міжрядь	висота травостою після косіння 6–8 см	МТЗ-80 + садова косарка	1 га	1,5 га/год	0,8 люд.-год	повторювати протягом сезону
10	Травень	Регулювання навантаження врожаєм	видалення надлишкової зав’язі, рівномірний розподіл плодів	ручний інструмент / платформа	1667 дерев	0,02 га/год	35–45 люд.-год	підвищує калібр плодів
11	Травень–серпень	Краплинне зрошення	підтримання вологості у кореневмісному шарі	насосна станція, краплинні лінії	1 га	автоматично	8–10 люд.-год/сезон	контроль вологості датчиками
12	Червень–серпень	Фертигація	дробне внесення добрив із поливною водою	вузол фертигації	1 га	автоматично	5–7 люд.-год/сезон	уникати надлишку азоту
13	Червень–серпень	Літнє обрізування і підв’язування пагонів	поліпшення освітлення крони, видалення вовчків	платформа, ручний інструмент	1 га	0,04 га/год	18–25 люд.-год	не оголювати плоди у спеку
14	Червень–серпень	Повторне косіння міжрядь	підтримання прохідності та санітарного стану саду	МТЗ-80 + садова косарка	1 га × 4–5 разів	1,5 га/год	3–4 люд.-год	особливо перед збиранням
15	Липень–серпень	Контроль достигання плодів	оцінка забарвлення, щільності м’якоті, стану насіння	пенетрометр, рефрактометр	проби плодів	2 проби/год	3–4 люд.-год	визначає початок збирання
16	Серпень–вересень	Підготовка тари і проїздів	очищення контейнерів, перевірка міжрядь та розворотних смуг	навантажувач, МТЗ-80 + ВУК-3	100 контейнерів/га	18–20 конт./год	5–6 люд.-год	тара повинна бути сухою і чистою
17	Серпень–жовтень	Розставлення порожніх контейнерів у саду	контейнери розміщують так, щоб скоротити шлях перенесення плодів	МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3	100 конт./га	9 конт./рейс	2–3 люд.-год	маршрут узгодити з бригадами
18	Серпень–жовтень	Ручне збирання яблук у контейнери	плоди знімати з плодоніжкою, не кидати, не пересипати	бригада збирачів, садові драбини / платформа	35 т/га	0,12–0,18 т/люд.-год	230–290 люд.-год	сортування пошкоджених плодів окремо
19	Серпень–жовтень	Вивезення наповнених контейнерів із саду	фіксація контейнерів на платформі, плавний рух без ударів	МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3	35 т/га	≈6,3 т/год	5,6 тракт.-год	12 рейсів/га
20	Серпень–жовтень	Доставка на пункт товарної обробки	перевезення до лінії сортування або сховища	МТЗ-80 + ВУК-3 / навантажувач	100 конт./га	9 конт./рейс	включено в операцію 19	мінімізувати простої тари
21	Жовтень	Післязбиральне підживлення	відновлення запасу елементів живлення після урожаю	розкидач добрив / фертигація	1 га	1,2 га/год	1–2 люд.-год	дози за аналізом листків і ґрунту
22	Жовтень–листопад	Санітарне прибирання саду	видалення муміфікованих плодів і рослинних решток	ручний інструмент, причіп	1 га	0,08 га/год	10–14 люд.-год	зменшує інфекційне навантаження
23	Листопад	Підготовка до зими	захист штамбів, контроль гризунів, перевірка шпалери	ручний інструмент, матеріали захисту	1667 дерев	0,03 га/год	18–22 люд.-год	особливо для молодих насаджень

2.7. Організаційно-технологічна оцінка проектних рішень

За результатами проектування найбільш трудомісткою операцією залишається ручне збирання яблук, оскільки товарні плоди необхідно знімати обережно, не допускаючи механічних пошкоджень. Водночас правильно організоване транспортування контейнерів істотно впливає на якість урожаю: воно скорочує час перебування плодів у саду, зменшує кількість перевалок і дає можливість рівномірно подавати продукцію на сортування або зберігання.

Удосконалений контейнеровоз ВУК-3 доцільно використовувати не лише для вивезення наповнених контейнерів, а й для попереднього розставлення порожньої тари.

Побудована технологічна карта показує, що процес вирощування яблук у зоні Полісся повинен мати системний характер: ґрунтово-кліматичні умови зумовлюють потребу у вапнуванні, дренуванні, раціональному зволоженні та регулярному захисті від хвороб, а інтенсивна конструкція саду створює умови для механізованого виконання більшості операцій. При цьому транспортна ланка МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3 є важливою складовою технології збирання, оскільки забезпечує безперервний зв’язок між садом і пунктом товарної обробки.

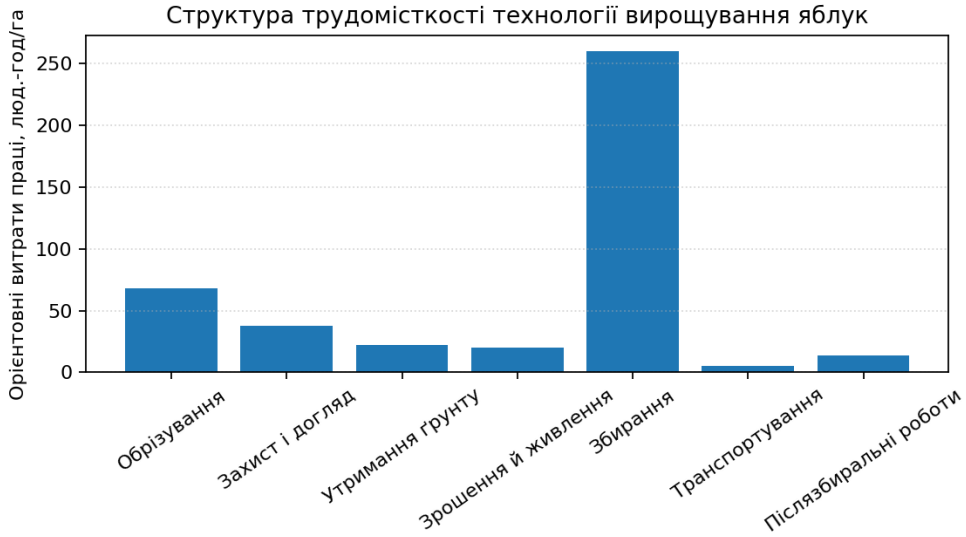


Рис. 2.7. Орієнтовний розподіл трудових витрат між основними операціями вирощування яблук

Висновки до розділу

Для умов Полісся запропоновано інтенсивну технологію вирощування яблук із використанням шпалерної системи, краплинного зрошення, трав’яного міжряддя та компактної веретеноподібної крони.

Проектна схема садіння 4,0 × 1,5 м забезпечує достатню густоту насаджень і водночас залишає міжряддя придатними для роботи тракторних агрегатів, обприскувачів, косарок і контейнеровоза.

Складено технологічну карту вирощування яблук, у якій передбачено підготовку ґрунту, обрізування, удобрення, захист рослин, зрошення, нормування врожаю, збирання, транспортування та післязбиральні операції.

Операцію транспортування прийнято виконувати агрегатом МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3. За урожайності 35 т/га та місткості 9 контейнерів за рейс потрібно близько 12 рейсів на 1 га, що забезпечує орієнтовну продуктивність транспортної ланки 6,3 т/год.

Запропонована організація транспортування з фіксацією контейнерів на платформі сприяє зменшенню ударних навантажень на плоди, підвищенню їх товарної якості та створює передумови для ефективної потокової технології збирання яблук.

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ВУК-3

3.1. Огляд конструкцій машин, що застосовуються для перевезення плодів

Транспортування плодів є однією з найвідповідальніших ланок післязбирального процесу, оскільки саме на цьому етапі значною мірою формується кінцева якість продукції. До складу вантажно-транспортних операцій входить підвезення та розміщення тари в саду, доставка заповнених контейнерів до пунктів сортування або плодосховищ, внутрішнє переміщення продукції на лініях товарної обробки, а також подальше перевезення плодів до місця реалізації чи переробки.

Основна вимога до таких операцій полягає у мінімізації механічного впливу на плоди. Навіть незначні удари, поштовхи або переміщення тари під час руху здатні спричинити приховані пошкодження, що знижують лежкість продукції. Тому ефективність транспортного процесу визначається не лише вантажопідйомністю машин, а й здатністю конструкції забезпечувати плавне навантаження, стабільне положення тари та м’яке розвантаження.

До технічних засобів, які використовуються у системі перевезення плодів, належать контейнери, платформи, причепи-контейнеровози, навантажувачі та допоміжні пристрої для переміщення тари. Окрему роль відіграють спеціалізовані транспортні машини, конструкція яких пристосована до роботи з контейнерами стандартних розмірів і до руху в міжряддях саду.

Для потокового виконання робіт у садах свого часу були створені мобільні контейнери-нагромаджувачі. За конструкцією це одновісні причепи зі спеціальним кузовом, у який плоди надходять під час ручного або механізованого збирання. Такі машини агрегатуються з тракторами класу 1,4,

мають прямокутний кузов, а його внутрішні металеві поверхні та дно вкриваються пружним матеріалом, наприклад губчастою гумою.

Розвантаження у подібних причепах здійснюється через бокове вікно, яке відкривається за допомогою гвинтового механізму. Типова вантажопідйомність контейнера-нагромаджувача становить близько 2,5 т, об’єм кузова - приблизно 4,3 м³, довжина – 6,25 м, ширина – 1,8 м, висота – 1,1 м, а маса – близько 850 кг. Попри простоту будови, така схема має істотний недолік: під час завантаження та розвантаження плоди зазнають значних пошкоджень, тому найчастіше їх можна використовувати лише для промислової переробки.

Більш досконалим способом є перевезення плодів без пересипання, тобто у контейнерах. Такий підхід зменшує кількість перевантажувальних операцій, скорочує час доставки із саду до місця зберігання та підвищує збереженість плодів. Саме тому контейнерна технологія набула значного поширення в садівництві.

Одним із прикладів спеціалізованих машин є платформа ПТ-3,5, призначена для транспортування овочевої, плодової та іншої сільськогосподарської продукції у стандартних контейнерах розміром 800×1200 або 1000×1200 мм. На її рамі встановлено два ряди роликів, які полегшують сходження контейнерів під час розвантаження. Завантаження і вивантаження забезпечуються зміною кута нахилу платформи за допомогою гідравлічної системи трактора.

Для садівничих господарств також застосовували причіп-контейнеровіз ПК-4. Його призначення полягає у вивезенні заповнених контейнерів із саду та розміщенні порожньої тари в міжряддях. Причіп має нижній і верхній яруси, ходову частину, гідравлічне обладнання, ланцюговий транспортер і системи безпеки руху. Ланцюговий транспортер переміщує контейнери в процесі навантаження або розвантаження, а верхній ярус підіймається двома гідроциліндрами.

Закордонні конструкції контейнеровозів розвивалися у схожому напрямі. Наприклад, в Угорщині використовували причіп із П-подібною рамою та захватами у вигляді горизонтальних балок, які працювали через шарнірно-паралелограмні механізми. Після заїзду причепа на штабель контейнерів захвати піднімали та фіксували вантаж для транспортування. Подібні машини застосовувалися також у Німеччині та Англії.

У США набули поширення низькокліренсні самонавантажувальні платформи з додатковими роликовими рамами. За допомогою гідроциліндрів раму нахиляють, а її задня частина виконує роль вил. Під час руху агрегату заднім ходом контейнери заходять на похилу раму, після чого вона переводиться у горизонтальне положення. Залежно від довжини платформи машина може перевозити п’ять або шість контейнерів.

У вітчизняній практиці значне поширення одержав агрегат ВУК-3. Його конструкція близька до самонавантажувальних платформ роликового типу. Основним робочим елементом є платформа-роликова доріжка, виконана у вигляді одновісного причепа. Контейнери завантажують на платформу навантажувачем, а розвантажують шляхом нахилу платформи, після чого вони переміщуються по роликах і сходять на землю.

