

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

КОСЯНЧУК ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.632.01

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ
ФРУКТОВИХ КУЛЬТУР З УДОСКОНАЛЕННЯМ УЛОВЛЮВАЧА
ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **О. В. Косянчук**

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Косянчук Олександр Володимирович. Обґрунтування технологічного процесу збирання фруктових культур з удосконаленням уловлювача плодозбиральної машини. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі проведено обґрунтування механізованого технологічного процесу збирання плодів фруктових насаджень. Що дозволить підвищити ефективність процесу, шляхом застосування машини для збирання та транспортування плодів.

Проведено огляд конструкцій існуючих машин та агрегатів по даному способі збирання, встановлено недоліки та переваги аналогічних агрегатів для збирання плодових культур.

Виконано проектування компоновки плодозбиральної машини та її конструкційних параметрів, ефективності застосування на виробництві, що дозволило стверджувати про доцільність експлуатації.

Визначено конструкційно-технологічні параметри плодозбиральної машини зроблено робочі креслюнки модернізованої машини, та проведено обґрунтування експлуатаційних показників роботи збирального агрегату. Пораховано економічну ефективність використання машини та запропонованого способу збирання.

Ключові слова: *плодозбиральна машина, сад, вібрація, плоди, технологічний процес, транспортування тари.*

ABSTRACT

Kosyanchuk Oleksandr. Justification of the technological process of harvesting fruit crops with the improvement of the catcher of the fruit harvesting machine. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

In the qualification work, the mechanized technological process of harvesting fruit from fruit plantations was substantiated. Which will allow to increase the efficiency of the process by using a machine for harvesting and transporting fruits.

A review of the designs of existing machines and units for this method of harvesting was conducted, the disadvantages and advantages of similar units for harvesting fruit crops were established.

The layout of the fruit harvesting machine and its structural parameters, the effectiveness of its use in production were designed, which allowed us to state the feasibility of operation.

The structural and technological parameters of the fruit harvesting machine were determined, working drawings of the modernized machine were made, and the operational indicators of the harvesting unit were substantiated. The economic efficiency of using the machine and the proposed method of harvesting was calculated.

Keywords: *fruit harvesting machine, garden, vibration, fruits, technological process, transportation of containers.*

ЗМІСТ

ВСТУП

1. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЛОВЛЮВАЧА

ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ МПУ - 1А

1.1. Існуючі конструкції машин та їх недоліки.....	7
1.2. Обґрунтування конструктивної розробки.....	11
1.3. Опис будови та роботи удосконаленої плодозбиральної машини МПУ – 1А.....	12
1.4. Розрахунок запропонованого удосконалення машини.....	15
Висновки до розділу 1.	21

2. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ПЛОДІВ

2.1. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги.....	23
2.2. Організація та технологія виконання операції збирання плодів.....	23
2.3. Розрахунок операційної карти на збирання плодових культур.....	25
Висновки до розділу 2.....	35

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1. Рорахунок техніко-економічних покаників роботи агрегату.....	36
---	----

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	40
-------------------------------	-----------

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
---	-----------

ДОДАТКИ.....	43
---------------------	-----------

ВСТУП

На сучасному етапі, коли в країні панує досить складна, як політична, так і економічна ситуація, основним завданням, яке необхідно вирішити, є забезпечення населення необхідними продуктами харчування. Вийти з цієї кризової ситуації можна лише за рахунок підвищення рівня продуктивності праці та переходу на інтенсивний шлях розвитку.

Особливе місце в рішенні даного завдання належить садівництву, якому необхідно збільшити виробництво плодів та ягід для повного насичення ринку.

Зокрема, механізовано роботи по обробітку ґрунту у садах, внесенню добрив і захисту рослин. Частково механізовано садіння дерев, обрізування крони, роботи у плодорозсадниках, збирання та товарну обробку плодів.

Однак рівень механізації у садівництві ще низький - 30...40%. А такі трудомісткі операції, як обрізування гілок (проріджування крони та контурна обрізка дерев) та збирання плодів виконуються в основному вручну.

Все це приводить до затягування строків збирання і, як наслідок, до значних (до 25 %) втрат товарної продукції. Крім того, рівень використання машин у садівництві недостатній. Це ж є причиною затягування строків виконання робіт, втрат урожаю, зниження якості та збільшення собівартості продукції. Тому, виходячи з цього, можемо вважати, що запропонована тема роботи є актуальною для господарств, що займаються виробництвом фруктових плодів, або планують впровадження даної галузі.

Мета роботи є: обґрунтування технологічного процесу збирання плодових культур, шляхом проектування уніфікованої збиральної машини.

Задачі по роботі є:

- виконати аналіз конструкцій та технологічних процесів роботи плодозбиральних машин;
- обґрунтувати параметри запропонованої плодозбиральної машини на базі самохідного шасі;

- визначити розрахунковим методом параметри техпроцесу плодозбиральної машини та провести проектування операційної технології збирання.

Об'єкт удосконалення - процес роботи самохідної плодозбиральної машини.

Предметом обґрунтування – взаємозв'язок конструкційних параметрів машини та її технічних показників роботи.

Методи використані при виконанні. Обґрунтування проводилось із використанням механіко-технологічних властивостей матеріалів та математичного моделювання процесів, із застосуванням теорії машин і механізмів та методів розрахунку.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Косянчук О. В. Удосконалення вловлювача плодозбиральної машини. Зб. мат. доп. наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 88-92.
2. Косянчук О. В. Удосконаленої плодозбиральної машини МПУ - 1А. Зб. Тез *XI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 07 квітня 2025 р. Житомир: ЖАТФК, 2025. С.64-68.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 22 найменування. Загальний обсяг роботи становить 43 сторінки комп'ютерного тексту, 5 рисунків та 4 таблиці.

1. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЛОВЛЮВАЧА ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ МПУ - 1А

1.1. Існуючі конструкції машин та їх недоліки

У нашій країні створені та серійно випускаються плодозбиральні машини ВУМ – 15, ВУМ – 15А, МПУ – 1, МПУ – 1А, КПУ – 2, технічні характеристики яких наведені у табл. 1.1. Всі вони позиційної дії, оснащені штабовими струшувачами, розрахованими на різну площу уловлювача від 15 м² до 55 м² – та приблизно однакову продуктивність. Ці машини використовують для збирання, в першу чергу, кісточкових та зерняткових культур, призначених для технічної переробки або термінової реалізації у свіжому вигляді.

Таблиця 1.1.

Технічна характеристика вібраційних плодозбиральних машин

Показники	ВУМ – 15	ВУМ – 15А	МПУ – 1	МПУ – 1А	КПУ – 2
Мінімальна ширина міжрядь, м	4	4	5	5	6
Відстань між деревами, м	3	3	4	4	4
Кількість обслуговуючого персоналу	3 – 4	3	3	2 – 3	4
Загальна маса, кг	850	1066	3235	3900	7176
Площа уловлювача, м ²	15	20,2	32	30	55
Максимальний діаметр штамба, мм	130	150	200	250	300
Необхідна потужність, кВт	14,5	13,2	15,6	15,2	24,2
Продуктивність, дерев/год основного часу	12	28 – 48	28 – 35	22 – 40	35 – 45

Більшість машин оснащено уловлювачами пасивного типу, які являють собою натягнуте на рамці полотно. Плоди, попадаючи на такий уловлювач, гальмують на ньому швидкість і скочуються на транспортери, що подають їх до пристрою для заповнення тари.

Створено також машини з уловлювачами активного типу, де плоди з уловлювача відводяться транспортерами різної конструкції.

Для внутрішньомашинного транспортування плодів використовують, як правило, стрічкові транспортери.

Деякі машини оснащені пристроями для заповнення тари. Перевага надається тим, в яких до подавальних транспортерів у початковий момент піднімається тара, а потім у міру заповнення вона опускається.

