

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК  
З ВИКОРИСТАННЯМ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА  
ПЛОДІВ ПОТОКОВОЇ ДІЇ, ОСНАЩЕНОГО РОЗРОБЛЕНОЮ  
СИСТЕМОЮ ВОДІННЯ»**

”

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41

спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Лавринюк Володимир Володимирович  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Олег КРУПИЧ  
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2023



УДК 631.358:634

Лавринюк В.В. Підвищення ефективності збирання яблук з використанням роторного ударного струшувача плодів потокової дії, оснащеного розробленою системою водіння. Дипломний проєкт. Дубляни: кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича Львівського НУП, 2023.

52 с. текст. част., 9 рис., 3 табл., 26 джерел, 6 арк. графіч. част. формату А1.

Проведено аналіз стану виробництва яблук в господарствах та існуючих технологій вирощування. Розглянута операція збирання яблук із застосуванням роторного ударного струшувача плодів потокової дії з розробленою системою водіння вздовж ряду дерев. Розраховані основні техніко-економічні показники даної операції та розроблена операційна карта.

Для підвищення продуктивності агрегату було запропоновано використати розроблений копір, що дозволяє підвищити швидкість агрегату. Обґрунтовані основні параметри розробленої системи водіння агрегату вздовж ряду дерев відносно штаблів (копіра).

Розглянуті питання охорони праці під час виконання операції збирання яблук та розроблені правила техніки безпеки під час роботи на запропонованому агрегаті, а також проведено аналіз охорони довкілля в господарстві.

Виконано розрахунок економічної ефективності удосконаленого роторного ударного струшувача плодів порівняно з плодозбиральною машиною МПУ-1А.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ .....	7
1.1. Особливості вирощування яблук.....	7
1.2. Аналіз методів та конструкцій пристроїв водіння агрегатів Технологія вирощування суниці.....	8
Висновок .....	11
2. МЕХАНІХОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК.....	12
2.1. Виконання операції збирання яблук. Агротехнічні вимоги .....	12
2.2. Розрахунок технологічної операції збирання яблук.....	13
2.2.1. Вихідні дані для розрахунку .....	13
2.2.2. Розрахунок тягових характеристик роботи струшувача.....	13
2.2.3. Розрахунок технологічних показників роботи струшувача в саду ....	17
2.2.4. Розрахунок економічних показників роботи струшувача .....	21
Висновки .....	23
3. КОПІР ДЛЯ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ.....	24
3.1. Обґрунтування конструктивної розробки проекту.....	24
3.2. Будова та принцип дії розробленого копіра.....	24
3.3. Розрахунок розробленого копіра.....	26
3.3.1. Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів розробленого копіра.....	26
3.3.2. Розрахунок пружини паралелограмного механізму кріплення направляючої до консолі .....	29
3.3.3. Розрахунок основної консолі кріплення копіра до рами .....	35
Висновки .....	36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	37
4.1. Структурно функціональний аналіз процесу збирання яблук та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій.....	37

4.2.	Моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час збирання яблук .....	38
4.3.	Обґрунтування організаційно технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу.....	39
4.3.1.	Техніка безпеки при роботі на агрегаті для збирання яблук .....	39
4.3.2.	Розрахунок на поперечну стійкість до перекидання агрегату для струшування плодів .....	40
5.	ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	42
5.1.	Вступна частина .....	42
5.2.	Охорона та ефективне використання водних ресурсів .....	43
5.3.	Охорона атмосферного повітря .....	43
5.4.	Охорона рослинного і тваринного світу.....	44
	Висновки .....	45
6.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ ПОТОКОВОЇ ДІЇ ОСНАЩЕНОГО КОПРОМ .....	46
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	50
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	51

## ВСТУП

Сучасний стан розвитку сільськогосподарського виробництва характеризуються перехідними процесами, обумовленими зміною форм власності на землю, зменшення державних замовлень на продукцію рослинництва, формуванням приватних, орендних та індивідуальних господарств. Внаслідок цього відбувається перегляд структури посівних площ окремих культур. Але й надалі особливе місце займатиме пшениця, що має велике народногосподарське значення, як харчова та продовольча культура та агротехнічне значення, як хороший попередник під інші сільськогосподарські культури.

Велику цінність для здоров'я людини мають фрукти і ягоди, багаті біологічно активними речовинами. До них належить віднести і сливу, яка є цінною сировиною для переробної промисловості.

За останні роки створено і поставлено на виробництво багато машин для механізації виробничих процесів у плодорозсадниках, садах та ягідниках. Зокрема, механізовано роботи по Такі операції як обробіток ґрунту в міжряддях садах, внесення мінеральних та органічних добрив в зону рядка і обприскування дерев виконуються механізованим способом, але закладка саду, формування крони дерев та видалення хворих гілок, виконання збиральних робіт виконуються в ручну або частково механізовані [2, 10].

Однак збільшення виробництва плодів та ягід можливе за рахунок інтенсифікації садівництва, яка передбачає комплексну механізацію всіх виробничих процесів під час вирощування даних культур [13-15].

У садівництві технологічні операції всього на 40 % механізовані, що є дуже мало і садівництво потребує значних затрат ручної праці [2, 10].

Недостатня механізація збиральних робіт призводить до зменшення продуктивності, а отже до значних втрат врожаю.

Запропонована тема дипломного проекту є актуальною для господарств, що займаються виробництвом яблук.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

### 1.1. Особливості вирощування яблук

Садівництво - одна з провідних галузей сільськогосподарського виробництва на Україні. Вирощування яблук є основою садівництва. Слід врахувати, що це є рентабельна галузь, яка приносить господарству значні прибутки.

Яблука – цінний харчовий продукт для людей і цінна сировина для харчової промисловості. Вони особливо ціняться за добрі якості плодів і високі врожаї, а також можливістю довготривалого зберігання, зберігаючи при цьому свої лікувальні і смакові якості [10, 15].

На відміну від інших сільськогосподарських культур, плодови культури мають ряд відмінностей, які пов'язані з біологічними особливостями.

Так отримання плодоносного дерева пов'язане з великою тривалістю часу, а саме 4 роки. Плодове дерево вирощене із зернятка втрачає свої сортові ознаки, які повертають дереву за допомогою щеплення на прищепу відповідних сортів. Для нормального розвитку слаборослих дерев важливе значення має співпадання прищеп з прищепами сортами.

Для успішної експлуатації саду, отримання високих врожаїв плодів на протязі багатьох років, важливе значення має підготовка ґрунту, дотримання сортів і вибір способу насадки дерев. Недооцінка важливості закладання саду може привести до повної загибелі саду в гіршому випадку або до низьких врожаїв на протязі багатьох років.

Збирання плодів проводиться в основному ручним способом. Механізований збір плодів пов'язаний з деякими перешкодами ніж збір плодів інших культур, за такими причинами: плоди зерняткові дуже чутливі до механічних пошкоджень, навіть незначні пошкодження приводять до великих втрат під час зберігання; половина, а в більшості країн навіть 60 – 70% всіх зібраних яблук десертні плоди, а ця частина продукції повинна володіти дуже високою якістю.

Все перераховане вище підтверджує велику складність і трудомісткість виробництва плодів і в тому числі яблук.

## 1.2. Аналіз методів та конструкцій пристроїв водіння агрегатів

В багатьох випадках, під час виконання технологічних операцій, необхідно забезпечити прямолінійність руху агрегату і створити умови, при яких відсутні пошкодження рослин, а також забезпечуються ширина стикового міжряддя, що рівна ширині основних міжрядь, між двома сусідніми проходами сівалки. У всіх випадках на машинах встановлюються спеціальні слідкуючі пристрої.

Наприклад, для сівки з постійним стиковим міжряддям між сусідніми проходами посівного агрегату і для забезпечення прямолінійності руху на сівалки встановлюють гідрофіковані маркери 3, 4 (рис.1.1) [5, 18, 19]. Маркер складається з розсувної штанги зі сферичним диском 5, який в робочому положенні утворює борозенку – слід з боку незасіяного поля. Під час наступного проходу машиніст направляє праве переднє колесо по сліду маркера.

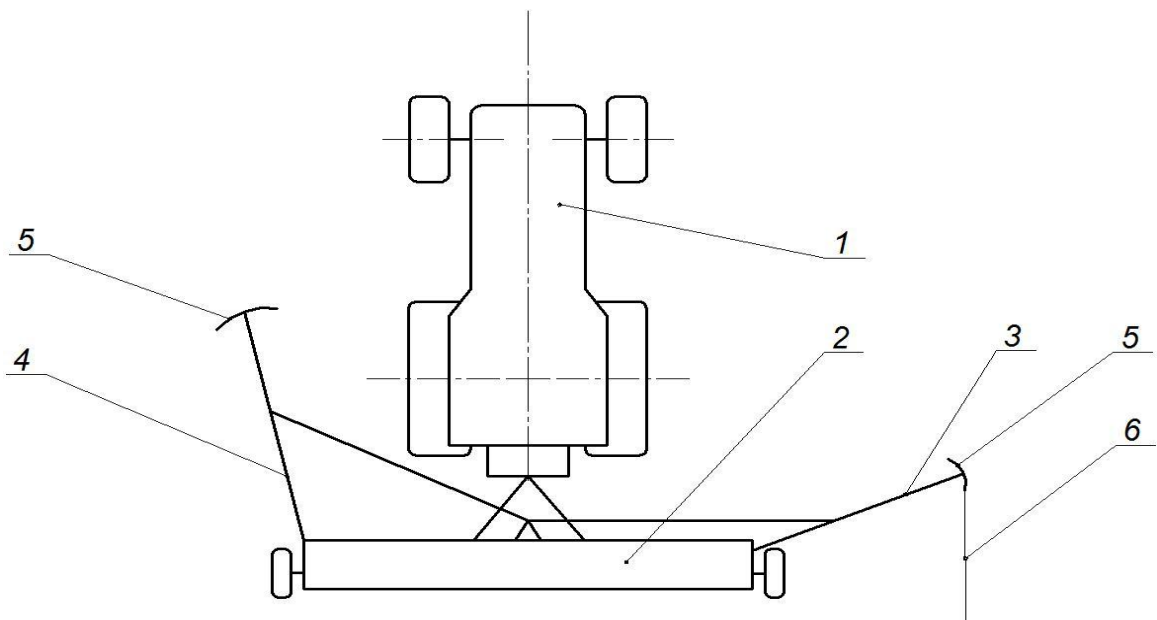


Рисунок 1.1 – Схема посівного агрегату:

- 1 – трактор; 2 – сівалка; 3 – правий маркер; 4 – лівий маркер;  
5 – сферичний диск; 6 – слід маркера.