Під час перевезення контейнери на платформі ВУК-3 утримуються передніми та задніми упорами. Однак штатні упори є пасивними, тобто не забезпечують усунення зазорів між контейнерами і не притискають вантаж до платформи. Через це під час розгону або гальмування контейнери під дією інерційних сил можуть зміщуватися по роликовій доріжці, ударятися об упори або один об одного. Саме ці удари спричиняють додаткові пошкодження плодів, що обґрунтовує необхідність конструктивного удосконалення агрегату.

3.2. Обґрунтування прийнятого конструктивного рішення

Аналіз роботи контейнеровоза ВУК-3 показує, що найбільш проблемною є не сама схема розвантаження, а відсутність активної фіксації

контейнерів під час транспортування. Платформа у вигляді роликової доріжки створює малий опір переміщенню тари, тому при зміні швидкості руху агрегату контейнери мають можливість зміщуватися вздовж платформи.

Найпростішим способом зменшення пошкоджень є забезпечення такого положення контейнерів, за якого між ними та обмежувальними елементами не залишається вільного простору. За відсутності зазорів контейнери не розганяються відносно платформи, а отже не виникає ударного контакту, який передається плодам.

Теоретично фіксацію можна було б здійснити за рахунок ускладнення всієї платформи, наприклад виконати роликову доріжку рухомою і піднімати її лише під час розвантаження. Проте такий варіант потребував би значної перебудови рами, збільшив би масу агрегату, ускладнив би гідросистему та підвищив вартість модернізації.

Більш доцільним є локальне удосконалення заднього упора. Якщо зробити його рухомим, він зможе виконувати дві функції: у транспортному положенні притискати ряд контейнерів через компенсатор до передніх упорів, а під час розвантаження перетворюватися на продовження роликової доріжки. Така схема не змінює загального принципу роботи ВУК-3, але усуває головний недолік - вільне переміщення контейнерів по платформі.

Отже, у проекті передбачено модернізацію заднього упора контейнеровоза шляхом встановлення шарнірної роликової рамки з гідравлічним приводом. Для забезпечення рівномірного притискання контейнерів між останнім контейнером і рухомою рамкою передбачається встановлення компенсатора. Він сприймає частину нерівностей, зменшує локальні навантаження на тару та забезпечує надійніший контакт.

3.3. Будова та принцип дії запропонованого удосконалення

Модернізований агрегат складається з трактора МТЗ-80 і контейнеровоза ВУК-3, на платформі якого встановлено рухомий задній упор. Основне призначення удосконаленого вузла - фіксація контейнерів на

роликовій доріжці під час транспортування та забезпечення їх безперешкодного сходження з платформи під час розвантаження.

Рухомий упор виконаний у вигляді рамки, що повертається навколо осі за допомогою гідроциліндра. Нерухома балка кріпиться між лонжеронами платформи, а рамка з’єднується з основною конструкцією шарнірно. Завдяки цьому вона може займати вертикальне положення для утримання контейнерів або горизонтальне положення, коли працює як продовження роликової доріжки.

Конструктивно рамка складається з двох паралельних роликових доріжок. Кожна доріжка має ліву та праву балки, між якими на осях установлені ролики. У верхній частині доріжки з’єднані між собою жорсткою віссю, а нижні кінці приварені до втулок, закріплених на валу. Вал обертається в корпусах, які через вуха, пластини та болтові з’єднання монтуються до торцевої частини лонжеронів платформи.

Після завантаження контейнерів на платформу між останнім контейнером і задньою рамкою встановлюється компенсатор. Далі гідроциліндр переводить рамку у робоче транспортне положення і створює зусилля притискання. У результаті весь ряд контейнерів фіксується між передніми упорами та рухомою задньою рамкою.

Під час руху агрегату така фіксація перешкоджає зміщенню тари, а отже зменшує ризик ударів між контейнерами. При прибутті до місця розвантаження рамка переводиться в горизонтальне положення, утворюючи плавне продовження роликової доріжки. Після нахилу платформи контейнери сходять по роликах без різких перепадів висоти.

Запропоноване удосконалення має подвійний позитивний ефект. По-перше, воно знижує рівень механічного травмування плодів і сприяє збільшенню тривалості їх зберігання. По-друге, за рахунок стабільнішого положення контейнерів створюються умови для підвищення робочої швидкості транспортного агрегату без погіршення якості продукції.

3.4. Розрахунок параметрів запропонованого удосконалення

3.4.1. Визначення основних технологічних показників

Корисна довжина платформи контейнеровоза становить 7720 мм. На ній передбачено розміщення контейнерів типорозміру 1200×800×600 мм. Оскільки контейнери встановлюються поперек платформи, їх кількість за довжиною визначається через корисну ширину контейнера та подвійну товщину його стінок.

$$n_k = l_{pl} / (h_{kon} + t), \quad (3.1)$$

де n_k - кількість контейнерів, що можуть бути встановлені на платформі, шт.; l_{pl} - корисна довжина платформи, мм; h_{kon} - корисна ширина контейнера, мм; t - подвійна товщина стінки контейнера, мм.

$$n_k = 7720 / (800 + 50) = 9{,}08 \approx 9 \text{ шт.}$$

Отже, платформа може перевозити дев’ять контейнерів. При цьому залишається невеликий вільний проміжок, приблизно 68 мм. Саме цей зазор є небажаним, оскільки під час рушання або гальмування він дає контейнерам можливість набрати відносну швидкість і вдаритися об упори чи сусідні контейнери.

Інерційна сила, що діє на контейнери при зміні швидкості руху агрегату, визначається залежністю:

$$P_{in} = G_{kon} \cdot j_a\text{гр} \cdot n_k, \quad (3.2)$$

де G_{kon} - вага одного контейнера з плодами, кг; j_aгр - прискорення або сповільнення агрегату, м/с²; n_k - кількість контейнерів на платформі.

$$P_{in} = 350 \cdot 2 \cdot 9 = 6300 \text{ Н.}$$

Опір переміщенню контейнерів по роликовій доріжці створюється силою опору коченню. Її визначаємо за формулою:

$$P_{коч} = G_{kon} \cdot n_{kon} \cdot f_{ко}\text{ч} \cdot g, \quad (3.3)$$

де $f_{коч}$ – коефіцієнт опору кочення контейнерів по роликах; g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$P_{коч} = 350 \cdot 9 \cdot 0{,}05 \cdot 9{,}81 = 1543{,}5 \text{ Н.}$$

Порівняння отриманих значень показує, що сила опору коченню менша за інерційну силу. Отже, без додаткової фіксації контейнери будуть зміщуватися по роликовій доріжці. Різниця між цими силами становить:

$$P_{сум} = P_{in} - P_{koч} = 6300 - 1543{,}5 = 4756{,}5 \text{ Н}.$$

Таким чином, на задній упор у небезпечних режимах руху може діяти зусилля 4756,5 Н. Якщо зазор між контейнерами і упорами не усунути, це зусилля проявиться у вигляді ударного навантаження, що спричинятиме пошкодження плодів. Тому задній упор повинен не тільки обмежувати переміщення контейнерів, а й активно притискати їх у транспортному положенні.

3.4.2. Підбір гідроциліндра та визначення його раціонального розташування

Для приводу рухомої рамки приймаємо гідроциліндр Ц-75. Його хід штока становить 200 мм, а максимальне зусилля – 43 кН. Гідроциліндр доцільно розмістити між двома лонжеронами платформи, але при цьому необхідно перевірити, щоб під час нахилу платформи він не торкався поверхні ґрунту.

Спочатку визначимо кут нахилу платформи β у положенні, коли платформа нахилена, а рамка заднього упора встановлена горизонтально та продовжує роликову доріжку. Розрахункова схема наведена на рис. 3.1.

$$\beta = \beta_1 + \beta_2, \qquad (3.4)$$

де β_1 – кут між лінією, що сполучає центр балансирної підвіски з центром ролика на кінці рамки, та горизонтом; β_2 – кут між цією лінією і віссю рамки, яка паралельна площині платформи.

Для трикутника KFC кут β_1 визначається так:

$$\beta_1 = \operatorname{arctg}(e_kF / eCF), \qquad (3.5)$$

$$e_kF = e + e_1 - e_4 / 2; \qquad eCF = L_1 + L_2.$$

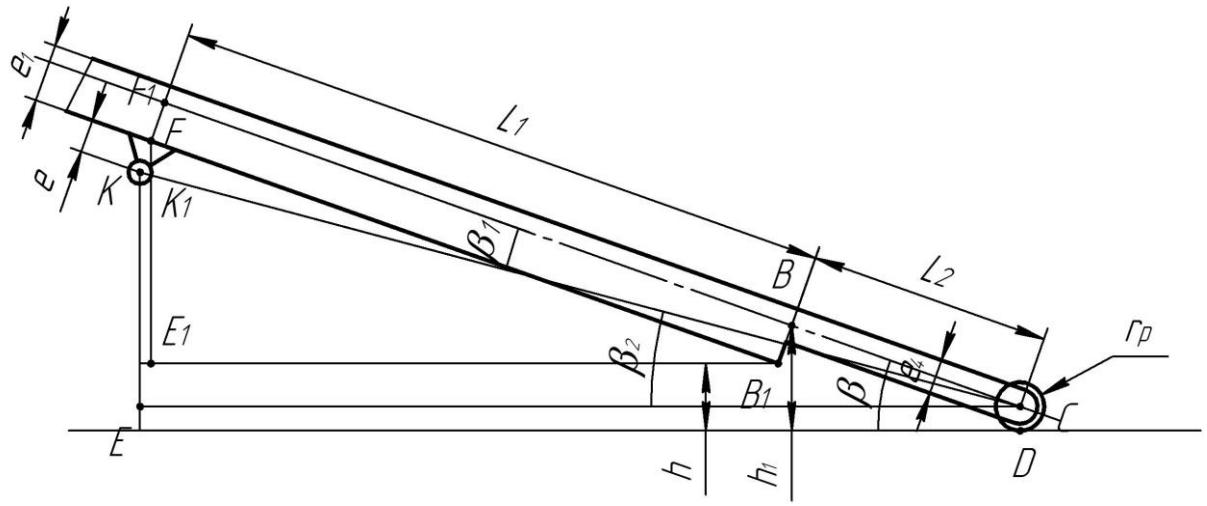


Рис. 3.1. Розрахункова схема для визначення місця кріплення гідроциліндра

Звідси отримаємо:

$$\beta_1 = \text{arctg}((e + e_1 - e_4 / 2) / (L_1 + L_2)). \quad (3.6)$$

Для трикутника ЕКС кут β_2 знаходимо за залежністю:

$$\beta_2 = \arcsin((H_{бал} - {}_{гр}) / \sqrt{((e + e_1 - e_4/2)^2 + (L_1 + L_2)^2)}). \quad (3.7)$$

Підставляючи прийняті розміри конструкції, одержуємо:

$$\beta = \text{arctg}((75 + 150 - 60/2) / (3300 + 860)) + \arcsin((325 - 50) / \sqrt{((75 + 150 - 60/2)^2 + (3300 + 860)^2)}) = 6{,}47°.$$

Далі визначаємо мінімальну відстань від поверхні ґрунту до нижньої точки лонжерона платформи:

$$h = H_{бал} + e \cdot \cos\beta - L_1 \cdot \sin\beta.$$

$$h = 325 + 75 \cdot \cos 6{,}47° - 3300 \cdot \sin 6{,}47° = 27{,}67 \text{ мм}.$$

Для вибору плеча дії гідроциліндра на вал заднього упора необхідно визначити відстань h_1:

$$h_1 = H_{бал} + (e + e_1 - e_4/2) \cdot \cos\beta - L_1 \cdot \sin\beta.$$

$$h_1 = 325 + (75 + 150 - 60/2) \cdot \cos 6{,}47° - 3300 \cdot \sin 6{,}47° = 146{,}9 \text{ мм}.$$

Отриманий результат показує, що простір між лонжеронами платформи дозволяє розмістити гідроциліндр. З урахуванням габаритів циліндра доцільно прийняти робоче плече дії на рамку 100 мм, а приблизно 40 мм залишити як конструктивний запас.

