

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2023 р.

Зав. кафедри, к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)

(назва освітнього рівня)

тема проекту «Удосконалення операційної технології подрібнення гілок в міжряддях інтенсивного саду при виробництві яблук»

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми бакалавра
спеціальності 208«Агроінженерія»
_____ Гочарук С.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник - к.т.н., доцент Кравченко В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії
Освітня програма _____ бакалавр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Войтік А.В.**

“ ____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту _____ Гончаруку Сергію Михайловичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: «Удосконалення операційної технології подрібнення гілок в міжряддях інтенсивного саду при виробництві яблук»

керівник проекту _____ Кравченко В.В., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“12” травня 2023 р. № 01-06/95

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до роботи: існуючі машини для подрібнення гілок в міжряддях саду

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

аналіз існуючих способів і засобів утилізації обрізаних гілок в міжряддях саду;
розробка операційної технології на виконання операції подрібнення обрізаних гілок у міжряддях саду; питання охорони і безпеки праці; обґрунтування досягнутих результатів.

5. Ілюстративний матеріал:

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	04.12.22 р.	
2.	Розділ 1.	05.03.23 р.	
3.	Розділ 2.	04.04.23 р.	
4.	Розділ 3.	03.05.23 р.	
5.	Розділ 4.	15.05.23 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини роботи	30.05.23 р.	
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку	30.05.23 р.	

Студент

(підпис)Гончарук С.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Кравченко В.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГІЛОК В МІЖРЯДДЯХ САДУ.....	6
1.1. Питання утилізації гілок в садівництві.....	6
1.2. Машини для подрібнення деревини.....	8
1.3. Висновки і завдання досліджень.....	12
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НА ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ ОБРІЗАНИХ ГІЛОК У МІЖРЯДДЯХ САДУ	13
2.1. Умови виконання операцій.....	13
2.2. Агротехнічні вимоги	13
2.3. Склад агрегату і його техніко-економічні показники.....	14
2.4. Підготовка саду	20
2.5. Вибір способу руху та розрахунок його елементів	20
2.6. Контроль якості виконання операції	23
2.7. Висновки	24
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	25
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36

ВСТУП

Яблука є цінним продуктом харчування в раціоні людини, що робить їх незамінним елементом нашої дієти. Через це достатньо актуальними є дослідження спрямовані на розвиток технологій вирощування яблук [1].

Наразі у світі продовжує зростати площа яблуневих садів. Ця тенденція зберігається на ринку протягом останніх 8-9 років. Площа садів зростає, урожайність також зростає. Світове виробництво яблук у сезоні 2022/2023 років, за прогнозами Міністерства сільського господарства США (USDA), скоротиться до 78,8 млн тонн (зниження виробництва становитиме 3,9 млн тонн у річному обчисленні) [2], світовий експорт яблук оцінюється в 6,3 млн тонн (зниження на 300 тис. тонн до попереднього року) через скорочення виробництва в Південній Африці та Китаї.

Виробництво яблук в ЄС оцінюється в 12,8 млн тонн (збільшення на 500 000 тонн у річному обчисленні), оскільки сади в Італії та Франції відновилися від наслідків заморозків минулого сезону, а основний виробник Польща продовжує нарощувати виробництво. Експорт досягне 1,3 млн тонн (зростання на 100 000 тонн). Очікується, що імпорт скоротиться до 320 тисяч тонн (зниження на 11 тисяч тонн).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГІЛОК В МІЖРЯДДЯХ САДУ

1.1. Питання утилізації гілок в садівництві

Відомі такі технології утилізації зрізаних гілок, які використовуються в садівництві:

1) подрібнення зрізаних гілок безпосередньо між рядами саду пересувними подрібнювачами із завантаженням трісок у бункер, вивезенням їх із саду, використанням деревини для приготування компосту з наступним розкиданням його в саду;

2) збирання гілок, завантаження їх на транспортні засоби, транспортування до стаціонарних подрібнювачів, завантаження гілок у подрібнювач грейферними навантажувачами та подрібнення з наступними технологічними операціями: приготування органічних компостів та розкидання їх по саду;

3) збирання гілок граблями, винесення за межі саду та спалювання;

4) подрібнення деревини пересувними подрібнювачами безпосередньо між рядами саду з одночасним розкиданням маси по поверхні ґрунту.

Використання інтенсивних садів вимагає спеціальної технології догляду за ґрунтами. Найпоширенішою технологією за кордоном є технологія задерніння. Вона передбачає утримання міжрядь і пристовбурних смуг із газонним покриттям, створеним декоративними злаками, бобовими травами або їх сумішками, які після досягнення певної фази росту скошуюють, а отриману масу транспортують до стовбура дерева. Також як мульчу використовують подрібнені деревні відходи, отримані в результаті переробки зрізаних гілок, утилізація яких є однією з важливих проблем і потребує розробки та впровадження нових методів і технологій [3].

Дослідження показали, що мульча, нанесена на пристовбурну смугу, зменшує прополку ґрунту біля стовбурів дерев.