Відстань від диску до крайнього сошника сівалки називається вильотом маркера. Виліт маркера є змінним і залежить від ширини захвату сівалки, ширини міжрядь і визначається за формулою

$$l_m = \frac{B_p + v_m \pm C}{2}, \quad (1.1)$$

де  $v_m$  – виліт маркера, м;

$B_p$  – робоча ширина захвату сівалки, м;

$C$  – відстань між середніми передніми колесами трактора, м

На культиваторах для міжрядного обробітку ґрунту, особливо коли овочі вирощуються за астраханською технологією, для забезпечення до сходового обробітку ґрунту, а також для забезпечення стикового міжряддя, встановлюється спеціальний диск, який рухається в попередньо нарізаній щілині.

Щілина утворюється за допомогою щілеріза (рис.1.2).

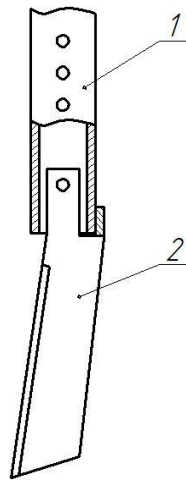


Рисунок 1.2 – Щілеріз: 1 – стовб; 2 – чересловий ніж

Даний щілеріз кріпиться до рами посівного агрегату за допомогою стовба 1, продовженням якого є чересловий ніж 2. Під час посіву щілеріз утворює щілину, в якій під час до сходового обробітку рухається копіюючий диск культиватора. Це дає змогу забезпечити прямолінійність руху агрегату в міжряддях і забезпечити дотримання захисної смуги.

Більш складні слідкуючі системи встановлюються на гичкозбиральній машині БМ-6 та коренезбиральних машинах РКС-6 та КС-6. Автомат водіння, що встановлюється на даних машинах забезпечують рух агрегату вздовж рядка, забезпечуючи при цьому розташування різальних і виконуючих робочих органів по осі рядка. Дані автомати складаються з двох основних частин: датчика у вигляді лижі або культиваторної лапи та гідравлічної системи керування передніми керованими колесами. Під час руху агрегату межа взаємодії з бічною поверхнею кореня і за умови коли порушується прямолінійність руху вздовж рядка, даний автомат самостійно, без втручання машиніста, стабілізує рух агрегату.

Особливо важливе питання – руху плодозбирального агрегату вздовж ряду дерев. Роторно-ударні струшувачі (рис. 1.3), що призначенні для знімання плодів під час безперервного руху вздовж ряду дерев [26] обладнані спеціальним копіром.

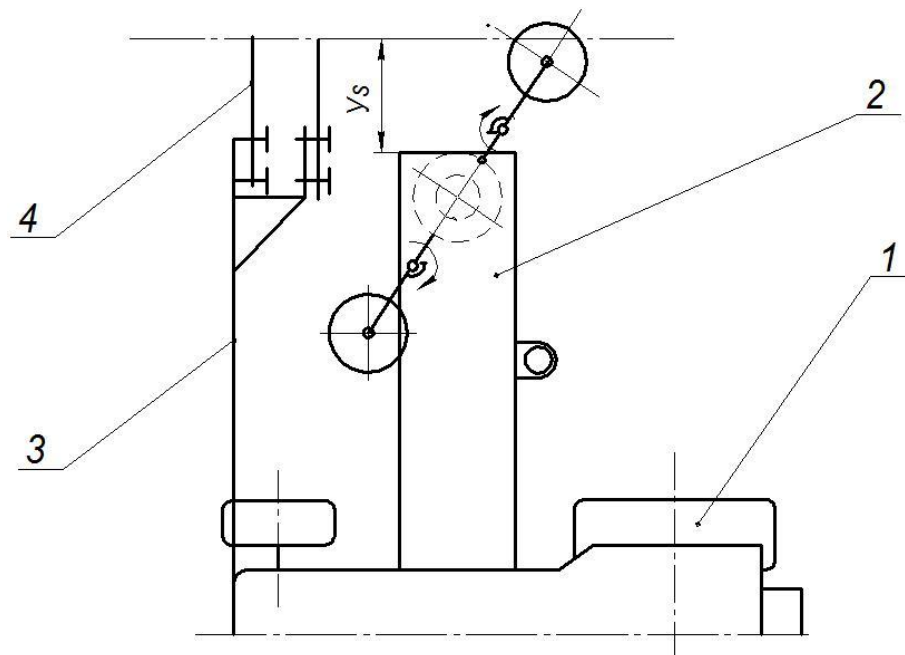


Рисунок 1.3 – Схема агрегату для струшування плодів:

- 1 – трактор; 2 – роторний ударний струшувач плодів; 3 – балка копіра;  
4 – гнучкі елементи копіра.

Наприклад, копір, що був запропонований для даного агрегату (рис.1.3) складається з балки, що одним кінцем кріпиться до переду трактора, а на другому кінці закріплені гнучкі елементи у вигляді транспортерної стрічки вигнутої в дугу для збільшення жорсткості.

Під час руху агрегату тракторист направляє агрегат так, щоб кінці гнучких елементів дотулялися до штамба дерева. За цієї умови ролики ротора наносять удари по штамбу дерева.

Даний слідкуючий пристрій найбільше задовольняє умови використання струшувачів плодів в садах.

### **Висновок**

Для підвищення продуктивності під час збирання яблук і зменшення втрат врожаю було запропоновано використати механізований спосіб збирання із застосування потокової плодозбиральної машини ударної дії. Особливу увагу необхідно звернути на пристрої для ведення агрегату в міжрядді саду.

## **2. МЕХАНІХОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ЯБЛУК**

### **2.1. Виконання операції збирання яблук. Агротехнічні вимоги**

Механізоване збирання плодів передбачає знімання плодів, уловлювання їх, внутрішньо машинне транспортування та затарювання. Знімають плоди за допомогою вібраційних плодозбиральних машинах за допомогою струшувала, який складається з вібратора та захвата, а уловлюють зняті плоди спеціальними пристроями уловлювачами. Після уловлювача плоди переміщуються по стрічковому транспортеру у ящик [2, 10].

Крім того для збирання плодів можна використовувати роторні ударні струшувачі потокової, що забезпечують струшування плодів на поверхню міжряддя з наступним їх підбирання та завантаження їх в контейнери.

Отже, для того щоб полегшити збирання плодів ми пропонуємо закладку саду зі схемою посадки 6×4. це дає змогу підвищити продуктивність саду майже в два рази, а також за рахунок застосування потокового ударного струшувала механізувати процес збирання, цим самим зменшити затрати праці.

Для створення м'якого міжряддя, що забезпечує зменшення пошкодження плодів в момент їх зустрічі з ґрунтом під час струшування, в міжряддях саду висівають багаторічні. Періодично траву скошують, формуючи високу якість трав'яного покриву. Скошування трави обов'язково виконується перед збиранням плодів.

Збирання плодів – один з найтрудомісткіших процесів, на який припадає 40% всіх затрат праці. Ми пропонуємо збирання плодів виконувати механізованим способом за потоковою технологією. Особливість потокової технології полягає в тому, що контейнери не розвантажують в саду, а залишають на транспортному агрегаті, наприклад на агрегаті для перевезення контейнерів ВУК-3. Збирають плоди ланкою з 5-10 чоловік. Попередньо плоди струшують на землю ударним роторним струшувачем. Після заповнення всіх контейнерів плоди відвозять у сховище.

## 2.2. Розрахунок технологічної операції збирання яблук

### 2.2.1. Вихідні дані для розрахунку

Розрахунок основних технічних та економічних показників операції збирання яблук проводимо для конкретних вихідних даних.

Параметри кварталу саду: площа  $F = 6$  га; довжина  $L = 400$  м; ширина  $B = 150$  м. Деревя в саду посаджені за схемою: ширина міжряддя 6 м, а відстань між деревами в саду становить 4 м. Середній ухил місцевості становить 3%. Основний агрегат для збирання складається з трактора КИЙ 14820 на який навішується роторний ударний струшувач потокової дії.

Для якісного водіння агрегату в міжрядді саду його швидкість має не становити  $V_p = 1,08$  км/год.

### 2.2.2. Розрахунок тягових характеристик роботи струшувача

Привід робочих органів струшувача приводиться від валу відбору потужності, тоді його тяговий опір струшувача буде перенесений через переміщення трактора і буде становити:

$$R_m = G_m (f+i/100), \quad (2.1)$$

де  $G_m$  – вага роторного ударного струшувача, кН;

$f$  – коефіцієнт опору кочення трактора у міжрядді саду.

Коефіцієнт опору кочення по траві  $f = 0,08$  [9].

$$R_T = 7 \times (0,08 + 3/100) = 0,77 \text{ кН.}$$

Оскільки ротор струшувача приводиться в дію від ВВП, то згідно стандартної методики потужність на привід приводиться до ведучих коліс трактора, а опір струшувача буде становити:

$$R_{пр} = \frac{0,159 \cdot N_{ввп} \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_k \cdot n_n \cdot \eta_{ввп}}, \quad (2.2)$$

де  $N_{ввп}$  – потужність на привід ротора струшувача, кВт;

$i_{тр}$  – характеристика трансмісії, передатне число трактора КИЙ 14820;

$r_k$  – радіус ведучого колеса трактора, м;

$n_n$  – номінальне число обертів за секунду обертання колінчастого вала двигуна трактора,  $c^{-1}$ ;

$\eta_{ввп}$  – коефіцієнт корисної дії передачі крутного моменту від двигуна до валу відбору потужності;

$\eta_{тр}$  – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії.

$$R_{пр} = \frac{0.159 \times 5 \times 330 \times 0.9}{0.725 \times 36.7 \times 0.95} = 9.34 \text{ кН.}$$

Сумарний тяговий опір агрегату буде становити:

$$R_a = R_m + R_{пр}, \quad (2.3)$$

$$R_a = 0.77 + 9.34 = 10.11 \text{ кН.}$$

Розрахуємо чи двигун трактора КИЙ 14820 буде забезпечувати необхідне тягове зусилля.

Номінальна сила тяги трактора на вибраній передачі визначається за залежністю:

$$P = \frac{N_e \cdot i_T \cdot \eta_{мт} \cdot 0.159}{r_k \cdot n_k}, \quad (2.4)$$

де  $N_e$  – потужність двигуна трактора.

Тоді

$$P = \frac{58.9 \times 330 \times 0.9 \times 0.159}{0.725 \times 36.7} = 104.5 \text{ кН.}$$

Як бачимо умова  $P_{кн} > R_a$  забезпечується, отже робоча передача вибрана правильно.

Коефіцієнт використання потужності двигуна трактора:

$$\eta_{ед} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}}, \quad (2.5)$$

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

$$N_{кр} = \frac{R_a \cdot V_P}{1}, \quad (2.6)$$

$$N_{кр} = 10.11 \times 1.08 = 10,92 \text{ кВт.}$$

Тобто

$$\eta_{ед} = \frac{10,92}{58,9} = 0,185.$$

Отже коефіцієнт використання потужності двигуна трактора КИЙ 14820 під час агрегування роторного ударного струшувача плодів буде становити 18,5%.