Вібраційна плодозбиральна машина ВУМ – 15 призначена для відокремлення кісточкових плодів, уловлювання та затарювання їх у ящики (рис.1.1.). [1,2]

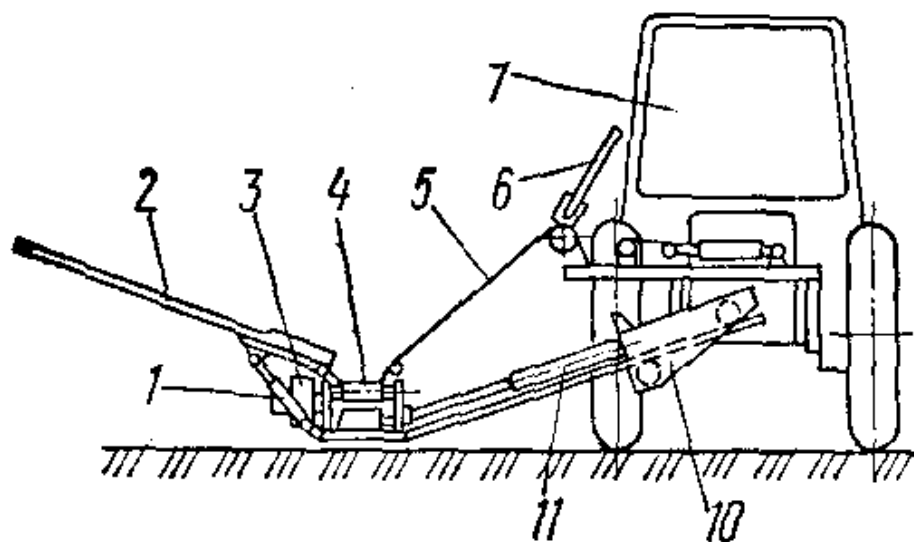


Рис. 1.1. Схема вібраційної плодозбиральної машини ВУМ-15 (вигляд ззаду) без приставного вловлювача:

1 – гідроциліндр для управління вловлювачем; 2 – уловлювач; 3 – вібратор-струшувач; 4 – поздовжній транспортер; 5 – уловлювач з барабаном намотування; 6 – захисний екран; 7 – самохідний шасі Т-16; 8 – рама передня; 9 – рама задня; 10 – блок з роликів; 11 – напрямлююча.

Машину начіплюють на самохідне шасі Т – 16М. Основні складові частини її: рама, штаббовий струшувач, транспортер, начіпний та приставний уловлювачі, пристрій для очищення плодів від домішок та інше допоміжне оснащення. Рама складається з передньої та задньої частин.[1-2]

Штаббовий струшувач має скобу, на якій змонтовано всі його вузли. До правого боку скоби прикріплений вібратор, що складається з колінчастого вала, шатуна і проміжного вала, встановлених у корпусі. Привод колінчастого вала від ВВП трактора через карданні передачі конічний редуктор та ланцюгову передачу.

Приставний уловлювач – це трубчаста рама. [1-5]

Машина ВУМ – 15 працює на збиранні плодів так. Агрегат заїжджає в міжряддя і зупиняється біля дерева так, щоб штабб знаходився проти зони захвата струшувача. Гідроциліндром начіпний уловлювач разом з транспортером та струшувачем переміщують під крону дерева таким чином, щоб штабб опинився між затискачами захвата. Полотно уловлювача при цьому розмотується з барабана. Тракторист–машиніст включає гідроциліндр і штабб затискається валиком захвата струшувача. Одночасно гідроциліндрами встановлюються козирки, на яких знаходяться приставний уловлювач. Таким чином, під деревом утворюється суцільна приймальна поверхня уловлювача. Відокремившись від гілок, плоди потрапляють на уловлювач, скочуються по ньому на транспортер і падають в ящик. При переміщенні плодів зі стрічки транспортера в ящик вони очищаються від домішок повітряним потоком від вентилятора. [1,3]

Після струшування приставний уловлювач переносять до наступного дерева, транспортер виключають, звільнюють штабб, переводять начіпний уловлювач у транспортерне положення та переїжджають до іншого дерева. [4]

Основним недоліком плодозбиральної машини є необхідність у наявності двох робітників, які повинні переносити приставну частину вловлювача, а також потрібно точно зупинитися напроти штабба дерева для того, щоб струшувач захватив штабб. На ці всі види недоліків витрачається значна частина робочого часу що призводить до зниження продуктивності машини. [1,2]

Вібраційна плодозбиральна машина ВУМ – 15А – це модернізована машина ВУМ – 15. Основна відмінність полягає в заміні приставного уловлювача начіпним. Уловлювач модернізованої машини начеплений на самохідне шасі Т – 16М, що збільшує площу уловлювача на 5 м² і дозволяє збирати плоди з крон діаметром до 4 м, а також звільнити двох працівників. [1,2,34]

У цій машині також є недолі. В неї затрачається час на розкриття та закриття вловлювача, а також є труднощі у під'їзді до штамба.

Вібраційна плодозбиральна машина МПУ – 1 призначена для збирання плодів кісточкових та зерняткових культур з дерев, діаметр крони яких не перевищує 6 м, у садах з шириною міжрядь понад 5 м. Плоди зібрані машиною, придатні для реалізації в свіжому вигляді.

Машина МПУ – 1 – самохідна, складається з уловлювача з розтяжками, з лівого боку якого знаходиться поздовжній вивантажувальний транспортер з вентилятором для очищення плодів, інерційного штамбового струшувача і ущільнювача. Машина може комплектуватися тросовим струшувачем. [1-2]

Плодозбиральна машина МПУ – 1А призначена для збирання плодів зерняткових та кісточкових культур і затарювання їх в ящики або контейнери. Відрізняється від машини МПУ – 1 компоновкою, а також конструкцією основних вузлів. Уловлювач машини МПУ – 1А складається з двох частин. Перша – у вигляді барабана з намотаним на нього полотном, а друга – зонтика. Між ними розміщено поздовжній розвантажувальний транспортер. Поперечний транспортер з автоматом завантажування плодів у контейнер, очищувальний транспортер з подільником потоку, відхилювач гілок та деякі інші складові частини МПУ – 1А відсутні у машини МПУ – 1. [1-4]

Головна особливість технологічного процесу, що виконує машина МПУ – 1А, полягає в її прямолінійному русі по міжряддю саду.

В зв'язку із затратами часу на під'їзди до штамба та на розкриття і закриття вловлювача ця машина має малу продуктивність.

1.2. Обґрунтування конструктивної розробки

Аналіз робочого процесу позиційних струшувачів показує, що на виконання таких допоміжних операцій, як наведення струшувача на штабл дерева, затискання штабла захватами, включення вібратора, звільнення штабла від захвата, відведення струшувача від дерева, затрачують значний час. Основна операція – струшування плодів – триває в середньому 5-8 с і становить 5-19 % часу всього технологічного процесу роботи струшувача. Таким чином, якщо автоматизувати допоміжні операції, то можна значно підвищити продуктивність позиційних штаблових струшувачів. [6,7]

Підвищення продуктивності струшувачів досягають також за рахунок одночасного виконання кількох операцій. Для цього використовують струшувачі, що складаються з напрямних та розміщеного на них вібратора з захватами. Напрямні для комплекції відхилення траєкторії руху агрегату від осі ряду дерев з'єднані з рамою машини шарнірно за допомогою важелів. Вібратори таких струшувачів, як правило, дебалансні. У процесі роботи агрегат безперервно рухається по міжряддю саду, а при під'їзді до дерева захват затискає штабл і автоматично включається вібратор. Під час переміщення машини вібратор рухається по напрямних до заднього положення, де виключається, а штабл звільняється, після цього вібратор повертається у початкове положення. [6,7]

Підвищити продуктивність плодозбиральної машини МПУ – 1А можна за рахунок зменшення затрат часу на допоміжні операції. Можна уникнути такої операції як розкриття вловлювача перед струшуванням і закриття його після струшування. Тобто зробити машину потоково-позиційної дії. Це може зробити, навісивши другу частину вловлювача на шарнірно закріплених опорах, які могли б відхилятися і пропускати штабл через вловлювач, а проміжок де проходить штабл, ущільнити гумовими пелюстками. Це зменшить затрати часу на розкриття вловлювача і підвищить продуктивність плодозбиральної машини.