Наступним етапом є визначення другої точки кріплення гідроциліндра до поперечної балки платформи. Для цього використовується схема, наведена на рис. 3.2.

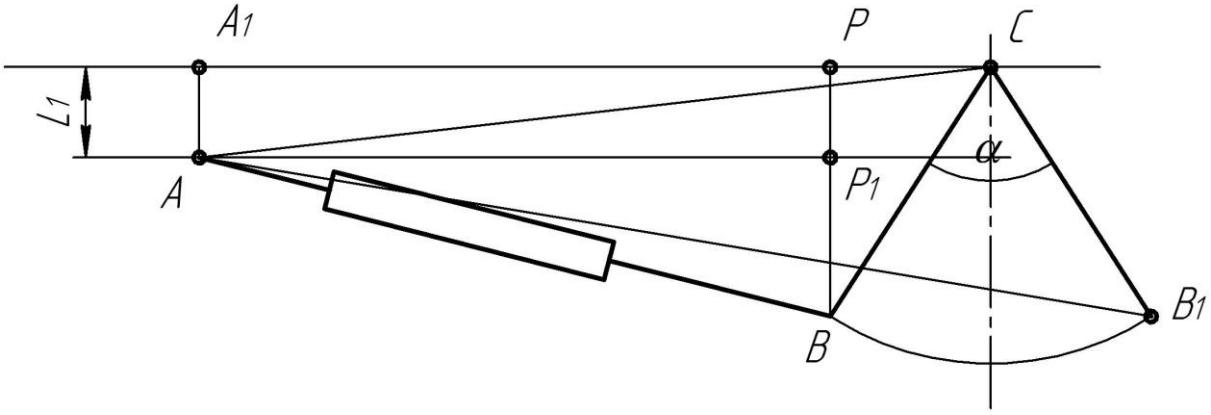


Рис. 3.2. Геометрична схема кріплення гідроциліндра

Приймаємо, що відстань АВ дорівнює 524 мм. Таке значення відповідає крайньому положенню рамки, коли вона встановлена горизонтально і продовжує площину платформи. Початковий кут положення плеча eBC приймаємо α = 45°. Після переміщення точки В у положення B_1 рамка має зайняти вертикальне положення, тобто плече повертається на 90°.

Спочатку визначаємо відстань e_1:

$$e_1 = (e - e_4) / 2 = (150 - 60) / 2 = 45 \text{ мм}.$$

Горизонтальна проекція плеча eBC становить:

$$e_{PC} = e_{BC} \cdot \cos\alpha = 100 \cdot \cos 45° = 70{,}7 \text{ мм}.$$

Відстань eA_1P визначаємо з трикутника AA_1P:

$$e_{A_1P} = \sqrt{(e_{AB}^2 - (e_{BC} \cdot \sin\alpha - e_1)^2)} = \sqrt{(524^2 - (100 \cdot \sin 45° - 45)^2)} = 523{,}36 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$e_{A_1C} = e_{A_1P} + e_{PC} = 523{,}36 + 70{,}7 = 594 \text{ мм};$$

$$e_{AC} = \sqrt{(e_{A_1C}^2 + e_1^2)} = \sqrt{(594^2 + 45^2)} = 595{,}8 \text{ мм}.$$

Перевіряємо, чи достатньо ходу штока для повороту рамки з горизонтального положення у вертикальне:

$$e_{AB1} - e_{AB} < e_{шт}, \qquad (3.8)$$

де $e_{шт} = 200$ мм - максимальний хід штока гідроциліндра.

Кут АСВ визначається за теоремою косинусів:

$$\angle ACB = \arccos((e_{AC}^2 + e_{BC}^2 - e_{AB}^2) / (2 \cdot e_{AC} \cdot e_{BC})) = 40{,}65°.$$

$$\angle ACB_1 = 40{,}65° + 90° = 130{,}65°.$$

Відповідно довжина гідроциліндра у другому крайньому положенні буде:

$$eAB_1 = \sqrt{(eAC^2 + eBC^2 - 2 \cdot e_{AC} \cdot e_{BC} \cdot \cos\angle ACB_1)} = 665{,}3 \text{ мм}.$$

$$e_{AB1} - e_{AB} = 665{,}3 - 595{,}8 = 69{,}5 \text{ мм} < 200 \text{ мм}.$$

Отже, за геометричними параметрами вибраний гідроциліндр забезпечує необхідний поворот рамки і має достатній запас ходу штока.

Далі виконаємо силову перевірку. У запропонованому вузлі гідроциліндр працює у двох режимах. У першому випадку він переміщує контейнери, долаючи опір коченню по роликовій доріжці. У другому - утримує рамку, коли на неї діє сумарна інерційна сила під час рушання або гальмування агрегату. Розрахункова схема дії сил наведена на рис. 3.3.

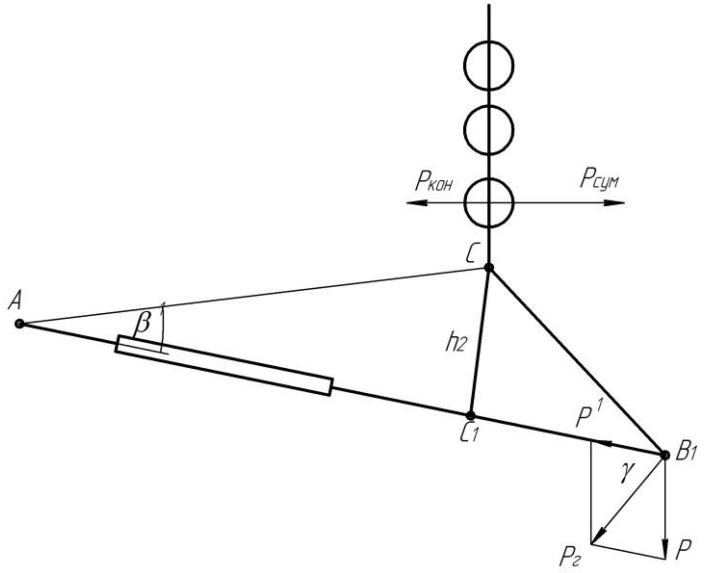


Рис. 3.3. Схема сил, що діють на гідроциліндр.

Для першого режиму записуємо умову рівноваги моментів:

$$P_{ko}ч \cdot l_2 = P_{гід} \cdot h_2, \qquad (3.9)$$

де l_2 - плече дії сили опору коченню; приймаємо $l_2 = 150$ мм = 0,15 м; h_2 - плече дії сили гідроциліндра.

Плече h_2 визначається за залежністю:

$$h_2 = lAC \cdot \sin\beta'.$$

Кут β' знаходимо з трикутника ACB_1:

$$\beta' = \arccos((lAC^2 + lAB_1^2 - lCB_1^2) / (2 \cdot lAC \cdot lAB_1)) = 6{,}55°.$$

$$h_2 = 595{,}8 \cdot \sin 6{,}55° = 67{,}96 \text{ мм} = 0{,}068 \text{ м}.$$

Звідси необхідне зусилля гідроциліндра для переміщення контейнерів становить:

$$Р\text{гід} = P_{ko}\text{ч} \cdot l_2 / h_2 = 1543{,}5 \cdot 0{,}15 / 0{,}068 = 3404{,}8 \text{ Н}.$$

Оскільки гідроциліндр Ц-75 здатний розвивати зусилля до 43 кН, отримане розрахункове навантаження значно менше допустимого. Отже, для переміщення рамки і подолання опору коченню його можливостей достатньо.

Перевіримо другий режим роботи - утримування рамки під дією інерційного навантаження. Для цього визначаємо силу P', яка передається на гідроциліндр:

$$P' = P_{сум} \cdot l_2 \cdot \cos\gamma / lCB_1. \quad (3.10)$$

Кут γ визначається так:

$$\gamma = 90° - \arccos((lAB_1^2 + lCB_1^2 - lAC^2) / (2 \cdot lAB_1 \cdot lCB_1)) = 47{,}21°.$$

Тоді:

$$P' = 4756{,}5 \cdot 0{,}15 \cdot \cos 47{,}21° / 0{,}1 = 4846{,}7 \text{ Н}.$$

Отже, і в режимі утримування рамки розрахункове навантаження суттєво менше за зусилля, яке може створити гідроциліндр Ц-75. Це підтверджує правильність його вибору для запропонованої конструкції.

3.4.3. Розрахунок балки роликової доріжки на міцність

Балка роликової доріжки сприймає навантаження від сумарної сили, що виникає під час дії інерційних сил на контейнери. За розрахунковою схемою її можна розглядати як консольний елемент, який працює на згин. Схему навантаження наведено на рис. 3.4.

Балку передбачається виготовити з листової сталі товщиною 10 мм. Основним завданням розрахунку є визначення мінімально допустимої ширини балки, за якої напруження згину не перевищуватимуть допустиме значення.

Умову міцності при згині записуємо у вигляді:

$$[\sigma_{зг}] = M_{зг} / W, \quad (3.11)$$

де $[\sigma_{зг}]$ – допустиме напруження згину, МПа; Мзг – згинальний момент, Н·м; W – момент опору перерізу, м³.

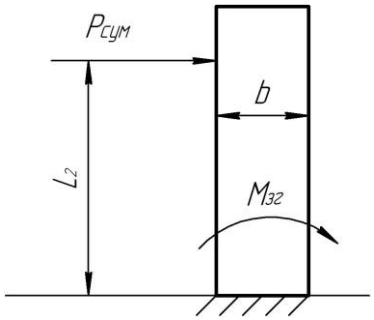


Рис. 3.4. Схема розрахунку балки роликової доріжки

Матеріалом балки приймаємо сталь Ст3. Для неї допустиме напруження згину приймаємо $[\sigma_{зг}]$ = 60 МПа. Згинальний момент визначаємо за формулою:

$$M_{зг} = P_{сум} \cdot l_2.$$

$$M_{зг} = 4756,5 \cdot 0,15 = 713,475 \text{ Н·м}.$$

Момент опору прямокутного перерізу дорівнює:

$$W = t \cdot b^2 / 6, \quad (3.12)$$

де t - товщина перерізу, м; b - ширина балки, м.

Оскільки навантаження сприймають чотири пластини, мінімальну ширину балки можна визначити так:

$$b = \sqrt{(6 \cdot M_{зг} / (t \cdot n \cdot [\sigma_{зг}]))}, \quad (3.13)$$

де n - кількість пластин, що беруть участь у сприйнятті навантаження, n = 4.

$$b = \sqrt{(6 \cdot 713,475 / (0,01 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 10^6))} = 0,042 \text{ м} = 42 \text{ мм}.$$

За розрахунком мінімальна ширина балки становить 42 мм. З урахуванням технологічності виготовлення, зручності складання вузла та необхідності мати додатковий запас міцності приймаємо конструктивну ширину балки 60 мм.

Висновки по розділу

У результаті аналізу конструкцій машин для транспортування плодів установлено, що контейнерна технологія є найбільш придатною для збереження якості продукції. Водночас штатна конструкція контейнеровоза ВУК-3 має недолік, пов’язаний із можливим переміщенням контейнерів по роликовій платформі під час зміни швидкості руху агрегату.

Для усунення зазначеного недоліку запропоновано модернізувати задній упор контейнеровоза. Удосконалений упор виконано у вигляді шарнірної роликової рамки з гідравлічним приводом. У транспортному положенні рамка притискає контейнери через компенсатор до передніх упорів, а під час розвантаження працює як продовження роликової доріжки.

Розрахунками встановлено, що на платформі контейнеровоза розміщується дев’ять контейнерів. Інерційна сила під час рушання або гальмування становить 6300 Н, сила опору коченню – 1543,5 Н, а сумарне навантаження, яке може діяти на задній упор – 4756,5 Н.