Вивезення зібраного врожаю з саду проводимо у контейнерах з використанням контейнеровоза, що агрегується з трактором КИЙ 14820. За аналогією розрахунку основного агрегату, проведемо розрахунок параметрів допоміжного агрегату.

Сумарна вагу завантаженого контейнеровоза ВУК-3А буде становити:

$$G_k = G_{кк} + Q_b, \quad (2.7)$$

де  $G_{кк}$  – вага контейнеровоза з порожніми контейнерами, кН;

$Q_b$  – вага яблук у контейнерах, що перевозяться, кН.

Тобто

$$G_k = 17 + 30 = 47 \text{ кН.}$$

Тяговий опір агрегату контейнеровоза буде становити:

$$R_{ат} = n_k G_k (f_k \pm 0.01 \times i), \quad (2.8)$$

де  $n_k$  – кількість контейнеровозів, що одночасно агрегується;

$f_k$  – коефіцієнт опору коченню транспортного агрегату в міжрядді саду.

Отже

$$R_{ат} = 1 \times 47 \times (0.08 \pm 0.01 \cdot 3) = 5.17 \text{ кН.}$$

Для визначення робочої транспортної передачі трактора необхідно з початку розрахувати максимальне тягове зусилля за формулою:

$$P_{кр\ max} \geq G_k (f_k \cdot a_k + 0.01 \cdot i) + G (f (a_{тр} - 1) + 0.01 \times i), \quad (2.9)$$

де  $a_k$  – коефіцієнт збільшення опору руху ВУК-3А;

$a_{тр}$  – коефіцієнт збільшення опору руху КИЙ 14820;

$G$  – вага трактора КИЙ 14820, кН.

$$\begin{aligned} P_{кр\ max} &= 47 \times (0.08 \times 1.76 + 0.01 \times 3) + 31.5 \times (0.08 \times (1.84 - 1) + 0.01 \times 3) = \\ &= 8.03 + 3.06 = 11.09 \text{ кН.} \end{aligned}$$

З тягової характеристики трактора КИЙ 14820 нашим умовам задовольняє п'ята передачу для якої гакове зусилля 11,2 кН [9].

Для реалізації тягового зусилля трактора необхідно забезпечити достатню силу зчеплення ведучих коліс з агрофоном міжряддя, що визначаємо з умови:

$$F_{e\ max} - G(a_{тр}f_{тр} + i/100) \geq G_k(a_k f_k + i/100), \quad (2.10)$$

де  $F_{e\ max}$  – максимальне значення сили зчеплення ведучих коліс трактора, кН,

$$F_{e\ max} = \mu G_{зч}, \quad (2.11)$$

де  $G_{зч}$  – вага трактора для забезпечення зчіпної сили, кН;

$\mu$  – коефіцієнт зчеплення коліс трактора з агрофоном міжряддя саду.

Вага трактора КИЙ 14820 для реалізації зчіпної сили:

$$G_{зч} = \lambda G \cos i, \quad (2.12)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт перерозподілу ваги агрегату на ведучі колеса трактора.

Тобто

$$G_{зч} = 0.9 \times 31.5 \times \cos 3^\circ = 25,2 \text{ кН.}$$

$$F_{e\ max} = 0.8 \times 25.1 = 17.64 \text{ кН.}$$

Отже

$$17.64 - 30.5 \times (1.84 \times 0.09 + 3/100) \geq 47 \times (0.09 \times 1.76 + 3/100);$$

$$12.06 \text{ кН} \geq 8.03 \text{ кН.}$$



Ваги трактора достатньо для реалізації розрахункової сили тяги під час збирання яблук.

Розрахунок коефіцієнта використання тягового зусилля трактора:

$$\xi = \frac{R_{\text{ар}}}{P_{\text{кр}} - 0.01 \times G \times i}, \quad (2.13)$$

$$\xi = \frac{5.17}{11.5 - 0.01 \times 31.5 \times 3} = 0.51.$$

Отже двигун трактора КИЙ 14820 під час перевезення зібраного врожаю становить 51 %.

### 2.2.3. Розрахунок технологічних показників роботи струшувача в саду

Виходячи з умови руху агрегату в міжряддях саду, ширина яких встановлена під час закладання саду і становить 6 м, приймаємо спосіб руху човниковий, а спосіб повороту комбінований: з однієї сторони безпетльовий з прямолінійним відрізком, з другої петльовий грибоподібний.

Коефіцієнт робочих ходів агрегату:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.14)$$

де  $L_p$  – робоча довжина гону саду, м;

$L_x$  – середня довжина холостого ходу трактора на поворотах, м.

Робоча довжина гону відповідає рівна довжині ряду саду, тобто  $L_p = 150$  м.

За безпетльового повороту з прямолінійним відрізком довжину холостого ходу визначаємо за формулою:

$$l_{x1} = (1.4 \dots 2)R + X_1 + 2e, \quad (2.15)$$

де  $R$  – радіус повороту керованих коліс трактора, м;

$X_1$  – довжина прямолінійного відрізка повороту, м;

$e$  – виїзд струшувача на поворотну смугу, м,

$$e = (0.1 \dots 0.2)l_k, \quad (2.16)$$

де  $l_k$  – кінематична довжина трактора, визначається з виразу:

$$l_k = l_T = 1.2 \text{ м.}$$

Тоді

$$l_k = 0.2 \cdot 1.2 = 0.24 \text{ м,}$$

$$l_{x1} = 2 \times 3.6 + 4.8 + 2 \times 0.24 = 12.48 \text{ м.}$$

Відстань яку пройде агрегат під час повороту і заїзд в наступний ряд становить:

$$l_{x2} = (5.0 \dots 5.5)R + 2e, \quad (2.17)$$

$$l_{x2} = 5 \times 3.6 + 2 \times 0.24 = 20.28 \text{ м.}$$

Тоді

$$l_x = l_{x1} + l_{x2}, \quad (2.18)$$

$$l_x = 20.28 + 12.48 = 32.76 \text{ м;}$$

$$\varphi = \frac{150}{150 + (20.28 + 12.48)} = 0.82.$$

Ширина смуги для розвороту в саду відповідає ширині міжквартальної дороги, у нашому випадку приймаємо рівною 8 м. Вона задається ще під час закладання саду. Перевіряємо, чи достатньо її для нашого випадку.

Ширину смуги для розвороту визначаємо з виразу:

$$E_{\min} = 1.1R + e + d_k, \quad (2.19)$$

де  $d_k$  – запас відстані до краю поворотної смуги і вимірюється від найбільш віддаленої точки агрегату під час руху,

$$E_{\min} = 1.1 \times 3.6 + 1.2 + 1.5 = 6.32 \text{ м.}$$

Отже, даної ширини поворотної смуги достатньо для повороту плодозбирального агрегату.

Тривалість циклу роботи плодозбиральної машини в саду розраховуємо з виразу:

$$L_{\text{ц}} = t_{\text{рц}} + L_{\text{хц}} = \frac{2L_{\text{р}}}{V_{\text{р}} 60} + \frac{1_{\text{х}}}{V_{\text{х}} 60}, \quad (2.20)$$

де  $t_{\text{рц}}$ ,  $t_{\text{хц}}$  – відповідно часи на виконання робочих ходів і холостих поворотів, хв;

$V_{\text{р}}$ ,  $V_{\text{х}}$  – відповідно швидкості руху агрегату під час струшування плодів і повороту, км/год.

$$L_{\text{ц}} = \frac{2 \times 150}{0.3 \times 60} + \frac{32.76}{1.99 \times 60} = 17.05 \text{ хв.}$$

Кількість робочих циклів струшувача в саду за зміну [1, 9]:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{отп}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.21)$$

де  $T_{\text{зм}}$  – час зміни, хв;

$T_{\text{пз}}$  – час на підготовчі роботи і завершення робочої зміни, хв;

$T_{\text{отп}}$  – час на відпочинок, хв,

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{пнк}} + T_{\text{пн}}, \quad (2.22)$$

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

$T_{\text{пп}}$  – підготовчий час агрегату до переїзду, 3 хв;

$T_{\text{пнк}}$  – час, що витрачається на рух агрегату в сад на початку роботи і після її завершення, 30 хв;

$T_{\text{пн}}$  – затрати часу на наряд і звіт про виконану роботу, хв.

Тоді

$$T_{\text{пз}} = 28 + 3 + 30 + 5 = 66 \text{ хв};$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 66 - 30}{17.05} = 19.$$

Приймаємо  $n_{\text{ц}} = 19$ .

Тривалість робочого час за зміну:

$$T_p = 17.05 \times 19 = 323.95 \text{ хв.}$$

Сумарна тривалість зміни:

$$T_d = 323.95 + 66 + 30 = 419.95 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт частки робочого часу за весь час зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_d}, \quad (2.23)$$

$$\tau = \frac{323.95}{419.95} = 0.77$$

Зібрана площа саду за зміну: (продуктивність)

$$W_{зм} = 0.1B_p \times V_p \times T_p, \quad (2.24)$$

де  $B_p$  – ширина захвату,  $B_p = 6$  м;

$$W_{зм} = 0.1 \times 6 \times 1.08 \times 5.4 = 3.5 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату в саду за годину чистого робочого часу:

$$W_{годч} = \frac{W_{зм}}{T_p}, \quad (2.25)$$

$$W_{годч} = \frac{3.5}{5.4} = 0.65 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{годз} = \frac{3.5}{7} = 0.5 \text{ га/год.}$$

Визначимо експлуатаційні затрати під час роботи агрегату.