1.3. Опис будови та роботи удосконаленої плодозбиральної машини МПУ – 1А

Плодозбиральна машина МПУ – 1А призначена для збирання плодів зерняткових (яблука), кісточкових (вишня, черешня, слива, абрикос) і горіхоплідних насаджень з дерев, діаметр крони яких не перевищує 6 м. Машина може працювати в промислових садах з шириною міжрядь 5 м і більше на рівнинних місцях і на схилах з ухилом до 8°. [6,7]

Плодозбиральна машина проводить одночасно знімання плодів (шляхом струшування), вловлювання, очистку їх від легких домішок, затарювання плодів у контейнери або ящики і опускання заповнених контейнерів на ґрунт. [6,8]

Плодозбиральна машина МПУ – 1А (лист 1) представляє собою самохідний агрегат, уніфікований з шасі Т – 16М, від якого взято двигун, трансмісія, кабіна, передній міст. Машина складається із рами, струшувача, поздовжнього і поперечного транспортерів, основної і допоміжної поверхні вловлювача, маніпулятора, вентилятора, площадки для контейнерів, насосної станції, гідравлічної системи, механізму приводу а також паралелограмної підвіски вловлювача.

На рамі машини змонтовані маніпулятор, транспортер поперечний, вентилятор, площадка для контейнерів, насосна станція, паралелограмна підвіска. Одна секція центрального бруса служить баком гідравлічної системи, місткість якого 100 л.

Маніпулятор призначений для горизонтального переміщення транспортера та струшувача, а також для регулювання висоти захвату штамба.

Поперечний транспортер змінної довжини, приймає плоди від транспортера поздовжнього і подає їх в контейнер. Він складається з нерухомої рами, по направляючих якої на роликах переміщається рухома рама, з'єднана з поздовжнім транспортером. Основу транспортера складає ланцюговий контур, перекинутий на ведучі, ведені, натяжні і підтримуючі зірочки і ролики. До ланцюгів прикріплена

стрічка таким чином, що утворюються полки на однаковій відстані одна від одної. Привід поперечного транспортера здійснюється від гідромотора.

Площадка для контейнерів призначена для встановлення порожньої тари, заповнення її плодами і спуску наповнених контейнерів на ґрунт.

Гідросистема комбайна включає гідросистему рульового управління і гідросистему робочих органів, яка складається із двох підсистем: гідросистеми маніпулятора і гідросистеми виконавчих органів. Привід насосів гідросистеми виконавчих органів в обертальний рух приводиться від ВВП шасі через карданний вал і шестеренчасті передачі насосної станції.

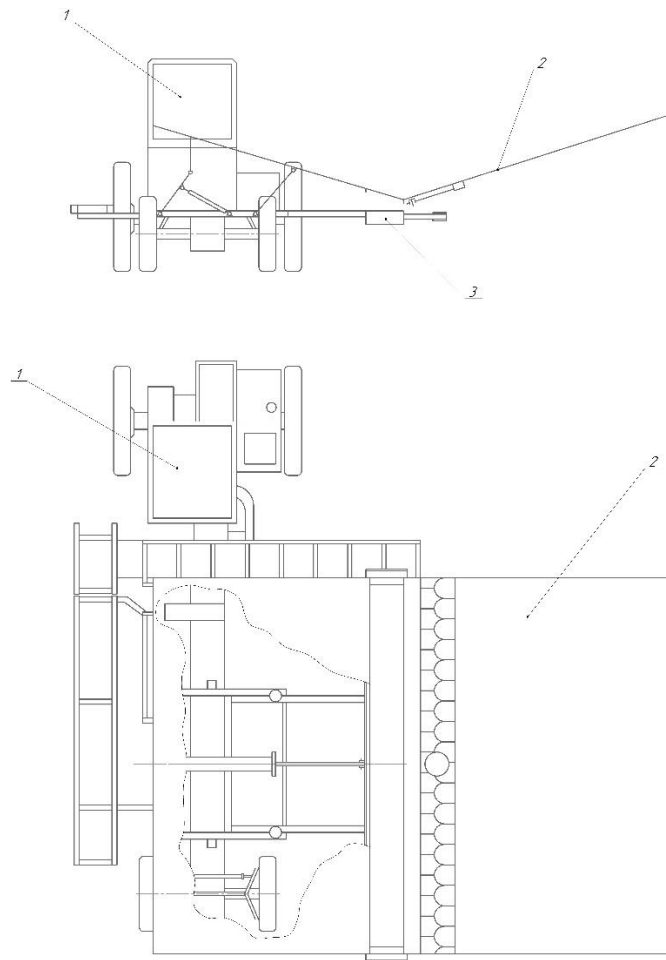


Рис. 1.2. Схема вібраційної плодозбиральної машини ВУМ-15

1 - самохідне шасі Т-16М; 2 - уловлювач; 3 – штабовий струшувач; 4 – поздовжній транспортер утримувач

Вловлювач (рис. 1.2.) складається із підвіски 1 яка може переміщатися у горизонтальній площині на 1 м, основної вловлюючої поверхні 2 яка має проміжок

для попадання плодів на поздовжній транспортер, допоміжної вловлюючої поверхні 3, яка також має проміжок для проходження штамба, а щоб не було втрат плодів, проміжок закритий пелюстками, утримувачів 4, які шарнірно закріплені до основної поверхні і можуть відхилятися під дією штамба і повертатися у попереднє положення під дією пружини і утримують допоміжну поверхню вловлювача.

Збирання плодів машиною виконується у такій послідовності: тракторист направляє машину по міжряддю саду так, щоб рядок дерев був напроти проміжку допоміжної поверхні закритого пелюстками. Коли штамп потрапляє у вирізаний у пелюстках отвір машину зупиняють і висувають вібратор разом із поздовжнім транспортером до упору в штамп. Після цього включають привід вібратора та поздовжнього і поперечного транспортерів. Тривалість циклу вібрації і її частота коливань залежить від врожайності дерев, струшування зрілості плодів, стану листя.

Відокремленні від гілок плоди падають на вловлюючі поверхні, що утворенні основною і допоміжною поверхнями, скачуються по них на поздовжній транспортер, яким виносяться на поперечний транспортер і затарюються плоди очищаються від домішок потоком повітря від вентилятора.

Після закінчення процесу струшування вібратор з поздовжнім транспортером повертають у вихідне положення, а машина продовжує рухатись по міжряддю до наступного штамба не змінюючи траєкторії руху, де описаний процес повторюються.

Такий процес збирання плодів називають потоково-позиційним.

Удосконалення плодозбиральна машина МПУ – 1А дозволить підвищити продуктивність збирання в середньому до 45-60 дерев за годину.

Запропоноване удосконалення плодозбиральної машини МПУ – 1А не є складним. Воно може бути здійснене у господарстві у межах невеликої майстерні. Для виготовлення запропонованих конструкцій допоміжної поверхні та утримувачів використовувати потрібно полегшені прокати металу.

1.4. Розрахунок запропонованого удосконалення машини

1.4.1. Розрахунок балки для утримання лівої частини вловлювача.

Ліву частину вловлювача підтримує чотири балки, які консольно закріплені до основної частини. На них діє вага вловлювача, яка створює згинальний момент. Щоб балки не гнулися потрібно підібрати їх поперечне січення.

Дані для розрахунку: з конструкції вловлювача $\alpha=20^0$; $a=0,6$ см; $b=1,3$ м.

З рис.1.3. видно, що найнебезпечніший переріз балки буде знаходитись у т. А. Тому розрахунки згинального моменту будемо проводити відносно т. А.

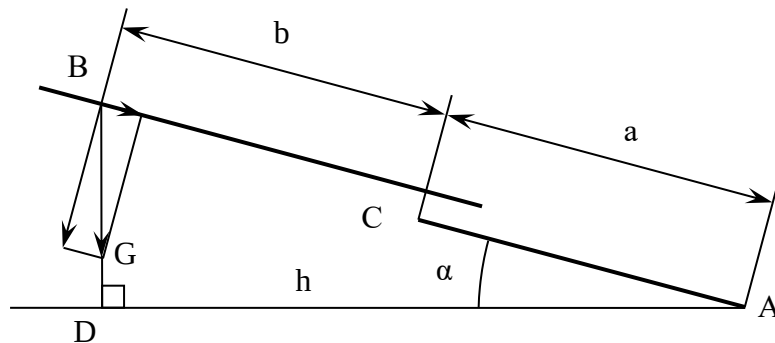


Рис. 1.3. Схема навантаження балки.

Згинальний момент в т. А рівний:[12]

$$M_A = G \cdot h, \quad (1.1)$$

де M_A – згинальний момент, Н·м;

G – вага вловлювача, що припадає на одну балку, Н;

h – плече дії ваги, м.

З прямокутного трикутника $\triangle BAD$

$$h = (a + b) \cdot \cos \alpha, \quad (1.2)$$

де α – кут нахилу вловлюючої поверхні до горизонту, град.