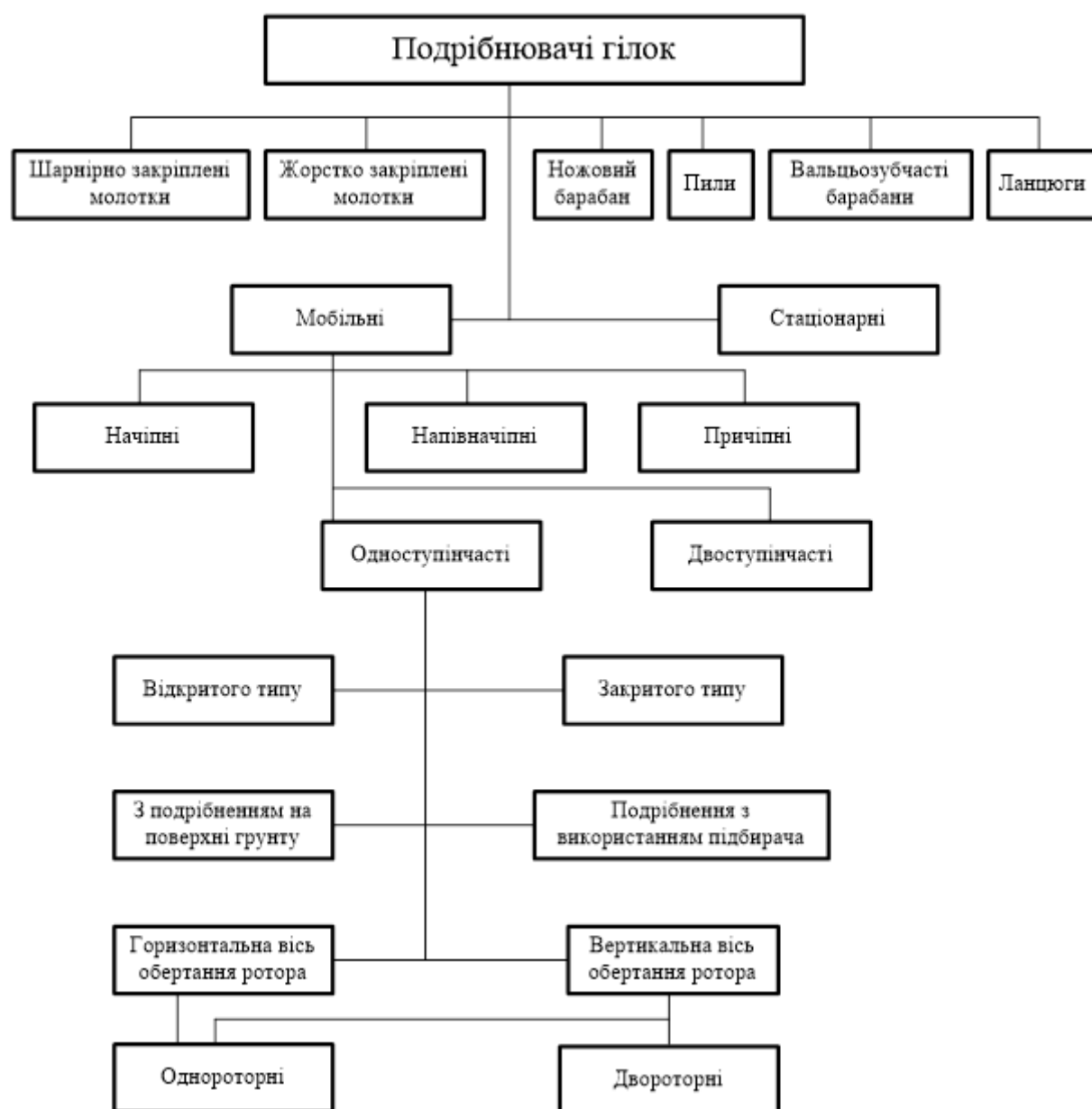
Мульчування зменшує необхідність застосування хімічних методів боротьби з бур'янами. Застосування мульчі, порівняно з гербіцидами, забезпечує більш широке поширення кореневої системи яблуні, в горизонтах, де особливо активні мікробіологічні процеси, а також є достатня кількість поживних речовин [4].

Мульчування забезпечує більш стабільну макроструктуру ґрунту та кращу повітропроникність після сильних дощів, а також зменшує втрати вологи в посушливий період. Під шаром мульчі в ґрунті накопичується і зберігається продуктивна волога.

Мульчування позитивно впливає на загальні фізичні властивості ґрунту (об'ємну масу, питому вагу, пористість і повітропроникність), підвищує вологозабезпеченість ґрунту порівняно з гербіцидним і вапнуванням, особливо в горизонті 0–0,4 м. . Застосування мульчі в пристовбурній смузі низькорослих дерев завдяки оптимізації ґрунтових умов підвищує врожайність яблунь (на 19–36%) і середню масу плодів (на 7–17%), а також як вегетативний ріст. Постійне тривале накопичення мульчі на поверхні ґрунту сприяє розвитку живих мікроорганізмів, таких як дощові черв'яки, за даними вчених, наявність від 50 до 100 черв'яків на 1 м² забезпечує збільшення врожайності, зниження вартості хімічних засобів захисту рослин, а також покращує структуру ґрунту, збільшує кількість гумусу в ґрунті. Дослідники відзначають, що в 1 т деревини міститься стільки ж сухої речовини, скільки в 2 т гною. Відомо також, що кожні 100 т подрібненої маси можуть дати ґрунту до 450 кг азоту, понад 80 кг фосфору та близько 500 кг калію.

Мульчування пристовбурних смуг подрібненими відходами деревини – складний процес, який не повністю підтримується існуючими агротехнічними прийомами. Серед існуючих технологій утилізації обрізаних гілок інтенсивних садів найбільш поширеними є використання навісних роторних або дискових подрібнювачів.

1.2 Машини для подрібнення деревини.



Машина G4 фірми LOFTNESS [5] обладнана горизонтальним подрібнювальним барабаном та гідравлічним приводом робочих органів. Ширина захвату складає 1,55 або 1,8 м, кількість жорстко-закріплених ріжучих зубців залежно від ширини машини складає 36 та 42 шт відповідно. Споживана гідравлічна потужність може варіювати від 50 до 120 к.с. в обох варіантах і забезпечується регульованим аксіально-поршневим гідромотором.



Рисунок. 1.2 Машина G4 фірми LOFTNESS.

Подрібнювачі Rhino серії TW: TW120 (рис. 1.3) і TW144 ідеально підходять для догляду за садовими насадженнями, подрібнення гілок або різання матеріалу діаметром до 5 см. Серія TW доступна в навісних або причіпних версіях з 540 або 1000 об/хв. Трактор ВВП підходить для широкого спектру тракторів. Центральна коробка передач має шліцьові вхідний і вихідний вали та конічні роликові підшипники. Коробки передач і трансмісія Cat 4 захищені від раптових ударних навантажень за допомогою регульованої запобіжної муфти на головній трансмісії та амортизаторів крутного моменту на обох бічних приводах. Високі бічні щитки не створюють перешкод і дозволяють великим об'ємам матеріалу легко протікати через камеру подрібнення. Ширина захвату машин цієї серії становить від 3 до 4,3 м.



Рис. 1.3 Подрібнювач гілок TW120 фірми Rhino.

