

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення механізації збирання цукрових буряків з модернізацією
вильчастого копача комбайна КС-6Б**

Виконав: студент 5 курсу, групи АІз-1-21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Литвищенко Ярослав Андрійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро, 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
ДОЦЕНТ
(вчене звання)
Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Литвищенку Ярославу Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації збирання цукрових буряків з модернізацією вильчастого копача комбайна КС-6Б

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 01 » 05 2026 року № 874

2. Строк подання студентом роботи 29.05.2026

3. Вихідні дані до проекту Вивчення сучасного стану виробництва цукрових буряків, технологічних прийомів їх вирощування та машин, що застосовуються під час збирання врожаю. Аналіз науково-технічної літератури й узагальнення дослідних матеріалів за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Аналіз сучасних підходів до вирощування цукрових буряків. 2. Огляд сучасних машин 3.Обґрунтування запропонованої конструкції вильчастого копача. 4.Охорона праці та захист в навколишнього середовища.6.Техніко-економічна оцінка. Висновки та пропозиції. Література

5. Перелік графічного матеріалу

1. Агляд конструкцій машин. (А1). 2. Коренезбиральна машина КС-6. 3. Вилка. Складальне креслення. (А1). 4. Деталювання (А1). 5. Економічні показники (1 аркуш, А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.02.2026 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних технологій	до 04.04.2026 р.	
2	Огляд конструкцій машин	до 16.04.2026 р.	
3	Обґрунтування машини	до 24.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 12.05.2026 р.	
6	Графічна частина	до 19.05.2026 р.	

Студент

(підпис)

Литвищенко Я.А

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Теслюк Г.В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Литвищенко Я.А. Удосконалення механізації збирання цукрових буряків з модернізацією вильчастого копача комбайна КС-6Б / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто питання підвищення ефективності механізованого збирання цукрових буряків шляхом модернізації копача бурякозбиральної машини КС-6БМ. Проведено аналіз існуючих машин і технічних рішень для збирання цукрових буряків, визначено основні недоліки викопувальних робочих органів та обґрунтовано доцільність їх удосконалення.

У роботі запропоновано конструкцію модернізованого копача, який забезпечує покращення процесу викопування коренеплодів, зменшення їх пошкодження та втрат урожаю. Виконано конструктивний розрахунок копача, обґрунтовано його геометричні параметри, визначено зусилля, що діють на робочі органи, та проведено міцнісну перевірку основних елементів конструкції.

Розраховано експлуатаційні показники модернізованої машини, зокрема робочу швидкість, продуктивність і тяговий опір копачів. Проведено техніко-економічне оцінювання, яке підтвердило доцільність впровадження запропонованого технічного рішення. Встановлено, що модернізація машини дає змогу зменшити втрати і пошкодження коренеплодів, підвищити продуктивність роботи та забезпечити позитивний економічний ефект. Окрему увагу приділено питанням організації охорони праці та захисту навколишнього середовища під час збирання цукрових буряків.

Ключові слова: цукрові буряки, бурякозбиральна машина, копач, модернізація, викопування коренеплодів, втрати врожаю, пошкодження коренеплодів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПІ.....	10
1.1. Значення культури та сучасний стан вирощування цукрових буряків.....	10
1.2. Технологічна схема вирощування цукрових буряків.....	11
1.3. Особливості технологій вирощування цукрових буряків в Україні ...	12
1.4. Особливості технологій вирощування цукрових буряків у країнах Європи	13
1.5. Напрями вдосконалення технології вирощування цукрових буряків в Україні	20
Висновки по розділу	21
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНИХ МАШИН І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ	23
2.1. Огляд сучасних коренезбиральних машин	23
2.2. Огляд технічних рішень копачів коренеплодів	29
Висновок по розділу.....	35
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ВІЛЬЧАСТОГО КОПАЧА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ	37
3.1. Обґрунтування модернізації вільчастого копача.....	37
3.2 Обґрунтування конструктивних і геометричних параметрів копача	40
3.2.1 Розрахунок геометрії носка копача та ширини захвату	40
3.2.2. Розрахунок кута підйому викопувальної поверхні та подрібнювальної здатності копача.....	43
3.2.3 Розрахунок зусиль, що діють на робочі органи копача	46
3.2.4. Розрахунок основних елементів копача на згин.....	48
3.2.5. Перевірка болтового кріплення копача.....	50
3.3. Експлуатаційні розрахунки модернізованої машини КС-6Б	52
Висновки по розділу	56

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗБИРАННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	58
4.1 Аналіз умов праці та небезпечних виробничих чинників.....	58
4.2 Заходи з охорони праці під час роботи та технічного обслуговування машини	59
4.3 Заходи захисту навколишнього середовища під час збирання цукрових буряків	60
Висновок по розділу.....	60
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕРНІЗОВАНОЇ МАШИНИ КС-6БМ	62
Висновок по розділу.....	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	68
ЛІТЕРАТУРА	70
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Виробництво цукрових буряків є однією з важливих галузей рослинництва України, оскільки ця культура має значне продовольче та економічне значення. Ефективність її вирощування значною мірою залежить не лише від рівня агротехніки, а й від технічного забезпечення процесу збирання. Саме збирання цукрових буряків є завершальним і одним із найбільш відповідальних етапів технологічного циклу, під час якого формуються остаточні показники кількості та якості одержаної продукції. Від своєчасності та якості виконання цієї операції залежать величина втрат коренеплодів, ступінь їх пошкодження, забрудненість вороху, а також загальна економічна ефективність виробництва.

У сучасних умовах господарювання до бурякозбиральної техніки ставляться підвищені вимоги щодо продуктивності, надійності, енергоощадності та якості виконання технологічного процесу. Разом із тим аналіз роботи існуючих бурякозбиральних машин показує, що вони не завжди забезпечують повне викопування коренеплодів без пошкоджень, особливо за складних ґрунтово-кліматичних умов. Значна частина втрат цукрових буряків виникає саме в зоні роботи копачів, де відбувається взаємодія робочих органів із ґрунтом і коренеплодами. Це зумовлює необхідність удосконалення конструкції викопувальних органів та пошуку технічних рішень, які б дозволили зменшити втрати врожаю, підвищити якість збирання і покращити експлуатаційні показники машин.

Однією з машин, що застосовується для збирання цукрових буряків, є бурякозбиральна машина КС-6Б. Вона має достатньо просту та надійну конструкцію, однак окремі її робочі органи потребують удосконалення з метою підвищення ефективності роботи. Особливу увагу при цьому слід приділити копачу, оскільки саме він безпосередньо впливає на повноту викопування коренеплодів, величину тягового опору, пошкодження буряків та подальше переміщення вороху до очисних органів.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення технічного рівня бурякозбиральної машини шляхом модернізації копача, що дасть змогу покращити процес викопування цукрових буряків, зменшити втрати і пошкодження коренеплодів, а також підвищити техніко-економічні показники роботи машини.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності збирання цукрових буряків шляхом модернізації копача машини КС-6БМ.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПІ

1.1. Значення культури та сучасний стан вирощування цукрових буряків

Цукрові буряки посідають важливе місце серед технічних культур, які мають вагоме значення для продовольчої безпеки, розвитку переробної промисловості та зміцнення економіки сільськогосподарських підприємств. Їх вирощування забезпечує сировиною цукрову галузь, а побічна продукція використовується як кормова база та сировина для біоенергетики. Ефективність виробництва цукрових буряків визначається не лише природно-кліматичними умовами, а й рівнем технологічного забезпечення, ступенем механізації операцій, якістю насіннєвого матеріалу, системою удобрення, захисту рослин і дотриманням строків виконання польових робіт.

В Україні цукрові буряки традиційно вирощують переважно в зоні Лісостепу, де поєднуються відносно сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для формування високої врожайності та цукристості коренеплодів. Разом із тим сучасне буряківництво в Україні функціонує в умовах подорожчання пального, мінеральних добрив, засобів захисту рослин і технічного обслуговування машин, що підвищує вимоги до ресурсозбереження та технологічної дисципліни. У країнах Європи виробництво цукрових буряків, як правило, характеризується більш високим рівнем технічного оснащення, точного землеробства, ширшим застосуванням цифрового моніторингу посівів і гнучкіших технологічних рішень залежно від типу ґрунту та погодних ризиків.

Таким чином, порівняння технологій вирощування цукрових буряків в Україні та Європі дає можливість виявити найбільш ефективні технічні й організаційні рішення, які можуть бути використані для підвищення продуктивності вітчизняного буряківництва.

1.2. Технологічна схема вирощування цукрових буряків

Незалежно від регіону вирощування, базова технологічна схема виробництва цукрових буряків включає такі основні етапи:

1. підбір попередника;
2. основний і передпосівний обробіток ґрунту;
3. внесення органічних і мінеральних добрив;
4. підготовку насіння та сівбу;
5. догляд за посівами;
6. систему захисту рослин;
7. збирання коренеплодів і вивезення врожаю.

Водночас конкретна реалізація кожного з цих етапів в Україні та в країнах Європи відрізняється глибиною механізації, інтенсивністю застосування ресурсів, рівнем автоматизації та підходами до екологізації виробництва.

Таблиця 1.1

Загальна структура технології вирощування цукрових буряків

Етап технології	Україна	Європа
Попередники	Озима пшениця, ячмінь, зернові колосові	Озима пшениця, ячмінь, ріпак, бобові
Основний обробіток ґрунту	Переважно оранка, інколи чизелювання або комбінований обробіток	Диференційований обробіток: оранка, strip-till, mini-till
Удобрення	Традиційне внесення NPK, локальне внесення обмежене	Широке використання локального та змінного внесення
Сівба	Пунктирна, з міжряддям 45 см	Пунктирна високоточного типу, автоматичний контроль висіву

Догляд за посівами	Механічний і хімічний	Переважно інтегрований, з цифровим моніторингом
Захист рослин	Гербіциди, фунгіциди, інсектициди за традиційною схемою	Інтегрований захист, диференційоване внесення
Збирання	Самохідні та причіпні машини, різний рівень зношення техніки	Високопродуктивні самохідні комплекси, автоматизація логістики

1.3. Особливості технологій вирощування цукрових буряків в Україні

В Україні технологія вирощування цукрових буряків у більшості господарств базується на класичній системі землеробства з глибоким основним обробітком ґрунту, застосуванням традиційної схеми удобрення та використанням сівалок точного висіву. Основними перевагами такої технології є її відпрацьованість, пристосованість до ґрунтово-кліматичних умов та можливість використання наявного машинно-тракторного парку без значної перебудови виробництва.

Разом із тим низка проблем обмежує її ефективність. До них належать нерівномірність обробітку ґрунту, високі витрати пального на глибоку оранку, залежність якості сівби від технічного стану сівалок, нерівномірність густоти стояння рослин, а також підвищені витрати на захист посівів. Значний вплив на результати вирощування мають погодні ризики, насамперед весняна нестача вологи, літні періоди високих температур і нерівномірний розподіл опадів.

Для українських господарств характерним є прагнення поєднати інтенсивну технологію з доступними технічними засобами. Тому широко використовуються комбіновані агрегати для передпосівного обробітку, локальне внесення мінеральних добрив набуває поширення, а сучасні високоточні сівалки поступово замінюють застарілі моделі. У сфері догляду за

посівами все більше уваги приділяється збереженню вологи, оптимізації густоти стояння та підвищенню ефективності гербіцидного захисту.

Таблиця 1.2

Характерні риси технології вирощування цукрових буряків в Україні

Показник	Характеристика
Основний спосіб обробітку ґрунту	Оранка 25-32 см, інколи чизелювання
Передпосівний обробіток	Культивація, боронування, комбіновані агрегати
Спосіб сівби	Пунктирний
Ширина міжрядь	45 см
Система удобрення	Основне внесення NPK, іноді локальне стартове
Боротьба з бур'янами	Переважно хімічна, інколи міжрядний обробіток
Рівень цифровізації	Нерівномірний, залежить від господарства
Основні обмеження	Вартість ресурсів, зношення техніки, погодні ризики

1.4. Особливості технологій вирощування цукрових буряків у країнах Європи

У країнах Європи технологія вирощування цукрових буряків має більш інтенсивний та диференційований характер. Високий рівень технічного забезпечення дозволяє точніше виконувати всі технологічні операції - від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Значна увага приділяється диференційованому внесенню добрив, точному висіву, системам контролю густоти стояння рослин, автоматизованому управлінню посівними комплексами та моніторингу стану посівів упродовж вегетації.