Підставивши значення h у формулу (1.1) отримаємо

$$M_A = G \cdot (a + b) \cdot \cos \alpha .$$

Умова міцності має вигляд[12]

$$G_{32.max} = \frac{M_{32}}{W} \leq [G_{32}], \quad (1.3)$$

де $G_{32.max}$ – максимальні напруження, що виконують у перерізі, Н/м²;

M_{32} – згинальний момент, Н·м;

W – момент опору перерізу, м³;

$[G_{32}]$ – допустиме напруження при згині, $[G_{32}] = 80 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2$ [17];

Момент опору перерізу[12]

$$W = \frac{M_{32}}{[G_{32}]} \quad (1.4)$$

Також ,
$$W = \frac{\pi D^3}{32}, \quad (1.5)$$

де D – діаметр січення, м.

Порівнявши праві частини формул (1.4); (1.5) визначимо діаметр[12]

$$D = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi[G_{32}]}} \quad (1.6)$$

У формулу (1.6) підставимо значення згинального моменту отримаємо

$$D = \sqrt[3]{\frac{32G(a+b)\cos\alpha}{\pi[G_{32}]}} \quad (1.6')$$

В цій формулі нам невідома вага вловлювача G .

Каркас вловлювача є зварним із труб різних діаметрів та різної довжини.

Для зручності підрахунку ваги вловлювача покажемо схему його металоконструкції і відзначимо різні діаметри та довжини труб.

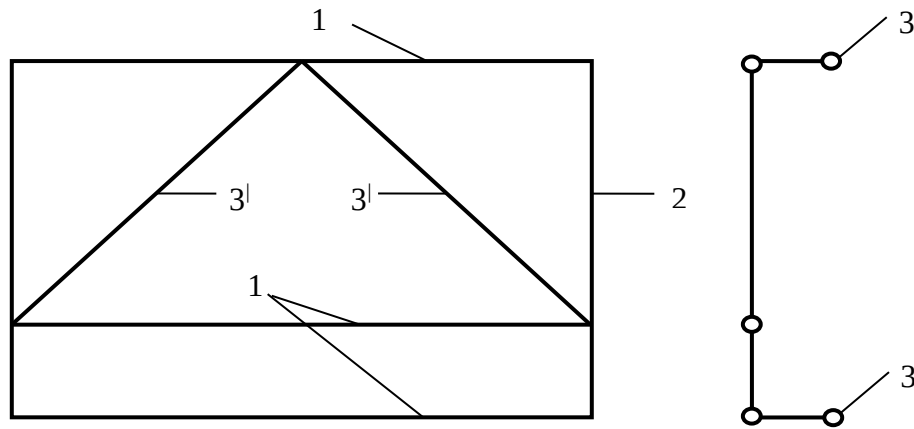


Рис.1.4. Конструктивна схема вловлювача:

1 – труба діаметром $D_1=0,024$ м, довжиною $l_1=5$ м;

2 – труба діаметром $D_2=0,02$ м, довжиною $l_2=3$ м;

3 – труба діаметром $D_3=0,0015$ м, довжиною $l_3=5$ м; $l_3=4$ м.

Вага металоконструкції вловлювача[12]

$$G_B = q_1 \cdot L_1 + q_2 L_2 + q_3 L_3, \quad (1.7)$$

де q_1, q_2, q_3 – вага одного погонного метра труб відповідно діаметрів, Н/м;

L_1, L_2, L_3 – загальні довжини труб відповідних діаметрів, м.

Товщина стінки усіх труб становить 0,002 м.

Підставивши значення отримаємо

$$G_B = 10,9 \cdot 15 + 8,88 \cdot 6 + 6,41 \cdot 18 = 332,16 \text{ Н}.$$

Враховуючи вагу тенту, пелюстків та інших необхідних деталей конструкції, а також вагу яблук яка одночасно буде знаходитись на вловлюючій поверхні отримаємо, що $G_B=450$ Н.

Визначимо переміщення пружини, для цього потрібно визначити відстані A_3D та A_1D . A_1D – відстань нам відома.

З трикутника ΔA_3OD за теоремою косинусів[12]

$$A_3D = \sqrt{A_3O^2 + OD^2 - 2A_3O \cdot OD \cdot \cos \beta}. \quad (1.8)$$

$$\text{Кут } \beta = 180^\circ - \alpha_1,$$

$$\beta = 144^\circ.$$

Підставимо значення кута β у формулу (1.8)

$$A_3D = \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 - 2 \cdot 0,15 \cdot 0,25 \cdot \cos 144} = 0,38 \text{ м.}$$

Визначимо переміщення пружини[14]

$$H = A_3D - A_1D. \quad (1.9)$$

Підставимо значення

$$H = 0,38 - 0,25 = 0,13 \text{ м.}$$

Отже переміщення пружини становить 0,13 м.

Визначаємо сили які повинна створити пружина.

Запишемо момент в т. О у першому положенні. [14]

$$M_0 = F_1 \cdot OB_1 \cdot P_1 \cdot A_1O. \quad (1.10)$$

З цієї формули визначимо силу P_1 . [15]

$$P_1 = \frac{F_1 OB_1 - M_0}{A_1O}, \quad (1.11)$$

оскільки точка О є нерухома то момент в т. О рівний нулю, тоді

$$P_1 = \frac{30 \cdot 0,6}{0,15} = 120 \text{ Н.}$$

Запишемо момент в т. Оу у 3 положенні. [14]

$$M_0 = F_3 \cdot OB_3 \cdot P_3 \cdot h_3. \quad (3.12)$$

де h_3 – плече дії сили P_3 , м.

За теоремою косинусів з прямокутного $\triangle OKD$

$$h_3 = OD \cdot \sin \alpha_3.$$

За теоремою косинусів з трикутника $\triangle A_3OD$

$$\cos \alpha_3 = \frac{OA_3^2 - OD^2 - A_3D^2}{-2A_3D \cdot OD}, \quad (1.13)$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{0,15^2 - 0,25^2 - 0,38^2}{-2 \cdot 0,38 \cdot 0,25} = 0,9705.$$

Звідси $\alpha_3 = 14^\circ$.

Тоді плече h_3 буде рівне

$$h_3 = 0,25 \cdot \sin 14 = 0,06 \text{ м.}$$

Із формули (1.12) визначимо силу P_3 .

$$P_3 = \frac{F_3 OB_3}{h_3}.$$

Підставимо значення

$$P_3 = \frac{30 \cdot 0,6}{0,06} = 300 \text{ Н.}$$

Отже для розрахунку параметрів пружини маємо: початкова сила яку повинна створювати пружина $P_1 = 120$ Н, в кінці переміщення пружина повинна створювати силу $P_2 = 300$ Н, переміщення пружини $H = 0,13$ м.

Визначаємо силу, що відповідає граничній деформації пружини

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta}, \quad (1.14)$$

де δ – обмеження максимальної деформації, $\delta = 0,05 \div 0,1$ [17].

$$P_3 = \frac{300}{1 - 0,05} \div \frac{300}{1 - 0,1} = 315 \div 333 \text{ Н.}$$

Вибираємо пружину номер 422, яка має виток з такими параметрами:
 $P_3=335 \text{ Н}$; $D=25 \text{ мм}$; $\alpha=3 \text{ мм}$; $Z_1=76,07 \text{ Н/мм}$; $f_3=4,404$. [13]

За даними параметрами визначаємо жорсткість пружини:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{H}. \quad (3.15)$$

де H – переміщення пружини, мм,

$$z = \frac{300 - 120}{130} = 1,38 \text{ Н / мм.}$$

Число робочих витків

$$n = \frac{z_1}{z}, \quad (3.16)$$

де z – жорсткість пружини, Н/мм;

z_1 – жорсткість витка, Н/мм,

$$n = \frac{76,07}{1,38} = 55,1 \approx 55.$$

Визначаємо деформації і викоти пружини [13]

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{120}{1,38} = 86,9 \text{ мм}; \quad F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{300}{1,38} = 217 \text{ мм}; \quad F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{335}{1,38} = 242 \text{ мм.}$$

$$H_0 = (n+1) \cdot d = (55+1) \cdot 3 = 168 \text{ мм}; \quad H_1 = H_0 + F_1 = 168 + 86,9 = 254,9 \text{ мм}.$$

$$H_2 = H_0 + F_2 = 168 + 217 = 385 \text{ мм}. \quad H_3 = H_0 + F_3 = 168 + 242 = 410 \text{ мм}$$

Розрахована пружина забезпечить умови роботи механізму.