Витрата палива на один гектар зібраного саду:

$$Q = \frac{G_{тр} T_p + G_{тх} T_x + G_{то} T_o}{W_{зм}}, \quad (2.26)$$

де  $G_{тр}$ ,  $G_{тх}$ ,  $G_{то}$  – відповідно, годинна витрата палива, на робочому ході під струшування яблук, на поворотах і на роботу двигуна під час зупинок, кг/год.;

$T_x$  – час, що затрачається на холостий хід під час поворотів і переїздів, год.

$$T_x = t_{хц} n_{ц} + T_{ппк}, \quad (2.27)$$

$$T_x = 0.39 \times 19 + 30 = 37.41 \text{ хв.}$$

$T_o$  – час, що затрачається на зупинки агрегату з працюючим двигуном, год.

$$T_o = T_{отл} + 0.5T_{ето} + T_{пп} + T_{пн}, \quad (2.28)$$

$$T_o = 30 + 0.5 \times 28 + 5 + 3 = 52 \text{ хв.}$$

Отже

$$Q = \frac{13.5 \times 5.4 + 6.5 \times 0.62 + 1.4 \times 0.87}{3.5} = 22.32 \text{ кг/га.}$$

Затрати праці на гектар зібраного саду:

$$H = \frac{mT_{сд}}{W_{зм}}, \quad (2.29)$$

де  $m$  – кількість операторів, що обслуговують струшувач,

$$H = \frac{1 \times 7}{3.5} = 2 \text{ люд.год/га.}$$

#### 2.2.4. Розрахунок економічних показників роботи струшувача

Відрахування на обслуговування трактора:

$$S_{ат} = \frac{(a_{рт} + a_{кт} + a_{то})B_t}{100T_{рз} \cdot W_{год}}, \quad (2.30)$$

де  $a_{рт}$ ,  $a_{кт}$ ,  $a_{то}$  – коефіцієнти річних відрахувань трактора відповідно на реновацію, КР, ТО і ПР, %;

$B_t$  – вартість трактора на балансі підприємства, грн.;

$T_p$  – планований річний час, який трактор може затратити на виконання технологічних операцій на виробництві, год;

$W_T$  – продуктивність збирального агрегату за годину змінного часу, га/код,

$$S_{ат} = \frac{(10 + 22 + 5) \times 950000}{100 \times 1200 \times 0.5} = 585.53 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію роторно-ударного струшувача:

$$S_{ам} = \frac{(a_{рм} + a_{том}) \cdot B_m}{100 \cdot T_{рм} \cdot W_r}, \quad (2.31)$$

де  $a_{рм}$ ,  $a_{том}$  – коефіцієнти річних відрахувань струшувача відповідно на реновацію, ТО і ПР, %;

$B_m$  – балансова вартість плодозбирального агрегату, грн.;

$T_{рм}$  – річне завантаження плодозбирального агрегату, год.

$$S_{ам} = \frac{(14.2 + 12) \times 150000}{100 \times 210 \times 0.5} = 374.29 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$S_{пм} = Q \times C_{пм}, \quad (2.32)$$

де  $C_{пм}$  – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

$$S_{пм} = 22.32 \times 55 = 1227.6 \text{ грн./га.}$$

Витрати на заробітну плату основним і допоміжним працівникам, що обслуговують збиральний агрегат в розрахунку на гектар зібраного саду:

$$S_{зп} = \frac{k \cdot (m_{тр} \cdot f_1 + m_{д} \cdot g \cdot f_2)}{W_{гзм}}, \quad (2.33)$$

де  $k$  – коефіцієнт доплат за якість виконаної роботи;

$m_{тр}$ ,  $m_{д}$  – відповідно чисельність основних і допоміжних працівників;

$f_1$ ,  $f_2$  – годинні ставки основних і допоміжних працівників;

$$S_{зп} = \frac{1,1 \times (1 \times 150 + 5 \times 100)}{0.5} = 1430 \text{ грн./га.}$$

Питомі прямі затрати на збирання яблук з одного гектара:

$$S_o = S_{ат} + S_{ас} + S_{п} + S_{з}, \quad (2.40)$$

$$S_o = 585.83 + 374.29 + 1227.6 + 1430 = 3617.72 \text{ грн/га.}$$

Сумарні приведені затрати на збирання яблук струшувачем:

$$S_{пр} = S_o + \frac{E_n}{W_{год}} \cdot \left( \frac{B_{т}}{T_{рт}} + \frac{B_{м}}{T_{рм}} \right), \quad (2.34)$$

де  $E_k$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень,

$$S_{пр} = 3617.72 + \frac{0.15}{0.5} \cdot \left( \frac{950000}{1200} + \frac{150000}{210} \right) = 4069.5 \text{ грн./га.}$$

На основі отриманих даних зроблена операційна карта на виконання операції збирання яблук потоковим способом, що приведена на аркуші графічної частини.

### Висновки

Для збирання плодів було запропоновано використати роторний ударний струшувач плодів із розробленим копіром.

Отримані основні техніко-економічні показники збирання яблук потоковим способом з використанням основного збирального агрегату КИЙ 141820 і роторний ударний струшувач з розробленим копіром становлять: змінна продуктивність агрегату – 3.5 га/зм; питомі витрати палива – 22.32 кг/га; питомі затрати людської праці – 2 люд.год./га; прямі та приведені експлуатаційні затрати на збирання яблук з одного гектара відповідно становлять 3617.72 грн/га та 4069.5 грн/га.

### **3. КОПІР ДЛЯ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ**

#### **3.1. Обґрунтування конструктивної розробки проекту**

Копір (рис.1.3), що складається з балки та гнучких елементів задовільно підходить до плодозбиральних машин потокової дії, але він має ряд недоліків. Перший недолік – відсутність постійного контакту гнучких елементів зі штаблом, що затрудняє визначення моменту дотику до штабла. Отже використання гнучких елементів на копіру не забезпечує необхідної точності руху агрегату вдовж ряду дерев.

Для підвищення точності водіння машиніст вимушений зменшувати швидкість руху агрегату, а це у свою чергу впливає на продуктивність самого агрегату.

Другий недолік – це встановлення копіра на тракторі, що не дозволяє змінити висоту його розташування відносно висоти штабла дерева.

Тобто необхідно розробити конструкцію копіра аналогічну за будовою приведеного вище, але забезпечити постійний контакт гнучких елементів і передбачити регулювання висоти розміщення копіра відносно висоти штабла дерева.

#### **3.2. Будова та принцип дії розробленого копіра**

Даний копір монтується на агрегаті для струшування плодів (див. лист графічної частини), що складається з трактора 1 та роторного ударного струшувача.

Роторний ударний струшувач монтується на тракторі через паралелограмну підвіску, що дає змогу змінювати висоту нанесення удару по штабу дерева. Запропонований нами копір 4 також буде кріпитися на рамі струшувача,



тобто одночасно зі зміною висоти нанесення удару, що залежить від висоти штамба, буде змінюватись і висота розміщення копіра.

Розроблений копір складається (див. лист графічної частини) з направляючої 1, що за допомогою паралелограмної підвіски утвореної з балок 2, кріпиться на консолі до рамки струшування. Габаритні розміри копіра повинні забезпечувати роботоздатність механізму, тобто, щоб під час обертання ротора не відбулась взаємодія копіра з роликком, в момент коли направляюча займає крайнє положення.

Направляюча утримується і повертається в першопочаткове положення за допомогою пружини 8, що притискає балки 2 паралелограмної підвіски до опори. Паралелограмна підвіска забезпечує переміщення направляючої 1 не змінюючи паралельність її встановлення відносно ряду дерев. Слід зауважити, що шарніри паралелограмної підвіски являють собою підшипники кочення 12, які встановлені в корпуси, та монтуються на осі 4.

На опорі направляючої, що виготовлена у вигляді межі кріпиться вказівник 9 – у вигляді прутка. Тобто, відповідності до діаметру штамба вказівник 9 займає певне положення відносно копіра. На копірі білою фарбою відмічене місце в якому повинен знаходитись вказівник копіра, для забезпечення ефектвної взаємодії ролика зі штабмом дерева.

Під час руху агрегату машиніст включає ротор, направляє його так, щоб направляюча вступила в контакт зі штабмом дерева. Змінюючи напрямок руху трактора добиваються, щоб вказівник був на зафарбованій ділянці копіра, при цьому ролики будуть наносити удари своєю верхньою частиною.

Тобто, використання розробленого копіра дозволить підвищити продуктивність струшувала плодів, за рахунок збільшення швидкості руху. Копір є просто виготовити і він буде дешевим, що є важливим фактором, особливо на теперішній час скрутного економічного становища в державі.

### 3.3. Розрахунок розробленого копіра

#### 3.3.1. Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів розробленого копіра

Під час роботи струшувача, агрегат необхідно направляти вздовж ряду дерев так, щоб при відстані  $Y_s$  (рис.3.3) між віссю обертання ротора і центром січення штамба кути зустрічі ролика з деревом під час нанесення послідовних ударів не приймали від'ємних значень. Привід ротора в цьому випадку не перевантажується, а коли кут зустрічі, тобто це гострий кут між прямою, що з'єднує центр штамбу з віссю ролика в момент удару і вектором колової швидкості осі ролика, дорівнює нулю, тоді штамбу передається максимальний ударний імпульс.

Відстань  $Y_s$  визначається з виразу:

$$Y_s = \sqrt{(l_1 + l_2)^2 + (r_p + r_u)^2}, \quad (3.2)$$

де  $l_1, l_2$  – довжини відповідно кривошипа і поводка струшувача, м;

$r_1, r_2$  – відповідно радіуси ролика і штамба, м.

Тоді виліт копіра  $l_k$ , тобто віддаль між віссю, що проходить через центр обертання ротора паралельно осі ряду дерев і направляючої рівна:

$$l_k = \sqrt{(l_1 + l_2)^2 + (r_p + r_u)^2} - r_u.$$

У відповідності з конструктивними параметрами роторного ударного струшувача, для якого розробляється копір запишемо, що  $l_1 = l_2 = 0.3$  м,  $r_p = 1,115$  м, а діаметри штампів в садах зі схемою посадки 6\*4, що основані на напівкарликових сортах дерев, змінюються в межах від 50 до 150 мм.

Тоді максимальний виліт копіра, що відповідає діаметрам штампів 50 мм рівний:

$$l_{kmax} = \sqrt{(0,3 + 0,3)^2 + (0,115 + 1,025)^2} - 0,025 = 0,504 \text{ м.}$$

Відповідно мінімальний виліт копіра, для діаметрів штампів 150 мм і середній – для діаметрів штампів 100 мм рівні:

$$l_{\text{min}} = \sqrt{(0,3 + 0,3)^2 + (0,115 + 0,075)^2} - 0,075 = 0,554 \text{ м};$$

$$l_{\text{сер}} = \sqrt{(0,3 + 0,3)^2 + (0,115 + 0,05)^2} - 0,05 = 0,572 \text{ м}.$$

Діапазон зміни вильоту копіру

$$\Delta = l_{\text{max}} - l_{\text{min}} = 0,604 - 0,354 = 0,05 \text{ м}.$$

Тобто, на консолі копіра необхідно зафарбувати відрізок довжиною 50 мм від початкового положення розміщення щупа, що визначається віддалю  $l_{\text{кmax}}$ .

Визначимо місце розташування копіра відносно ротора струшувача. Для цього розглянемо розрахункову схему на рис.3.4.

Враховуючи умову, що при куті  $L=90^0$  не повинно відбуватись перетинання траєкторії ролика з кінцем направляючої.

Тобто нам необхідно визначити координати точки Е можливості взаємодії направляючої з роликом відносно центру обертання ротора, точки  $O_1$ , та точки С, осі ближнього до ротора нерухомого шарніра.

Координата  $L_2$  точки С в напрямку осі ряду рівна:

$$l_2 = l_6 - l_7 - l_5,$$

де  $l_6$  – віддаль від осі, що проходить через центр обертання ротора, точка  $O_1$  паралельно осі ряду та направляючою (рис.3.1) за умови, що  $\alpha = 0$ .