Для багатьох європейських господарств характерним є використання елементів точного землеробства: GPS-навігації, карт урожайності, датчиків стану ґрунту, супутникового моніторингу, автоматичного водіння техніки та диференційованого внесення засобів захисту рослин. Це дозволяє підвищити рівномірність посіву, зменшити перевитрати ресурсів та покращити екологічні показники виробництва.

Крім того, у європейських країнах більше уваги приділяється екологізації технології. Це проявляється у зменшенні інтенсивності механічного впливу на ґрунт, застосуванні мінімальної обробки там, де це можливо, контролі ущільнення ґрунту, регламентованому використанні хімічних препаратів і ширшому впровадженні інтегрованих систем захисту рослин.

Таблиця 1.3

Характерні риси технології вирощування цукрових буряків у країнах Європи

Показник	Характеристика
Система обробки ґрунту	Оранка, mini-till, strip-till, диференційований обробіток
Спосіб сівби	Високоточна пунктирна сівба
Контроль висіву	Електронний, із системами моніторингу
Удобрення	Точне, локальне, диференційоване
Захист рослин	Інтегрований, з елементами точного внесення
Моніторинг посівів	Супутниковий, дронний, польові сенсори
Збирання	Самохідні високопродуктивні комбайни
Екологічні акценти	Зменшення ущільнення ґрунту, оптимізація норм внесення

Порівняння технологій вирощування цукрових буряків показує, що головна відмінність між українським і європейським підходами полягає не стільки в загальній структурі технологічного процесу, скільки в рівні його технічного виконання. В Україні ще значною мірою переважають класичні

технологічні схеми, тоді як у Європі все ширше застосовуються адаптивні, ресурсозберігаючі та цифрово керовані системи.

Таблиця 1.4

Порівняння технологій вирощування цукрових буряків в Україні та Європі

Ознака порівняння	Україна	Європа
Технологічна модель	Переважно класична	Інтенсивна, адаптивна
Основний обробіток ґрунту	Глибока оранка	Диференційований, часто мінімалізований
Рівень механізації	Від середнього до високого	Високий
Рівень автоматизації	Нерівномірний	Високий
Точність висіву	Залежить від технічного стану сівалки	Висока, електронний контроль
Удобрення	Традиційне	Точне, локальне, змінні норми
Система захисту	Переважно стандартна	Інтегрована, цифрово підтримана
Логістика збирання	Часто залежить від наявного транспорту	Краще синхронізована
Ресурсозбереження	Часткове	Один із ключових принципів

Для наочнішого порівняння рівня технологічного забезпечення вирощування цукрових буряків в Україні та країнах Європи доцільно подати узагальнену графічну оцінку основних складових технології. На рисунку 1.1 наведено порівняння таких показників, як точність сівби, точність удобрення, рівень автоматизації виробничих процесів, ресурсозбереження та організація збирання. Поданий рисунок дає змогу візуально оцінити відмінності між вітчизняним і європейським підходами до вирощування цукрових буряків та

виявити напрями, за якими українські технології потребують подальшого вдосконалення.

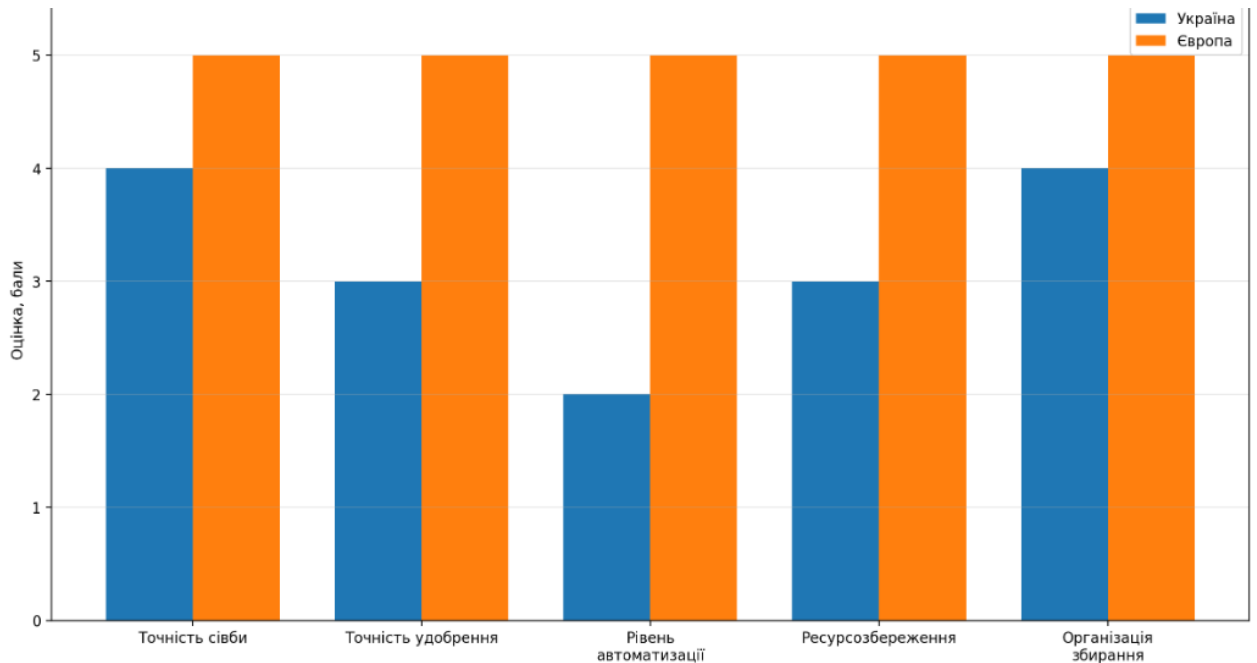


Рис. 1.1. Порівняння рівня технологічного забезпечення вирощування цукрових буряків в Україні та Європі

Як видно з рисунка 1.1, за всіма наведеними показниками європейські технології вирощування цукрових буряків мають вищий рівень оцінки порівняно з українськими. Найменша різниця спостерігається за показниками точності сівби та організації збирання, де українська технологія отримала 4 бали, тоді як європейська - 5 балів. Це свідчить про те, що вітчизняні господарства вже мають достатньо високий рівень розвитку цих елементів технології, однак ще поступаються європейським виробникам за стабільністю та точністю виконання операцій.

Більш помітне відставання спостерігається за показниками точності удобрення та ресурсозбереження, де українські технології оцінено в 3 бали, а європейські - в 5 балів. Це пояснюється тим, що в країнах Європи ширше використовуються системи локального та диференційованого внесення добрив, а також ресурсоощадні підходи до обробітку ґрунту, сівби та догляду за посівами. В Україні такі рішення впроваджуються нерівномірно і значною

мірою залежать від технічного та фінансового рівня конкретного господарства.

Найбільше відставання спостерігається за показником рівня автоматизації, де українська технологія отримала лише 2 бали, тоді як європейська - 5 балів. Це свідчить про те, що саме автоматизація технологічних процесів, використання систем точного землеробства, GPS-навігації, електронного контролю висіву та цифрового моніторингу посівів є одним із найбільш проблемних напрямів у вітчизняному буряківництві.

Отже, аналіз рисунка 1.1 показує, що основні переваги європейських технологій полягають у вищому рівні точності виконання технологічних операцій, ширшому впровадженні автоматизованих систем та кращій орієнтації на ресурсозбереження. Для підвищення ефективності вирощування цукрових буряків в Україні доцільно впроваджувати сучасні технічні рішення, спрямовані на підвищення точності технологічних процесів, зниження енергоємності виробництва та вдосконалення машинного забезпечення, зокрема збиральної техніки.

Для більш повного зіставлення технологій вирощування цукрових буряків в Україні та країнах Європи доцільно проаналізувати не лише рівень їх технічного забезпечення, а й вплив окремих технологічних рішень на кінцеві виробничі результати. На рисунку 1.2 наведено порівняльну оцінку впливу технологічних рішень на потенціал урожайності, стабільність сходів, ефективність використання добрив, зменшення втрат під час збирання та екологічну адаптивність технології. Такий підхід дозволяє наочно виявити, які саме складові технології найбільше впливають на результативність буряківництва.

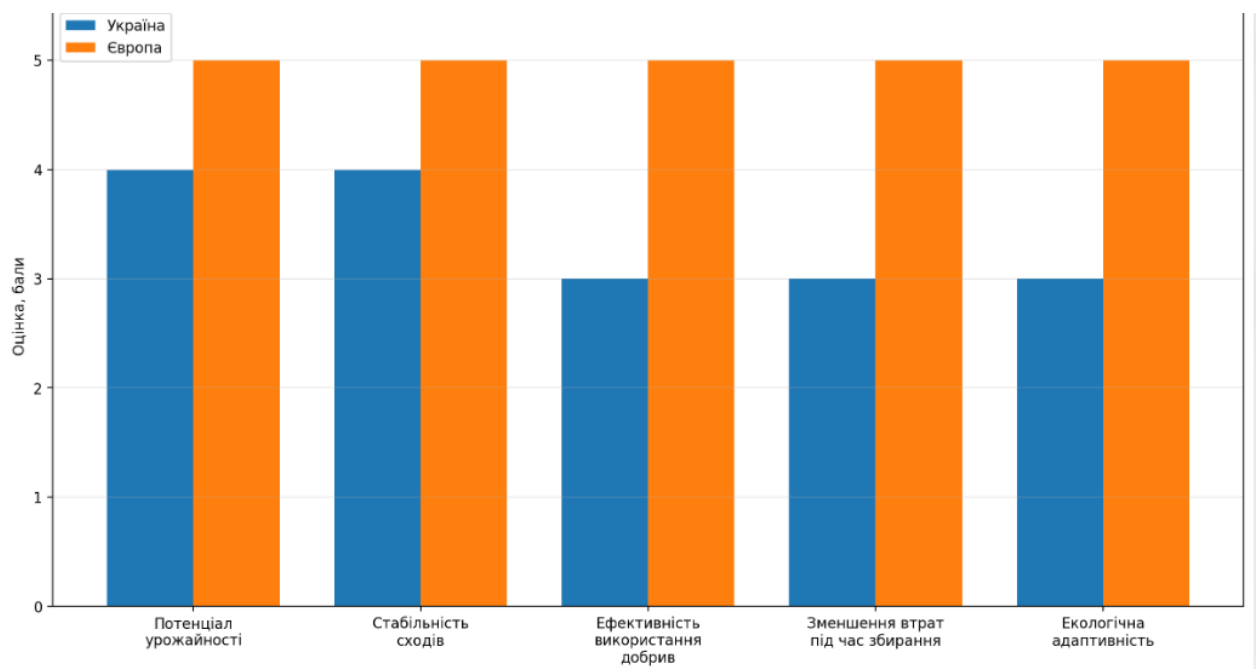


Рис. 1.2. Порівняння впливу технологічних рішень на виробничі результати

Як видно з рисунка 1.2, європейські технології вирощування цукрових буряків за всіма розглянутими показниками отримують вищу оцінку, ніж українські. За показниками потенціалу урожайності та стабільності сходів різниця між технологіями є відносно невеликою: українські підходи оцінені в 4 бали, тоді як європейські - в 5 балів. Це свідчить про те, що за належного дотримання агротехнічних вимог вітчизняні технології також здатні забезпечувати достатньо високий потенціал формування врожаю, однак поступаються європейським рішенням за стабільністю реалізації цього потенціалу.