Висновки до розділу 1.

1. Для підвищення продуктивності збирання сливи було запропоновано використати плодозбиральну машину МПУ-1А в якій удосконалили вловлювач плодів.
2. Удосконалений вловлювач забезпечує проходження штамба дерева через його половини і зупинку агрегату напроти дерева, що дозволить підвищити продуктивність машини порівняно з базовою за рахунок зменшення часу на допоміжні операції і вивільнити одного робітника, що забезпечував

позиціювання агрегату. За одну годину удосконалення плодозбиральна машина знімає плоди з 45 дерев за схеми посадки 6х5 м.

3. Розраховані основні конструктивні та технологічні параметри запропонованого удосконалення: діаметр підтримуючої балки лівої половини вловлювача 32 мм за її довжини 0,6 м; кут встановлення вловлюючої поверхні 20^0 ; робоча довжина пружини повернення підтримуючої балки у вільному стані становить 410 мм; конструктивні параметри пружини – робочий хід 130 мм, для створення зусилля $F=300$ Н, середній діаметр пружини 25 мм, діаметр дроту пружини 3 мм.

2. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ПЛОДІВ

2.1. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги

Особливості збирання плодів сливи з урахуванням агротехнічних вимог: збирання фруктових плодів слід здійснювати у фазі досягнення ними товарної стиглості, що забезпечує оптимальні смакові якості та придатність до транспортування і зберігання. Передчасне збирання зумовлює зниження лежкості плодів і погіршення органолептичних характеристик. У свою чергу, запізнення зі збором спричиняє масове осипання, підвищення травмованості плодів під час збирання та транспортування, а також втрату їхніх товарних властивостей. [8]

Згідно з агротехнічними вимогами, термін збирання повинен становити 5...10 днів з моменту настання технічної стиглості плодів. Роботи рекомендовано проводити виключно в суху погоду. Збирання слід розпочинати за умови, що не менше 80% плодів досягли технічної стиглості, а повнота збору має становити щонайменше 90%. [8]

У разі застосування механізованих технологій необхідно забезпечити безперешкодний рух техніки міжряддями саду, ширина яких повинна бути не меншою за 2 метри. Допустимий рівень пошкодження крон дерев у процесі збирання не повинен перевищувати 2%. [9]

2.2. Організація та технологія виконання операції збирання плодів

Збирання може здійснюватися трьома основними способами: ручним, напівмеханізованим і механізованим. Вибір методу залежить від призначення урожаю, вимог до якості плодів, доступної техніки та трудових ресурсів. [9]

Ручне збирання передбачає значні трудові витрати, однак забезпечує мінімальний рівень механічних пошкоджень плодів, що сприяє збереженню їх товарного вигляду та подовженню строків зберігання. Цей спосіб є доцільним при збиранні продукції, призначеної для реалізації у свіжому вигляді або для тривалого зберігання. [9]

Напівмеханізований спосіб дає змогу частково зменшити фізичне навантаження на працівників, однак витрати праці залишаються досить високими. Цей метод часто застосовується у фермерських господарствах із обмеженим доступом до повноцінної техніки.

Механізоване збирання є найефективнішим варіантом для плодів, призначених на промислову переробку. Воно дозволяє суттєво підвищити продуктивність процесу, зменшити обсяг ручної праці, а пошкодження плодів не мають критичного впливу на якість готової продукції. [9]

Організація процесу збирання включає кілька ключових етапів: [9]

1. **Підготовка саду до збирання:** здійснюється скошування трав'яного покриву в міжряддях, формування вільних проходів шириною не менше 2 м для переміщення техніки, а також обробіток пристовбурної зони для ефективної роботи вібраційних механізмів, які передають коливання через штамп або скелетні гілки дерев.

2. **Вибір і підготовка збирального агрегату:** основними критеріями є мінімальний вплив на дерева та плоди, відповідність агротехнічним строкам і продуктивність. Перед введенням в експлуатацію агрегат проходить технічний огляд, за потреби ремонт, а також наладку робочих параметрів.

Як основну машину для збирання слив доцільно застосовувати **плодозбиральну машину МПУ-1А**, яка забезпечує автоматичне завантаження плодів у контейнери. Транспортування контейнерів може здійснюватися за допомогою спеціального транспортного засобу **ВУК-3А**, обладнаного пристроєм для самозавантаження.

3. **Планування допоміжних агрегатів:** їх кількість визначається шляхом порівняння продуктивності основної машини з пропускною здатністю допоміжного транспорту. Такий підхід дозволяє уникнути простоїв та забезпечити безперервність процесу.

4. **Економічна оцінка процесу:** після формування організаційно-технологічної схеми здійснюється розрахунок виробничих витрат, пов'язаних із виконанням операції збирання.

2.3. Розрахунок операційної карти на збирання плодови культур

Збирання виконуємо за допомогою плодозбиральної машини МПУ-1А, яка є позиційної дії і виготовлена на основі шасі Т-16М. Транспортування контейнерів здійснюється агрегатом для транспортування плодів в контейнерах ВУК-3. [9]

Вихідні дані для розрахунку:

- площа загінки: $F=10$ га;
- довжина загінки по насадженням: $L=500$ м;
- ширина: $B=200$ м;
- схема посадки: 6×5 м;
- схил місцевості: $i = 3$ %;
- агрегат: плодозбиральна машина МПУ-1А;
- технологічна швидкість: $V_t = 0,3$ км/год;
- потужність, що затрачається на привід гідросистеми через ВВП:

$N_{ввп} = 5$ кВт;

- допоміжний агрегат для транспортування плодів: МТЗ-82+ВУК-3А.

Плодозбиральна машина МПУ-1А, є машина позиційної дії, тобто вона виконує свій технологічний процес з зупинкою біля дерева, шляхом передачі дереву вібраційних зусиль. Тому опір агрегату буде виникати під час переїздів від дерева до дерева і незалежно від цього під час виконання струшування плодів транспортування та завантаження в контейнери. [14]

Опір на переміщення буде рівний[14]

$$R_{мп} = G_m \left(f_m + \frac{i}{100} \right), \quad (2.1)$$

де G_M – вага плодозбиральної машини з врахуванням ваги контейнерів разом зі сливою, що вона перевозить, кН;

f_M – коефіцієнт опору опорних коліс,

$$R_{мп} = 43 \cdot \left(0,08 + \frac{3}{100}\right) = 4,73 \text{ кН}.$$

Тяговий приведений опір машини від валу відбору потужності під час зупинок

$$R_{пр} = \frac{0.159 \cdot N_{ВВП} \cdot i_T \cdot \eta_{MT}}{r_K \cdot n_H \cdot \eta_{ВВП}}, \quad (2.2)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність, що передається через ВВП трактора, кВт [7];

i_T – передавальне число трансмісії [14];

η_{MT} – механічний ККД трансмісії [14];

r_K – радіус кочення, м;

n_H – частота обертання колінчастого валу двигуна на номінальному швидкісному режимі, s^{-1} [7];

η_{MT} – механічний ККД передачі від двигуна до ВВП,

$$R_{пр} = \frac{0.159 \cdot 15,2 \cdot 97 \cdot 0,9}{0,45 \cdot 30 \cdot 0,95} = 16,4 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт використання тягової потужності буде становити: [14]

$$\eta_{ед} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}}, \quad (2.3)$$

де $N_{кр}$ – потужність на гаку трактора, кВт;

$N_{ен}$ – потужність двигуна, номінальна, кВт. [14].

Потужність, яку розвиває трактор на гаку, буде становити

$$N_{пр} = \frac{R_{пр} \cdot V_p}{3,6}, \quad (2.5)$$

$$N_{пр} = \frac{16,4 \cdot 0,3}{3,6} = 1,36 \text{ кВт}.$$

Тоді

$$\eta_{\text{ед}} = \frac{1,36}{14,7} = 0,09.$$

Проведемо розрахунок режиму роботи транспортного агрегату:

трактор МТЗ-82 + ВУК-3.