Для приводу рухомої рамки обрано гідроциліндр Ц-75. Перевірка показала, що необхідний хід штока становить 69,5 мм, що менше за доступні 200 мм. Потрібне робоче зусилля для переміщення контейнерів дорівнює 3404,8 Н, а зусилля утримування рамки під дією інерційного навантаження - 4846,7 Н. Обидва значення значно нижчі за можливості прийнятого гідроциліндра.

Розрахунок балки роликової доріжки показав, що мінімально необхідна ширина елемента становить 42 мм. Для забезпечення запасу міцності та зручності компоновки вузла прийнято ширину балки 60 мм. Запропоноване удосконалення дає змогу зменшити механічне пошкодження плодів, підвищити стабільність перевезення контейнерів і покращити експлуатаційні показники агрегату ВУК-3.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення та нормативна основа охорони праці

Охорона праці у технології збирання яблук є складовою частиною організації виробництва, оскільки від безпечності виконання ручних, механізованих і транспортних операцій залежить не лише здоров’я працівників, а й ритмічність проведення збиральної кампанії. У кваліфікаційній роботі розглядається технологія, у якій зібрані плоди завантажуються у контейнери та вивозяться із саду агрегатом, що складається з трактора МТЗ-80 і удосконаленого контейнеровоза ВУК-3. Такий агрегат працює у міжряддях саду, на польових дорогах, біля місць завантаження і розвантаження, тому зона його використання характеризується поєднанням транспортних, механічних, ергономічних і організаційних небезпек.

Нормативною базою для розроблення заходів безпеки є Закон України «Про охорону праці», Кодекс законів про працю України, Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, а також Правила пожежної безпеки в Україні. Ці документи визначають обов’язки роботодавця щодо створення безпечних умов праці, порядок навчання працівників, вимоги до безпечної експлуатації машин, обладнання, виробничих територій і засобів пожежогасіння [1–5].

Під час організації робіт у саду необхідно забезпечити допуск до роботи лише тих працівників, які пройшли вступний і первинний інструктажі, ознайомлені з маршрутом руху техніки, правилами перебування у небезпечних зонах, порядком подавання сигналів трактористу та вимогами щодо використання засобів індивідуального захисту.

Для тракториста-машиніста додатково встановлюються вимоги щодо наявності відповідного посвідчення, практичного досвіду керування

тракторним агрегатом, знання особливостей роботи гідравлічної системи та причіпного обладнання.

Мета розділу полягає у визначенні основних виробничих небезпек, які виникають під час збирання яблук і транспортування контейнерів, а також у розробленні комплексу профілактичних заходів для безпечної експлуатації агрегату МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3. Особливу увагу приділено фіксації контейнерів, руху в міжряддях, безпеці під час зчеплення, завантаження, транспортування, розвантаження, технічного обслуговування і дій персоналу в аварійних ситуаціях.

4.2. Характеристика умов праці під час збирання та транспортування яблук

Збирання яблук у зоні Полісся переважно виконується у стислі агротехнічні строки, коли необхідно швидко зняти плоди з дерев, розмістити їх у тарі, вивезти із саду та доставити до пункту сортування або тимчасового зберігання. Роботи часто проводяться у вересні-жовтні, коли можливі перепади температури, опади, ранкові тумани, вологе міжряддя і зниження видимості. Такі умови підвищують імовірність ковзання, втрати стійкості працівників, пробуксовування коліс, збільшення гальмівного шляху агрегату та погіршення керованості.

У виробничому процесі беруть участь збирачі плодів, тракторист-машиніст, працівники, які виконують підвезення і розстановку контейнерів, а також персонал пункту приймання продукції. Їхні дії повинні бути узгоджені в часі. Небезпечними є ситуації, коли люди перебувають між трактором і контейнеровозом, позаду контейнеровоза під час маневрування, біля рухомих упорів, під вантажем, що переміщується навантажувачем, або на траєкторії скочування контейнера при розвантаженні.

Технологічна операція транспортування контейнерів має специфічні особливості. По-перше, контейнери з яблуками мають значну масу і при різкому рушанні чи гальмуванні можуть зміщуватися на роликовій доріжці.

По-друге, транспортування виконується на нерівній поверхні саду, де можливі поперечні ухили, колії, ями, корені дерев і залишки рослинності. По-третє, в зоні роботи агрегату одночасно перебувають люди, тара і техніка, тому будь-яка помилка у сигналах або маневруванні може спричинити небезпечну ситуацію.

Удосконалення контейнеровоза ВУК-3 передбачає застосування рухомого заднього упора для фіксації контейнерів на платформі. Це рішення має позитивне значення не лише для зменшення пошкодження плодів, а й для охорони праці, оскільки знижує ризик самовільного переміщення контейнерів під дією інерційних сил. Водночас рухомий упор і гідроциліндр створюють нові небезпечні фактори: можливість защемлення рук, удару рухомою рамкою, розриву гідрошланга або неконтрольованого опускання елемента при несправності гідросистеми.

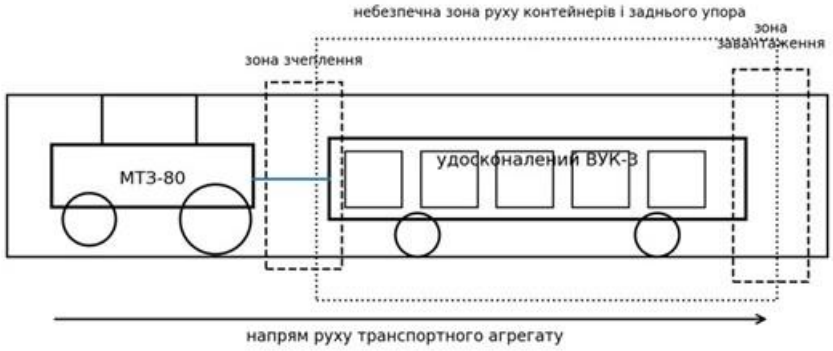


Рис. 4.1. Схема небезпечних зон під час роботи агрегату.

4.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання робіт із збирання яблук і транспортування контейнерів виділяють механічні, транспортні, фізичні, ергономічні, хімічні та психофізіологічні фактори. Найбільш суттєвими для даного проекту є небезпеки, пов’язані з рухом трактора і контейнеровоза, завантаженням тари, переміщенням контейнерів по роликових доріжках, роботою гідравлічного приводу заднього упора, а також перебуванням працівників у зоні маневрування техніки.

Механічні небезпеки виникають при контакті людини з рухомими частинами агрегату, колесами, причіпним пристроєм, роликами, рухомою задньою рамкою та контейнерами. Найбільш імовірними наслідками є забої, защемлення, падіння, травмування при ударі тарою або наїзді техніки. Щоб уникнути таких ситуацій, необхідно встановити порядок, за якого подача трактора до місця завантаження виконується лише за сигналом відповідального працівника, а працівники не перебувають між контейнерами, у зоні зчеплення і позаду агрегату.

Транспортні небезпеки пов’язані з рухом агрегату по міжряддях, польових дорогах і виробничому майданчику. До них належать перекидання на ухилі, зіткнення з деревами, опорами шпалери, людьми або іншими машинами, різке гальмування, недостатня оглядовість та рух заднім ходом. Для зниження цих ризиків необхідно обмежувати швидкість у саду, заздалегідь планувати маршрути, уникати руху поперек крутих схилів, не допускати перевантаження контейнеровоза та підтримувати справний стан гальм, рульового керування і світлової сигналізації.

Фізичні фактори включають шум, вібрацію, запиленість, сонячну радіацію, знижену або підвищену температуру повітря, підвищену вологість і недостатню освітленість. Для тракториста найбільш помітними є шум двигуна, загальна вібрація, статичне навантаження під час тривалого керування та напруження уваги при русі біля людей. Для збирачів плодів актуальними є фізичне навантаження, повторювані рухи, перенесення дрібної тари, робота на драбинах або садових платформах, контакт з гілками та ризик ковзання на вологому ґрунті.

Хімічні фактори можуть виникати у випадку виконання робіт невдовзі після обробки саду засобами захисту рослин. Тому перед початком збирання потрібно перевірити дотримання строків очікування після застосування препаратів, провести інструктаж щодо гігієни праці, забезпечити працівників чистою питною водою, місцем для миття рук і недопущенням приймання їжі безпосередньо у зоні можливого забруднення.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні фактори та заходи їх попередження

Етап роботи	Небезпечний фактор	Можливі наслідки	Профілактичні заходи
Підготовка агрегату	несправні гальма, рульове керування, зчіпка, гідросистема	втрата керованості, витік оливи, від’єднання причепа	щозмінний огляд, перевірка кріплень, контроль рівня рідин, пробне гальмування
Зчеплення МТЗ-80 з ВУК-3	перебування між трактором і контейнеровозом	затискання, удар, наїзд	зчеплення за участю одного сигнальника, заборона перебування в зоні між машинами
Завантаження контейнерів	падіння або перекіс контейнера, робота навантажувача	удар вантажем, пошкодження тари	розмітка зони, рівний майданчик, заборона проходу під вантажем
Фіксація контейнерів	рух заднього упора і роликових елементів	защемлення рук, удар рамкою	керування тільки з безпечного місця, попереджувальний сигнал, огляд гідрошлангів
Рух по саду	нерівності, колії, погана видимість, люди у міжрядді	перекидання, зіткнення, наїзд	обмеження швидкості, маршрут без перешкод, сигнальні жилети
Розвантаження	самовільне скочування контейнера	удар, затискання, пошкодження плодів	розвантаження на рівному майданчику, фіксація агрегату, видалення людей із зони
ТО і ремонт	тиск у гідросистемі, гарячі поверхні, інструмент	опіки, травмування, витік оливи	зупинка двигуна, скидання тиску, підставки під рухомі вузли

4.4. Вимоги безпеки до агрегату МТЗ-80 + удосконалений ВУК-3

Перед початком роботи трактор МТЗ-80 і контейнеровіз ВУК-3 повинні бути технічно справними. Трактор перевіряють за основними системами: гальмівною, рульовою, ходовою, електрообладнанням, системою освітлення і сигналізації, двигуном, паливною системою та гідравлікою. Окремо контролюють стан причіпного пристрою, наявність шплінтів і стопорних елементів, відсутність тріщин у зварних швах, надійність

приєднання гідрорукавів, справність запобіжних пристроїв і відсутність підтікання робочої рідини.

Контейнеровіз ВУК-3 необхідно оглядати перед кожною зміною, оскільки він працює з тарою значної маси. Роликові доріжки повинні обертатися без заїдань, не мати гострих кромок і пошкоджених осей. Передні й задні упори повинні чітко фіксувати контейнери та не допускати їх переміщення під час руху. Рухомий задній упор після удосконалення має бути обладнаний справним гідроциліндром, надійними шарнірами, обмежувачами ходу і вузлами, що не допускають довільного опускання рамки.

Особливу увагу слід приділяти гідравлічній системі. Усі шланги мають бути без здуття, потертостей, тріщин і слідів підтікання. Забороняється перевіряти витік рідини рукою, оскільки робоча рідина під тиском може травмувати шкіру. Огляд виконують після зупинки двигуна, скидання тиску і встановлення рухомого упора у безпечне положення. Під час технічного обслуговування задній упор повинен бути зафіксований механічною підставкою або упором, а не тільки утримуватися тиском у гідросистемі.

Під час руху агрегату контейнеровіз не допускається перевантажувати понад встановлену вантажопідйомність. Контейнери повинні встановлюватися рівномірно, без перекосу, із дотриманням симетрії навантаження по ширині платформи. Неправильний розподіл маси збільшує ризик перекидання на поворотах та ухилах, підвищує навантаження на раму, ходову частину і зчіпний пристрій. Перед початком руху тракторист зобов’язаний переконатися, що всі контейнери затиснуті рухомим упором і не мають вільного ходу по роликах.