Спеціалізовані мульчери для виноградників і садів VK 95 - 115 - 135 і 155, VKS 135 - 155 - 175 фірми Nobile [7] зі змінними ножами, придатні для подрібнення пагонів винограду, зрізів кві, трави та обрізків дерев. Робочими органами цих машин є горизонтально розміщені вали з шарнірно встановленими ножами.

Машини оснащені регульованим зчепленням і коробкою передач з муфтою перемикування. Завдяки низьким енерговитратам і компактним розмірам ці машини також можна використовувати в найважчих робочих умовах. Робоча ширина: 966 - 1154 - 1342 - 1530 - 1720 мм.



Рис. 1.4 Подрібнювач гілок VK 115 фірми Nobili.

Подрібнювачі серії Tornado від Romotec підходять для ферм, парків, промислових комплексів і т.д. Доступні дві серії для тракторів від 20 до 100 к.с. і з шириною захвату від 120 до 210 див. Всі машини оснащені плаваючим верхнім приводом і коробкою передач.



Рис. 1.5 Подрібнювач Tornado RMD-260 фірми Romotec.

1.3. Висновки і завдання досліджень.

Виходячи з аналізу різноманітних джерел інформації (особливо щодо марок машин різних зарубіжних фірм), можна відзначити, що найбільш перспективними об'єктами для попередніх досліджень при утилізації гілок плодових дерев, зрізаних в ущільнених садах, є одностадійні пристрої з безпосереднім подрібненням гілок на поверхні ґрунту, підвісні або напівнавісні, роторного типу з вертикальною або горизонтальною віссю обертання та шарнірним кріпленням робочих органів. Враховуючи сучасні вимоги до утилізації деревини та високу вартість оглянутих конструкцій зарубіжних подрібнювачів гілок, необхідно розробити операційну технологію ефективного використання вітчизняного подрібнювача гілок КПУ-3.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Дослідити існуючі технології утилізації гілок в міжряддях саду.
2. Дослідити існуючі конструкції подрібнювачів гілок.
3. Розробити операційну технологію на виконання операції подрібнення обрізаних гілок у міжряддях саду для середньостатистичного розміру саду.
4. Розглянути стан охорони праці при роботі з машинними агрегатами, та, розробити заходи з охорони праці при роботі зі знаряддями з активними робочими органами.
5. Провести аналіз економічних показників застосування базової та пропонованої машини для подрібнення гілок.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НА ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ ОБРІЗАНИХ ГІЛОК У МІЖРЯДДЯХ САДУ

Операційна технологія передбачає способи і послідовність виконання операції відповідно з агротехнічними вимогами, комплектуванням агрегатів, технологічною наладкою скомплектованих агрегатів, підготовкою поля, підготовкою матеріалу, організацією виконання технологічної операції, контролем якості роботи.

2.1. Умови виконання операцій

- тип ґрунту – дерново-підзолистий чорнозем;
- довжина і ширина поля – 500 і 200 м;
- середній схил поверхні поля – 0,01;
- агрофон – валок зрізаних гілок;

2.2. Агротехнічні вимоги

Агровимоги до мобільного подрібнювача гілок плодкових дерев визначають, що довжина основної маси (не менше 80%) подрібнених гілок не повинна перевищувати 150 мм, виходячи з умов вільного проходу, без забивання, робочих органів ґрунтообробних машин і швидкого розкладу плодової деревини. Також визначається, що розчеплення частинок прискорює процес їх розкладу із-за збільшення площі контакту з ґрунтом і за агровимогами відсоток розщеплених частинок повинен складати не менше 50% від всієї маси.

2.3. Склад агрегату і його техніко-економічні показники.

Раціональне, з урахування усіх агротехнічних вимог, правильно розраховане комплектування агрегату забезпечить високу продуктивність даного агрегату при мінімальній витраті палива.

Для подрібнення обрізаних гілок у міжряддях саду використаємо агрегат у складі МТЗ-82+КПУ-3.

Для вибору оптимального швидкісного режиму роботи необхідно з урахуванням факторів, які впливають на технологічний процес, визначити гранично допустимі швидкості руху агрегату:

Максимальну швидкість (км/год) тягово-приводних агрегатів за пропускною спроможністю машини визначають за формулою [9]:

$$V_{p.пз} \leq \frac{36 \cdot q_d}{B_p \cdot U_k}, \quad (2.1)$$

де q_d - пропускна спроможність машини, кг/с (наведена у технічній характеристиці машини) ($q_d = 1,58$ кг/с);

B_p - робоча ширина захвату машини, м ($B_p = 1,46$ м);

U_k - кількість обрізаних з дерев гілок, т/га ($U_k = 4$ т/га).

$$V_{p.пз} \leq \frac{36 \cdot 1,58}{4 \cdot 4} \leq 3,6 \text{ км/год.}$$

Робочий тяговий опір машини визначимо за формулою:

$$R_m = \kappa B_k + G_m i, \quad (2.2)$$

де κ - питомий тяговий опір машини, кН/м;

B_k, G_m - відповідно конструктивна ширина захвату (м) і експлуатаційна вага (кН) машини.

$$R_m = 1,3 \cdot 1,46 + 3,8 \cdot 0,01 = 1,94 \text{ кН.}$$

Ефективна потужність двигуна, яка витрачається на тягу робочої машини та пересування трактора за формулою:

$$N_{e.тп} = \frac{[R_{\text{м}} + G_{\text{тр}}(f + i)] \cdot V_{\text{р.пз}}}{3,6\eta_{\text{мз}}\eta_{\delta}} \quad (2.3)$$

$$N_{e.тп} = \frac{[1,94 + 3,8(0,1 + 0,01)] \cdot 3,6}{3,6 \cdot 0,9 \cdot 0,92} = 2,8 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність двигуна, що витрачається на привід механізмів машини від ВВП трактора:

$$N_{e.пр} = \frac{N_{\text{ВВП}}}{\eta_{\text{ВВП}}}, \quad (2.4)$$

де $N_{\text{ВВП}}$ - потужність, яка передається через ВВП трактора на привід робочих органів машини, кВт;

$\eta_{\text{ВВП}}$ - ККД, що враховує механічні втрати в передачі від колінчастого вала двигуна до ВВП, $\eta_{\text{ВВП}} = 0,94 - 0,97$.

$$N_{e.пр} = \frac{N_{\text{ВВП}}}{\eta_{\text{ВВП}}} = \frac{14}{0,96} = 15,6 \text{ кВт.}$$

Тоді необхідна потужність, яку має розвивати двигун буде становити:

$$N_{\text{ер}} = N_{e.тп} + N_{e.пр} \quad (2.5)$$

$$N_{\text{ер}} = 2,8 + 15,6 = 18,4 \text{ кВт.}$$

Оскільки необхідна потужність двигуна менша за ефективну потужність $N_e = 58,9 \text{ кВт}$, то агрегат має працювати на швидкості руху, що не перевищує 4,25 км/год.