Більш суттєва різниця спостерігається за показниками ефективності використання добрив, зменшення втрат під час збирання та екологічної адаптивності, де українські технології отримали по 3 бали, а європейські - по 5 балів. Це свідчить про те, що в країнах Європи краще реалізується принцип точного та цільового використання ресурсів, ширше застосовуються локальне та диференційоване внесення добрив, а також більш ефективно організовано процес збирання врожаю. Крім того, європейські технології краще адаптовані до сучасних екологічних вимог, що проявляється у більш ощадливому

використанні ґрунтових ресурсів, зменшенні надмірного хімічного навантаження та кращому контролі за впливом технології на навколишнє середовище.

Важливим критерієм оцінки сучасних технологій вирощування цукрових буряків є їх ресурсоемність, оскільки саме вона значною мірою визначає економічну доцільність виробництва. На рисунку 1.3 наведено порівняльну оцінку ресурсоемності технологій вирощування цукрових буряків в Україні та країнах Європи за такими показниками, як енергоемність обробітку ґрунту, потреба в ручному контролі, залежність від технічного стану машини та рівень точності виконання операцій. Графічне подання цих даних дає можливість виявити найпроблемніші зони вітчизняної технології та визначити резерви для її вдосконалення.

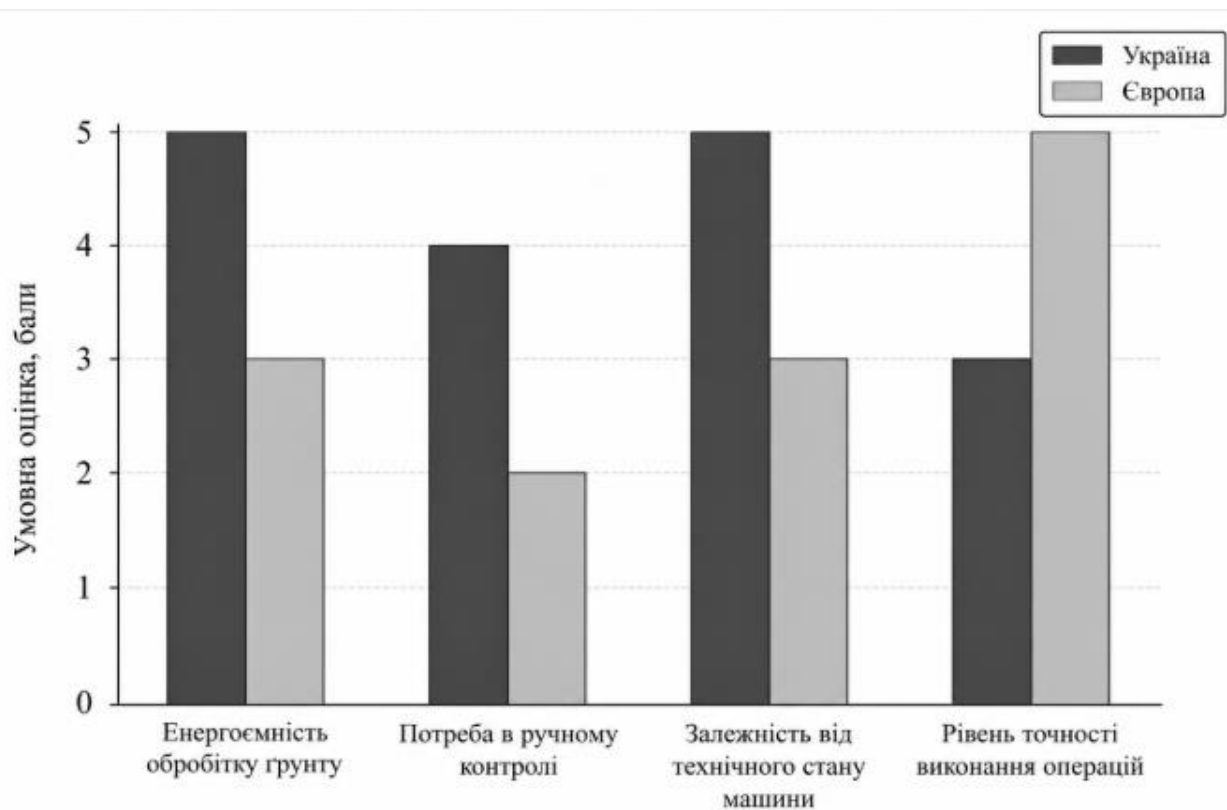


Рис. 1.3. Порівняльна оцінка ресурсоемності технологій вирощування цукрових буряків

Як видно з рисунка 1.3, українська технологія вирощування цукрових буряків є більш ресурсоємною порівняно з європейською. Найбільша різниця спостерігається за показниками енергоємності обробітку ґрунту та залежності від технічного стану машини, де українська технологія отримала по 5 балів, тоді як європейська - лише по 3 бали. Це пояснюється тим, що в Україні ще значною мірою переважають традиційні системи обробітку ґрунту, які потребують більших витрат пального і тягових зусиль, а також істотно залежать від фізичного стану наявного машинно-тракторного парку.

За показником потреби в ручному контролі різниця також є помітною: 4 бали для української технології проти 2 балів для європейської. Це свідчить про те, що вітчизняні технологічні процеси більшою мірою залежать від постійного контролю механізатора або персоналу, тоді як у країнах Європи значна частина операцій автоматизована або забезпечується електронними системами управління і контролю.

Разом із тим за показником рівня точності виконання операцій європейська технологія має перевагу, отримавши 5 балів проти 3 балів в Україні. Це ще раз підтверджує, що точне землеробство, автоматичне водіння, електронний контроль висіву та дозування матеріалів є сильними сторонами європейського підходу.

1.5. Напрями вдосконалення технології вирощування цукрових буряків в Україні

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що перспективи підвищення ефективності технології вирощування цукрових буряків в Україні пов'язані з такими напрямками:

1. підвищення точності сівби та рівномірності розміщення рослин у рядку;
2. ширше застосування локального внесення добрив;

3. удосконалення системи захисту рослин із переходом до інтегрованих рішень;
4. впровадження елементів точного землеробства;
5. зменшення енергоємності основного обробітку ґрунту;
6. підвищення ефективності збирання за рахунок модернізації бурякозбиральної техніки;
7. скорочення втрат коренеплодів і зниження їх пошкодження під час викопування.

Особливо важливим напрямом удосконалення є модернізація викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин. Саме в зоні викопування часто формуються основні технологічні втрати, тому підвищення якості роботи копачів дає можливість покращити як технологічні, так і економічні показники виробництва.

Висновки по розділу

1. Встановлено, що основними перевагами європейського підходу є вища точність сівби, ширше використання локального та диференційованого внесення добрив, інтегровані системи захисту рослин, цифровий моніторинг і більш ефективна організація збирального процесу. Разом із тим в Україні існує значний потенціал підвищення ефективності буряківництва за рахунок удосконалення технологічних операцій, зменшення ресурсоємності та модернізації машин. Отже, одним із найбільш перспективних напрямів підвищення ефективності виробництва цукрових буряків є вдосконалення бурякозбиральної техніки, зокрема модернізація копача машини КС-6БМ, що й обумовлює актуальність теми дипломного проєкту.

2. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що європейські технології вирощування цукрових буряків є менш ресурсоємними та більш технологічно керованими. Для України це означає необхідність переходу до більш

енергоощадних систем обробітку ґрунту, оновлення машинно-тракторного парку, підвищення технічної надійності машин та ширшого впровадження елементів точного землеробства. Саме ці напрями є важливими передумовами підвищення ефективності буряківництва та зниження собівартості продукції.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНИХ МАШИН І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

2.1. Огляд сучасних коренезбиральних машин

Збирання цукрових буряків є завершальним етапом механізованої технології їх вирощування та належить до найбільш відповідальних і трудомістких виробничих процесів. Частка витрат праці на виконання збиральних робіт становить у середньому 20-25 % від загального обсягу трудових затрат у технології вирощування культури. Своєчасне та якісне проведення цього етапу значною мірою залежить від правильної організації робіт, ефективного використання бурякозбиральних машин і транспортних засобів. Саме від цього залежить зменшення втрат урожаю, скорочення затрат праці та зниження загальних виробничих витрат.

Практика вирощування цукрових буряків свідчить, що строки їх збирання мають важливе значення для отримання високого врожаю та якісної сировини. У головній бурякосійній зоні України - Лісостепу - доцільно організовувати масове збирання культури в період з 20 вересня до 25 жовтня. Саме в цей час коренеплоди ще продовжують накопичувати масу, а вміст цукру в них досягає вищих показників.

Під час планування потреби в бурякозбиральних машинах необхідно враховувати не лише календарну тривалість збирального періоду, а й реальну кількість днів, придатних для роботи в полі. За даними ННЦ «Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків» НААН України, у зазначений період фактична кількість робочих днів у середньому становить близько 18-20 днів. Тому продуктивність і кількість збиральної техніки слід визначати з урахуванням обмеженого строку виконання робіт.

Збирання буряків комбайнами може виконуватися із застосуванням різних типів навісного та причіпного обладнання. Такі пристрої доповнюють основні робочі органи машини й призначені для підвищення продуктивності

збирального агрегату на конкретній ділянці, а також для скорочення тривалості збирання врожаю. Як додаткове оснащення використовують приймальні бункери збільшеної місткості, спеціальні причеми для транспортування коренеплодів, а також ножі посиленої конструкції та збільшеної ширини захвату, що дає змогу обробляти більшу площу за один прохід. У холодний період року для надійної роботи машин також можуть застосовуватися додаткові пускові пристрої.

На сучасному світовому ринку представлено значне різноманіття сільськогосподарських машин, серед яких важливе місце займає техніка для збирання цукрових буряків. Бурякозбиральні комбайни, що випускаються різними компаніями, відрізняються між собою конструктивними особливостями, технічними характеристиками, рівнем продуктивності та пристосованістю до конкретних умов експлуатації. Кожен виробник орієнтується на певні технологічні вимоги, агрокліматичні умови та потреби окремих категорій споживачів, що зумовлює появу великої кількості моделей із різними функціональними можливостями.

Серед відомих виробників бурякозбиральної техніки, продукція яких широко застосовується в багатьох країнах, можна відзначити компанії Rora, Kleine, Holmer, Caterpillar, Agrifac, Beetliner та інші. Машини цих брендів характеризуються високим рівнем механізації технологічного процесу, надійністю в роботі та можливістю ефективного використання в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Завдяки постійному вдосконаленню конструкції, сучасні бурякозбиральні комбайни забезпечують підвищення якості збирання, зменшення втрат урожаю та скорочення витрат праці.

Найбільший інтерес у сільськогосподарських товаровиробників викликають універсальні комбайни, конструкція яких передбачає можливість встановлення додаткового навісного або змінного обладнання. Такий підхід значно розширює технологічні можливості машини та дозволяє адаптувати її до різних умов роботи і вимог виробництва. Багатофункціональність подібної техніки сприяє більш повному використанню машин упродовж сезону,

зменшенню потреби у придбанні окремих спеціалізованих агрегатів та, відповідно, зниженню капітальних і експлуатаційних витрат.

Застосування універсальних бурякозбиральних комбайнів із додатковими механізмами кріплення дає можливість сільськогосподарським підприємствам підвищити ефективність виробництва, раціональніше використовувати наявні технічні ресурси та зменшити собівартість отриманої продукції. Саме тому розвиток і вдосконалення таких машин є одним із перспективних напрямів у галузі механізації збирання цукрових буряків.

Бурякозбиральний комбайн Holmer (рис.2.1.) належить до числа високопродуктивних сучасних машин, призначених для механізованого збирання цукрових буряків у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Техніка цього виробника відома високим рівнем технічної досконалості, надійністю в роботі, значною продуктивністю та пристосованістю до інтенсивної експлуатації у великих господарствах. Однією з характерних особливостей комбайнів Holmer є велика місткість приймального бункера, що дає змогу зменшити кількість зупинок для вивантаження коренеплодів і, відповідно, підвищити змінну продуктивність машини.