Можемо прийняти  $l_6 = l_{\text{кmax}}$ , м;

$l_7$  – переміщення направляючої, коли балка паралелограмної підвіски повертається на кут  $90^0$ , м;  $l_7 = l_3$ ;

$l_3$  – довжина балки паралелограмної підвіски по осях її шарнірів, м (рис. 3.4);

$l_5$  – відстань від направленої та шарнірів її кріплення до балок (рис.3.1).

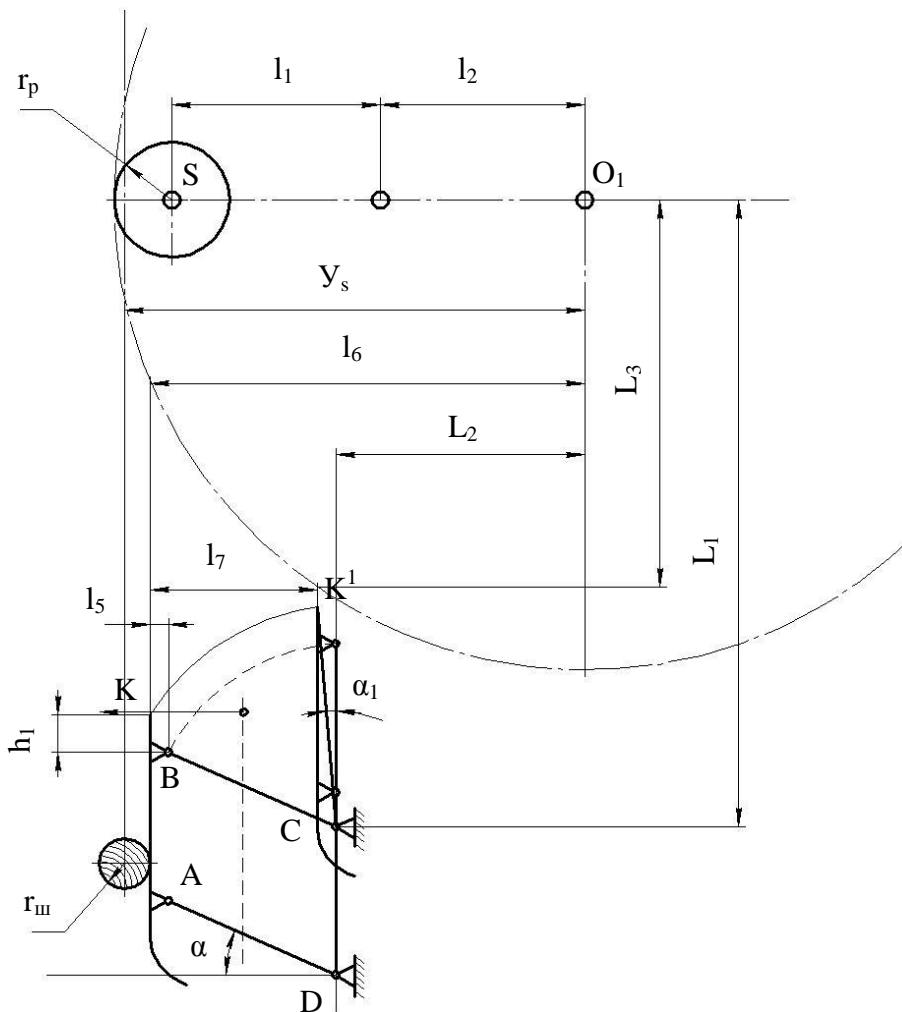


Рисунок 3.1 – Схема для розрахунку розташування копіра відносно осі обертання ротора.

Віддалі  $l_3$  і  $l_5$  приймаємо з конструктивних міркувань, тобто  $l_3=0,3$  м,  $l_5=0,08$  м.

Отже,

$$l_2=0,604-0,3-0,08=0,224 \text{ м.}$$

Тоді координата  $L_3$  точки Е вздовж осі, що проходить через вісь  $O_1$  обертання ротора (рис.3.4)

$$l_3 = \sqrt{(l_1 + l_2 + r_p)^2 - l_2^2} = \sqrt{(0,3 + 0,3 + 0,115)^2 - 0,224^2} = 0,379 \text{ м.} \quad (3.4)$$

Координата  $L_1$  точки С в поздовжньому напрямку від осі обертання ротора, точка напрямку від осі обертання ротора, точки  $O_1$

$$L_1 = l_3 + h_1 + L_3, \quad (3.5)$$

де  $h_1$  – відстань від точки К кінця направляючої до прямої що перпендикулярна осі ряду і проходить через вісь шарніра паралелограмної підвіски, точка В,

$$L_1 = 0,3 + 0,095 + 0,679 = 1,074\text{м.}$$

Під час конструювання копіра необхідно врахувати координати точки С відносно осі обертання ротора  $O_1$  ( $l_1=1,074$  м;  $l_2=0,224$  м.)

### 3.3.2. Розрахунок пружини паралелограмного механізму кріплення направляючої до консолі

Направляюча кріпиться до консолі копіра за допомогою паралелограмного механізму.

Для проектування пружини необхідно визначити робочу деформацію пружини і її параметри у вільному стані, а також силу, яка необхідна для повернення направляючої у вихідне положення [11].

Розглянемо схему на рис. 3.2.

Довжина пружини в початковому положенні коли  $\alpha = 0$

$$l_{npr} = l_{BD} - 2r_k, \quad (3.6)$$

де  $l_{npr}$  – довжина пружини в початковому положенні, м;

$l_{BD}$  – віддаль між шарнірами паралелограмного механізму, що розташовані по діагоналі (рис.3.5)

$r_k$  – віддаль, що необхідна для кріплення пружин. З конструктивних міркувань приймаємо, що  $r_k = 0,03\text{м.}$

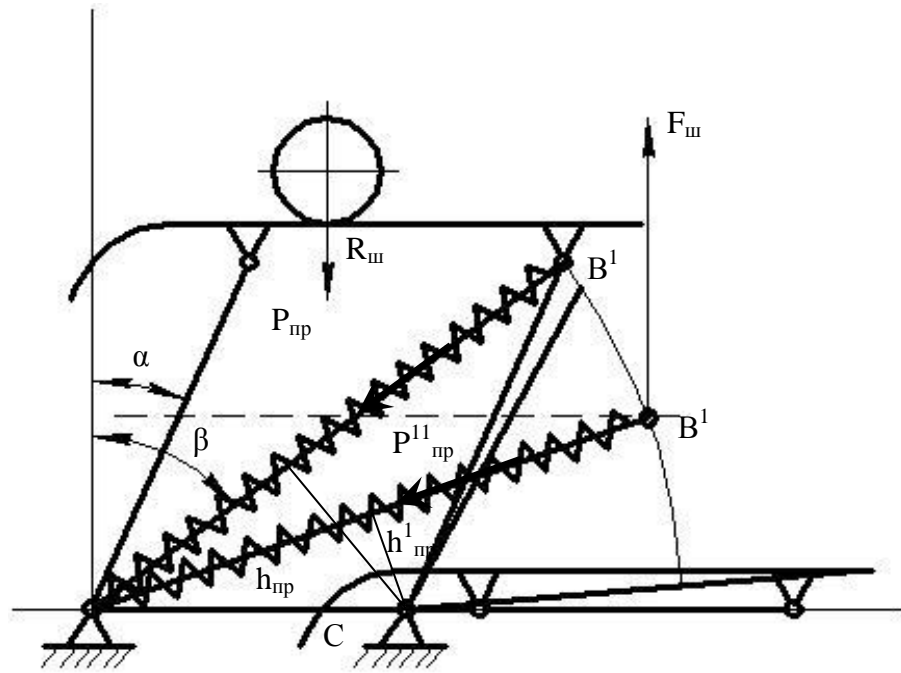


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку деформації пружини і проведення силового аналізу механізму.

Віддаль  $l_{BD}$  рівна:

$$l_{BD} = \sqrt{l_{AD}^2 + l_{BA}^2},$$

де  $l_{AD}$  – довжина балки паралелограмного механізму, по осях шарнірів (рис.3.5), м;

$l_{BA}$  – віддаль між шарнірами на направляючій, м;

$$l_{BD} = \sqrt{0,3^2 + 0,3^2} = 0,424 \text{ м.}$$

Тоді

$$l_{прн} = 0,424 - 2 \cdot 0,03 = 0,364 \text{ м.}$$

Аналогічно визначаємо довжину пружини в деформованому стані, з врахуванням, що переміщення направляючої  $\Delta_1$  становить 250мм.

Отже

$$l_{прк} = \sqrt{(l_3 - \Delta_1)^2 + \left( l_{CD} + \sqrt{(l_3 - (l_3 - \Delta_1))^2} \right)^2} - 2r_k,$$

де  $l_{прк}$  – довжина пружини у деформованому стані, м;

$$l_{npk} = \sqrt{(0,3 - 0,25)^2 + \left(0,3 + \sqrt{(0,3^2 - (0,3 - 0,25)^2)}\right)^2} - 2 \times 0,03 = 0,537 \text{ м.}$$

Робоча деформація пружини рівна

$$\Delta_l = l_{npk} - l_{npn} = 0,537 - 0,364 = 0,173 \text{ м.}$$

Проведемо силовий аналіз механізму і визначимо, яку силу повинна генерувати пружина (рис. 3.5).

Врахуємо, що попередній кут  $\alpha$  повороту балки паралелограмного механізму становить  $5^0$ , тобто  $\alpha' = 5^0$ .

$$\text{Тоді переміщення } h'_{uu} = l_3 \cdot \sin \alpha' = 0,3 \cdot \sin 5^0 = 0,026 \text{ м,} \quad (3.7)$$

а переміщення поперек осі

$$\Delta' = l_3 - l_3 \cdot \cos \alpha' = l_3(1 - \cos \alpha') = 0,3(1 - \cos 5^0) = 0,001 \text{ м} \quad (3.8)$$

При даних переміщеннях довжина пружини буде рівна

$$l'_{np} = \sqrt{(l_3 - \Delta')^2 + (l_{AB} + h'_{uu})^2} - 2\kappa_l \quad (3.9)$$

$$l'_{np} = \sqrt{(0,3 - 0,001)^2 + (0,3 + 0,026)^2} - 2 \cdot 0,03 = 0,382 \text{ м.}$$

Отже початкова деформація пружини

$$\Delta'_{np} = l'_{np} - l_{pnp} = 0,382 - 0,364 = 0,018 \text{ м.}$$

В нашому випадку пружина діє на направляючу, притискаючи її до штамба.

Відповідно виникає сила реакції штамбу  $R_{ш}$ .