Максимальна швидкість агрегату за потужністю двигуна визначається за формулою:

$$V_{pN} = \frac{N_{en} - N_{BВП} / \eta_{BВП}}{\frac{R_m + G(f + i)}{3,6\eta_{m2}\eta_{\delta}} + \frac{N_{num}B_p U_{\kappa}}{36\eta_{BВП}}} \quad (2.6)$$

$$V_{pN} = \frac{58,9 - 14/0,96}{\frac{1,94 + 3,8(0,1 + 0,01)}{3,6 \cdot 0,9 \cdot 0,92} + \frac{6,6 \cdot 4,4}{36 \cdot 0,96}} = 11,2 \text{ км/год}$$

Порівняння розрахованих швидкостей $V_{p.пз}$ і V_{pN} з максимальним значенням свідчить про те, що за можливу робочу швидкість слід взяти $V_{p.пз} = 3,6$ км/год. Така швидкість забезпечується на II передачі трактора МТЗ-82.

Приведений додатковий опір агрегату:

$$R_{np} = \frac{3,6 N_{BВП} \eta_{m2}}{g_p \eta_{BВП}} \quad (2.7)$$

$$R_{np} = \frac{3,6 \cdot 140,9}{3,6 \cdot 0,96} = 13,1 \text{ кН}$$

Загальний опір тягово-приводного агрегату:

$$R_{a.np} = R_m + R_{np} \quad (2.8)$$

$$R_{a.np} = 1,94 + 14 = 15,94 \text{ кН.}$$

Правильність розрахованого швидкісного режиму тягово-приводного агрегату визначають обчисленням коефіцієнта використання тягового зусилля трактора на відповідній передачі:

$$\zeta_{PВВП} = \frac{R_m + R_{np}}{P_{тн} - G \cdot i} \quad (2.9)$$

де $P_{тн}$ – тягове зусилля трактора на відповідній передачі, кН.

$$\zeta_{PBPI} = \frac{1,94+13,1}{14-3,80,01} = 0,95$$

Рекомендовані значення коефіцієнта використання тягового зусилля 0,7...0,96, таким чином трактор використовується оптимально на II передачі.

Розрахунок технічної продуктивності агрегата:

- Годинна

$$W_{p.год.} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{pk} \cdot \tau \quad (2.10)$$

де B_p - робоча ширина захвату, м;

τ - коефіцієнт використання часу зміни;

Приймаємо $\tau = 0,7$

$$W_{p.год.} = 0,1 \cdot 4 \cdot 3,6 \cdot 0,7 = 0,82a / год$$

- Змінна

$$W_{p.зм.} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{pk} \cdot T_p, за / зм \quad (2.11)$$

де T_p - чистий робочий час зміни

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, год \quad (2.12)$$

$T_{зм}$ - час зміни, год; $T_{зм} = 7$ год

$$W_{p.зм.} = 0,1 \cdot 4 \cdot 3,6 \cdot 7 \cdot 0,7 = 7,2a / зм$$

- Денна:

$$W_{p\delta} = W_{p.год} \cdot T_{\delta}, за / \delta \quad (2.13)$$

де T_{δ} - тривалість робочого дня, год; $T_{\delta} = 10$ год

$$W_{p\delta} = 1 \cdot 10 = 10 \text{ за} / \delta$$

Визначення витрати палива на гектар виконаної роботи.

На витрату палива машин під час виконання сільськогосподарських робіт впливають енергоємність операцій, що виконуються, зовнішні та внутрішні умови роботи та завантаження двигуна. Для зручності розрахунків витрату палива віднесемо до одиниці виконаної роботи (на 1 га).

Двигун агрегату витрачає паливо на безпосереднє виконання роботи на самопересування агрегата під час холостих переїздів і на поворотах та на холосту роботу двигуна під час зупинок.

Витрату пального на одиницю роботи визначають за формулою:

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_o \cdot T_o}{W_{p.зм}} \quad (2.14)$$

де: Q_p , Q_x , Q_o - приблизні норми годинної витрати палива на корисну роботу двигуна, холості повороти, холостої роботи відповідно;

T_p , T_x , T_o - час корисної роботи, холостих поворотів і холостої роботи двигуна відповідно.

Час корисної роботи, холостих поворотів і холостої роботи двигуна відповідно дорівнюють:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau_p, \quad (2.15)$$

$$T_x = T_{зм} \cdot \tau_x, \quad (2.16)$$

$$T_o = T_{зм} \cdot (1 - (\tau_p + \tau_x + \tau_{m.д})), \quad (2.17)$$

де: τ_p - коефіцієнти використання робочого часу;

τ_x - коефіцієнт використання на холосту роботу двигуна;

$\tau_{m.д}$ - коефіцієнт використання часу на технічний догляд при працюючому двигуні.

$$T_p = 7 \cdot 0,94 = 6,58 \text{ год},$$

$$T_x = 7 \cdot 0,03 = 0,21 \text{ год},$$

$$T_o = 7 \cdot (1 - (0,89 + 0,03 + 0,01)) = 0,49 \text{ год}.$$

Визначимо витрату пального на одиницю роботи:

$$q = \frac{136,58 + 60,21 + 170,49}{7} = 12,5 \text{ кг/га}$$

Витрату палива на весь обсяг робіт визначаємо множенням витрати пального на обсяг роботи:

$$G = q \cdot Q = 12,5 \cdot 10 = 125 \text{ кг} \quad (2.18)$$

де: G - витрата пального на весь обсяг роботи, кг.

Підготовка агрегата до роботи.

Після комплектування агрегату проводиться його технологічна наладка відповідно до агротехнічних вимог і умов роботи.