Рис.2.1. Бурякозбиральний комбайн Holmer

Важливою перевагою цих комбайнів є можливість використання багатофункціонального навісного та змінного обладнання. Завдяки цьому машина може бути пристосована до різних умов збирання, стану посівів, урожайності та вимог конкретного господарства. Така універсальність дозволяє більш ефективно використовувати техніку протягом сезону, забезпечує гнучкість технологічного процесу та сприяє зменшенню експлуатаційних витрат.

Суттєвою конструктивною особливістю комбайнів Holmer є раціональне розміщення колісних мостів, завдяки чому машина має відносно коротку базу. Це позитивно впливає на її маневровість, полегшує роботу на поворотних смугах і покращує прохідність у складних польових умовах, зокрема на вологих або нерівних ділянках. Підвищена прохідність є важливою експлуатаційною перевагою, оскільки дає змогу зберігати стабільність технологічного процесу навіть за несприятливого стану ґрунту.

Більшість моделей цієї марки оснащуються широкими передніми шинами, що забезпечує краще розподілення маси машини на поверхню поля. Це сприяє зменшенню питомого тиску на ґрунт, зниженню його ущільнення та підвищенню стійкості комбайна під час руху. Така особливість має важливе агротехнічне значення, оскільки надмірне ущільнення ґрунту погіршує його структуру та може негативно впливати на подальше вирощування сільськогосподарських культур.

Кабіна оператора у комбайнах Holmer зазвичай розташована в центральній частині несучої рами. Таке компонування забезпечує добру оглядовість робочої зони, дозволяє краще контролювати технологічний процес та полегшує орієнтацію водія-оператора відносно габаритів машини. Покращені умови огляду сприяють точнішому водінню комбайна по рядках, зменшенню втрат урожаю і підвищенню якості збирання. Крім того, сучасна кабіна характеризується підвищеним комфортом, що має велике значення під час тривалої роботи у напружений період збиральної кампанії.

Ще однією важливою рисою бурякозбиральних комбайнів Holmer є високий рівень механізації та автоматизації основних процесів. Це дозволяє не лише полегшити працю оператора, а й підвищити точність виконання технологічних операцій, стабільність роботи машини та загальну ефективність збирання. Конструкція комбайна орієнтована на мінімізацію пошкодження коренеплодів, скорочення втрат і забезпечення належного очищення буряків від ґрунтових домішок перед завантаженням у бункер.

На вітчизняних сільськогосподарських підприємствах для збирання цукрових буряків успішно застосовується самохідний бурякозбиральний комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль» (рис. 2.2). Ця машина є одним із прикладів спеціалізованої техніки, призначеної для механізованого виконання комплексу збиральних операцій у буряківництві. Використання такого комбайна дає змогу суттєво знизити потребу в ручній праці, підвищити продуктивність збиральних робіт і забезпечити своєчасне збирання врожаю в оптимальні агротехнічні строки.



Рис. 2.2. Схема будови бурякозбирального комбайна КС-6Б-10
«Тернопіль»

Комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль» розроблений з урахуванням особливостей вирощування цукрових буряків в умовах України, тому він добре пристосований до роботи на полях із різними ґрунтовими та рельєфними характеристиками. Його конструкція забезпечує виконання основних технологічних операцій, пов'язаних із викопуванням коренеплодів, їх очищенням від ґрунтових домішок, транспортуванням усередині машини та подальшим накопиченням або завантаженням. Завдяки цьому комбайн дозволяє комплексно механізувати процес збирання та скоротити тривалість збиральної кампанії.

Однією з важливих переваг комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль» є його самохідне виконання, яке забезпечує високу мобільність і автономність під час роботи. Машина не потребує додаткового енергетичного засобу для переміщення, що спрощує організацію збирального процесу та дає можливість більш ефективно використовувати її у великих господарствах. Самохідна схема також сприяє підвищенню маневровості агрегату, що особливо важливо під час роботи на розворотних смугах, ділянках неправильної форми та за обмеженого робочого простору.

Суттєве значення має і те, що комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль» адаптований до умов українського виробництва, а це полегшує його технічне обслуговування, ремонт і забезпечення запасними частинами. Для багатьох господарств така особливість є надзвичайно важливою, оскільки дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, скоротити простої техніки та підтримувати її працездатність протягом усього збирального сезону. Крім того, використання вітчизняної машини часто є економічно вигіднішим порівняно з придбанням дорогих зарубіжних аналогів.

Конструкція комбайна передбачає ефективне виконання технологічного процесу збирання буряків із мінімальними втратами врожаю. Робочі органи машини забезпечують підкопування коренеплодів, їх відокремлення від ґрунту, очищення та подавання до наступних елементів технологічного

ланцюга. Важливою вимогою до таких машин є не лише висока продуктивність, а й дбайливе поводження з коренеплодами, оскільки механічні пошкодження можуть призводити до погіршення якості сировини та зниження її технологічної цінності. У цьому відношенні комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль» забезпечує прийнятний рівень якості збирання за умови правильного налаштування та дотримання режимів роботи.

Ще однією характерною рисою даної машини є можливість її ефективної роботи в системі потокового збирання, коли процес викопування, очищення та вивезення буряків із поля організований у єдиному технологічному комплексі. Це дозволяє раціонально поєднати роботу комбайна з транспортними засобами, зменшити непродуктивні втрати часу та підвищити загальну ефективність використання техніки. За належної організації роботи комбайн може забезпечувати стабільні показники продуктивності та сприяти скороченню витрат праці на одиницю зібраної продукції.

Важливо також відзначити, що комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль» є прикладом машини, яка поєднує достатню технічну ефективність із можливістю використання в умовах вітчизняних господарств різного масштабу. Його застосування сприяє підвищенню рівня механізації бурякозбиральних робіт, покращенню організації виробничого процесу та зниженню собівартості збирання цукрових буряків. Саме тому дана машина становить практичний інтерес як об'єкт аналізу при розгляді сучасних технічних засобів для збирання коренеплодів.

2.2. Огляд технічних рішень копачів коренеплодів

Основною метою запропонованої корисної моделі є зменшення втрат урожаю та запобігання механічному пошкодженню коренеплодів у процесі їх викопування. Досягнення поставленої мети забезпечується тим, що в конструкції копача для коренеплодів (рис.2.3.) передню частину вертикальної

полиці розрихлювача оснащено підкопувальним лемешем, робоче ліжко якого спрямоване у бік сферичного диска.

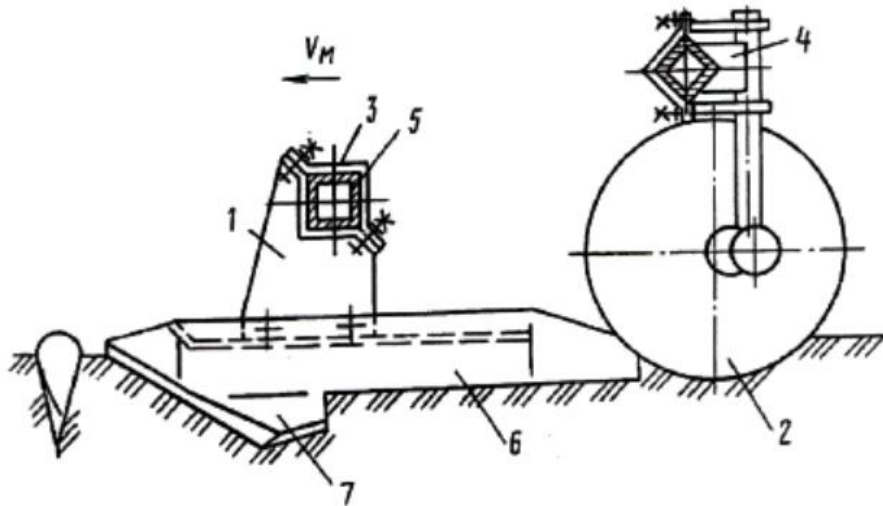


Рис. 2.3. Авторське свідоцтво на корисну модель №148474 копач коренеплодів

В основу даної корисної моделі покладено завдання підвищення ефективності процесу викопування коренеплодів шляхом зменшення їх втрат і зниження рівня механічних пошкоджень. Реалізація цього завдання досягається за рахунок удосконалення конструкції копача для коренеплодів. Зокрема, передню частину вертикальної полиці розрихлювача обладнано підкопувальним лемешем, при цьому його робоче лезо орієнтоване у напрямку сферичного диска. Таке конструктивне виконання сприяє більш ефективному підрізання та підніманню шару ґрунту разом із коренеплодами, покращує умови їх відокремлення від ґрунту та зменшує ймовірність травмування продукції.

Пристрій працює таким чином. У процесі руху агрегату по рядку коренеплодів розрихлювач 1 і сферичний диск 2 заглиблюються в ґрунт та переміщуються вздовж рядка. При цьому леміш 7 розрихлювача 1 підкопує коренеплоди, послаблюючи їх зв'язок із ґрунтом, особливо в зоні хвостової частини. Після цього полоз 6 розрихлювача 1, встановлений під певним кутом

до осі рядка, зміщує верхні шари ґрунту вбік, додатково розпушує ґрунт і розворушує коренеплоди, ще більше порушуючи їх утримання в ґрунті. Сферичний диск 2, який обертається внаслідок взаємодії з ґрунтом, викопує коренеплоди та виносить їх на поверхню поля для подальшого підбирання й очищення.

Таким чином, попереднє розрихлення ґрунту з одного боку рядка коренеплодів і одночасне їх підкопування створюють умови, за яких сферичний диск 2 може більш повно і обережно витягувати коренеплоди із ґрунту без відриву хвостової частини. Це сприяє зменшенню втрат урожаю та зниженню рівня механічних пошкоджень.

Запропонована корисна модель № 92362 копач коренеплодів (рис. 2.4.) спрямована на вдосконалення процесу збирання коренеплодів за рахунок більш повного видалення залишків гички з їх головок. Реалізація поставленої мети досягається шляхом удосконалення конструкції копача коренеплодів. Машина містить односторонній сферичний диск, а над ним, під визначеним кутом до площини, що проходить через ріжучу крайку диска, встановлено горизонтальний вал із барабаном. На твірних цього барабана під гострим кутом до осі вала послідовно закріплено кілька паралельних між собою осей. На кожній із них шарнірно розміщені плоскі еластичні бичі, які беруть участь в очищенні головок коренеплодів. Конструкцією передбачено, що в нижньому положенні кожна вісь розташовується перпендикулярно до площини, яка проходить через лезо сферичного диска. Крім того, на зовнішній поверхні кожного плоского еластичного бича встановлено двосекційну пружину, жорстко закріплену на відповідній осі барабана. Таке технічне рішення сприяє інтенсифікації очищення коренеплодів і підвищенню якості виконання технологічного процесу.

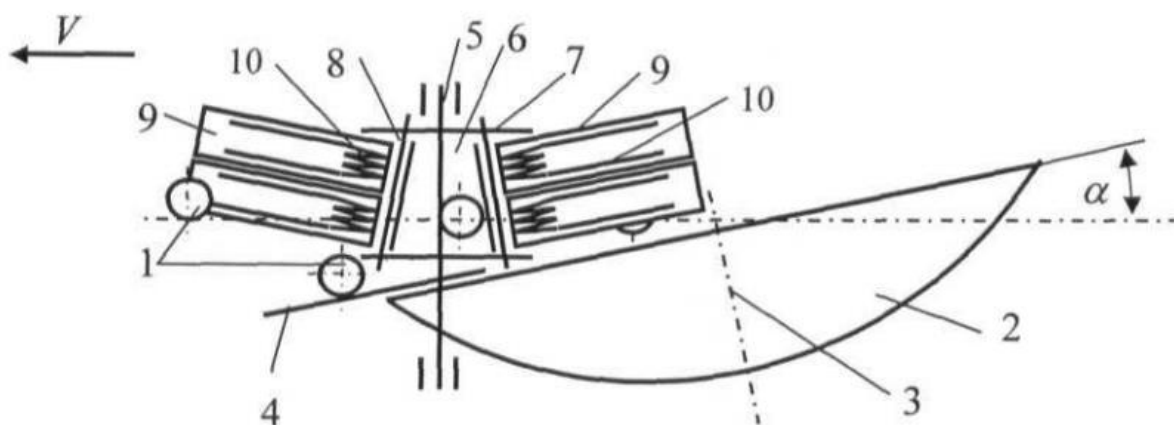


Рис.2.4. Корисна модель № 92362 копач коренеплодів

Копач коренеплодів працює таким чином. Під час руху машини корененапрямляч 4 зміщує коренеплоди 1, які були відхилені від осі рядка, у напрямку до його центральної частини. Одночасно односторонній сферичний диск 2, установлений під кутом α до напрямку руху копача V , підкопує та викопує коренеплоди 1, розташовані в рядку.