Розрахуємо вагу транспортного засобу з контейнерами:

$$G_k = G_{\text{кх}} + Q_{\Gamma},$$

де $G_{\text{кх}}$ – вага тари, $G_{\text{кх}} = 17$ кН;

Q_{Γ} – вага плодів, $Q_{\Gamma} = 30$ кН.

тоді

$$G_k = 17 + 30 = 47 \text{ кН.}$$

Тяговий опір транспортного агрегату встановимо так: [14].

$$R_{\text{ат}} = n_k \cdot G_k \cdot (f_k \pm 0.01 \cdot i), \quad (2.4)$$

де n_k – кількість машин в агрегаті, $n_k = 1$;

f_k – коефіцієнт опору коченню машини, $f_k = 0,08$.

тоді

$$R_{\text{ат}} = 1 \cdot 47 \cdot (0.08 \pm 0.01 \cdot 3) = 5,17 \text{ кН.}$$

Оберемо номер передачі по максимальному зусиллі трактора по залежності: [14].

$$P_{\text{тр max}} \geq G_k \cdot (f_k \cdot a_k + 0.01 \cdot i) + G \cdot (f(a_{\text{тр}} - 1) + 0.01 \cdot i), \quad (2.5)$$

де a_k – коефіцієнт, що враховує зростання опору при змін швидкості руху контейнеровоза, $a_k = 1,76$; [14].

$a_{\text{тр}}$ – коефіцієнт зростання опору переміщення трактора, $a_{\text{тр}} = 1,84$; [14].

G – вага трактора, $G = 31,5$ кН,

$$P_{\text{тр max}} = 47 \cdot (0.08 \cdot 1.76 + 0.01 \cdot 3) + 31.5 \cdot (0.08 (1.84 - 1) + 0.01 \cdot 3) = 10,97 \text{ кН.}$$

Відповідно тяговій характеристиці трактора МТЗ-82 приймемо 6(II) передачу, для якої $P_{\text{кр}} = 10,5$ кН, $V = 11,54$ км/год. Тоді умова $P_{\text{кр}} \geq P_{\text{кр max}}$ витримана [14].

Встановимо чи достатня сила зчеплення на обраній передачі трактора:

$$F_{e \max} - G (a_{\text{тр}} f_{\text{тр}} + i / 100) \geq G_{\kappa} (f_{\kappa} \cdot a_{\kappa} + i / 100), \quad (2.6)$$

де $F_{e \max}$ – макс. сила зчеплення трактора з поверхнею, кН,

$$F_{e \max} = \mu G_{\text{с}}, \quad (2.7)$$

де $G_{\text{с}}$ – конструкційна вага трактора, кН;

μ – коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом, $\mu = 0,7$.

Зчіпна вага трактора МТЗ-82:

$$G_{\text{с}} = \lambda \cdot G \cdot \cos i, \quad (2.8)$$

Отже

$$G_{\text{с}} = 0,8 \cdot 31,5 \cdot \cos 3^\circ = 25,2 \text{ кН.}$$

$$F_{e \max} = 0,7 \cdot 25,2 = 17,64 \text{ кН.}$$

Тоді

$$17,64 - 31,5 \cdot (1,84 \cdot 0,08 + 3/100) \geq 47 \cdot (0,08 \cdot 1,76 + 3/100)$$

$$12,06 \geq 7,93 \text{ кН.}$$

Зрівняння видно, що умова виконується вага достатня.

Розраємо коефіцієнт використання тягового зусилля двигуна трактора на заданій передачі: [14]

$$\xi = \frac{R_{az}}{P_{\kappa p} - 0,01 G \cdot i}, \quad (2.9)$$

$$\xi = \frac{5,17}{11,5 - 0,01 \cdot 31,5 \cdot 3} = 0,51.$$

Визначимо кількість контейнеровозів, що обслуговують збиральні агрегати.

Маса плодів за один рейс, визначимо: [14]

$$Q_{\text{т}} = V \lambda \gamma_{\text{м}}, \quad (2.10)$$

де V – робочий об'єм контейнерів на ВУК-3, $V = 4,61 \text{ м}^3$; [14]

λ – коефіцієнт використання об'єму, $\lambda = 0,75$;

$\gamma_{\text{м}}$ – щільність плодів, $\gamma_{\text{м}} = 0,73 \text{ т/м}^3$, [14]

$$Q_{\text{т}} = 4,61 \cdot 0,75 \cdot 0,73 = 2,52 \text{ т.}$$

Площа, з якої необхідно зібрати плоди, для завантаження ВУК-3[14]

$$F = Q_T / Y, \quad (2.11)$$

де Y – урожайність, $Y = 10$ т/га, [14]

$$F = 2,52 / 10 = 0,252 \text{ га}.$$

Час на збирання площі[14]

$$t_B = \frac{F}{W_{\text{год.зм}}}, \quad (2.12)$$

де $W_{\text{год.зм}}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год,

$$t_B = \frac{0,252}{0,136} = 1,85 \text{ год} = 111,18 \text{ хв.}$$

Цикл транспортного агрегату становить[14]

$$t_{\text{ц}} = \frac{2L_T}{V_T} + t_{\text{зав}} + t_{\text{роз}}, \quad (2.13)$$

де V_T – робоча швидкість агрегату, $V_T = 20$ км/год; [14]

L_T – відстань транспортування, $L_T = 3$ км,

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження ВУК-3, $t_{\text{зав}} = 0,4$ год;

$t_{\text{роз}}$ – час розвантаження ВУК-3, $t_{\text{роз}} = 0,3$ год,

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 3}{20} + 0,4 + 0,3 = 1 \text{ год} = 60 \text{ хв.}$$

Визначимо кількість транспортних агрегатів, для забезпечення роботи збирального агрегату[14]

$$m_T = \frac{t_B}{t_{\text{ц}}} = \frac{60}{118,18} = 0,54 \text{ шт.} \quad (2.14)$$

приймаємо $m_T = 1$ шт.

Довжина загінки саду з якої зібрано плоди, має становити [14]

$$l_{\text{д}} = \frac{F}{B_{\text{між}}} = \frac{2520}{6} = 420 \text{ м.}$$

Транспортний засіб ВУК-3 одночасно може перевозити 8 контейнерів. Отже відстань між контейнерами, що будуть встановлені в міжряддях становить [14]

$$a = \frac{l_d}{n_{\text{конт}}}, \quad (2.15)$$

де $n_{\text{конт}}$ – кількість контейнерів, що одночасно перевозить ВУК-3,

$$a = \frac{420}{8} = 52,5 \text{ м.}$$

Контейнери необхідно встановити в тих міжряддях саду по яких буде рухатися плодозбиральна машина МПУ-1А з кроком 52,5 м.

Визначаємо кінематичні показники роботи плодозбиральної машини МПУ-1А.

Оберемо човниковий спосіб руху, а розворот комбінований, з однієї сторони – безпетльовий, з другої – петльовий грушеподібний.

Розрахуємо коефіцієнт робочих ходів агрегату: [14]

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.16)$$

де L_p – довжина робочого ходу, м;

L_x – довжина холостого ходу, м,

$$L_x = L_{x1} + L_{x2}, \quad (2.17)$$

де L_{x1} – довжина холостого ходу за безпетльового розвороту, м;

L_{x2} – довжина холостого ходу за грушеподібного розвороту, м.

В нашому випадку робоча довжина загінки рівна довжині саду, $L_p = 500$ м.

Довжина холостого ходу під час безпетльового розвороту становить [14]

$$L_{x1} = (1,4 \div 2)R + x_1 + 2e, \quad (2.18)$$

де R – радіус ровороту, $R = 3,5$ м;

x_1 – довжина прямолінійного відрізка, $x_1 = 5$ м,

e – довжина виїзду, м,

$$e = (0,1...0,2) l_k - \text{для навісних агрегатів}; \quad (2.19)$$

де l_k – кінематична довжина агрегату, $l_k = l_m = 3$ м;

$$e = 0,2 \cdot 3,0 = 0,6 \text{ м.}$$

$$L_{x1} = 2 \cdot 3,5 + 5 + 2 \cdot 0,6 = 13,2 \text{ м.}$$

При грушеподібного розвороту холостий хід становить [14]

$$L_{x2} = (5,0 \div 5,5) R + 2e, \quad (2.20)$$

тоді

$$L_{x2} = 5,5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,6 = 20,45 \text{ м,}$$

$$L_{x2} = 13,2 + 20,45 = 33,62 \text{ м,}$$

Підставимо значення у формулу (2.21),

$$\varphi = \frac{500}{500 + 33,65} = 0,94.$$

Ширина розворотної смуги для фруктових насаджень в повинна становити 7 м. Вона закладатися на етапі проектування розмірів саду. Визначимо достатність її для розвороту плодозбиральної машини МПУ-1А.