На агрегаті повинні бути справні світлові прилади, звуковий сигнал, світловідбивні елементи, аптечка, вогнегасник, противідкотні упори та знак аварійної зупинки. За потреби на задній частині контейнеровоза доцільно нанести попереджувальні написи: «Не перебувати позаду агрегату», «Обережно, рухомий упор», «Небезпечна зона розвантаження». Такі

позначення є простим, але ефективним способом зниження ризику помилкових дій персоналу.

Таблиця 4.2 – Контрольний лист готовності агрегату до роботи

Об’єкт контролю	Що перевіряється	Періодичність	Відповідальний
Трактор МТЗ-80	гальма, кермове керування, світло, сигнал, дзеркала, шини	щозміни	тракторист
Зчіпний пристрій	палець, шплінт, відсутність люфтів і тріщин	перед виїздом	тракторист, механік
Рама ВУК-3	зварні шви, лонжерони, кріплення осей, колеса	щозміни	механік
Роликова доріжка	обертання роликів, стан осей, відсутність заїдань	перед завантаженням	тракторист
Рухомий задній упор	хід рамки, шарніри, упори, фіксація контейнерів	перед рейсом	тракторист
Гідросистема	рукави, з’єднання, відсутність підтікання, робота циліндра	щозміни	тракторист, механік
Засоби безпеки	вогнегасник, аптечка, противідкотні упори, сигнальні елементи	щозміни	відповідальний за зміну

4.5. Організація безпечного виконання технологічної операції транспортування

Безпечне транспортування контейнерів з яблуками починається з підготовки маршруту. Внутрішньосадові проїзди мають бути очищені від сторонніх предметів, обрізаних гілок, каміння, залишків тари та інших перешкод. У місцях із підвищеною вологістю потрібно перевірити несучу здатність ґрунту, оскільки пробуксовування або занесення агрегату створює додаткову небезпеку для людей і тари. Повороти, виїзди з міжрядь, перетини технологічних доріг і місця розвороту мають бути позначені або заздалегідь доведені до відома тракториста.

На ділянці збирання призначається відповідальний працівник, який координує рух техніки і подає сигнали трактористу. Команди повинні бути простими й однаковими для всіх учасників процесу: «стій», «вперед», «назад», «повільно», «завантаження дозволено», «люди вийшли із зони». Рух заднім ходом дозволяється лише за умови, що позаду агрегату немає людей,

тари або перешкод, а тракторист має достатню оглядовість або отримує сигнали від відповідального працівника.

Під час завантаження контейнерів трактор повинен бути зупинений, важіль перемикання передач переведений у нейтральне положення, а при необхідності застосовуються стоянкове гальмо і противідкотні упори. Забороняється знаходитися на платформі контейнеровоза, між контейнерами або біля рухомого заднього упора, коли навантажувач встановлює тару. Після завершення завантаження контейнерів проводиться їх вирівнювання, перевірка положення та фіксація заднім упором.

Перед початком руху тракторист повинен переконатися, що люди відійшли від агрегату на безпечну відстань, задній упор переведений у робоче положення, а контейнери не зміщуються на роликовій доріжці. Рушання здійснюється плавно, без ривків. Різке прискорення і різке гальмування забороняються, оскільки вони збільшують інерційні навантаження на контейнери, раму, упори й зчіпний пристрій. На поворотах швидкість зменшують заздалегідь, не допускаючи бокового зсуву вантажу.

Розвантаження проводиться на підготовленому рівному майданчику. До початку розвантаження агрегат фіксують від самовільного переміщення, а працівники залишають зону можливого руху контейнерів. Рухомий упор переводиться у положення, що забезпечує безпечне сходження контейнерів з роликової доріжки. Під час розвантаження заборонено стояти перед контейнером, на його траєкторії руху або намагатися зупинити тару руками. Якщо контейнер заклинився, роботу зупиняють і усувають причину тільки після зняття навантаження і перевірки стійкості тари.

4.6. Вимоги до працівників, навчання, інструктажі та засоби індивідуального захисту

До робіт зі збирання яблук допускаються працівники, які пройшли медичний огляд у випадках, передбачених законодавством, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці та ознайомлені з

безпечними прийомами роботи у саду. Працівники повинні знати розташування аптечки, вогнегасників, місця збору у разі аварійної ситуації, порядок повідомлення керівника робіт і номери екстрених служб. Повторний інструктаж проводиться у встановлені строки, а позаплановий – у разі зміни технології, модернізації обладнання, аварійної ситуації або перерви у роботі.

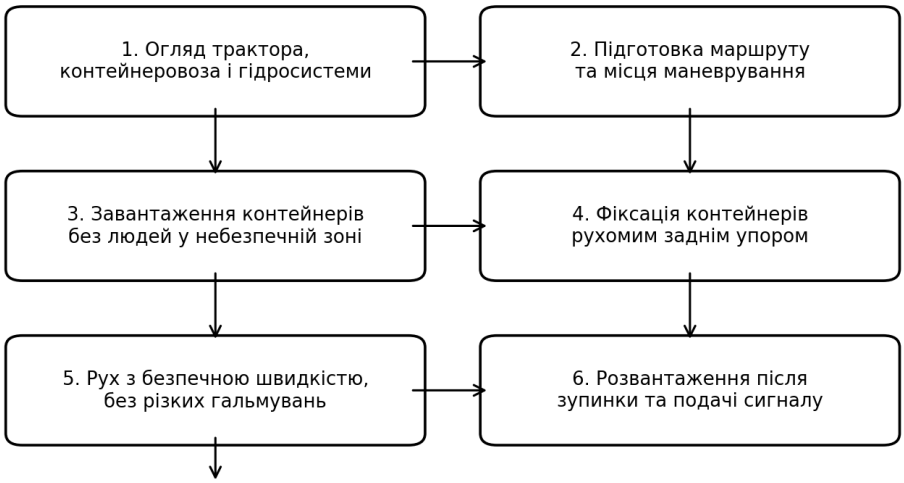


Рис. 4.2. Алгоритм безпечного виконання операції транспортування контейнерів

Рис. 4.2. Алгоритм безпечного виконання операції транспортування контейнерів

Тракторист-машиніст повинен мати право керування відповідною категорією техніки, знати будову трактора МТЗ-80, особливості агрегатування з ВУК-3, порядок керування гідросистемою і вимоги до перевезення контейнерів. Він несе персональну відповідальність за технічний огляд перед виїздом, виконання безпечної швидкості, плавність руху, недопущення перевезення людей на контейнеровозі та зупинку роботи у разі появи несправності.

Збирачі яблук повинні працювати у зручному одязі, який не має вільних звисаючих частин, що можуть зачепитися за гілки, тару або механізми. Рекомендовано застосовувати рукавиці для захисту рук, закрите взуття з неслизькою підошвою, головний убір, сигнальні жилети при роботі поруч з технікою, а в холодну або вологу погоду – захисний одяг відповідно

до погодних умов. Під час ручного переміщення дрібної тари необхідно уникати надмірного навантаження на спину, піднімати вантаж із зігнутими ногами і не переносити тару на слизькій поверхні без потреби.

Усі учасники технологічного процесу повинні дотримуватися виробничої дисципліни. Забороняється перебувати у стані алкогольного чи наркотичного сп’яніння, самовільно керувати трактором або гідравлічними органами контейнеровоза, виконувати ремонт при працюючому двигуні, перебувати на платформі під час руху, сидіти на контейнерах або використовувати контейнеровіз для перевезення людей. Працівник має право відмовитися від виконання роботи, якщо виникла небезпечна ситуація, що загрожує його життю або здоров’ю.

Таблиця 4.3 – Засоби індивідуального захисту для працівників збирально-транспортного процесу

Категорія працівників	Основні ЗІЗ	Від яких небезпек захищають	Особливості застосування
Тракторист	спецодяг, закрите взуття, рукавиці, за потреби протишумові засоби	вібрація, шум, забруднення, контакт з гарячими деталями	перевіряти стан одягу, не працювати у взутті без фіксації стопи
Збирачі плодів	рукавиці, головний убір, взуття з неслизькою підошвою	подряпини, ковзання, погодні фактори	не використовувати пошкоджені рукавиці та нестійкі драбини
Працівник біля тари	сигнальний жилет, рукавиці, захисне взуття	удар тарою, наїзд техніки, защемлення	перебувати поза траєкторією руху контейнерів
Механік	рукавиці, окуляри, спецодяг, взуття з твердим носком	порізи, бризки оливи, удари інструментом	обслуговувати гідросистему після скидання тиску

4.7. Розрахункова оцінка професійного ризику

Для систематизації небезпек доцільно застосувати якісно-кількісний метод оцінки ризику. Рівень ризику R визначають як добуток імовірності виникнення небезпечної події P та тяжкості можливих наслідків S: $R = P \times S$. Для оцінки приймаємо шкалу від 1 до 5, де 1 означає мінімальну імовірність або незначний наслідок, а 5 – високу імовірність або тяжкий наслідок. Такий

метод дає змогу порівняти ризики до впровадження заходів і після їх застосування.

Найвищий початковий ризик для агрегату МТЗ-80 + ВУК-3 пов’язаний зі зміщенням контейнерів на роликовій доріжці при рушанні або гальмуванні. Завдяки удосконаленню заднього упора цей ризик суттєво зменшується, оскільки контейнери утримуються у фіксованому положенні. Другим за значенням є ризик наїзду або зіткнення під час маневрування у міжряддях. Його знижують обмеженням швидкості, розміткою маршруту, використанням сигнальних жилетів і призначенням відповідального сигнальника.

Таблиця 4.4 – Оцінка ризиків під час транспортування контейнерів з яблуками

Небезпечна подія	P до	S до	R до	Основний захід	R після
Наїзд агрегату на працівника	3	4	12	сигнальник, обмеження швидкості, заборона перебування у зоні руху	6
Защемлення рухомим упором	2	5	10	керування з безпечного місця, попереджувальний сигнал	4
Падіння працівника на вологому ґрунті	3	3	9	неслизьке взуття, очищення проходів, освітлення	5
Пожежа від трактора або сухої рослинності	2	4	8	вогнегасник, огляд паливної системи, заборона відкритого вогню	4

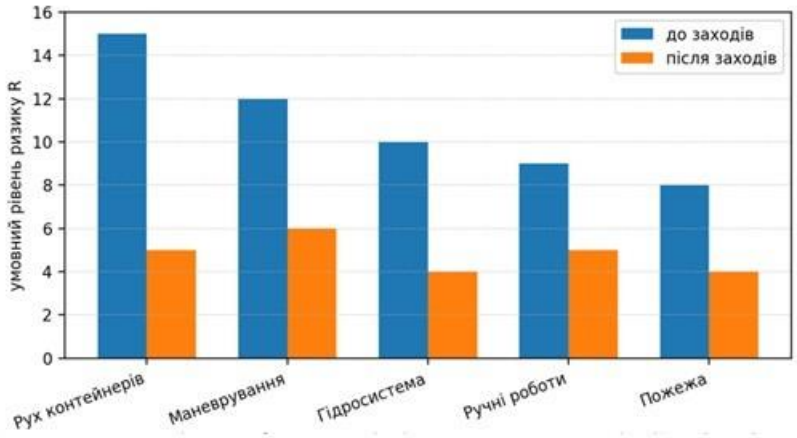


Рис. 4.3. Зменшення рівня виробничих ризиків після впровадження організаційних і технічних заходів.

За результатами оцінки видно, що найбільший ефект забезпечують технічні заходи, спрямовані на фіксацію контейнерів та справність гідравлічного приводу. Однак самі технічні рішення не можуть повністю усунути небезпеку, якщо працівники порушують порядок руху, перебувають у небезпечних зонах або виконують ремонт без зупинки машини. Тому технічні заходи повинні поєднуватися з інструктажем, контролем дисципліни, відповідальністю за стан маршруту і чітким порядком дій персоналу.