Тобто виникає рівновага сил, умова якої буде

$$R_{ш} \cdot h'_{uu} = M_{np}, \quad (3.10)$$

де  $M_{np}$  - момент, що створює пружина відносно точки С, мм;

$$M_{np} = P'_{np} \cdot h'_{np}, \quad (3.11)$$

де  $P'_{np}$  - сила пружини, що виникає внаслідок деформації, Н;

$$h'_{np} = l_{CD} \cdot \sin(90 - \alpha'), \quad (3.12)$$

де  $\alpha'$  - кут повернення балки паралелограмного механізму;

$$\alpha' = \arctg \frac{l_{AB} + h'_{uu}}{l_3 - \Delta'}.$$

Отже

$$\alpha' = \arctg \frac{0.3 + 0.026}{0.3 - 0.001} = 47.28^0;$$

$$h'_{np} = 0.3 \cdot \sin(90 - 47.28^0) = 0.203 \text{ м};$$

$$R_{uu} = \frac{P'_{np} \cdot h'_{np}}{h'_{uu}}, \quad P'_{np} = \frac{R_{uu} \cdot h'_{uu}}{h'_{np}}. \quad (3.13)$$

Враховуючи, що допустима сила дії опори направляючої на штамп становить  $R_{uu} = \frac{20 \cdot 0.026}{0.203} = 2.56 \text{ Н}$ .

Розрахуємо, аналогічно, яка сила буде виникати в пружини під час максимальної деформації, для якої  $\Delta'' = 250 \text{ мм}$ .

$$\alpha'' = \arccos\left(1 - \frac{\Delta''}{l_3}\right) = \arccos\left(1 - \frac{0.25}{0.3}\right) = 80.4^0,$$

$$h''_{uu} = l_3 \cdot \sin \alpha'' = 0.3 \cdot \sin 80.4^0 = 0.295 \text{ м}$$

$$l_{B''D} = \sqrt{(0.3 - 0.25)^2 + (0.3 + 0.295)^2} = 0.597 \text{ м},$$

$$h''_{np} = 0.3 \cdot \sin(90 - 80.4^0) = 0.05 \text{ м},$$

$$R''_{np} = \frac{20 \cdot 0.295}{0.05} = 118 \text{ Н}.$$

Отже, нам необхідно запроєктувати пружину з параметрами і довжина в початковому положенні  $l_{cn} = 0.364 \text{ м}$ ; величина деформації  $l_{\Delta} = 0.173 \text{ м}$ ; сила попереднього натягу  $F_2 = 118 \text{ Н}$ ; витривалість пружини  $N=10^6$



Згідно витривалості пружини  $N=10^6$ , пружину відносимо до першого класу.

Сила  $F_3$  для граничних значень інерційного зазору рівна

$$F_3 = \frac{F_2}{1 - \delta}, \quad (3.14)$$

де  $\delta$  – інерційний зазор ( $\delta = 0,05 \div 0,25$ ).

Тоді

$$F_3 = \frac{118}{1 - 0,25} = 157,3 \text{ Н.}$$

Задамося діаметром дроту  $d=3\text{мм}$ , тоді згідно формули

$$Cn = \frac{1000 \cdot d^4}{D_0^3 \cdot n}, \quad (3.15)$$

де  $Cn$  – жорсткість пружини,  $\text{Н}/\text{мм}$ ;

$d$  – діаметр дроту, мм;

$D_0$  – середній діаметр пружини, мм;

$n$  – кількість витків пружини,

$$n = \frac{l_{on}}{d}, \quad (3.16)$$

де  $l_{on}$  – довжина активної частини пружини у вільному стані.

Визначаємо середній діаметр пружини, для заданих умов

$$C_m = 118/0,173 = 118/173 = 0,0682 \text{ кг}/\text{мм} = 682 \text{ Н}/\text{м}, \quad d = 3\text{мм}, \quad n = 300/3 = 100.$$

Тоді

$$D_0 = \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 3^4}{0,0682 \cdot 100}} = 22,8 \text{ мм.}$$

$$D = 22,8 + 3 = 25,8 \text{ мм.}$$

Підберемо марку пружинного дроту, щоб пружина витримала циклічні навантаження розтягу і стиску.

Напруження, що виникають в дроті

$$\tau_3 = k \frac{8 \cdot F_3 \cdot D_0}{\pi d_3}, \quad (3.17)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує кривизну витків

$$k = \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0,615}{C}, \quad (3.18)$$

де  $C$  – індекс пружини,

$$C = \frac{D_0}{d} = \frac{25,8}{3} = 8,6. \quad (3.19)$$

Тоді

$$k = \frac{4 \cdot 8,6}{4,86 - 4} + \frac{0,615}{8,6} = 1,17,$$

$$\tau = 1,17 \frac{8 \cdot 15,73 \cdot 22,8}{3,14 \cdot 3^3} = 39,6 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 396 \text{ МПа}$$

Пружина I групи, буде виготовлена з дроту  $d = 3\text{мм}$ , марка сталі якого 60 С2А ДСТ 14959-69 (твердість після термічної обробки 46-52 НРС) для якої [8, 11, 17]  $[\tau_3] = 96 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 960 \text{ МПа}$

Максимальна деформація пружини

$$\lambda = \frac{8F_3 \cdot D_0^3 \cdot n}{C_T \cdot d^4}, \quad (3.20)$$

де  $C_T$  – модуль зсуву для пружини,  $C_T = 8 \cdot 10 \text{ Н/мм}^2$ .

Отже

$$\lambda = \frac{8 \cdot 15,73 \cdot 22,8 \cdot 100}{8 \cdot 10^3 \cdot 3^4} = 230 \text{ мм.}$$

Як, бачимо, деформація пружини є достатня для наших умов.

Розрахуємо необхідні конструктивні параметри.

Попередня деформація:  $h_n = \frac{F_1}{C_n} = 0,256 / 0,0682 = 3,75 \text{ мм.}$

Робоча деформація:  $h_p = \frac{F_2}{C_n} = 11,8 / 0,0682 = 173 \text{ мм.}$

Максимальна деформація:  $h_{\max} = \frac{F_3}{C_n} = 15,73 / 0,0682 = 230 \text{ мм.}$

Довжина пружини за максимальної деформації

$$H_3 = H_0 + h_{\max} = 300 + 230 = 530 \text{ мм.}$$

Розрахована пружина забезпечує контакт направляючої і штамба дерева, без пошкодження кори.

### 3.3.3. Розрахунок основної консолі кріплення копіра до рами

Консоль будемо розраховувати, як консольну балку у якій будуть виникати напруження від згинаючого моменту, що виникає від сумарної ваги самого копіра, що діє на кінці самої консолі (рис.3.3)

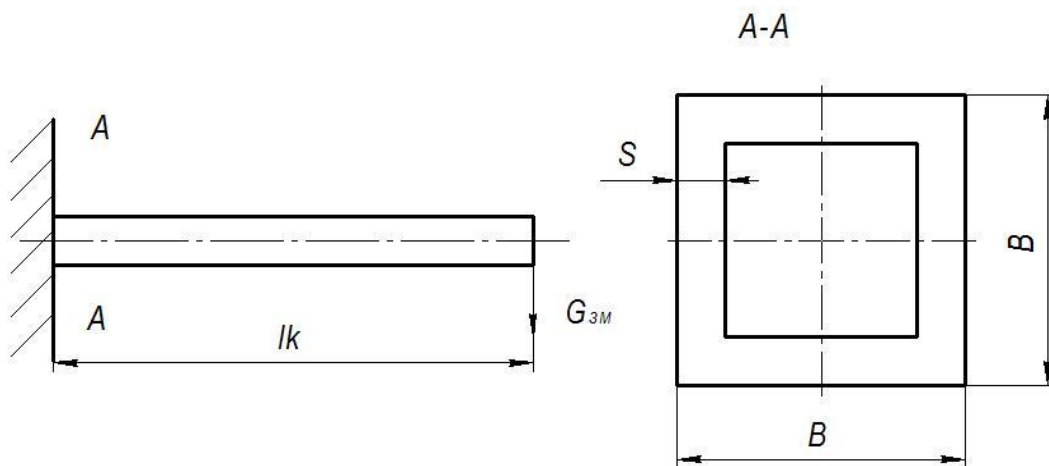


Рисунок 3.6 – Схема для розрахунку консолі

Оскільки найбільш навантажене сечення консолі є переріз АА, що являє собою пустотілий трубоквadrat, тоді умову міцності запишемо як

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} \leq [\sigma_{pu}] \quad (3.21)$$

де  $\sigma_{32}$  та  $[\sigma_{pu}]$  – дійсне та допустиме напруження на згин. Для сталі 30 приймаємо  $[\sigma_{pu}] = 75 \text{ МПа}$  [11];

$M_{32}$  – згинальний момент, Нм;

$$M_{32} = C_{T_{\text{сум}}} \cdot l_k, \quad (3.22)$$

де  $l_k$  – довжина консолі, м;

$$M_{32} = 600 \cdot 1,5 = 900 \text{ Нм},$$

$W$  – полярний момент опору січення,  $\text{м}^3$ .

$$W = \frac{4B^2 \cdot S}{3}, \quad (3.23)$$

де  $B$  – зовнішня сторона квадрата, м;

$S$  – товщина стінки трубоквдрату, м;

Отже

$$W = \frac{4 \cdot 0,06^2 \cdot 0,004}{3} = 1,92 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Тоді

$$\sigma_{32} = \frac{900}{1,92 \cdot 10^{-5}} = 46,875 \text{ МПа}.$$

Тобто умова  $[\sigma_{pu}] = 75 \text{ МПа} > \sigma_{pu} = 46,875 \text{ МПа}$  виконується, отже ми трубоквдрат підібрали правильно.

### Висновки

1. На основі аналізу існуючих слідкуючих систем запропоновано конструкцію копіра для роторного ударного струшувача плодів.

2. Використання розробленого копіра дозволить підвищити продуктивність струшувача, за рахунок збільшення швидкості руху агрегату. Робоча швидкість становить 1,08 км/год.

3. Розраховані основні конструктивні та технічні параметри розробленого копіра, що забезпечує роботу в садах, діаметри штаблів дерев яких коливається в межах від 100 до 150 мм.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Структурно функціональний аналіз процесу збирання яблук та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій

Технологічний процес збирання яблук передбачає послідовне виконання наступних операцій. По-перше необхідно підготувати міжряддя саду, для цього проводять скошування трави або встеляють плівку, на яку будуть струшуватися плоди [2, 10].

Роторний ударний струшувач потокової дії. Він забезпечує знімання плодів нанесення дару по штамбу дерева під час безперервного руху агрегату у міжрядді саду.

Струшені на землю плоди підбираються робітниками і завантажуються в контейнери, що стоять на платформі контейнеровоза. Заповнені контейнери ВУК-3А транспортує до пункту тимчасового зберігання.