У процесі викопування, завдяки обертанню очисного вала 5, плоскі еластичні бичі 9, закріплені на осях 8 барабана 6, взаємодіють своєю внутрішньою поверхнею з головками коренеплодів 1 та грудками ґрунту. Наявність двосекційної пружини 10, установленної на зовнішній стороні кожного плоского еластичного бича 9, зменшує його прогинання під час роботи. Унаслідок цього контакт бича 9 з головками коренеплодів 1 і ґрунтовими грудками стає більш інтенсивним, що сприяє кращому видаленню залишків гички та ефективнішому руйнуванню ґрунтових утворень.

Крім очищення, плоскі еластичні бичі 9 також переміщують викопаний ворох до наступних робочих органів машини. Важливою конструктивною особливістю є те, що осі 8 барабана 6 у нижньому положенні розташовані перпендикулярно до площини, яка проходить через лезо одностороннього сферичного диска 2, або нахилені до неї під кутом, близьким до прямого. Завдяки цьому плоскі еластичні бичі 9 у нижньому положенні знаходяться

паралельно зазначеній площині і не торкаються поверхні сферичного диска 2, що дозволяє зменшити їх зношування в процесі експлуатації.

Додатково поворот осей 8 на певний кут відносно осі вала 5 забезпечує нанесення плоскими еластичними бичами 9 ударів по головках коренеплодів 1 збоку рядка. Таке конструктивне рішення покращує очищення коренеплодів, які мають різну висоту розташування в ґрунті, оскільки вищі коренеплоди не перешкоджають впливу на нижчі.

Отже, застосування плоских еластичних бичів 9 із підпружиненням двосекційними пружинами 10 забезпечує більш інтенсивне руйнування рослинних і ґрунтових домішок, що зменшує їх надходження у ворох. Це, у свою чергу, підвищує технологічну надійність процесу викопування коренеплодів і сприяє зростанню продуктивності роботи копача.

Метою запропонованого технічного рішення є удосконалення відомої конструкції роторного картоплекопача шляхом її спрощення та підвищення експлуатаційної надійності. Очікуваний технічний результат полягає у зменшенні кількості робочих контактів копача з коренеплодами під час викопування, що сприяє зниженню їх механічних пошкоджень і покращенню умов подальшого зберігання. Загальний вигляд удосконаленого роторного копача наведено на рисунку 2.4. Поставлене завдання вирішується наступним чином. У відомому роторному копачі, для коренеплодів, що включає в себе встановлену на привідні опорні колеса раму, на якій у технологічній послідовності розміщені робочі органи, що містять лемеші для підкопування коренеплодів і ротор, крім того розміщені на рамі механізм приводу ротора в обертальний рух і механізм підйому-опускання робочих органів, згідно з запропонованим винаходом роторний копач додатково споряджений обмежувачем ширини вкладаємої стрічки зібраних коренеплодів, ротори змонтовані на єдиному валі, а в лемешах виконані пази під сегменти лопатей роторів, при цьому робочі пластини кожного лемеша вик

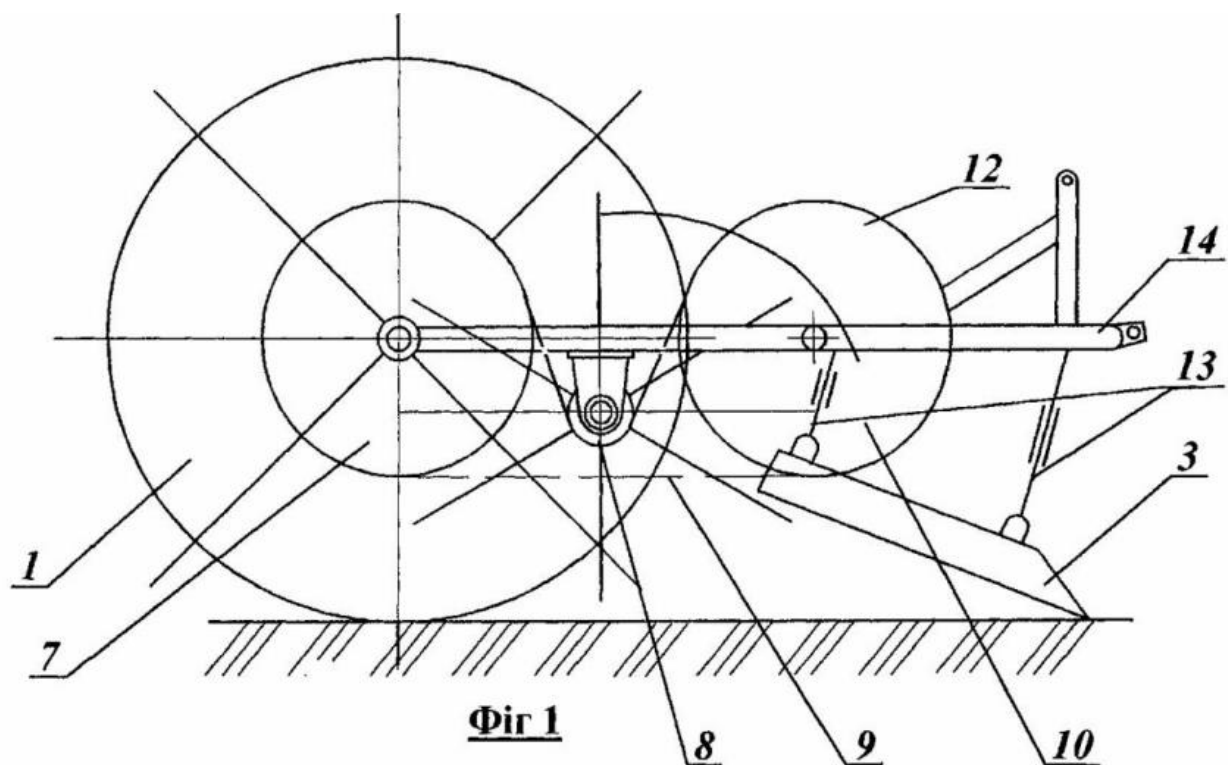


Рис.2.5. Роторний копач коренеплодів

Роторний копач для картоплі та коренеплодів працює за таким принципом. Під час руху трактора вздовж рядків картоплі або інших коренеплодів обертаються опорні приводні колеса 1, які забезпечують одночасне обертання лопатей 5 ротора 4. У цей момент лемеші 3 заглиблюються в ґрунт і починають підкопування на встановлену глибину, яка залежить від виду продукції, що збирається. Необхідне заглиблення лемешів 3 задається та регулюється за допомогою механізму 13 піднімання й опускання.

У процесі роботи, завдяки змінній ширині лемеша в поперечному перерізі, ґрунт, який разом із картоплею або коренеплодами надходить на леміш, зазнає стискання і часткового руйнування. Це сприяє його додатковому розпушенню. Посилення цього ефекту забезпечується також напівеліптичним профілем полотна лемеша, оскільки в такому разі сила стиснення ґрунту змінюється по мірі його проходження робочою поверхнею. Додатково інтенсивність розпушення підвищується за рахунок поздовжніх перегинів полотна лемешів, кути яких були встановлені експериментально.

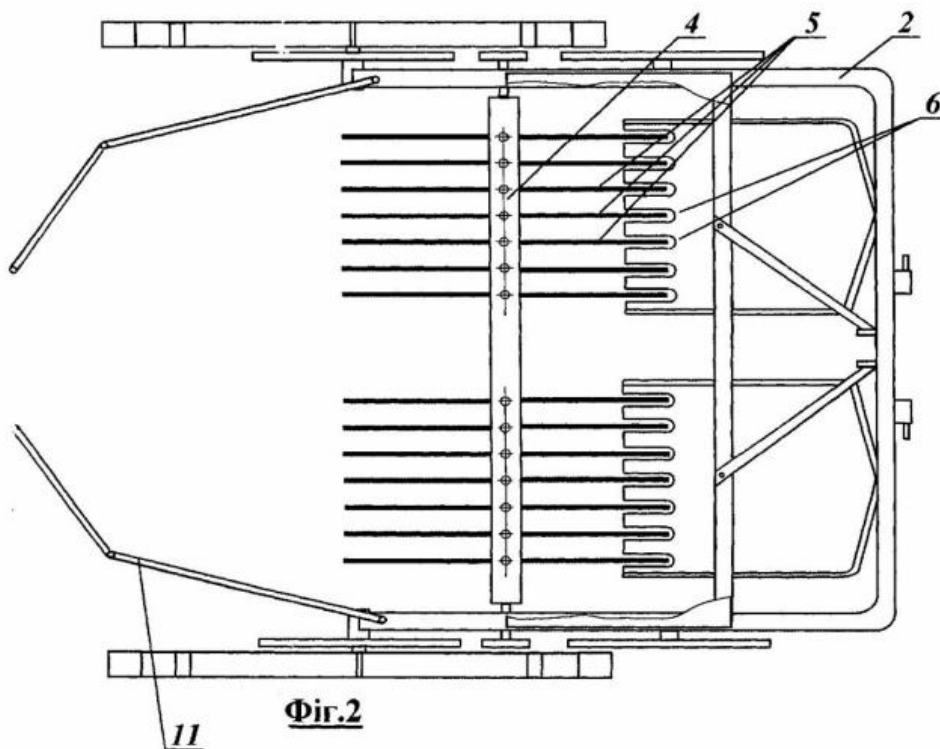


Рис.2.6. Роторний копач коренеплодів (вид зверху)

Подальше відокремлення ґрунту від картоплі або коренеплодів і переміщення викопаної маси здійснюється ротором 4 з дисками 5. Після проходження через ротор викопана продукція скидається на поверхню поля позаду копача. При цьому шторки 11 обмежувачів разом із захисним кожухом 12 спрямовують коренеплоди та укладають їх у відносно вузьку стрічку, що полегшує подальше підбирання.

Таким чином, запропонована конструкція роторного копача забезпечує підкопування, розпушення ґрунту, його сепарацію та укладання викопаної продукції в зручний для наступних операцій валок. Це сприяє підвищенню якості викопування та покращенню умов подальшого збирання картоплі й коренеплодів.

Висновок по розділу

У результаті проведеного огляду машин і патентних рішень для збирання цукрових буряків встановлено, що існуючі технічні засоби відрізняються за конструкцією, принципом дії, продуктивністю та якістю виконання технологічного процесу. Сучасні бурякозбиральні машини забезпечують високий рівень механізації збиральних робіт, однак значна частина з них має складну конструкцію, високу вартість та потребує значних витрат на технічне обслуговування. Разом із тим аналіз показав, що важливими напрямками вдосконалення бурякозбиральної техніки залишаються зменшення втрат коренеплодів, зниження їх пошкодження, покращення очищення від домішок і підвищення загальної технологічної надійності машин.

Особливу увагу в роботі приділено самохідному бурякозбиральному комбайну КС-6Б, який є достатньо поширеним і добре пристосованим до умов експлуатації в господарствах України. Ця машина має практичне значення завдяки своїй доступності, відносній простоті конструкції та можливості ефективного використання у вітчизняних виробничих умовах. Водночас аналіз її роботи показує, що комбайн КС-6Б має резерви для подальшого удосконалення, насамперед у напрямі покращення процесу викопування коренеплодів, зменшення їх травмування, підвищення якості очищення та зниження втрат урожаю.