4.8. Пожежна безпека, санітарно-гігієнічні умови та дії в аварійних ситуаціях

Пожежна небезпека під час збирання яблук зумовлена роботою трактора з двигуном внутрішнього згоряння, наявністю палива, мастил, сухої трави, тари та горючих матеріалів. Перед виїздом у сад перевіряють відсутність підтікання палива й оливи, справність електропроводки, чистоту поверхонь двигуна і наявність вогнегасника. Забороняється заправляти трактор при працюючому двигуні, курити біля місць зберігання палива, залишати промаслене ганчір’я у кабіні або на платформі, а також проводити зварювальні роботи без оформлення відповідних заходів пожежної безпеки.

Санітарно-гігієнічні умови праці у саду повинні передбачати забезпечення працівників питною водою, місцем для відпочинку, аптечкою, можливістю миття рук і захистом від несприятливих погодних умов. У спекотну погоду доцільно організовувати перерви у затінених місцях, а в холодну і вологу – забезпечувати працівників відповідним одягом. Тривалість роботи, перерви та розподіл навантаження мають запобігати перевтомі, оскільки саме перевтома часто стає причиною неуважності, порушення сигналів і травмування.

У разі аварійної ситуації тракторист повинен негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун, зафіксувати машину від самовільного руху і повідомити керівника робіт. Якщо сталося пошкодження гідросистеми, забороняється

продовжувати рух із вантажем до усунення несправності. Якщо контейнер змістився або заклинився, працівники не повинні намагатися зупинити його вручну; необхідно звільнити небезпечну зону, стабілізувати агрегат і тільки після цього виконувати розблокування безпечним способом.

При травмуванні працівника надають домедичну допомогу у межах підготовки персоналу, викликають екстрені служби та не переміщують потерпілого без необхідності, якщо є підозра на значне ушкодження. Керівник робіт організовує огородження місця події, зупинку техніки та збереження обстановки для подальшого з’ясування причин. Після будь-якої аварійної або передаварійної ситуації проводять позаплановий інструктаж і переглядають технологічну схему робіт.

Висновки по розділу

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці під час збирання яблук і транспортування контейнерів агрегатом МТЗ-80 + удосконалений контейнеровіз ВУК-3. Встановлено, що найбільші ризики пов’язані з рухом техніки у міжряддях, зміщенням контейнерів на роликовій доріжці, роботою гідравлічного заднього упора, завантаженням і розвантаженням тари, а також перебуванням працівників у небезпечних зонах.

Запропоноване удосконалення контейнеровоза, яке передбачає фіксацію контейнерів рухомим заднім упором, позитивно впливає на безпеку транспортної операції, оскільки зменшує ймовірність самовільного переміщення тари під дією інерційних сил. Разом з тим для безпечної експлуатації такого вузла необхідно дотримуватися вимог до гідросистеми, не допускати перебування людей біля рухомих елементів і проводити технічне обслуговування тільки після зупинки агрегату та скидання тиску.

Для зменшення виробничих ризиків запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів: щозмінний огляд трактора та контейнеровоза, контроль справності зчіпного пристрою і гідросистеми, призначення відповідального сигнальника, обмеження швидкості у саду,

підготовка маршрутів, застосування засобів індивідуального захисту, забезпечення пожежної безпеки і проведення інструктажів. Оцінка ризиків показала, що впровадження цих заходів знижує рівень небезпек до прийнятного для виробничих умов рівня.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета та завдання техніко-економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень є завершальним етапом оцінки доцільності удосконалення технології збирання яблук. У межах кваліфікаційної роботи основна увага приділяється технологічній операції транспортування, оскільки саме вона з’єднує процес ручного знімання плодів у саду з подальшою товарною обробкою, сортуванням або закладанням продукції на зберігання. Яблука належать до продукції, чутливої до механічних пошкоджень, тому економічний результат від удосконалення транспортної ланки формується не лише за рахунок зменшення витрат машинного часу, а й завдяки кращому збереженню товарної якості плодів.

Проектним рішенням передбачено використання агрегату у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3. Конструктивне вдосконалення полягає у застосуванні рухомого заднього упора з гідроприводом, який фіксує контейнери на роликовій платформі під час руху агрегату. Такий підхід зменшує переміщення контейнерів під дією сил інерції при рушанні, гальмуванні та русі по нерівностях садових міжрядь. Внаслідок цього зменшуються удари тари між собою і з упорами, підвищується стабільність агрегату, а плоди менше втрачають товарну якість.

Метою розділу є визначення економічної ефективності впровадження удосконаленого контейнеровоза ВУК-3 у технології збирання яблук у зоні Полісся.

Для досягнення цієї мети необхідно встановити вихідні виробничі показники, розрахувати обсяг транспортних робіт, визначити продуктивність базового і проектного варіантів, оцінити експлуатаційні витрати, визначити капітальні вкладення на модернізацію та розрахувати строк окупності проектних рішень.

Розрахунок виконано для плодоносного інтенсивного яблуневого саду площею 20 га. Урожайність прийнято на рівні 35 т/га, що відповідає проектним умовам експлуатації саду при застосуванні сучасної системи догляду, регулярного захисту рослин, краплинного зрошення і раціональної організації збирання. Усі вартісні показники мають розрахунковий проектний характер і можуть уточнюватися за фактичними цінами господарства, тарифними ставками, вартістю пального та конкретною комплектацією контейнеровоза.



Рис. 5.1. Схема формування економічного ефекту від удосконалення контейнеровоза ВУК-3.

5.2. Вихідні дані для економічного розрахунку

Вихідні дані сформовано з урахуванням технологічної карти вирощування яблук у зоні Полісся та параметрів транспортної операції. Для перевезення врожаю використовуються дерев’яні або пластикові садові контейнери розміром 1200×800×600 мм. Орієнтовна маса яблук у одному контейнері становить 0,35 т. Удосконалений ВУК-3 приймається таким, що перевозить 9 контейнерів за один рейс, тобто 3,15 т плодів. Порівняння здійснюється між базовим варіантом ВУК-3 із пасивними упорами та проектним варіантом, у якому задній упор забезпечує фіксацію контейнерів.

У базовому варіанті через необхідність обережнішого руху, частіші зупинки, контроль положення тари на роликовій доріжці та вищий ризик ударів тривалість одного транспортного циклу прийнято 0,60 год. У проектному варіанті завдяки фіксації контейнерів, кращій керованості процесу завантаження і вивантаження та можливості стабільнішого руху середня тривалість циклу зменшується до 0,50 год. У транспортний цикл включено під’їзд до місця завантаження, приймання контейнерів, переміщення до пункту товарної обробки, розвантаження та повернення агрегату в сад.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Позначення	Одиниця	Прийняте значення	Пояснення
Площа плодоносного саду	F	га	20	проектна площа для річного розрахунку
Урожайність яблук	У	т/га	35	середня проектна врожайність
Валовий збір плодів	Q	т	700	Q = F·У
Маса плодів у контейнері	$q_к$	т	0.35	контейнер 1200×800×600 мм
Кількість контейнерів на ВУК-3	$n_к$	шт.	9	місткість платформи
Вантаж за один рейс	$Q_р$	т	3.15	Qр = nк·qк
Тривалість циклу базового варіанта	$t_б$	год	0.60	без активної фіксації контейнерів
Тривалість циклу проектного варіанта	$t_п$	год	0.50	з рухомим заднім упором
Розрахункова вартість машино-години	$С_{мг}$	грн/год	970	МТЗ-80 + ВУК-3

Прийняті показники дають змогу порівняти два варіанти технологічної операції за однакового обсягу робіт. Це важливо, оскільки удосконалення контейнеровоза не змінює загальну масу врожаю, але впливає на час виконання операції, рівень пошкодження плодів, зручність організації потокового збирання та якість продукції після транспортування.

5.3. Розрахунок продуктивності транспортної ланки

Продуктивність агрегату під час транспортування яблук залежить від місткості контейнеровоза і тривалості транспортного циклу. Для умов проекту вантаж за один рейс визначається за формулою:

$$Q_р = n_к \cdot q_к = 9 \cdot 0{,}35 = 3{,}15 \text{ т.}$$

Кількість рейсів, необхідних для перевезення всього врожаю з проектної площі, визначається діленням валового збору плодів на вантаж за один рейс:

$$N_р = Q / Q_р = 700 / 3{,}15 = 222{,}2 \text{ рейсу.}$$

Оскільки фактична кількість рейсів повинна бути цілим числом, у виробничих умовах планується близько 223 рейсів. Частина рейсів може виконуватися не з повним завантаженням, що пов’язано з нерівномірністю достигання плодів, розміщенням контейнерів у кварталах саду та організацією роботи збиральних бригад. Для економічного розрахунку приймаємо безперервний обсяг перевезення 700 т, що дає змогу коректно порівняти базовий і проектний варіанти.

Годинна продуктивність визначається як відношення вантажу за один рейс до тривалості циклу. Для базового варіанта вона становить 5,25 т/год, а для удосконаленого контейнеровоза - 6,30 т/год. Зростання продуктивності пояснюється скороченням непродуктивних витрат часу, стабільнішою роботою платформи під час руху та меншою потребою у додатковому контролі положення контейнерів.

Таблиця 5.2 – Порівняння продуктивності транспортної операції

Показник	Базовий ВУК-3	Удосконалений ВУК-3	Відхилення / ефект
Вантаж за один рейс, т	3.15	3.15	без зміни
Тривалість транспортного циклу, год	0.60	0.50	-0,10 год
Годинна продуктивність, т/год	5.25	6.30	+1.05 т/год
Потрібний машинний час на 700 т, год	133.3	111.1	-22.2 год
Кількість рейсів на 20 га, рейсів	222.2	222.2	без зміни

Отримані розрахунки показують, що навіть за незмінної місткості платформи економічний ефект може формуватися за рахунок кращої організації руху контейнерів і скорочення часу рейсу. Економія машинного

часу становить 22,2 год за сезон на площі 20 га. Для садівничого господарства це має практичне значення, оскільки період масового збирання яблук обмежений за строками, а затримки вивезення наповнених контейнерів можуть погіршувати якість продукції та створювати простої збирачів.

5.4. Розрахунок експлуатаційних витрат на транспортування

Експлуатаційні витрати транспортного агрегату включають витрати на пальне, мастильні матеріали, оплату праці тракториста-машиніста, нарахування на заробітну плату, технічне обслуговування, поточний ремонт, амортизаційні відрахування та інші витрати, пов’язані з використанням агрегату. Для спрощення розрахунку всі ці елементи зведено у вартість однієї машино-години роботи агрегату МТЗ-80 + ВУК-3.

Вартість машино-години прийнято на рівні 970 грн/год. Значення є проектним і може коригуватися залежно від фактичної вартості дизельного пального, стану трактора, норм витрати палива, розміру заробітної плати та способу обліку амортизації. Структура машино-години наведена у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахункова структура вартості машино-години агрегату МТЗ-80 + ВУК-3

Стаття витрат	Порядок визначення	Сума, грн/год	Частка, %
Дизельне пальне	8.0 л/год × 58 грн/л	464.0	47.8
Мастильні матеріали	15 % від вартості пального	69.6	7.2
Оплата праці тракториста	тарифна ставка	130.0	13.4
Нарахування на оплату праці	22 % від заробітної плати	28.6	2.9
ТО і поточний ремонт	проектна норма	160.0	16.5
Амортизаційні відрахування	проектна норма	120.0	12.4
Інші витрати	накладні та організаційні витрати	-2.2	-0.2
Разом	$С_{мг}$	970.0	100,0

Річні витрати на виконання операції транспортування визначають множенням потрібного машинного часу на вартість машино-години. Для базового варіанта витрати становлять 129,3 тис. грн, а для проектного - 107,8

тис. грн. Без урахування додаткових витрат на модернізацію пряма економія експлуатаційних витрат дорівнює 21,5 тис. грн за сезон.

$$E_{тр} = (133.3 - 111.1) \cdot 970 = 21.6 \text{ тис. грн/рік.}$$

Крім прямої економії коштів, скорочення машинного часу має організаційне значення. Трактор МТЗ-80 в період збирання може бути задіяний на інших допоміжних роботах, а швидше вивезення контейнерів зменшує навантаження на розворотні смуги та міжряддя. У результаті підвищується ритмічність роботи збиральних бригад і покращується використання тари.