Тому при виконанні технологічного процесу збирання яблук передбачаються наступні операції: виїзд агрегату до саду; підготовка його до роботи; підготовка міжрядь; струшування плодів на попередньо підготовлене міжряддя з одночасним рухом в міжряддях; ручне збирання плодів в контейнери; транспортування плодів ; від'їзд агрегату;

Під час виконання даних операцій можливе виникнення таких травмонебезпечних та аварійних ситуацій:

- падіння при виході чи вході в кабіну;
- удар обірваним пасом;
- удар роликом, що обертається;
- травмування людей струшувачем;
- травмування відлітаючими від роторів яблуками.

## 4.2. Моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час збирання яблук

Моделювання травмонебезпечних та аварійних ситуацій дозволяє зменшити їх кількість і дати прогнози їх виникнення та заходи по їх усуненню [24].

Операція збирання яблук з одночасним завантаженням в контейнери.

Небезпечні умови (НУ):

- невиконання правил безпеки праці (НУ<sub>1</sub>);
- використання технічно несправної машини (НУ<sub>2</sub>);
- погано закручені кріплення рухомих (НУ<sub>3</sub>);
- не відрегульований натяг пасу приводу ротора (НУ<sub>4</sub>).

Небезпечні дії (НД):

- Робітник підійшов близько до рухомого робочого органу (НД<sub>1</sub>);
- Відкручується кріплення рухомих деталей (НД<sub>2</sub>);

Небезпечні ситуації (НС):

- захват робочого одягу рухомими елементами машини (НС<sub>1</sub>);
- Відкручена деталь відривається (НС<sub>2</sub>).

Модель процесу:

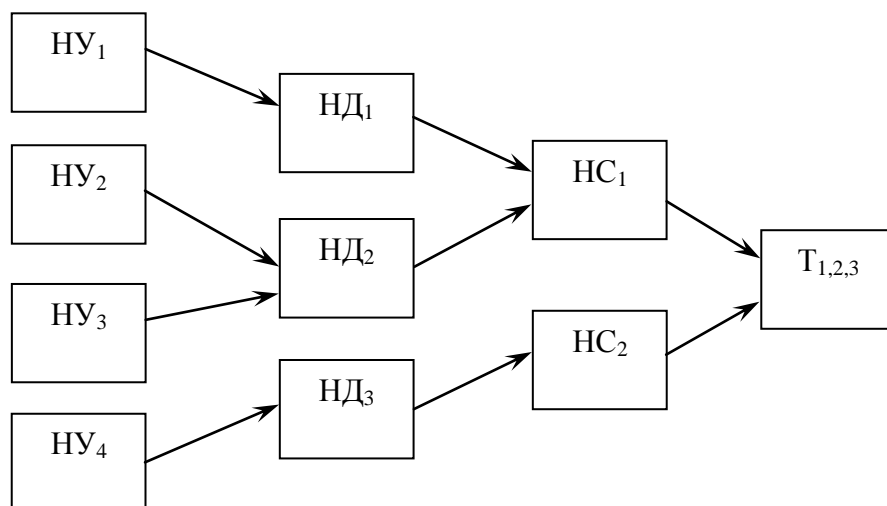


Рисунок 4.1 – Модель процесу виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час збирання яблук

Аналізуючи моделей, завжди можна зробити висновок про запобігання виникненню небезпечної ситуації та усунення небезпечних наслідків. Тому такі моделі потрібно розробляти для кожного виду роботи.

### **4.3. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно перебігу виробничого процесу**

#### **4.3.1. Техніка безпеки при роботі на агрегаті для збирання яблук**

При роботі на плодозбиральній машині потрібно дотримуватись таких правил техніки безпеки [24]:

До роботи на даній машині допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання, закріплені за конкретним агрегатом (трактором) і відповідають за його технічний стан і пройшли інструктаж по техніці безпеки.

Монтувати струшувач на трактор можна тільки справним інструментом. Перед тим необхідно оглянути підйомні механізми та пристрої, що використовуються при цьому. Не можна використовувати піднімальні пристарої якщо маса струшувача перевищує допустиму масу, яку може піднімати пристрій згідно інструкції. Складати і монтувати машину дозволяється тільки на спеціально відведеному і обладнаному місці.

Під час перевірки роботоздатності машини необхідно переконатись у справності двигуна, рульового керування, гальмівної та гідравлічної систем, а також у надійності зовнішніх кріплень окремих механізмів і деталей. Перевіряти роботу всіх механізмів плавним, короткочасним включенням.

Не рушати з місця без попереджувального сигналу. Рушати з місця повільно, без ривків.

Під час руху машини слідкувати за станом дороги з метою уникнення аварій та нещасних випадків. При поганій видимості виділити спеціального сигнальникого регулювальника. При поворотах машини швидкість зменшувати до 3-4 км/год.

Забороняється включати струшувач при знятих захисних кожухах.

Робочі органи дозволяється регулювати тільки при зупиненій машині.

Під час роботи струшувача забороняється проводити мащення, регулювання та очищення робочих органів, а також відкручувати гайки та штуцери гідросистем.

Не працювати на зіпсованій машині.

Забороняється перевозити людей на плодозбиральній машині.

Категорично забороняється допускати до роботи на агрегаті трактористів у нетверезому стані.

Перед виїздом в сад машину необхідно укомплектувати протипожежним інвентарем.

Для уникнення пожежі своєчасно усувати підтікання масла та палива.

При експлуатації та обслуговуванні агрегату необхідно суворо дотримуватись загальних вимог техніки безпеки при роботі на тракторах.

#### **4.3.2. Розрахунок на поперечну стійкість до перекидання агрегату для струшування плодів**

Схема для розрахунку агрегату на поперечну стійкість зображена на рисунку 4.2.

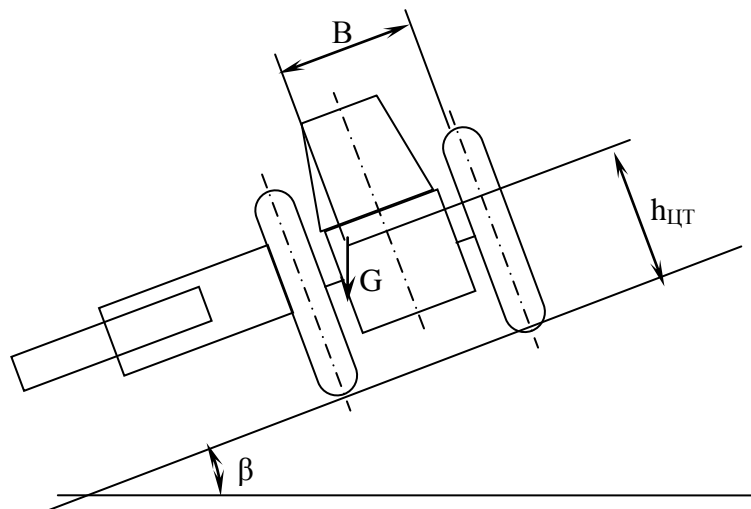


Рисунок 4.2 – Схема розрахунку трактора на поперечну стійкість



Граничний статичний кут поперечного схилу визначається за формулою:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{B}{h_{\text{ЦТ}}}, \quad (4.1)$$

де  $h_{\text{ЦТ}}$  – висота центру тяжіння агрегату;

$B$  – поперечна координата центру тяжіння;

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{0,9}{1,3} = 0,692.$$

$$\beta = \operatorname{arctg}0,692 = 34,68^\circ$$

Граничний динамічний кут поперечного схилу:

$$\beta_{\text{дин}} = (0,4 \dots 0,8)\beta, \quad (4.2)$$

$$\beta_{\text{дин}} = 0,8 \cdot 34,68^\circ = 27,74^\circ.$$

Отже, можемо зробити висновок про те, що даний агрегат зможе працювати на схилах з кутом до  $27,74^\circ$ .

## 5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

### 5.1. Вступна частина

Довкілля – це дуже складна, багатофункціональна, споконвічно збалансована єдина система, яка живе й постійно самовідновлюється завдяки своїм особливим законам обміну речовин і енергії. Ця система розвивалася та функціонувала мільйони років, але людина на сучасному етапі своєю діяльністю настільки розбалансувала природні зв'язки всієї глобальної екосистеми, що вона почала активно деградувати, втрачаючи здатність самовідновлення [3].

Тому на даний час виникла глобальна проблема, пов'язана з тим, як повернути збалансованість цих природних ресурсів.

Ця проблема значно торкається і сільського господарства, адже сільське господарство найбільш пов'язане з природнім середовищем, і завдає йому чималий шкідливий вплив.

Для зменшення шкідливого впливу на довкілля, інженер повинен знати і реалізовувати в життя наступні вимоги щодо охорони навколишнього середовища [21]:

- контролювати справність тракторів, автомобілів, с.-г. машин, а також використовувати їх за призначенням;
- контролювати якісне використання нафтопродуктів, дотримуватись правильного їх зберігання і утилізації, не допускати їх попадання в ґрунт і водні ресурси;
- для певних с.-г. робіт використовувати техніку, яка б мінімально впливала на довкілля;
- використовувати нові способи обробітку ґрунту, застосовувати проти-ерозійний обробіток ґрунту оптимально вносити добрива на певний тип ґрунтів і під певний вид рослин;
- потрібно працювати над конструктивним вдосконаленням с.-г. техніки;

– контролювати роботу ремонтних баз, стан машинно-тракторного парку, правильно утилізувати відходи, не допускаючи їх шкідливого впливу на довкілля.

## **5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів**

Вода є однією з найнеобхідніших і найпоширеніших речовин. Сільське господарство – один з найбільших споживачів і одночасно забруднювачів природних вод внаслідок використання мінеральних добрив, пестицидів та інших хімікатів, функціонування тваринницьких комплексів, зрошування земель.

Середньомісячна кількість опадів становить 645 мм. На період активної вегетації, який триває від середини квітня до середини вересня (115 – 160 днів), припадає 428 мм опадів.

Основним джерелом водопостачання для людства є річковий стік і підземні води.

На території господарства річки немає, тому джерелом водопостачання людей є підземні води.

Поблизу господарства немає переробних і промислових підприємств, тому основним забруднювачем є саме господарство.

Для зменшення шкідливого впливу на водні ресурси необхідно:

– зберігати та використовувати мінеральні добрива, отрутохімікати з дотриманням вимог санітарно-гігієнічних норм;

– встановлювати фільтри-відстійники стічних вод з машинних дворів, майстерень, АЗС, складів пального та мастил.

## **5.3. Охорона атмосферного повітря**

Одним з найважливіших екологічних чинників, що потребує охорони, є атмосферне повітря.

Основними й найбільш дієвими засобами боротьби з забрудненням атмосфери є екологічні. Потрібно встановити сувору систему штрафів, розмір яких залежав би від кількості викинутих у повітря забруднювачів понад гранично допустимих норм викидів, часу викиду тощо.