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ВИЛЬЧАСТОГО КОПАЧА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1. Обґрунтування модернізації вильчастого копача

Вибір раціональної компоувальної схеми та конструкції робочих органів коренезбиральних машин значною мірою залежить від умов їх експлуатації, насамперед від типу ґрунту, рівня його вологості та врожайності культури. Саме ці чинники істотно впливають на стабільність технологічного процесу, якість викопування коренеплодів і ефективність роботи збиральної техніки в цілому.

У разі збирання високих урожаїв, коли врожайність досягає 500-600 ц/га, ускладнюється процес якісного видалення гички та погіршуються умови викопування коренеплодів. За таких обставин втрати коренів, що залишаються на поверхні ґрунту, можуть досягати 6-10 %. Одночасно з цим спостерігається зниження продуктивності шестирядних збиральних комплексів, яка може становити лише 3,0-4,5 га за зміну. Ще більш негативно на роботу машин впливає підвищена вологість ґрунту. При збільшенні цього показника до 24-28 % продуктивність техніки може зменшуватися у 2-6 разів, а якість виконання збирального процесу істотно погіршується, особливо наприкінці агротехнічного строку збирання.

Практика застосування різних типів викопувальних робочих органів показує, що використання дискових копачів із приводним диском, а також активних вилчастих копачів дає можливість значно покращити результати збирання. Зокрема, завдяки таким конструктивним рішенням кількість ґрунту в масі викопаних коренеплодів зменшується приблизно у 1,5-2 рази, що позитивно впливає як на якість збирання, так і на подальше очищення вороху.

Викопувальні робочі органи є одними з найважливіших технологічних вузлів коренезбиральних машин, оскільки саме вони безпосередньо

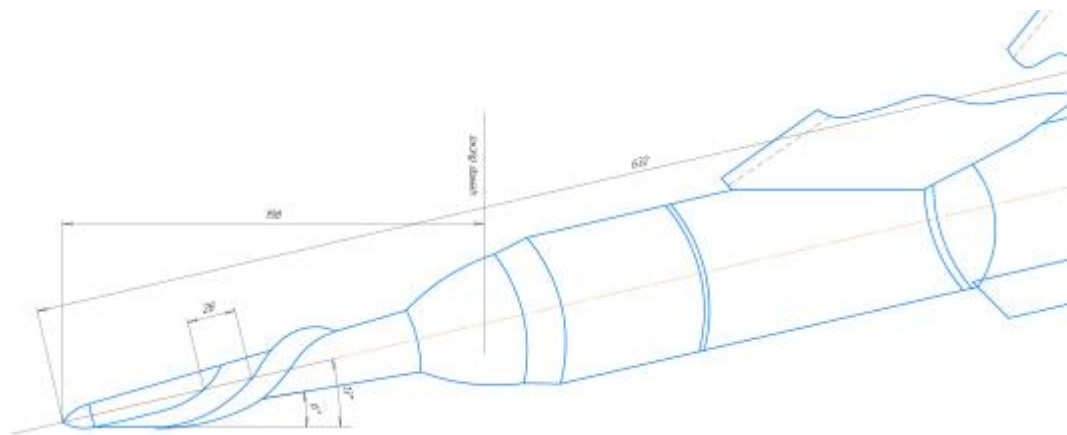
забезпечують вилучення коренеплодів із ґрунту. Від ступеня їх конструктивної досконалості, правильності взаємного компонування з очисними пристроями, а також від обґрунтованого вибору геометричних і технологічних параметрів залежить якість виконання процесу викопування. Крім того, велике значення має відповідність параметрів робочих органів конкретним ґрунтово-кліматичним умовам, у яких експлуатується машина. Саме це визначає рівень пошкодження коренеплодів, величину їх втрат та загальну ефективність роботи збирального агрегату.

Втрати коренеплодів у процесі збирання мають різний характер і можуть бути поділені на кілька основних складових. До них належать коренеплоди, які залишилися невикопаними в ґрунті; коренеплоди, що випадають на поверхню поля під час їх переміщення до очисних пристроїв; обривання хвостової частини коренів; а також механічні пошкодження у вигляді перерізання або подрібнення коренеплодів цукрових буряків. Усі ці види втрат знижують вихід товарної продукції та негативно впливають на економічну ефективність процесу збирання.

Отже, обґрунтування конструктивної розробки коренезбиральної машини повинно базуватися на врахуванні реальних умов роботи, аналізі причин технологічних втрат та пошуку таких технічних рішень, які забезпечували б більш повне викопування коренеплодів, зменшення їх пошкодження, покращення очищення від ґрунтових домішок і підвищення загальної продуктивності машини.

Втрати коренеплодів у процесі викопування зумовлюються як технологічними, так і конструктивними причинами. До основних із них належать неправильне заглиблення копачів, відхилення їх осі від напрямку рядка, зміщення коренеплодів у рядку, накопичення ґрунту та вороху на робочих органах, надмірна відстань між елементами копача, а також недосконалий перехід викопаної маси до очисного пристрою. Усі ці фактори призводять до збільшення втрат, пошкодження коренеплодів і погіршення якості збирання.

Запропоноване удосконалення полягає в модернізації вилчастих копачів шляхом надання їх носкам параболічної форми (рис.3.1.) та встановлення подрібнювальних і викопувальних елементів спеціальної конфігурації. Таке конструктивне рішення покращує умови входження робочого органа в ґрунт, сприяє ефективнішому розпушенню ґрунтового шару, кращому охопленню коренеплода та зменшенню його травмування під час викопування. У результаті підвищується якість збирання, зменшуються втрати врожаю та покращуються експлуатаційні показники машини.



Експериментальні дослідження встановили, що параболічний носок, на відміну від конічного, створює більшу кількість руйнівних тріщин у ґрунті. Це зумовлено змінним кутом подрібнення, який забезпечує більш ефективне розпушення ґрунтового середовища. У зв'язку з цим запропонований кореневикопувальний пристрій має переваги порівняно з прототипом,

оскільки дозволяє зменшити травмування коренеплодів під час роботи на сухих важких ґрунтах. Це досягається завдяки раціонально вибраній формі подрібнювальних і викопувальних елементів вилки копача. Додатковою перевагою конструкції є зниження металоємності вилок при збереженні їх подрібнювальної здатності.

3.2 Обґрунтування конструктивних і геометричних параметрів копача

До основних параметрів модернізованого копача належать геометрія носка, ширина захвату, кут підйому викопувальної поверхні та подрібнювальна здатність робочого органа. Саме ці показники визначають характер взаємодії копача з ґрунтом і коренеплодами, а також істотно впливають на тяговий опір і якість викопування.

3.2.1 Розрахунок геометрії носка копача та ширини захвату

Одним із найважливіших елементів копача є його носок, оскільки саме він першим входить у ґрунт і формує характер подальшої взаємодії робочого органа з ґрунтовим середовищем. У модернізованій конструкції носок прийнято параболічної форми. Це обумовлено тим, що така форма забезпечує більш плавне заглиблення в ґрунт, зменшує локальні навантаження у зоні контакту та сприяє інтенсивнішому утворенню руйнівних тріщин у ґрунті.

Для опису профілю носка використаємо рівняння параболі

$$y = ax^2, \quad (3.1)$$

де x — поточна координата вздовж осі носка, м;

y — відхилення профілю від осі симетрії, м;

a — коефіцієнт кривизни параболічного профілю.

Якщо довжина носка становить l_n , а максимальна висота профілю в кінцевій точці дорівнює h_n , то коефіцієнт a визначається з умов

$$a = \frac{h_n}{l_n^2}. \quad (3.2)$$

Для модернізованого копача приймаємо довжину носка $l_n = 0,12$ м, а його максимальну висоту $h_n = 0,04$ м. Тоді

$$a = \frac{0,04}{0,12^2} = 2,78.$$

Отже, рівняння профілю носка матиме вигляд

$$y = 2,78x^2. \quad (3.3)$$

Для оцінки кута нахилу дотичної до профілю у кінцевій точці використаємо похідну

$$\frac{dy}{dx} = 2ax. \quad (3.4)$$

При $x = l_n = 0,12$ м.

$$\frac{dy}{dx} = 2 \cdot 2,78 \cdot 0,12 = 0,667 \quad (3.5)$$

Тоді кут нахилу дотичної до осі руху становитиме

$$\alpha_n = \arctan(0,667) \approx 33,7^\circ. \quad (3.6)$$

Отримане значення свідчить, що носок має достатньо плавну форму для входження в ґрунт, але водночас забезпечує необхідний рівень його руйнування. Таким чином, параболічна геометрія носка є доцільною як з точки зору агротехнічних вимог, так і з точки зору зменшення опору руху.

Ширина захвату копача повинна забезпечувати повне охоплення коренеплоду разом із допустимим відхиленням його положення від осі рядка. Якщо ширина захвату буде недостатньою, частина коренеплодів залишатиметься невикопаною або піддаватиметься частковому перерізанню.

У разі надмірного збільшення ширини захвату на очисні надходитиме зайва кількість ґрунту, що погіршує якість сепарації і збільшує енерговитрати.

Ширину захвату визначимо за залежністю:

$$B = d_k + 2\Delta, \quad (3.7)$$

де d_k – середній максимальний діаметр коренеплоду в зоні підкопування, м;

Δ – допустиме бокове відхилення коренеплоду від осі рядка, м.

Для цукрових буряків середній діаметр коренеплоду в зоні найбільшої товщини можна прийняти $d_k = 0,08...0,10$ м. Допустиме зміщення коренеплоду відносно осі рядка приймаємо $\Delta = 0,025$ м. Тоді $d_k = 0,09$ м отримаємо

$$B = 0,09 + 2 \cdot 0,025 = 0,14 \text{ м.}$$

Отже, раціональна ширина захвату копача становить близько 0,14 м, або 140 мм.

Для перевірки узгодженості цієї величини з міжряддям цукрових буряків визначимо відносну частку захвату від ширини міжряддя:

$$\eta_B = \frac{B}{b_m}, \quad (3.8)$$

де b_m – ширина міжряддя, м.

При $b_m = 0,45$ м

$$\eta_B = \frac{0,14}{0,45} = 0,311.$$

Це означає, що ширина захвату копача становить близько 31% ширини міжряддя, що є допустимим і не призводить до зайвого захоплення ґрунтової маси. Таким чином, прийнята ширина забезпечує повне підкопування коренеплодів і водночас не перевантажує очисну систему машини.

3.2.2. Розрахунок кута підйому викопувальної поверхні та подрібнювальної здатності копача

Кут підйому викопувальної поверхні є важливим параметром, який визначає характер піднімання коренеплоду після його підкопування. При малому куті погіршується піднімання коренеплоду і збільшується ймовірність його ковзання по робочій поверхні без належного виведення з ґрунту. Надто великий кут викликає різке піднімання, що може призвести до підвищеного травмування коренеплоду та зростання енерговитрат.

Кут підйому можна оцінити з геометричного співвідношення

$$\tan \beta = \frac{h_p}{l_p}, \quad (3.9)$$

де h_p – висота підйому коренеплоду по викопувальній поверхні, м;

l_p – довжина активної ділянки викопувальної поверхні, м.

Прийmemo для розрахунку $h_p = 0,10$ м, $l_p = 0,28$ м. Тоді

$$\tan \beta = \frac{0,10}{0,28} = 0,357,$$

звідки

$$\beta = \arctan(0,357) \approx 19,7^\circ. \quad (3.10)$$

Отриманий кут підйому викопувальної поверхні близький до 20, що можна вважати раціональним. Таке значення забезпечує достатньо плавне

піднімання коренеплоду, зменшує небезпеку його зрізу або обривання хвостової частини, а також покращує подавання викопаної маси до наступних робочих органів.

Для додаткової перевірки можна скористатися умовою переміщення коренеплоду по поверхні без ковзання назад:

$$\beta < \varphi, \quad (3.11)$$

де φ – кут тертя коренеплоду по металевій поверхні.