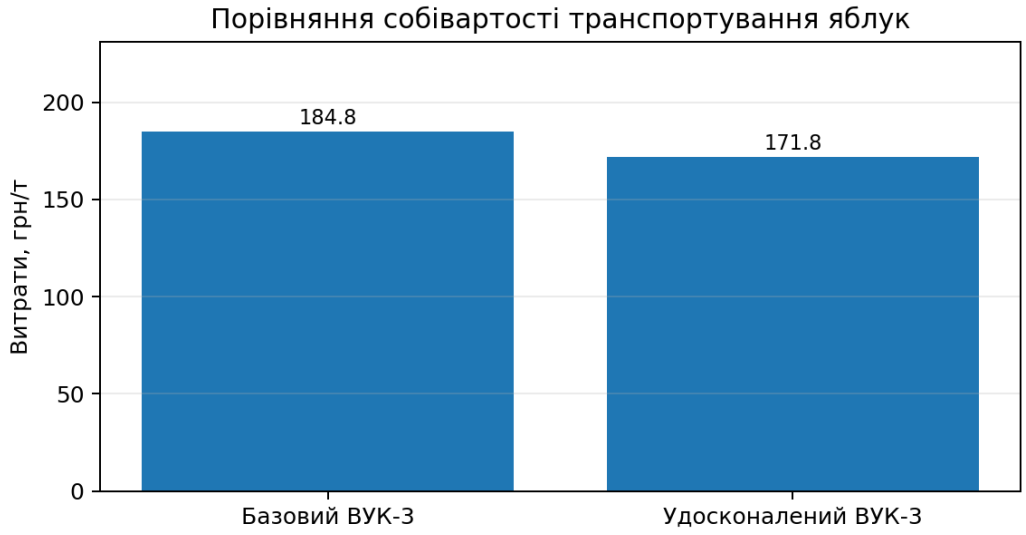


Рис. 5.2. Порівняння собівартості транспортування 1 т яблук у базовому та проєктному варіантах

5.5. Економічний ефект від зменшення пошкодження плодів

Найважливішою особливістю економічної оцінки транспортної операції у садівництві є врахування втрат товарної якості. Для яблук механічні пошкодження мають прихований економічний ефект: частина плодів після ударів або стискання може зовні виглядати придатною, але під час зберігання швидше втрачає лежкість, темніє у місцях забиття і переводиться у нижчу товарну категорію. Тому вдосконалення

транспортного засобу, яке зменшує удари контейнерів, безпосередньо впливає на частку продукції, що реалізується як товарна.

Для розрахунку приймаємо, що у базовому варіанті частка плодів, які втрачають товарну якість через транспортні пошкодження, становить 4,0 % від валового збору. Після впровадження фіксації контейнерів на платформі цей показник зменшується до 2,2 %. Отже, проектне рішення дає змогу зберегти 1,8 відсоткового пункту врожаю у товарній категорії. За валового збору 700 т це відповідає 12,6 т плодів.

$$Q_я = 700 \cdot (4.0 - 2.2) / 100 = 12.6 \text{ т.}$$

Економічний результат від збереження якості визначається за різницею між ціною реалізації товарних яблук і яблук технічного призначення. У розрахунку приймається проектна ціна товарних яблук 12,5 тис. грн/т, а яблук, що реалізуються як технічна сировина, - 6,0 тис. грн/т. Різниця становить 6,5 тис. грн/т. Тоді річний ефект від збереження якості плодів дорівнює:

$$E_я = 12.6 \cdot (12500 - 6000) = 81.9 \text{ тис. грн/рік.}$$

Таблиця 5.4 – Розрахунок економічного ефекту від зменшення пошкодження яблук

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	Економічний зміст
Частка пошкоджених плодів під час транспортування, %	4.0	2.2	зменшення на 1,8 в.п.
Маса плодів, які зберігають товарну якість, т	-	12.6	додатковий обсяг товарної продукції
Ціна товарних яблук, грн/т	12500	12500	прийнято для розрахунку
Ціна технічних яблук, грн/т	6000	6000	прийнято для розрахунку
Різниця в ціні, грн/т	6500	6500	дохід від збереження якості
Ефект від якості, тис. грн/рік	-	81.9	додатковий дохід господарства

Отже, збереження товарної якості створює більшу частину економічного ефекту проектного рішення. Це підтверджує, що для плодової продукції оцінка технічного вдосконалення лише за витратами пального або машинного часу є неповною. Вартість якісних яблук значно перевищує

вартість технічної сировини, тому навіть відносно невелике зменшення пошкоджень може забезпечити помітний фінансовий результат.

5.6. Капітальні вкладення на модернізацію контейнеровоза

Капітальні вкладення на впровадження проектного рішення складаються з вартості матеріалів, комплектуючих, гідроциліндра, рукавів високого тиску, елементів роликової рамки, кріпильних деталей, зварювальних робіт, механічної обробки та монтажу. Оскільки модернізується наявний контейнеровіз ВУК-3, витрати на придбання нового транспортного засобу не враховуються. Це істотно покращує економічні показники проекту, адже господарство отримує підвищення функціональності машини без повної заміни агрегату.

У розрахунку прийнято, що модернізація виконується силами ремонтної майстерні господарства із залученням стандартних матеріалів і покупних гідравлічних елементів. Усі суми наведено як проектні. При складанні фактичного кошторису їх необхідно уточнити за рахунками постачальників, вартістю металопрокату, ціною гідроциліндра та розцінками на механоскладальні роботи.

Таблиця 5.5 – Орієнтовні капітальні вкладення на модернізацію контейнеровоза ВУК-3

Елемент витрат	Зміст робіт або матеріалів	Сума, грн
Гідроциліндр Ц-75	привід рухомого заднього упора	8800
Рукави, фітинги, з’єднання	підключення до гідросистеми трактора	4200
Металопрокат і листова сталь	рамка, упори, пластини, ребра жорсткості	5600
Ролики, осі, підшипники	елементи роликових доріжок заднього упора	9800
Зварювальні та слюсарні роботи	виготовлення і підгонка вузлів	7500
Фарбування, кріплення, складання	захист від корозії і монтаж	2600
Непередбачені витрати	10 % орієнтовно від прямих витрат	3000
Разом капітальні вкладення	К	41500

Для річного економічного розрахунку додатково враховуються амортизаційні відрахування та витрати на обслуговування модернізованого вузла. Амортизаційні відрахування приймаємо на рівні 20 % від вартості модернізації, а річні витрати на ремонт і технічне обслуговування додаткових

елементів - 10 %. Тоді сукупні додаткові річні витрати становлять 12,45 тис. грн.

$$В_{дод} = 0{,}20 \cdot 41500 + 0{,}10 \cdot 41500 = 12.45 \text{ тис. грн/рік.}$$

5.7. Узагальнення річного економічного ефекту

Загальний річний економічний ефект складається з прямої економії експлуатаційних витрат і додаткового доходу від збереження товарної якості яблук. Із валового ефекту віднімаються додаткові річні витрати на амортизацію та обслуговування модернізованого вузла. Такий підхід дає більш об’єктивну оцінку, оскільки враховує не лише позитивний результат, а й витрати, необхідні для підтримання працездатності удосконалення.

$$Е_{вал} = Етр + Ея = 21.6 + 81.9 = 103.5 \text{ тис. грн/рік.}$$

$$Е_{ч} = Е_{вал} - Вдод = 103.5 - 12.45 = 91.0 \text{ тис. грн/рік.}$$

Таблиця 5.6 – Узагальнення річного економічного ефекту проектного рішення

Показник	Значення	Одиниця	Примітка
Економія машинного часу	22.2	год/рік	за рахунок скорочення циклу
Економія експлуатаційних витрат	21.6	тис. грн/рік	менше машино-годин
Ефект від збереження товарної якості	81.9	тис. грн/рік	менше пошкоджених плодів
Валовий річний ефект	103.5	тис. грн/рік	до врахування додаткових витрат
Додаткові річні витрати	12.45	тис. грн/рік	амортизація і ремонт модернізації
Чистий річний ефект	91.0	тис. грн/рік	після врахування витрат

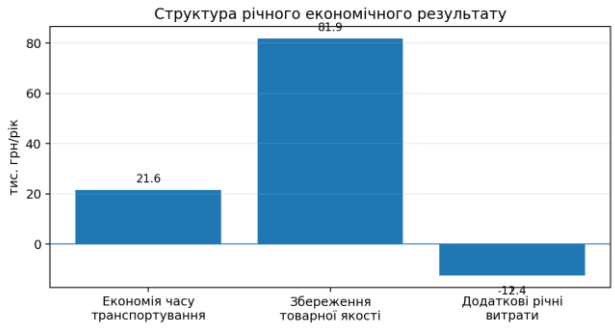


Рис. 5.3. Структура річного економічного ефекту від удосконалення контейнеровоза.

Рисунок 5.3 показує, що найбільша частина результату пов’язана із збереженням товарної якості яблук. Економія часу транспортування також є важливою, проте її частка менша. Додаткові річні витрати на обслуговування модернізованого вузла не перекривають отриманого ефекту, тому проектне рішення має позитивний економічний результат.

5.8. Розрахунок строку окупності та показників ефективності

Строк окупності капітальних вкладень визначається як відношення витрат на модернізацію до чистого річного економічного ефекту. Для прийнятих умов капітальні вкладення становлять 41,5 тис. грн, а чистий річний економічний ефект - 91,0 тис. грн. Отже, розрахунковий строк окупності становить менше одного року.

$$T_{ок} = К / Е_ч = 41.5 / 91.0 = 0.46 \text{ року}.$$

Рівень рентабельності проектного рішення визначається відношенням чистого річного ефекту до капітальних вкладень. За прийнятих даних він становить близько 219 %. Такий результат пояснюється тим, що модернізація не потребує придбання нового контейнеровоза, а економічний ефект формується не лише від зменшення витрат, а й від підвищення якості продукції.

$$R = Е_ч / К \cdot 100 = 91006 / 41500 \cdot 100 = 219.3 \text{ %}.$$

Таблиця 5.7 – Основні показники економічної ефективності модернізації

Показник	Формула / зміст	Значення
Капітальні вкладення	К	41.5 тис. грн
Чистий річний ефект	$Е_ч$	91.0 тис. грн/рік
Строк окупності	$Т_ок = К / Е_ч$	0.46 року
Рентабельність модернізації	$R = Е_ч / К \cdot 100$	219.3 %
Собівартість транспортування базова	$С_{тр.б} = В_б / Q$	184.8 грн/т
Собівартість транспортування проєктна	$С_{тр.п} = (В_п + В_{дод}) / Q$	171.8 грн/т

Порівняння собівартості транспортування показує, що у базовому варіанті витрати становлять 184,7 грн/т, тоді як у проектному варіанті з урахуванням додаткових річних витрат – 171,7 грн/т. Зменшення питомих витрат не є єдиною перевагою, але воно підтверджує, що модернізований контейнеровіз не ускладнює технологію і не створює надмірного фінансового навантаження на господарство.

5.9. Аналіз чутливості проектного рішення

Економічна ефективність модернізації залежить від фактичного зниження пошкодження плодів, урожайності саду, цінової різниці між товарними і технічними яблуками, вартості пального та сезонного навантаження на транспортний агрегат. Найбільш впливовим фактором є частка продукції, що зберігає товарну якість. Тому доцільно виконати аналіз чутливості строку окупності до зміни цього показника.