Ширину розворотної смуги визначимо[14]

$$E_{\min} = 1,1R + e + d_k; \quad (2.22)$$

де d_k – найбільш віддалена відстань до краю поворотної смуги, $d_k = 1,7$ м;

$$E_{\min} = 1,1 \cdot 3,5 + 0,6 + 1,7 = 6,15 \text{ м.}$$

Це свідчить про достатність ширини поворотної смуги для розвороту плодозбирального агрегату.

Визначаємо тривалість циклу роботи агрегату на загінці

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рц}} + t_{\text{хц}} = \frac{2L_p}{V_p 60} + \frac{2L_x}{V_x 60}, \quad (2.23)$$

де $t_{\text{рц}}$; $t_{\text{хц}}$ – затрати часу за цикл відповідно на робочий хід і повороти, хв;

V_p – робоча швидкість агрегату, м/с;

V_x – швидкість руху на розворотах, $V_x = 3$ м/с;

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 500}{0,083 \cdot 60} + \frac{2 \cdot 33,65}{0,83 \cdot 60} = 202,15 \text{ хв.}$$

Кількість циклів агрегату за зміну

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{відп}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.24)$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, хв;

$T_{\text{пз}}$ – заключний час, хв;

$T_{\text{відп}}$ – час на відпочинок, $T_{\text{відп}} = 35$ хв.

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{пнк}} + T_{\text{пн}},$$

де $T_{\text{ето}}$ – час на технічне обслуговування машини, $T_{\text{ето}} = 28$ хв;

$T_{\text{пп}}$ – час на підготовку агрегату, $T_{\text{пп}} = 5$ хв;

$T_{\text{пнк}}$ – час на переїзди протягом зміни, $T_{\text{пнк}} = 30$ хв;

$T_{\text{пн}}$ – час на завершення роботи, $T_{\text{пн}} = 6$ хв [7].

$$T_{\text{пз}} = 28 + 5 + 30 + 6 = 69 \text{ хв.}$$

Тоді

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 69 - 35}{202,15} = 1,56 \text{ цикл.}$$

Оскільки дерева обробляються послідовно, то приймаємо $n_{\text{ц}} = 1,6$.

Чистий робочий час зміни

$$T_p = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}}, \quad (2.25)$$

$$T_p = 202,15 \cdot 1,6 = 323,44 \text{ хв.}$$

Дійсний час зміни

$$T_{\text{зм}} = T_p + T_{\text{пз}} + T_{\text{відп}}, \quad (2.26)$$

$$T_{\text{зм}} = 323,44 + 69 + 35 = 427,44 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{T_p}{T_{3M}}, \quad (2.27)$$

$$\tau = \frac{323,44}{427,44} = 0,76.$$

Змінна продуктивність агрегату [14]

$$W_{3M} = 0,1 B_p V_T T_p, \quad (2.28)$$

де B_p – робоча ширина захвату, відповідно ширині міжряддя, тобто $B_p = 6$ м;
 V_T – технологічна швидкість, км/год,

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 6 \cdot 0,3 \cdot 5,39 = 0,97 \text{ га/зм.}$$

Годинна продуктивність за годину чистого часу:

$$W_{\text{годч}} = \frac{W_{3M}}{T_p} = \frac{0,97}{5,39} = 0,18 \text{ га/год.} \quad (2.29)$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{\text{годзм}} = \frac{W_{3M}}{T_{3M}} = \frac{0,97}{7,12} = 0,136 \text{ га/год.} \quad (2.30)$$

Визначимо експлуатаційні витрати за час роботи збирального агрегату.

Витрата паливана гектар становить[14]

$$Q = \frac{G_{\text{тр}} T_p + G_{\text{тх}} T_x + G_{\text{то}} T_o}{W_{3M}}, \quad (2.31)$$

де $G_{\text{тр}}$; $G_{\text{тх}}$; $G_{\text{то}}$ –годинна витрата палива, кг/год, на робочому ході, на холостому ході і при зупинках трактора, кг/год; [14]

T_x –час на розвороти і переїзди, год;

T_o – час на зупинки при працюючому двигуні за зміну, год.

$$T_x = t_{\text{хц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{пнп}}, \quad (2.32)$$

$$T_x = 1,35 \cdot 1,6 + 30 = 32,16 \text{ хв} = 0,54 \text{ год.}$$

$$T_o = T_{\text{відп}} + 0,5 T_{\text{ето}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{пн}}, \quad (2.33)$$

$$T_o = 35 + 0,5 \cdot 28 + 5 + 6 = 60 \text{ хв} = 1 \text{ год.}$$

Тоді

$$Q = \frac{8,2 \cdot 5,39 + 2,5 \cdot 0,54 + 0,7 \cdot 1}{0,97} = 16,2 \text{ кг/га.}$$

З затрати на амортизацію плодозбирального агрегату

$$S_{\text{ам}} = \frac{(a_{\text{рт}} + a_{\text{кт}} + a_{\text{то}}) B_{\text{м}}}{100 \cdot T_{\text{р}} \cdot W_{\text{год}}}, \quad (2.34)$$

де $a_{\text{рт}}$, $a_{\text{кт}}$, $a_{\text{то}}$ – норми річних відррахувань відповідно на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування і поточний ремонт, %;

$B_{\text{м}}$ – балансова вартість машини, грн;

$T_{\text{р}}$ – річне завантаження машини, год;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год,

$$S_{\text{ам}} = \frac{(16,6 + 2,7 + 13) \cdot 230000}{100 \cdot 240 \cdot 0,136} = 2276 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали

$$S_{\text{пм}} = Q \cdot \Pi_{\text{пм}} \quad (2.35)$$

де Q – погектарна витрата палива на даній роботі, кг/га;

$\Pi_{\text{пм}}$ – ціна комплексна 1 кг палива, грн,

$$S_{\text{пм}} = 46,2 \cdot 42 = 1940,04 \text{ грн/га.}$$

Затрати на основну зарплату

$$S_{\text{зп}} = \frac{k_1 (m_{\text{тр}} f_1 + m_{\text{д}} f_{\text{д}})}{W_{\text{зм}}}, \quad (2.36)$$

де $m_{\text{тр}}$, $m_{\text{д}}$ – відповідно число механізаторів і допоміжних робітників;

f_1 , f_2 – денні тарифні ставки для оплати праці відповідно механізатора і допоміжних робітників, грн/зм,

k_1 – коефіцієнт доплати за якість роботи,

$$S_{\text{зп}} = \frac{1,32 \cdot (1 \cdot 45,5 + 2 \cdot 38,5)}{0,97} = 1660,7 \text{ грн/га.}$$

Сумарні прямі експлуатаційні затрати на одиницю виконаної роботи

$$S_o = S_{\text{ат}} + S_{\text{пм}} + S_{\text{зп}}, \quad (2.37)$$

$$S_o = 2276 + 1940,04 + 1660,7 = 6360,78 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату

$$S_{\text{пр}} = S_o + \frac{E_k}{W_{\text{годзм}}} \cdot \frac{B_m}{T_p}, \quad (2.38)$$

де E_k – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_k = 0,1$;

$$S_{\text{пр}} = 6360,78 + \frac{0,1}{0,136} \cdot \frac{230000}{240} = 27840,98 \text{ грн/га.}$$

На основі отриманих даних розроблена операційна карта виконання операції збирання сливи, яка приведена на листі графічної частини.

Висновки до розділу 2.

1. Особливу увагу необхідно звернути на виконання операції збирання фруктів, оскільки вони є найбільш трудомісткою порівняно з іншими операціями, а в господарстві виконується ручним способом або напівмеханізованим з використанням допоміжних засобів. Для виконання даної операції пропонується використати плодозбиральну машину МПУ-1А, яка буде оснащена удосконаленим вловлювачем плодів, що дозволить підвищити продуктивність виконання даної операції.