Склад агрегату МТЗ-82+КПУ-3.

Агрегування трактора МТЗ-82 з подрібнювачем здійснюють за допомогою автоматичної зчіпки СА-1.

Для забезпечення кращої поперечної стійкості трактора МТЗ-82 при роботі з подрібнювачем гілок колія його має становити 1800 мм. При цьому тиск у шинах передніх коліс повинен бути 0,14 МПа (1,4 кгс/см²), а задніх – 0,18 МПа (1,8 кгс/см²).

Перевіряють правильність налагоджування ВВП на відповідну частоту обертання, а, встановлюючи проміжний карданний вал, звертають увагу, щоб вилки шарнірів були розміщені вушками в одній площині й забезпечувалося належне перекриття телескопічної частини карданної передачі.

Готуючи машину до роботи, перевіряють її комплектність, технічний стан та кріплення за такими параметрами: момент затягування гайок коліс; рівень масла в редукторах та його підтікання; крутний момент, що передається запобіжною муфтою (зазор між витками пружини) проміжного карданного вала. З'єднують повздовжню і центральну тяги механізму навіски трактора з рамою навіски косарки; під'єднують гідросистему; під'єднують шарнір карданного вала до ВВП;

встановлюють раму навіски у вертикальне положення, змінюючи довжину тяги; регулюють висоту рами навіски косарки на 580 мм і зафіксувати на гідроциліндрі навісної системи трактора.

Перевірка технічного стану подрібнювача гілок:

- перевірити і при необхідності залити масло в картер редуктора (він має бути заповнений на 1/3 сумішшю мастила такого складу 50% трансмісійного масла (або М-8А) 50% солідолу);
- перевірити, і при необхідності відрегулювати натяг клинопасової передачі;
- за допомогою копіювальних башмаків встановити висоту ножів над поверхнею ґрунту;

2.4 Підготовка саду

Підготовка саду до роботи включає:

- Огляд міжрядь саду з метою усунення перешкод які можуть погіршити якість виконання операції, знизити продуктивність агрегату та способу руху агрегатів враховуючи попередні операції та природні умови.

- Встановлення виду поворотів та способу руху агрегату.

- Розрахунок та розмітку поворотних смуг за допомогою вішок, визначення транспортних магістралей, встановлення місць протипожежного обладнання.

- Визначення і розмітку загінок.

- Визначення послідовності обробітку поворотних смуг і основного масиву поля (пов'язуючи із способом руху МТА).

2.5 Вибір способу руху та розрахунок його елементів

Для роботи машинних та МТА характерний складний рух на полі. При виконанні технологічних операцій агрегати проходять значні відстані. Із шляху приблизно 8–12% припадає на холостий хід агрегату (переїзди, заїзди, повороти).

В свою чергу, для умов раціонального використання агрегатів бажано, щоб холостий хід і відповідні йому витрати часу зміни, а також непродуктивні витрати палива були мінімальними, а продуктивність – максимальна. Успішне вирішення цієї актуальної задачі залежить від конструктивних особливостей агрегатів, його маневровості, стійкості руху, раціонального вибору виду повороту і способу руху.

Закономірність переміщення агрегатів по полю в основному визначається його геометричними характеристиками, формою траєкторії, радіусом та видом повороту. Кожна машина чи агрегат та їх робочі органи рухаються за різними траєкторіями, які відрізняються між собою. Кінематика агрегату – це траєкторія руху агрегату при виконанні технологічної операції з точки зору геометричних форм.

При виконанні технологічної операції агрегат здійснює робочий хід, робочі органи машини включені і виконується корисна робота (оранка, культивування, сівба, міжрядний обробіток, збирання культур тощо).

Під час холостого ходу робочі органи виключені й корисна робота не виконується. Холості ходи поділяються на дві групи:

1. Холості ходи, які безпосередньо пов'язані з виконанням технологічної операції – це заїзди та повороти на контрольній смузі (поворотна полоса).

2. Допоміжні холості ходи пов'язані з виконанням роботи. В будь-якому випадку холості ходи агрегату повинні наближатися до мінімуму шляху та часу.

Для раціонального використання техніки необхідно знати її кінематику.

Основні елементи кінематики:

- ☐ робочий хід (переважно близький до прямолінійного);
- ☐ холостий хід (переїзди, заїзди, повороти);
- ☐ вид повороту;
- ☐ спосіб руху.

Допоміжними елементами кінематики агрегатів є:

- ☐ умовний центр агрегату (кінематичний центр Ца);
- ☐ кінематична довжина й ширина агрегату (l, dk);
- ☐ кінематична довжина виїзду агрегату (la);

□ ширина поворотної смуги.

Якісну та економічну доцільність того чи іншого способу руху агрегату оцінюють по величині коефіцієнта робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (2.19)$$

де L_p – загальна довжина робочих ходів, м;

L_x – загальна холостих ходів (поворотів), м.

Спосіб руху агрегату слід вибирати з максимальним коефіцієнтом робочих ходів. Для підвищення коефіцієнта робочих ходів необхідно збільшувати довжину гонів і зменшувати довжину шляху повороту. Враховуючи це, доцільно для агрегатів, що працюють в садах використовувати гонові безпетльові способи руху. Безпетльові човникові способи руху агрегатів потребують меншої ширини поворотної смуги чим петльові.

Ширину поворотної смуги в такому випадку визначають за формулою:

$$E = 1,1 \cdot R + e \quad (2.20)$$

де R – радіус повороту агрегату, ($R = 4,1$ м)м;

e – довжина виїзду агрегату з міжряддя ($e = 0,5$ м), м.

$$E = 1,1 \cdot 4,1 + 0,5 = 5,6$$

Холостий хід агрегату при безпетльовому човниковому способі руху зменшується, і коефіцієнт робочих ходів зростає.