Для буряків по сталевій поверхні кут тертя можна прийняти в межах 25...30. Оскільки

$$19,7^\circ < 25^\circ, \quad (3.12)$$

умова виконується, тобто коренеплід буде стійко переміщуватися по викопульнів поверхні без небажаного зворотного ковзання.

Одним із важливих показників роботи копача є його здатність руйнувати ґрунтовий масив у зоні розташування коренеплоду. Від цього залежить ступінь послаблення зв'язку коренеплоду з ґрунтом, величина тягового опору, пошкодження коренеплодів та якість подальшого очищення вороху. У модернізованій конструкції подрібнювальна здатність підвищується за рахунок параболічного носка і спеціальної форми подрібнювальних елементів.

Оцінку подрібнювальної здатності виконаємо за коефіцієнтом подріблення

$$K_p = \frac{S_t}{S_0}, \quad (3.13)$$

де S_t – сумарна площа поверхонь руйнування ґрунту після проходження робочого органу, м^2 ;

S_0 – початкова площа перерізу ґрунтового шару, що взаємодіє з копачем, м^2 .

Початкову площу перерізу шару визначимо як

$$S_0 = B \cdot h, \quad (3.14)$$

де B – ширина захвату копача, м;

h – глибина підкопування, м.

При $B = 0,14 \text{ м}$ і $h = 0,10 \text{ м}$ маємо

$$S_0 = 0,14 \cdot 0,10 = 0,014 \text{ м}^2.$$

У результаті дії параболічного носка та подрібнювальних елементів у ґрунті утворюються додаткові поверхні руйнування. За експериментальними даними для копачів із параболічним носком сумарна площа руйнування може перевищувати початкову площу перерізу в 1,4-1,8 рази. Прийmemo середнє значення

$$S_t = 1,6 S_0 = 1,6 \cdot 0,014 = 0,0224 \text{ м}^2.$$

Тоді коефіцієнт подрібнення становитиме

$$K_p = \frac{0,0224}{0,014} = 1,6.$$

Отримане значення показує, що модернізований робочий орган забезпечує істотне збільшення площі руйнування ґрунтового шару порівняно з початковим перерізом. Це свідчить про достатньо високу подрібнювальну здатність копача.

Для порівняння можна зазначити, що для носків простої конічної форми коефіцієнт подрібнення зазвичай є нижчим і становить близько 1,2...1,35.

Отже застосування параболічної форми дозволяє підвищити інтенсивність руйнування ґрунту приблизно на 15-30%, що позитивно впливає на якість викопування коренеплодів і знижує ймовірність їх травмування.

3.2.3 Розрахунок зусиль, що діють на робочі органи копача

Для визначення навантажень, що діють на робочий орган копача в процесі викопування коренеплодів, доцільно розглянути розрахункову схему його взаємодії з ґрунтом і технологічним матеріалом. У процесі роботи на копач діє складна система сил, зумовлена заглибленням носка в ґрунт, руйнуванням і розпушенням ґрунтового шару, а також підніманням і переміщенням коренеплодів разом із ворохом. Для подальшого міцнісного розрахунку необхідно встановити величину рівнодіючої сили опору та її складові. Саме з цією метою побудовано розрахункову схему копача (рис.3.2.), яка відображає характер прикладання сил і дає змогу перейти до аналітичного визначення навантажень.

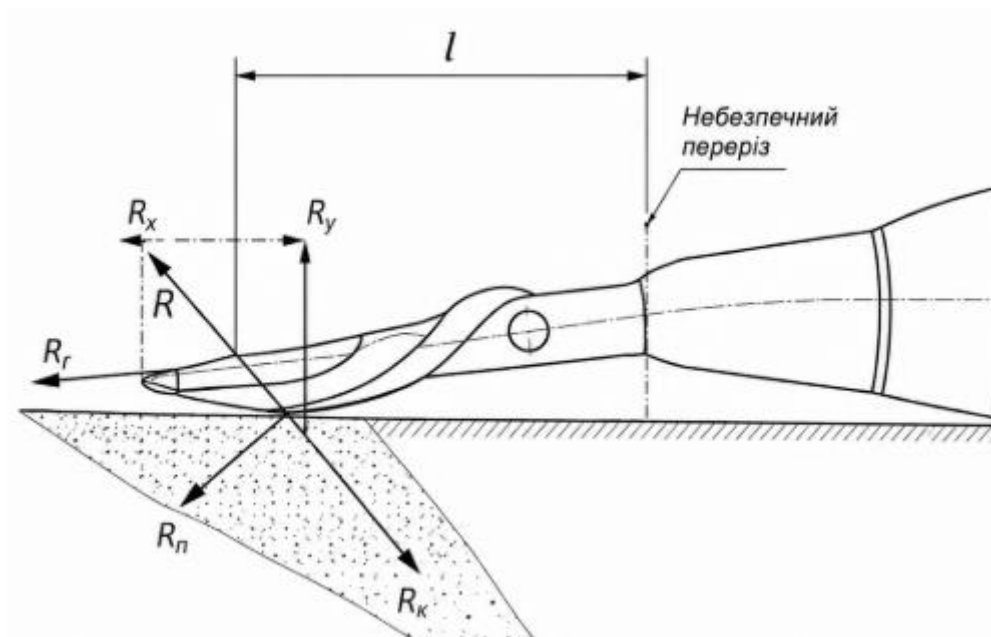


Рис.3.2. Розрахункова схема копача

Загальне зусилля опору на один копач визначаємо як суму складових:

$$R = R_r + R_n + R_k, \quad (3.15)$$

де R_r – зусилля опору заглибленню і переміщенню носка в ґрунті, Н;

R_n – зусилля на подрібнення і розпушення ґрунту, Н;

R_k – зусилля на піднімання і переміщення коренеплодів разом із ворохом, Н.

Опір заглибленню визначаємо за формулою

$$R_r = kBh, \quad (3.16)$$

де k – питомий опір ґрунту, Н/м².

Приймаємо $k = 3,0 \cdot 10^5$ Н/м², $B = 0,14$ м, $h = 0,10$ м. Тоді

$$R_r = 3,0 \cdot 10^5 \cdot 0,14 \cdot 0,10 = 4200 \text{ Н.}$$

Зусилля на подрібнення ґрунту визначаємо як частку від основного опору:

$$R_{rr} = \varphi R_r, \quad (3.17)$$

де φ – коефіцієнт додаткового опору розпушенню.

Приймаємо $\varphi = 0,25$. Тоді

$$R_{rr} = 0,25 \cdot 4200 = 1050 \text{ Н.}$$

Зусилля на піднімання коренеплодів і переміщення вороху

$$R_k = \psi R_r, \quad (3.18)$$

де ψ – коефіцієнт, що враховує витрати на переміщення коренеплодів і ґрунтової маси.

Приймаємо $\psi = 0,15$. Тоді

$$R_k = 0,15 \cdot 4200 = 630 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля опору на один копач становитиме

$$R = 4200 + 1050 + 630 = 5880 \text{ Н.}$$

Отже,

$$R = 5,88 \text{ Н.}$$

Розкладаємо це зусилля на горизонтальну і вертикальну складові:

$$R_x = R \cos \alpha, \quad (3.19)$$

$$R_y = R \sin \alpha, \quad (3.20)$$

де $\alpha = 20^\circ$.

Тоді

$$R_x = 5880 \cos 20^\circ = 5527 \text{ Н.}$$

$$R_y = 5880 \sin 20^\circ = 2011 \text{ Н.}$$

Горизонтальна складова визначає тяговий опір копача, а вертикальна - впливає на його заглиблення та навантаження у вузлі кріплення.

Згинальний момент у небезпечному перерізі визначаємо за формулою

$$M = R \cdot L, \quad (3.21)$$

де l – відстань від точки прикладання сили до небезпечного перерізу.

Приймаємо $l = 0,18 \text{ м.}$

$$M = 5880 \cdot 0,18 = 1058,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

При наявності двох точок кріплення навантаження на одну точку становитиме

$$R_1 = \frac{R}{2} = \frac{5880}{2} = 2940 \text{ Н.} \quad (3.22)$$

Отримані значення є вихідними для перевірки міцності копача.

3.2.4. Розрахунок основних елементів копача на згин

Найбільш відповідальними елементами конструкції є вилчастий робочий орган, носкова частина, болтові з'єднання та зварні шви вузла кріплення. Основним видом навантаження є згин.

Напруження згину визначаємо за формулою

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (3.23)$$

де W – момент опору перерізу.

Для прямокутного перерізу

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad (3.24)$$

де b – ширина перерізу, м;

h – висота перерізу, м.

Приймаємо $b = 0,03$ м, $h = 0,05$ м. Тоді

$$W = \frac{0,03 \cdot 0,05^2}{6} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Тоді напруження згину

$$\sigma = \frac{1058,4}{1,25 \cdot 10^{-5}} = 84,7 \text{ МПа.}$$

Для сталі 45 допустиме напруження при згині приймаємо

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$84,7 \leq 160 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{160}{84,7} = 1,89. \quad (3.25)$$

Приймемо, що на носкову частину припадає 35% загального навантаження:

$$R_n = 0,35 R = 0,35 \cdot 5880 = 2058 \text{ Н.}$$

При плечі дії сили $l_n = 0,08$ м згинальний момент становить

$$M_n = R_n \cdot l_n = 2058 \cdot 0,08 = 164,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для перерізу носка з розмірами $b_n = 0,025 \text{ м}$, $h_n = 0,04 \text{ м}$ момент опору дорівнює

$$W_n = \frac{b_n h_n^2}{6} = \frac{0,025 \cdot 0,04^2}{6} = 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.26)$$

Тоді напруження

$$\sigma_n = \frac{M_n}{W_n} = \frac{164,6}{6,67 \cdot 10^{-6}} = 24,7 \text{ МПа}. \quad (3.29)$$

Отримане значення не перевищує допустимого, тому носкова частина має достатню міцність. Однак через значення абразивне зношування для неї доцільно передбачити зміцнення поверхні.

3.2.5. Перевірка болтового кріплення копача

Для оцінки міцності вузла приєднання копача виконується перевірка болтового кріплення на зріз. Необхідність такого розрахунку обумовлена тим, що під час роботи машини болт сприймає навантаження від зовнішніх сил, які передаються через з'єднувані деталі. Для наочного подання характеру роботи болта складено розрахункову схему, на якій показано напрям дії зусиль, площину зрізу та основні розрахункові параметри. Схему болтового кріплення на зріз наведено на рисунку 3.3.

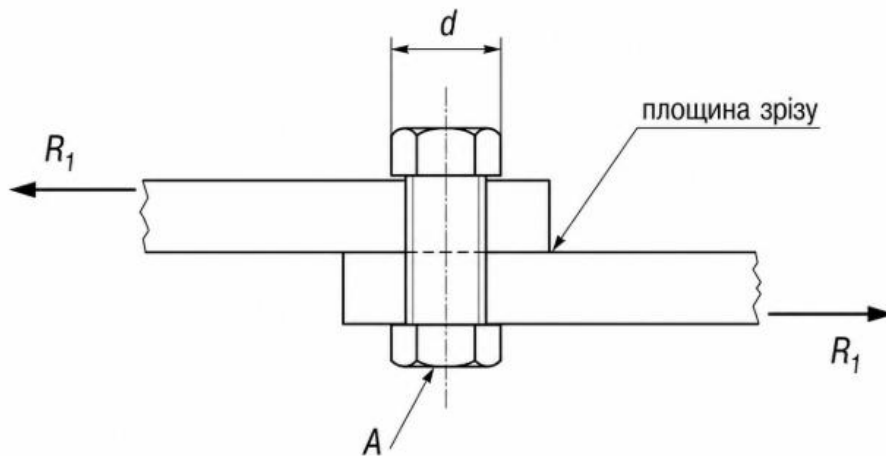


Рис.3.3. Розрахункова схема болтового кріплення копача на зріз

Як видно з рисунка 3.3, під дією сил R_1 , прикладених до з'єднаних деталей у протилежних напрямках, у стрижні болта виникає напруження зрізу. Розрахунок виконується за площею поперечного перерізу болта А-А, яка визначається через його діаметр d . На основі цієї схеми встановлюють фактичне напруження зрізу та порівнюють його з допустимим значенням.