2. встановлено основні техніко-економічні показники виконання операції збирання фруктових культур за допомогою удосконаленої плодозбиральної машини МПУ-1А становлять: продуктивність машини за зміну – 1,0 га/зм; витрата пального – 16,2 кг/га; затрати праці – 4,7 люд.год/га; прямі експлуатаційні затрати – 6360,78 грн/га; питомі експлуатаційні витрати склали – 27840,98 грн/га.

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1. Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату

Машина для збирання плодів МПУ-1А призначена для збору плодів зерняткових і кісточкових культур із подальшим пакуванням у ящики або контейнери. Вона встановлюється на самохідне шасі Т-16М.

Економічна доцільність використання цієї машини оцінюється шляхом порівняння з попередньою моделлю МПУ-1, з урахуванням удосконалення конструкції вловлювача.

З урахуванням змін вартості техніки, паливно-мастильних матеріалів, сільськогосподарської продукції, а також оновлених нормативів оплати праці, наведені показники є актуальними для умов використання модернізованої машини.

Аналізуючи експлуатаційних характеристик удосконаленої та базової моделей машини, а також із використанням нормативно-довідкових матеріалів і актуальних ринкових цін на трактори, сільськогосподарську техніку та паливно-мастильні матеріали, формується таблиця вихідних даних для оцінювання економічної ефективності модернізованої плодозбиральної машини МПУ-1А. Вихідні дані, актуальні станом на 1 вересня 2024 року, представлені в табл. 3.1. У ній наведено лише ті показники, які безпосередньо стосуються технологічного процесу збирання та мають вплив на кінцевий економічний результат.

Таблиця 3.1

Дані для розрахунку економічних показників

Параметри	Машина МПУ-1	
	базова	удосконалена
Продуктивність машини, га/год	0,114	0,136

Продовження табл.3.1

1	2	3
Балансова вартість машини, грн :	225000	230000
Річне навантаження, год.:	240	240
Кількість працівників, чол.:		
основних	1	1
допоміжних	2	1
Погодинні тарифні ставки, грн/люд.-год :		
основних працівників	6,5	6,5
допоміжних працівників	5,5	5,5
Коефіцієнт надбавок:		
основних працівників	1,32	1,32
допоміжних працівників	1,32	1,32
Відсоток відрахувань на реновацію:	16,6	16,6
Відсоток відрахувань на ПР та ТО	13	13
Відсоток відрахувань на КП	0,027	0,027
Витрати ПММ, кг/га	22,1	16,2
Вартість палива із врахуванням оливи, що припадає на витрату 1 кг дизпалива	54,2	54,2
Витрати на зберігання, що припадають на 1 годину експлуатаційного часу, грн/год	14,7	15,1
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	0,15	

Розрахунок економічної ефективності здійснюється на персональній електронно-обчислювальній машині із використанням розробленого програмного забезпечення. вводились вихідні дані з табл. 3.1, після чого результати розрахунку показників економічної ефективності наведені в (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Отримані показники техніко-економічного розрахунку

Параметри	Машина МПУ-1А	
	базова	удосконалена
1. Нормативне напруцювання, га	27,36	32,64
2. Прямі витрати (грн/га) на:		
– заробітну плату	2020,63	1160,47
– ПММ	2180,81	1940,04
– ТО, ПР, КР	12910,11	11060,31
– відновлення	13650,13	11690,73
– додаткові прямі затрати	1280,94	1110,02
– загалом затрат	32060,62	26970,53
3. Капіталовкладення, грн/га	82230,68	70460,56
4. Приведені затрати, грн/га	44400,17	37540,55
5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	223780
6. Економічний ефект від використання при нормативному завантаженні, грн	—	708160
Вартість нового агрегату, грн	—	273469
Вартість нової машини, грн	—	259795
7. Затрати праці, люд.-год	6,31	4,7
8. Зниження затрат праці, люд-год	—	78,95
9. Зниження виробничих витрат (в %)		
– прямих витрат	—	44,12
– непрямих витрат	—	15,87
– приведених витрат	—	15,44
– капіталовкладень	—	14,31

Висновки до розділу 3.

Результати проведених розрахунків підтверджують доцільність використання модернізованої плодозбиральної машини МПУ-1А для механізованого збирання плодів фруктових насаджень, що обумовлено підвищенням її продуктивності у порівнянні з базовою моделлю.

Зокрема, на один гектар зібраного саду спостерігається зниження: прямих витрат - на 15,87 %, зведених витрат - на 15,44 %, капіталовкладень - на 14,31 %, трудових затрат - на 44,12 %.

Річний економічний ефект від експлуатації удосконаленої машини, за умов річного обсягу роботи 32,64 га та з урахуванням цін станом на 1 вересня 2024 року, становить 223780 гривень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. З метою підвищення продуктивності збирання фруктових культур було запропоновано використати плодозбиральну машину МПУ-1А, в якій удосконалили вловлювач плодів.
2. Удосконалений вловлювач забезпечує проходження штамба дерева через його половини і зупинку агрегату напроти дерева, що дозволить підвищити продуктивність машини порівняно з базовою за рахунок зменшення часу на допоміжні операції і вивільнити одного робітника, що забезпечував позиціонування агрегату. За одну годину удосконалення плодозбиральна машина знімає плоди з 45 дерев за схеми посадки 6х5 м.
3. Визначені основні конструктивні та технологічні параметри запропонованого удосконалення: діаметр підтримуючої балки лівої половини вловлювача 32 мм за її довжини 0,6 м; кут встановлення вловлюючої поверхні 20° ; робоча довжина пружини повернення підтримуючої балки у вільному стані становить 410 мм; конструктивні параметри пружини – робочий хід 130 мм, для створення зусилля $F=300$ Н, середній діаметр пружини 25 мм, діаметр дроту пружини 3 мм.
4. Виконання даної операції пропонується використовувати плодозбиральну машину МПУ-1А, яка буде оснащена удосконаленим вловлювачем плодів, що дозволить підвищити продуктивність виконання даної операції.
5. Встановлено основні техніко-економічні показники виконання операції збирання фруктових культур за допомогою удосконаленої плодозбиральної машини МПУ-1А становлять: продуктивність машини за зміну – 1,0 га/зм; витрата пального – 16,2 кг/га; затрати праці – 4,7 люд.год/га; прямі експлуатаційні затрати – 6360,78 грн/га; питомі експлуатаційні витрати склали – 27840,98 грн/га. Річний економічний ефект від експлуатації удосконаленої машини, за умов річного обсягу роботи 32,64 га та з урахуванням цін станом на 1 вересня 2024 року, становить 223780 гривень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. К., 2003. 203 с.
2. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1982. 312 с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Ч.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 233 с.
4. Комаристов В.Ю., Дунай М.Ф. Сільськогосподарські машини. К.: Вища школа, 1987. 248с.
5. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. К.: Урожай, 2002. 364 с.
6. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
7. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. К.: НМК ВО, 1991. 199 с.
8. Довідник з механізації садівництва / М.О. Демидко, А.Є. Бабенко, В.П. Бабій та ін. : За ред. М.О. Демидко. К.: Урожай, 1978. 216 с.
9. Механізація виробництва плодів і ягід / За ред. П.Т. Бабія. К.: Урожай, 1980. 160 с.
10. Механізація збирання і товарної обробки плодів та ягід / І.Б. Беренштейн, М.О. Демидко, П.К. Широкоград та ін. К.: Урожай, 1976. 136 с.
11. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
12. Дарков А.В., Шпирко Г.С. Опір матеріалів. К.: Вища шк., 1975. 422 с.
13. Дунаєв П.Ф., Леликов О.П. Деталі машин . К.: Вища школа, 1987 . 334 с.
14. Ільченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. К.: Вища школа, 1993.
15. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін.; За ред. В.Ю.Зінченка. К.: Урожай, 1993.

– 288 с.

16. Вихідні дані, технічна характеристика машин та умови їх використання / Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.Г., Холодюк О.В. Вінниця: ОЦ ВДАУ, 2005. 73 с.
17. Заїка А.В, Теорія сільськогосподарських машин К: Урожай, 1996-том 1 частина 3. 343с.
18. Войтюк Д. Г., Царенко О. М., Яцун С. С. та ін. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Практикум / За ред. С. С. Яцуна. К.: Аграрна освіта, 2000. 93 с.
19. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур, - Львів: НВФ «українські технології», 2006.-730с.
20. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред.. Мельника І.І. К.: Кондор. 2004. 284с.
21. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко ; За ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591с.
22. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464с.

ДОДАТКИ