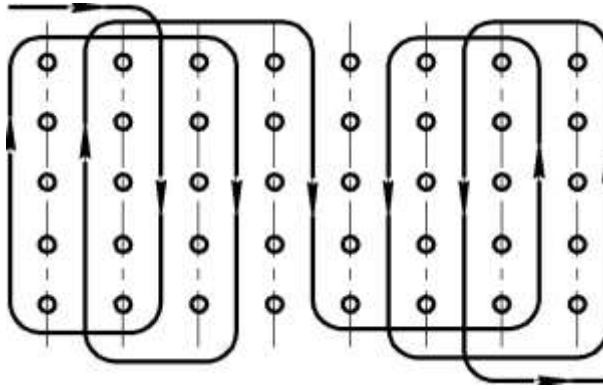


Рисунок 2.1. Схема руху агрегату при подрібненні обрізаних гілок у міжряддях саду

2.6 Контроль якості виконання операції

Контроль якості роботи агрегату виконується на початку роботи і протягом зміни за показниками відповідно до агротехнічних вимог. Періодичний контроль виконує механізатор, агроном, або інший спеціаліст (замовник роботи) в кінці зміни.

Основним показником якості подрібнення зрізаних гілок є максимально можлива ступінь їх подрібнення.

Для оцінки якості подрібнення гілок, після проходу агрегату, в п'яти випадкових місцях з площі 1 м² підбираються всі подрібнені частинки, розподіляються на дві фракції по довжині: до 150 мм, та більше 150 мм. Довжина основної маси (не менше 80%) подрібнених гілок не повинна перевищувати 150 мм. Крім того подрібнена маса розподіляється на дві фракції, одна з яких містить частинки розщеплені вздовж волокон, відсоток розщеплених частинок повинен складати не менше 50% від всієї маси.

2.7 Висновки

Для подрібнення зрізаних гілок у міжрядді саду було визначено умови роботи агрегату, агротехнічні вимоги до виконання операції, розраховано техніко-економічні показники агрегата в складі МТЗ-82+КПУ-3. Агрегат повинен рухатись

з робочою швидкістю руху близько 3,6 км/год. Для забезпечення якісного виконання операції необхідно налаштувати агрегат.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

Роботи з виробництва яблук на підприємствах необхідно проводити згідно з технологічними картами.

Режими виконання технологічних процесів повинні забезпечувати:

- сумісність роботи машинно-тракторних агрегатів;
- завантаження машинно-тракторних агрегатів відповідно до їх продуктивності.

Не допускається перебування працівників на машинах під час переїздів і розворотів.

Працівникам забороняється:

- штовхати робочий транспорт;
- без засобів захисту замінювати ножі ріжучих механізмів.

До роботи допускаються тільки технічно справні машини та інструменти, які повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, які тривалий час не використовувалися, допускаються до роботи тільки після їх обкатки і ретельної перевірки всіх органів.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, підготовлені за спеціальною програмою та проінструктовані механіки. Залежно від виду робіт механізатори забезпечуються засобами захисту та спеціальним одягом.

Механізовані роботи і переміщення агрегатів відповідають розробкам і технологіям і маршрутам переміщення агрегатів, затвердженим головним інженером господарства.

Агрегати, обладнані для висадки розсади, обладнані двосторонньою сигналізацією. Починати рух дозволяється тільки за командою старшого по відділенню. Під час руху агрегату забороняється проводити будь-які регулювання, усувати несправності, чистити робочі органи, а також перемикає на іншу сівалку. Сошники слід очищати очисниками, а садильні пристрої — спеціальними гачками. При цьому забороняється кріпити мотузку на гачки, а також намотувати її на руку.

Під час роботи з отрутохімікатами забороняється палити та приймати їжу. Для харчування в полі ми відвели спеціальне місце на відстані 200 метрів від обробленого отрутохімікатами поля. Простежити, щоб працівники перед прийомом їжі зняли спецодяг, вимили руки та обличчя чистою водою з милом, прополоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ми ознайомлюємо працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини, засобами індивідуального захисту. При завантаженні сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, одягнувши респіратор. Перед початком монтажних робіт ми проводимо інструктаж з охорони праці, інформуємо працівників про існуючі небезпечні фактори та можливі наслідки у разі недотримання відповідних правил безпеки.

Усунення несправностей, заміну ножів, ланцюгів, ременів, технічне обслуговування проводити тільки при заглушеному двигуні. Забороняється запускати двигун буксируванням або скочуванням з гори.

Видалити масу при засміченні робочих органів можна тільки за допомогою спеціальних пристроїв з дотриманням інших вимог безпеки.

Вимоги безпеки до тракторів і самохідних машин.

Трактори і самохідні машини повинні бути зручними і безпечними під час експлуатації та обслуговування. Всі машини повинні мати безпечний доступ до робочого місця. Всі параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам. Стандарти регулюють зусилля, що прикладаються до органів керування машиною. Усі сільськогосподарські машини не повинні забруднювати навколишнє середовище шкідливими викидами, бути джерелом пожеж і вибухів, а матеріали, які використовуються під час експлуатації та обслуговування, мають бути безпечними та нешкідливими для людей.

Під час роботи ретельно стежать за тим, щоб у системах електрообладнання не витікало паливно-мастильні матеріали, не виникало іскріння, клеми акумуляторних батарей були закриті ковпачками, а самі батареї – кришками.

Наявність засобів пожежогасіння. Перевірити справність електрообладнання трактора, переконатися, що воно забезпечує нормальну роботу стартера, освітлювальних приладів, приладів сигналізації та керування, виключає можливість іскріння та втрати струму на проводах і клеммах. Для усунення механічних пошкоджень проводки необхідно очистити її від залишків мастильних матеріалів і палива, ізолювати від нагрітих частин двигуна. Акумулятор повинен бути надійно закріплений і мати кришку. Виводи стартер-генератора повинні мати ізолюючі ковпачки, перевірити працездатність запобіжників. Перед заправкою агрегатів необхідно очистити паливний бак від пилу, бруду і залишків поживних речовин; перевірити справність іскрогасників вихлопної труби двигуна, металевих щитків на випускному колекторі та впускних трубах.

Забороняється використовувати пожежний інвентар не за призначенням, накривати його одягом, що унеможлиблює швидкий доступ у надзвичайних ситуаціях. При заправці паливно-мастильними матеріалами потрібно перебувати з протилежного боку від точки роздачі. Перед заправкою повільно, без ривків відкрити пробки бака за допомогою спеціальних ключів. Для запобігання розливу палива заправляти тільки за допомогою насоса і шланга через воронку з мідною сіткою.