У таблиці 5.8 наведено розрахунок для різних рівнів зменшення пошкодження плодів. Навіть якщо удосконалення забезпечує зменшення пошкоджень лише на 1,0 відсотковий пункт, строк окупності залишається меншим за один рік. При проектному значенні 1,8 відсоткового пункту окупність становить близько 0,46 року.

Таблиця 5.8 – Чутливість строку окупності до зменшення механічних пошкоджень плодів

Зменшення пошкоджень, в.п.	Збережено товарних яблук, т	Ефект від якості, тис. грн	Чистий річний ефект, тис. грн	Окупність, року
0.5	3.5	22.8	31.9	1.30
1.0	7.0	45.5	54.6	0.76
1.5	10.5	68.2	77.4	0.54
1.8	12.6	81.9	91.0	0.46
2.0	14.0	91.0	100.1	0.41
2.5	17.5	113.8	122.9	0.34
3.0	21.0	136.5	145.6	0.29

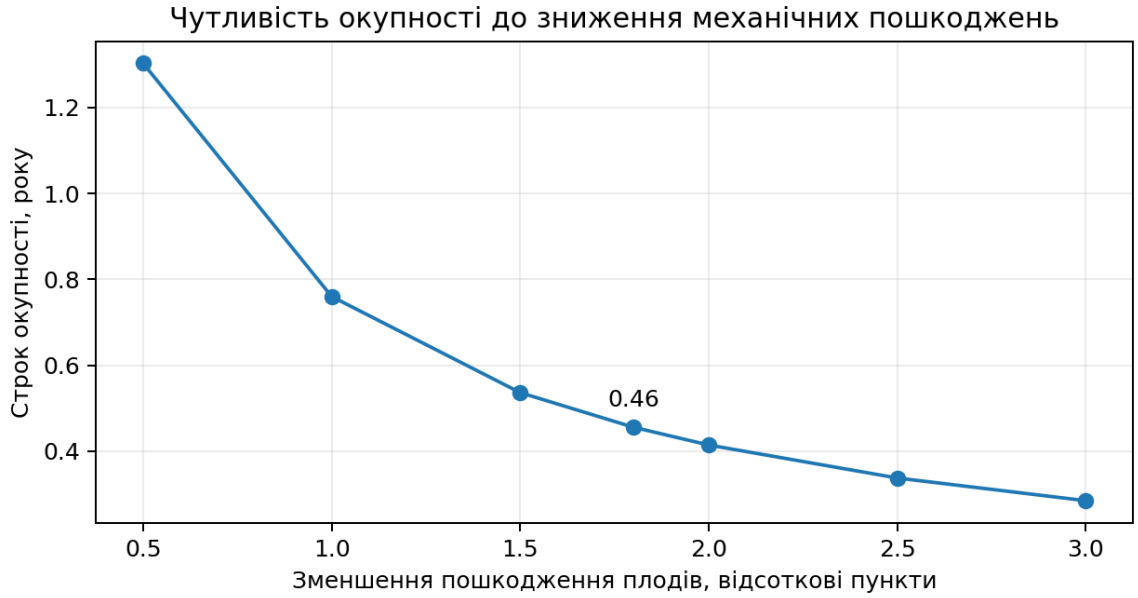


Рис. 5.4. Залежність строку окупності від рівня зниження пошкодження яблук

Результати аналізу чутливості свідчать, що проект є економічно стійким за широкого діапазону фактичного ефекту. Найменш сприятливим є варіант, за якого зниження пошкодження становить лише 0,5 відсоткового пункту. У такому разі строк окупності збільшується, але все одно залишається прийнятним для господарства. За вищої врожайності або більшої різниці між ціною товарних і технічних яблук ефективність модернізації зростатиме.

5.10. Організаційно-виробниче значення проектного рішення

Удосконалення контейнеровоза має не лише економічний, а й організаційний ефект. Фіксація контейнерів на платформі підвищує стабільність вантажу, полегшує роботу тракториста, зменшує ризик зміщення тари та дає змогу краще дотримуватися графіка вивезення продукції із саду. Для умов Полісся це особливо важливо через можливу вологість міжрядь, нерівності ґрунту і потребу в обережному русі агрегату МТЗ-80 + ВУК-3 під час масового збирання яблук.

Висновки по розділу

Техніко-економічне обґрунтування виконано для інтенсивного яблуневого саду площею 20 га з урожайністю 35 т/га та валовим збором 700 т плодів. Операція транспортування виконується агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3.

Удосконалений контейнеровіз перевозить 9 контейнерів за рейс, що відповідає 3,15 т яблук. Скорочення тривалості транспортного циклу з 0,60 до 0,50 год підвищує продуктивність транспортної ланки з 5,25 до 6,30 т/год і забезпечує економію 22,2 машино-год за сезон.

Пряма економія експлуатаційних витрат становить 21,5 тис. грн/рік. Додатковий ефект від зменшення пошкодження плодів і збереження 12,6 т яблук у товарній категорії становить 81,9 тис. грн/рік.

Орієнтовні капітальні вкладення на модернізацію контейнеровоза становлять 41,5 тис. грн. З урахуванням амортизації та річних витрат на обслуговування модернізованого вузла чистий річний економічний ефект дорівнює 91,0 тис. грн.

5. Строк окупності проектного рішення становить 0,46 року, а рентабельність модернізації - близько 219 %. Отже, впровадження рухомого заднього упора з гідроприводом на контейнеровозі ВУК-3 є економічно доцільним і технологічно обґрунтованим для застосування у процесі збирання яблук.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення технології збирання яблук з детальною розробкою технологічної операції транспортування плодів у контейнерах. Актуальність обраної теми зумовлена тим, що під час збирання та внутрішньогосподарського транспортування яблук значна частина втрат якості виникає саме через механічні пошкодження плодів, порушення режимів навантаження, переміщення і розвантаження тари. Тому підвищення ефективності транспортної операції є важливою умовою збереження товарної якості яблук, збільшення строків їх зберігання та підвищення економічної результативності виробництва.

У першому розділі проведено аналіз сучасних технологій вирощування яблук в Україні та провідних країнах-експортерах. Встановлено, що перспективний розвиток галузі пов’язаний із впровадженням інтенсивних і суперинтенсивних садів, шпалерних систем формування крони, краплинного зрошення, фертигації, систем захисту від граду та заморозків, а також із використанням цифрового моніторингу стану насаджень. Особливе значення мають механізація, автоматизація та роботизація технологічних процесів, які дозволяють скорочувати витрати праці, підвищувати продуктивність і забезпечувати стабільну якість продукції.

У другому розділі розроблено технологію вирощування яблук для умов зони Полісся. При цьому враховано ґрунтово-кліматичні особливості регіону, строки виконання основних технологічних операцій, потребу в машинах, агрегатах і трудових ресурсах. Складена технологічна карта вирощування яблук охоплює основні етапи виробничого процесу: догляд за міжряддями, обрізування дерев, внесення добрив, захист саду, полив, збирання, навантаження і транспортування плодів.

Для операції транспортування контейнерів з яблуками прийнято агрегат у складі трактора МТЗ-80 та удосконаленого контейнеровоза ВУК-3. У третьому розділі обґрунтовано конструктивне удосконалення контейнеровоза ВУК-3, спрямоване на зменшення пошкодження плодів під час руху транспортного агрегату. Встановлено, що в базовій конструкції контейнеровоза контейнери можуть переміщуватися по роликовій платформі під дією сил інерції під час рушання, гальмування або руху нерівною поверхнею. Це спричиняє удари контейнерів між собою та об упори, що негативно впливає на якість яблук.

Для усунення зазначеного недоліку запропоновано застосувати рухомий задній упор із гідроприводом і компенсатором, який забезпечує фіксацію контейнерів на платформі. Таке рішення дозволяє ліквідувати вільні зазори між контейнерами та упорами, запобігти їх самовільному переміщенню під час транспортування і водночас зберегти можливість розвантаження контейнерів по роликовій доріжці.

У процесі розрахунків встановлено, що на платформі контейнеровоза може розміщуватися 9 контейнерів. Сила інерції, яка виникає під час початку руху або гальмування агрегату, становить 6300 Н, сила опору коченню контейнерів по роликовій доріжці – 1543,5 Н, а сумарне зусилля, яке діє на задню опору, дорівнює 4756,5 Н. Для керування рухомим заднім упором обрано гідроциліндр Ц-75, який забезпечує необхідне робоче зусилля 3404,8 Н за ходу штока 69,5 мм. Розрахунком також підтверджено достатню міцність елементів роликової доріжки; з конструктивних міркувань прийнято ширину балки 60 мм, що забезпечує необхідний запас міцності.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці під час виконання технологічних операцій у яблуневому саду, зокрема під час роботи агрегату МТЗ-80 з удосконаленим контейнеровозом ВУК-3. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: рухомі частини машин, небезпека наїзду, перекидання агрегату, травмування під час навантаження і розвантаження контейнерів, робота з гідравлічною системою,

шум, вібрація, запиленість і дія несприятливих погодних умов. Запропоновано комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків і забезпечення безпечної роботи персоналу.

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Встановлено, що використання удосконаленого контейнеровоза ВУК-3 у складі агрегату з трактором МТЗ-80 забезпечує підвищення ефективності транспортної операції, зменшення втрат від механічного пошкодження яблук, скорочення простоїв під час збирання та покращення організації потокового транспортування плодів із саду. Економічний ефект досягається за рахунок збереження більшої частки товарної продукції, підвищення продуктивності транспортного агрегату та зниження непрямих втрат, пов’язаних із погіршенням якості плодів під час перевезення.

Отже, запропоноване удосконалення технологічної операції транспортування яблук є технічно обґрунтованим, практично доцільним і економічно вигідним. Застосування рухомого заднього упора з гідроприводом на контейнеровозі ВУК-3 дозволяє підвищити надійність фіксації контейнерів, зменшити механічні пошкодження плодів, покращити умови роботи транспортного агрегату та забезпечити більш якісне виконання технології збирання яблук у виробничих умовах зони Полісся.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.

2. 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.

3. Основи адаптивних технологій вирощування яблуні в Україні : монографія / за заг. ред. І. В. Гриника. Київ : ПП «Санспарель», 2020. 240 с.

4. Кондратенко Т. Є. Яблуня в Україні. Сорти. Київ : Світ, 2001. 298 с.

5. Омельченко І. К., Гриник І. В. Садівнича наука України: минуле, сьогодення, перспективи. Київ : Преса України, 2012. 528 с.

6. Мельник О. В. Закладання саду голландського типу. Київ : Новини садівництва, 2000. 40 с.

7. Гулько Б. Інтенсивна технологія вирощування яблуні : навч. посіб. Дубляни, 2015.

8. Гриник І. В., Болдижева Л. Д., Гончарук Ю. Д. Перспективні вітчизняні та поширені інтродуковані сорти яблуні. Основи адаптивних технологій вирощування яблуні в Україні : монографія / за ред. І. В. Гриника. Київ : ПП «Санспарель», 2020. С. 22–44.

9. Жук В. Ефективність вирощування перспективних сортів яблуні. Вісник аграрної науки. 2022. № 2. С. 41–47.

10. Гель І. М. Біологія і морфологія плодових культур : метод. рекомендації. Львів, 2007. 30 с.

11. Гель І. М. Систематика плодових культур : курс лекцій. Львів, 2009.

12. Бабій П. Т. Механізація виробництва плодів і ягід. Київ : Урожай, 1980. 160 с.

13. Машини для овочівництва, садівництва та виноградарства. Серія «Сільськогосподарська техніка XXI». Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011.

14. Машини, обладнання та їх використання в садівництві та рослинництві : метод. посіб. Умань : Уманський національний університет садівництва, 2021.

15. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

16. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища школа, 1999. 344 с.

17. Механізація сільськогосподарського виробництва і захисту рослин / Д. Г. Войтюк та ін. Київ : Вища освіта, 2003.

18. Бабій В. П. Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2022.

19. 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: 07.06.2026).