У сільському господарстві потрібно застосовувати наступні методи боротьби з забрудненням атмосфери:

- регулювання двигунів внутрішнього згорання в автомобілях, тракторах, самохідних с.-г. машинах, встановлення на них спеціальних каталізаторів для опалювання пального;
- заміна етилового бензину на екологічно менш шкідливий;
- впровадження електронних систем для регулювання надходження пального;
- збільшення обсягів озеленення населених пунктів;
- ізоляція джерел шуму кожухами, ковпаками, застосування пристроїв, які зменшують шуми, та глушників;
- застосування на особливо шумних виробництвах засобів індивідуального захисту (навушників, антивібраційного взуття тощо).

#### **5.4. Охорона рослинного і тваринного світу**

Сукупність тварин і рослин є найважливішою живою органічною складовою біосфери.

В останні десятиріччя внаслідок переабруднення природного середовища та хижацького знищення рослинних ресурсів, виникла проблема їх збереження і охорони.

Для кращого захисту лісів потрібно дотримуватися наступних заходів:

- раціональне обмеження їх вирубування;
- створення полезахисних і водоохоронних лісосмуг;
- підвищення рівня виховання свідомого ставлення населення до лісу.

При охороні тваринного світу важливе значення має виховання людей, а також рекультивація зруйнованих людиною ландшафтів, відновлених ґрунтів, пасовиськ, луків, лісів, водойм згідно з науково обґрунтованими далекоглядними планами.

### **Висновки**

В даному проекті розглядається процес збирання яблук. Для цього використовується роторний ударний струшувач потокової дії та контейнеровоз ВУК-3А. Дана спеціалізована техніка для садівництва наносить навколишньому середовищу (садам) найменше шкоди, оскільки не створюють великого тиску на ґрунт і не приводить до пошкодження дерев.

Для садівничих господарств доцільно покращити зберігання паливо-мастильних матеріалів, добрив та отрутохімкатів. Закупити нові обприскувачі для хімічного захисту садів від шкідників та хворіб, оскільки наявні не обладнані спеціальними контролюючими автоматичними системами норми виливу, а це є наслідком неефективного використання розчину отрутохімкату.

## **6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ ПОТОКОВОЇ ДІЇ ОСНАЩЕНОГО КОПІРОМ**

Струшувач плодів потокової дії забезпечує струшування плодів на підготовлене міжряддя саду безперервно рухаючись вздовж ряду дерев за допомогою розробленої системи водіння, що коротко можна назвати копіром за аналогією до бурякозбиральної машини, що оснащена копіром водіння машини відносно рядків.

Економічна ефективність запропонованого струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром визначається порівняно з плодозбиральною машиною МПУ-1А, що є машиною позиційної дії і забезпечує струшування плодів на уловлювальні поверхні з зупинкою біля кожного дерева з одночасним завантаженням зібраного врожаю в контейнери. Закономірно, що продуктивність машини потокової дії буде вища від позиційної дії, але для обслуговування запропонованого струшувача необхідна значна кількість обслуговуючого персоналу, що забезпечує збір яблук з міжряддя і завантаження їх контейнери.

Ціни на техніку, паливо-мастильні матеріали, сільськогосподарську продукцію, а також зміну нормативів на заробітну плату, приймаємо для сезону збирання яблук 2022 року.

Тобто, економічна оцінка струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром проводиться у випадку його можливого використання на збиранні яблук в збиральний сезон 2022 року..

Розрахунок здійснюється згідно з запропонованою методикою [7, 22] в наступній послідовності. На основі експлуатаційних показників роботи запропонованого струшувача плодів та плодозбиральної машини МПУ-1А, нормативно-довідкового матеріалу, реальних цін на трактори і сільськогосподарську техніку, паливо-мастильні матеріали, заповнюється таблиця вихідних даних для визначення економічної ефективності струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром.

Вихідні дані (станом на 1.09.2022 року) для розрахунку економічної ефективності запропонованого струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром наведені в таблиці 6.1, де враховані тільки показники, що відносяться до технологічного процесу збирання яблук і впливають на економічний ефект.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром

Показники	МПУ-1А	запропонований агрегат
1	2	3
Продуктивність за години змінного часу, га/год	0,4	0,5
Балансова вартість, грн :		
машини	700000	150000
трактора	–	950000
Річне завантаження, год.:		
трактора	–	1200
машини	210	210
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
допоміжного	2	5
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного	150	150
допоміжного	100	100
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного	1,1	1,1
допоміжного	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:		
трактора	–	0,1
машини	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		
трактора	–	0,22
машини	0,18	0,12
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт		
трактора	–	0,05
машини	0,021	—

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	35,8	22,32
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива	55	55
Коефіцієнти затрат на зберігання від вартості технічного обслуговування трактора машини	0,065 0,065	0,065 0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень .....	0,15	
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту	0,95	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову .....	1,1	

Аналіз економічної ефективності проводиться на ПЕОМ IBM/XT з використанням програмного забезпечення Excel.

У вихідні дані з таблиці 6.1 заносяться в програму. Показники економічної ефективності заносимо в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Показники економічної ефективності струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром

Показники	МПУ-1А	запропонований агрегат
1	2	3
1. Річне напруцювання, га	84	105
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	962,5	1430
– паливо-мастильні матеріали	1969	1227,6
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	1675	598,93



Продовження таблиці 6.2.

1	2	3
– реновацію	1183,33	361,19
– інші прямі затрати	108,88	38,93
– всього прямих затрат	5898,71	3656,65
3. Капітальні вкладення, грн/га	8333,33	3011,9
4. Зведені затрати, грн/га	7148,71	4108,44
5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	319228
6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	1093249
Верхня межа ціни нової машини, грн	—	1130226
Лімітна ціна нової машини, грн	—	1073715
7. Затрати праці, люд.-год/	7,5	12
8. Річна економія праці, люд-год	—	-472,5
9. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– затрат праці	—	-60
– прямих затрат	—	38,01
– зведених затрат	—	42,53
– капіталовкладень	—	63,86

Отримані результати розрахунку свідчать про доцільність використання струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром замість плодозбиральної машини МПУ-1А під час збирання яблук внаслідок збільшення продуктивності.

Спостерігається зменшення (на один гектар зібраного саду): прямих затрат на 38,01 %; зведених затрат – 42,53 %, капіталовкладень – 63,86 %. Річний економічний ефект від запровадження струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром для збирання яблук порівняно з плодозбиральною машиною МПУ-1А буде становити 319,2 тис.грн (в цінах на 1.09.2022 року) за умови річного напрацювання 105 гектарів.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для збирання яблук доцільно використовувати роторний ударний струшувач плодів із розробленим копіром.
2. Розраховані основні техніко-економічні показники виконання операції збирання плодів потоковим способом основним агрегатом МТЗ-80 і роторним ударним струшувачем з розробленим копіром, ми отримали: продуктивність агрегату за зміну – 3,5 га/зм; витрата палива – 22,32 кг/га; затрати праці – 2 люд.год./га; прямі експлуатаційні затрати – 3617,72 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 4069,5 грн/га.
3. На основі аналізу існуючих слідкуючих систем запропоновано конструкцію копіра для роторного ударного струшувача плодів. Використання розробленого копіра дозволить підвищити продуктивність струшувача, за рахунок збільшення швидкості руху агрегату. Робоча швидкість становить 1,08 км/год.
4. Розраховані основні конструктивні та технічні параметри розробленого копіра, що забезпечує роботу в садах, діаметри штампів дерев яких коливається в межах від 100 до 150 мм.
5. Шляхом аналізу стану охорони довкілля в господарстві виявлені недоліки і подані пропозиції для їх усунення, а також розглянуті питання охорони праці під час виконання операції збирання яблук з використанням роторного ударного струшувача з розробленим копіром.
6. Річний економічний ефект від запровадження струшувача плодів потокової дії оснащеного копіром для збирання яблук порівняно з плодозбиральною машиною МПУ-1А буде становити 319,2 тис.грн (в цінах на 1.09.2022 року) за умови річного напрацювання 105 гектарів.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
2. Беренштейн І.Б., Демидко М.О., Широкоград П.К. та ін. Механізація збирання і товарної обробки плодів та ягід. Київ: Урожай, 1976. 136 с.
3. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. , Костіков І. Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
4. Булгаков В.М., Гриник І.В., Калетнік Г.М. та ін. Теоретична механіка: підручник /за ред. Акад. НААН В.М. Булгакова. Київ: Аграрна наука, 2014. 560 с.
5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
6. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
7. Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2001. 61 с.
8. Довбуш А.Д., Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 128с.
9. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В.І. Пастухова. Харків: Веста. 2001. 347 с.
10. Довідник з механізації садівництва / за ред. М.О. Демидко. Київ: Урожай, 2008. 216 с.
11. Довідник конструктора-машинобудівника (комплект з 3 книг). URL: [https://balka-book.com/ua/spravochniki\\_po\\_mashinostroeniyu-286/spravochnik\\_konstruktora\\_mashinostroitelya\\_komplekt\\_iz\\_3\\_knig-4411](https://balka-book.com/ua/spravochniki_po_mashinostroeniyu-286/spravochnik_konstruktora_mashinostroitelya_komplekt_iz_3_knig-4411) (дата звернення: 20.01.2023).
12. Закон України “Про охорону праці”. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. (Дата звернення 10.03.2023).
13. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. Київ: Кондор. 2007. 334 с.

14. Механізація виробництва плодів і ягід / за ред. П.Т. Бабія. Київ: Урожай, 2008. 160 с.
15. Механізація робіт у садівництві та виноградарстві.  
[https://evgivanov.github.io/expl\\_html\\_book/book/part3/tema3-13.html](https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part3/tema3-13.html)
16. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
17. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
18. Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
19. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
20. Семен Я.В., Чухрай В.Є., Крупич О.М., Рис В.І., Буртак В.В. Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» ОС «Бакалавр». Львів. Сполом. 2023. 72 с.
21. Снітинський В.В., Саницький М.А., Мазурак О.Т., Мазурак А.В. Інженерне екологія. Аспекти енергозбереження: навчальний посібник. Львів. Апріорі, 2008. 221с.
22. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
23. Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення. Львів: ЛНАУ, 2017. 13 с.
24. Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. посібник. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
25. Трактори в Україні. Електронний ресурс: URL: <https://prom.ua/ua/p1297179566-traktor-belarus-8922.html> ( дата звернення: 20.01.2023)
26. Ударний струшувач плодів / Р.С. Шевчук, В.А. Рибарук, Я.Б. Ельгурт, О.А. Цимбал. Інформ. листок. Львівський МТЦНТИІ, №087-91 НТД. 4 с. 25