Перед початком робіт при рубанні гілок у міжряддях саду необхідно ретельно оглянути машини, переконатися в їх справності, наявності запобіжних пристроїв і надійності роботи гальмівних механізмів і зчеплення.

Перед початком роботи механізатор повинен отримати завдання від бригадира і пройти інструктаж з техніки безпеки і розписатися в журналі для його реєстрації, ознайомитися з маршрутом руху, вивчити рельєф поля, розмітити місця повороти. Переконавшись, що поблизу агрегату немає сторонніх осіб, подати звукову сигналізацію, запустити двигун і перевірити роботу всіх механізмів на різних режимах, починаючи з малих обертів колінчастого вала. Перед початком руху з місця необхідно подати звуковий сигнал.

Усунення несправностей в польових умовах допускається після зупинки агрегату на рівному полі і тільки після вимкнення двигуна. При цьому на кермо

обов'язково повинна бути вивішена табличка. "Не включати! Люди працюють". Не дозволяється під час руху залишати кабіну і залишати трактор з увімкненим двигуном.

Категорично забороняється: заводити трактор із заносу та скочуватися з гори; передача управління іншим особам; під час руху або при працюючому двигуні чистити робочі органи, змащувати підшипники та ковзання, залазити на подрібнювач гілок.

При виконанні операції з рубання зрізаних гілок у міжряддях саду не можна працювати на тракторах, не обладнаних засобами пожежогасіння.

Не заповнюйте паливний бак трактора при працюючому двигуні. У загонах не можна палити.

Перед початком руху агрегату необхідно подати сигнал і, якщо небезпеки немає, почати рух. Перш ніж піднімати (опускати) подрібнювач гілок, слід переконатися, що поруч з ним нікого немає. Під подрібнювач гілок, піднятий гідросистемою, ставлять підставки, щоб він не впав. Робочі органи очищайте від залишків гілок тільки спеціальними ручними очисниками, які входять в комплект машини.

При роботі з вдосконаленим верстатом категорично забороняється:

- працювати з несправним подрібнювачем гілок;
- під час руху підрозділу, попереду підрозділу, впритул до борту або біля нього;
- проводити ремонт, закручувати гайки, змащувати вузли агрегату при працюючому двигуні;
- починати роботу, не переконавшись у правильності встановлення всіх запобіжних огорожень механізмів і машин;
- оглядати, регулювати та усувати несправності робочих органів при русі агрегату.

Таким чином, було проаналізовано заходи з охорони праці при виробництві яблук та розроблено заходи з охорони праці при роботі з удосконаленим подрібнювачем гілок.

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для економічної оцінки нової технології з використанням розробленого агрегату застосовано порівняння прямих затрат для двох технологій: з використанням подрібнювача гілок ИЛВ-1 і з використанням подрібнювача гілок КПУ-3.

Економічні показники, визначали відповідно до стандартної методики [11].

Так як удосконалений подрібнювач гілок має більшу пропускну здатність, порівняно з ИЛВ-1, то, відповідно, його продуктивність буде більшою.

Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності пристрою для подрібнення зрізаних гілок в міжряддях саду

Показник	Подрібнення гілок з допомогою ИЛВ-1	Подрібнення гілок з допомогою КПУ-3
Марка енергетичного засобу	МТЗ-82	МТЗ-82
Номінальна потужність двигуна енергозасобу, кВт	59	59
Вартість трактора, грн.	645350	645350
Річне завантаження трактора, год.	1600	1600
Сумарні відрахування на трактор (амортизація, ТО та поточний і капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Вартість пристрою, грн.	250000	300000
Річне завантаження машини, год.	210	210
Сумарні відрахування на пристрій (амортизація, ТО та поточний та капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Продуктивність агрегату, га/год	0,5	0,8
Заробітна плата, грн./год.	110,00	110,00
Витрата палива, кг/га	15,5	12,5
Ціна палива, грн.	40,00	40,00

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи становлять [11]:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (4.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, що обслуговує агрегати та відрахування на соціальні заходи, грн./га;

C_2 – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

C_3 – відрахування на реновацію та капітальний ремонт трактора та с.-г. машин, що входять до складу агрегату, грн./га;

C_4 – відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування трактора і с.-г. машин, що входять до складу агрегату, грн./га.

Оплата праці обслуговуючому персоналу дорівнює:

$$C_1 = \frac{m_1 n_1 + m_2 n_2 + \dots + m_i n_i}{W_{зм}}, \quad (4.2)$$

де m_i – кількість працівників i -ої кваліфікації на агрегаті;

n_i – оплата праці за змінну норму виробітку працівника i -ої кваліфікації, грн;

$W_{зм}$ – годинна продуктивність агрегату, га/зм.

для базового варіанту:

$$C_1 = \frac{1 \cdot 110,00}{0,5} = 220,00 \text{ грн./га,}$$

для нового варіанту:

$$C'_1 = \frac{1 \cdot 110,00}{0,8} = 137,50 \text{ грн./га}$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$C_2 = C_K Q_{\Pi}, \quad (4.3)$$

де C_K – комплексна ціна кілограма палива, грн/кг;

Q_{Π} – витрата палива, кг/га.

для базового варіанту:

$$C_2 = 40,00 \cdot 15,5 = 620,00 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_2 = 40,00 \cdot 12,5 = 500,00 \text{ грн./га}$$

Відрахування на реновацію та капітальний ремонт машин в агрегаті визначаються з формули:

$$C_3 = \frac{B_{TP} \cdot a_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}} + \frac{B_M \cdot a_M \cdot n_M}{100 \cdot W_z \cdot t_M}, \quad (4.4)$$

де B_{TP} , B_M – балансова вартість відповідно трактора і сільськогосподарської машини, грн;

a_{TP} , a_M – норми відрахувань на амортизацію та капітальний ремонт відповідно трактора і сільськогосподарської машини, % (кожну з цих норм приймають рівною 15%);

t_{TP} , t_M – зональне річне (або фактичне) завантаження трактора і сільськогосподарської машини, год.

для базового варіанту:

$$C_3 = \frac{645350 \cdot 15}{100 \cdot 0,5 \cdot 1600} + \frac{250000 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 210} = 478,15 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_3 = \frac{645350 \cdot 15}{100 \cdot 1 \cdot 1600} + \frac{300000 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 1 \cdot 210} = 343,48 \text{ грн./га}$$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування машин в агрегаті дорівнюють:

$$C_4 = \frac{B_{TP} \cdot P_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}} + \frac{B_M \cdot P_M}{100 \cdot W_z \cdot t_M}, \quad (4.5)$$

де P_{TP} , P_M – сумарна норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування відповідно трактора і сільськогосподарської машини, % (кожну з цих норм приймають рівною 6,5%).

Для базового варіанту:

$$C_4 = \frac{645350 \cdot 6,5}{100 \cdot 0,5 \cdot 1600} + \frac{250000 \cdot 6,5 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 210} = 207,20 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_4 = \frac{645350 \cdot 6,5}{100 \cdot 1,4 \cdot 1600} + \frac{300000 \cdot 6,5 \cdot 1}{100 \cdot 1,4 \cdot 450} = 148,84 \text{ грн./га}.$$

Тоді прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи для базового варіанта становлять:

$$C = 220,00 + 620,00 + 478,15 + 207,20 = 1525,34 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C' = 137,50 + 500,00 + 343,48 + 148,84 = 1129,83 \text{ грн./га}.$$

Економія прямих експлуатаційних витрат на гектар насаджень при впровадженні розробленого подрібнювача гілок у виробництво буде становити:

$$E_n = C - C' = 1525,34 - 1129,83 = 395,52 \text{ грн/га.} \quad (4.6)$$

При використанні розробленого подрібнювача гілок на площі 30 га економія прямих витрат буде становити:

$$E = E_n \cdot F = 395,52 \cdot 30 = 11865,46 \text{ грн.}$$

Складові витрати коштів на подрібнення зрізаних гілок в міжряддях саду та їх суму наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок показників економічної ефективності впровадження розробленого подрібнювача гілок

Показник	Подрібнення гілок з допомогою ИЛВ-1	Подрібнення гілок з допомогою КПУ-3
Продуктивність за годину зміни, га/год	0,5	0,8
Затрати праці, люд.-год/га	2	1,25
Заробітна плата, грн./га.	220,00	137,50
Вартість палива, грн./га	620,00	500,00
Відрахування на реновацію та капітальний ремонт трактора та с.-г. машин, грн./га;	478,15	343,48
Відрахування на поточний ремонт та ТО трактора і с.-г. машин, грн./га.	207,20	148,84
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн./га	1525,34	1129,83
Економія прямих експлуатаційних витрат на гектар насаджень, грн./га	395,52	

Застосування подрібнювача гілок для подрібнення зрізаних гілок КПУ-3 в міжряддях саду забезпечує економію коштів в порівнянні з подрібнювачем ИЛВ-1 395,52 грн. на гектар насаджень.

Економічний ефект від застосування розробленого агрегату для подрібнення зрізаних гілок в міжряддях саду в порівнянні з існуючою технологією становить – 11865,46 грн/рік при обсязі утилізації 30 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виходячи з аналізу різних джерел інформації (особливо по маркам машин різних зарубіжних фірм), можна зазначити, що найбільш перспективними об'єктами для попередніх досліджень при утилізації гілок плодових дерев зрізаних в ущільнених садах є одноступінчасті пристрої з безпосереднім подрібненням гілок на поверхні ґрунту, навісні або напівнавісні, роторного типу з вертикальною або горизонтальною віссю обертання та шарнірним кріпленням робочих органів. Враховуючи сучасні вимоги до утилізації деревини та високу вартість оглянутих конструкцій зарубіжних подрібнювачів гілок, необхідно розробити операційну технологію ефективного використання вітчизняного подрібнювача гілок КПУ-3.

2. Для подрібнення зрізаних гілок у міжрядді саду було визначено умови роботи агрегату, агротехнічні вимоги до виконання операції, розраховано техніко-економічні показники агрегата в складі МТЗ-82+КПУ-3. Агрегат повинен рухатись з робочою швидкістю руху близько 3,6 км/год. Для забезпечення якісного виконання операції необхідно налаштувати агрегат.

3. Проаналізовано заходи з охорони праці при виробництві яблук та розроблено заходи з охорони праці при роботі з удосконаленим подрібнювачем гілок.

4. Застосування подрібнювача гілок для подрібнення зрізаних гілок КПУ-3 в міжряддях саду забезпечує економію коштів в порівнянні з подрібнювачем ИЛВ-1 395,52 грн. на гектар насаджень. Економічний ефект від застосування розробленого агрегату для подрібнення зрізаних гілок в міжряддях саду в порівнянні з існуючою технологією становить – 11865,46 грн/рік при обсязі утилізації 30 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сало, І. А. Особливості розвитку ринку яблук в Україні та світі. Причорноморські економічні студії, 2017, 15: 63-67.
2. <https://east-fruit.com/uk/novyny/u-sezoni-2022-2023-rr-svitove-vyrobnytstvo-yabluka-znyzytsya-prohnoz-usda/> (дата звернення 22.04.2023).
3. Сарана В.В., Кравченко В.В., Войтік А.В. Машини для утилізації плодової деревини в інтенсивних садах та кущових ягідниках: монографія / за ред. доцента В.В. Сарани – К.: ЦП «Компринт», 2015 – 203 с.
4. Садівництво / О.Б. Расторгуєв, В.І. Сенін, Н.М. Клочко, О.Г. Караєв, Т.А. Маркіна // Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. – К.: Аграрна наука, 2004. – С. 466–478.
5. www.loftness.com/ (дата звернення 22.04.2023).
6. Проспект фірми RHINO. – 4 с.
7. www.nobili.com/ (дата звернення 22.04.2023).
8. www.rotomec.com/ (дата звернення 22.04.2023).
9. Головчук А.Ф. Машиновикористання та екологія довкілля: підручник / А.Ф. Головчук, А.С. Лімонт; за ред. А.Ф. Головчука. –К.: Грамота, 2007. — 360 с.
10. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / М.М.Сакун, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний Аграрний університет/. Кафедра безпеки життєдіяльності.- Одеса «Видавництво», 2009.- 184 с.
11. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, С.М. Бондар; За ред. І.І. Мельника. – Ніжин: ТОВ “Видавництво Аспект-Поліграф”, 2005. – 192 с.