Напруження зрізу у болті визначається за формулою:

$$\tau = \frac{R_1}{A}, \quad (3.30)$$

де A – площа поперечного перерізу болта.

Для болта діаметром $a - 12$ мм

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (3.31)$$

Тоді

$$\tau = \frac{2940}{1,13 \cdot 10^{-4}} = 26,0 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження зрізу для сталевих болтів приймаємо

$$[\tau] = 80 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$26,0 < 80 \text{ МПа.}$$

болтове з'єднання є достатньо міцним.

3.3. Експлуатаційні розрахунки модернізованої машини КС-6Б

Експлуатаційна оцінка модернізованої машини КС-6Б дає змогу встановити, наскільки запропоноване вдосконалення копача впливає на ефективність збирання цукрових буряків у виробничих умовах. До основних показників, які характеризують роботу машини, належать робоча швидкість руху, продуктивність, тяговий опір, витрата палива, а також втрати і пошкодження коренеплодів. Саме ці параметри найбільш повно відображають технічний та експлуатаційний ефект від модернізації.

У зв'язку з тим, що вдосконалення стосується викопувального апарата, при проведенні розрахунків основну увагу приділено показникам, безпосередньо пов'язаним із процесом викопування коренеплодів, навантаженням на машину та якістю виконання технологічного процесу.

Визначення робочої швидкості руху. Робоча швидкість руху бурякозбиральної машини є важливим параметром, який впливає як на продуктивність, так і на якість збирання. За зниженої швидкості зменшується виробіток машини, а за надмірно великої погіршується якість викопування, зростають втрати та підвищується пошкодження коренеплодів. Тому для машини КС-6Б необхідно прийняти таку швидкість, яка забезпечує задовільне поєднання продуктивності та агротехнічної якості роботи.

Робоча швидкість визначається за формулою

$$v = \frac{S}{t}, \quad (3.32)$$

де

S – пройдений машиною шлях, м;

t – час руху, с.

Для бурякозбиральних машин типу КС-6Б робоча швидкість у польових умовах, як правило, перебуває в межах 5,0...0,8 км/год. З урахуванням модернізації копача, яка забезпечує краще розпушення ґрунту і плавніше піднімання коренеплодів, приймаємо розрахункову швидкість

$$v = 1,8 \text{ м/с.}$$

Переведемо її у км/год:

$$v = 1,8 \cdot 3,6 = 6,48 \text{ км/год.}$$

Отже, для подальших розрахунків робочу швидкість руху модернізованої машини приймаємо

$$v = 6,8 \text{ км/год.}$$

Прийнята швидкість відповідає допустимим режимам роботи бурякозбиральних машин і забезпечує належну якість викопування коренеплодів.

Продуктивність машини є одним із головних показників її експлуатаційної ефективності. Вона визначається шириною захвату, робочою швидкістю руху та коефіцієнтом використання часу.

Теоретичну продуктивність визначаємо за формулою

$$W_t = 0,36Bv, \quad (3.33)$$

де B – ширина захвату машини, м;

v – робоча швидкість, м/с.

Ширина захвату КС-6Б, яка працює на шести рядках з міжряддям 0,45 м, становить

$$B = 6 \cdot 0,45 = 2,7 \text{ м.}$$

Тоді теоретична продуктивність дорівнює

$$W_T = 0,36 \cdot 2,7 \cdot 1,8 = 1,75 \text{ га/год.}$$

Для визначення продуктивності за годину змінного часу враховуємо коефіцієнт використання часу зміни τ . Для бурякозбиральних машин можна прийняти

$$\tau = 0,78.$$

Тоді теоретична продуктивність дорівнює

$$W_{зм} = W_T \cdot \tau = 1,75 \cdot 0,78 = 1,37 \text{ га/год.} \quad (3.34)$$

За 8-годинну зміну змінна продуктивність машини дорівнює

$$W_8 = 1,37 \cdot 8 = 10,96 \text{ га/зм.}$$

Отже, модернізована машина КС-6Б може забезпечити продуктивність близько 11 га за зміну, що є достатнім показником для ефективного використання її у виробничих умовах.

Тяговий опір є одним із основних показників, що характеризують енергоємність роботи машини. Він визначає навантаження на ходову частину, привід і двигун, а також впливає на витрату палива. Основна частина тягового опору при збиранні буряків створюється саме викопувальними робочими органами.

У попередньому розділі було встановлено, що горизонтальна складова зусилля, яка діє на один модернізований копач, становить

$$R_x = 5527 \text{ Н.} \quad (3.35)$$

Оскільки машина КС-6Б оснащена шістьма копачами, загальний тяговий опір від їх дії дорівнює

$$R_{\Sigma} = 6 \cdot 5527 = 33162 \text{ Н.}$$

Окрім цього, під час роботи виникає додатковий опір від очисних і транспортуючих органів, тертя в механізмах і переміщення машини по полю. Для врахування цих факторів вводимо коефіцієнт додаткового опору

$$k_d = 1,15.$$

Тоді повний тяговий опір машини становитиме

$$R_{\pi} = R_{\Sigma} \cdot k_d = 33162 \cdot 1,15 = 38136 \text{ Н}.$$

Отже,

$$R_{\pi} = 38136 \text{ кН}.$$

Отримане значення свідчить, що модернізована машина має допустимий рівень тягового опору, а вдосконалення копача не викликає надмірного зростання навантаження на машину.

Витрата палива є важливим експлуатаційним та економічним показником, оскільки характеризує енергоємність технологічного процесу і впливає на собівартість збирання буряків.

Для визначення витрати палива спочатку знайдемо потрібну потужність на подолання тягового опору. Вона визначається за формулою

$$N = \frac{R_{\pi} \cdot v}{1000}, \quad (3.36)$$

де R_{π} – повний тяговий опір машини, Н;

v – робоча швидкість, м/с.

Підставляючи значення отримаємо

$$N = \frac{38136 \cdot 1,8}{1000} = 68,64 \text{ кВт}.$$

Для врахування витрат потужності на привід робочих органів машини вводимо додаткову потужність

$$N_d = 22 \text{ кВт}.$$

Тоді загальна потрібна потужність дорівнює

$$N_{\Sigma} = 68,64 + 22 = 90,64 \text{ кВт}.$$

З урахуванням запасу потужності 15% маємо

$$N_{\text{потр}} = 1,15 \cdot 90,64 = 104,24 \text{ кВт.}$$

Годинну витрату палива визначаємо за формулою

$$G_r = g_e \cdot N_{\text{потр}}, \quad (3.37)$$

де g_e – питома витрата дизельного палива, кг/(кВт·год).

Для дизельного двигуна приймаємо

$$g_e = 0,23 \text{ кг/(кВт·год)}.$$

Тоді

$$G_r = 0,23 \cdot 104,24 = 23,98 \text{ кг/год.}$$

Об'ємна витрата палива за годину становить

$$Q_r = \frac{G_r}{\rho}, \quad (3.38)$$

де $\rho = 0,84 \text{ кг/л}$ – густина дизельного палива.

$$Q_r = \frac{23,98}{0,84} = 28,55 \text{ л/год.}$$

Витрата палива на 1 га визначається як

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_r}{W_{\text{зм}}}, \quad (3.39)$$

$$Q_{\text{га}} = \frac{28,55}{1,37} = 20,84 \text{ л/га.}$$

Отже, орієнтовна витрата палива модернізованої машини КС-6Б становить 28,6 л/год або 20,8 л/га.

Висновки по розділу

1. Розрахунок сил показав, що загальне зусилля, яке діє на один копач, становить 5,88 кН, а згинальний момент у небезпечному перерізі дорівнює 1058,4 Н·м. Проведений міцнісний розрахунок встановив, що вилчастий елемент, носкова частина, болтові кріплення та зварні шви мають достатній запас міцності й забезпечують надійну роботу копача в умовах експлуатації.

2. У результаті проведених експлуатаційних розрахунків встановлено, що модернізована машина КС-6Б може працювати з раціональною робочою швидкістю 6,5 км/год, забезпечуючи при цьому продуктивність 1,37 га/год і змінну продуктивність близько 11 га за 8-годинну зміну. Повний тяговий опір машини становить 38,1 кН, що відповідає допустимим умовам роботи бурякозбиральної техніки цього класу. Запропонована конструкція модернізованого копача є працездатною, надійною та придатною для використання у складі бурякозбиральної машини КС-6Б. Її застосування створює передумови для зменшення втрат і пошкодження коренеплодів, покращення якості збирання та підвищення ефективності роботи машини в цілому.

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗБИРАННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

4.1 Аналіз умов праці та небезпечних виробничих чинників

Збирання цукрових буряків є відповідальним механізованим процесом, під час якого на працівників можуть впливати небезпечні й шкідливі виробничі чинники. Основними з них є рухомі та обертові частини бурякозбиральної машини, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря, можливість травмування під час регулювання, очищення або ремонту робочих органів, а також ризик виникнення аварійних ситуацій у процесі руху техніки по полю та дорогах загального користування. Тому забезпечення безпечних умов праці є обов'язковою складовою організації збиральних робіт.

Поряд із вимогами безпеки праці важливе значення має і дотримання природоохоронних заходів. Під час роботи бурякозбиральної техніки можливе ущільнення ґрунту, забруднення поля паливно-мастильними матеріалами, викиди відпрацьованих газів та підвищене пиловиділення. У зв'язку з цим організація збирання цукрових буряків повинна поєднувати заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

У процесі збирання цукрових буряків на механізатора та обслуговуючий персонал діє низка небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Найбільшу небезпеку становлять копачі, транспортери, очисні та привідні механізми, які під час роботи перебувають у русі. Недотримання правил експлуатації може спричинити травмування рук, ніг або інших частин тіла працівника. Додатковими негативними чинниками є шум, вібрація, пил, нагріті поверхні двигуна та вихлопної системи, а також значне нервово-емоційне навантаження механізатора під час тривалої роботи.

До роботи на бурякозбиральних машинах допускаються лише особи, які пройшли медичний огляд, інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань. Механізатор повинен мати посвідчення на

право керування самохідною сільськогосподарською машиною. Перед початком робіт необхідно перевірити технічний стан машини, справність гальм, рульового керування, освітлення, сигналізації, захисних кожухів і наявність засобів пожежогасіння.

4.2 Заходи з охорони праці під час роботи та технічного обслуговування машини

Під час збирання цукрових буряків механізатор зобов'язаний суворо дотримуватися правил безпечної експлуатації машини. Перед запуском двигуна потрібно впевнитися, що всі органи керування перебувають у нейтральному положенні, а в зоні роботи машини немає людей. Під час руху слід дотримуватися встановленої швидкості, уникати різких поворотів і не допускати перебування сторонніх осіб поблизу робочих органів.

Забороняється очищати, регулювати або ремонтувати машину при працюючому двигуні. Усі роботи, пов'язані з усуненням забивання копачів, транспортерів та інших вузлів, дозволяється виконувати лише після повної зупинки машини, вимкнення двигуна та вжиття заходів проти її самовільного руху. Для очищення робочих органів необхідно використовувати спеціальні скребки або інший інструмент, а не руки.

Технічне обслуговування і ремонт машини повинні проводитися на рівному майданчику з твердим покриттям. Перед початком таких робіт машину потрібно загальмувати, а під колеса, за необхідності, встановити упори. Під час роботи під піднятими вузлами слід користуватися надійними підставками. Важливе значення має і забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці: механізатор повинен працювати у спецодязі, спеціальному взутті, рукавицях, а при підвищеній запиленості - використовувати засоби захисту органів дихання та зору.

4.3 Заходи захисту навколишнього середовища під час збирання цукрових буряків

Під час збирання цукрових буряків необхідно вживати заходів для зменшення негативного впливу техніки на довкілля. Насамперед це стосується збереження структури ґрунту. Для цього слід уникати зайвих проходів машини по полю, дотримуватися раціональних маршрутів руху та не виконувати роботи на надмірно зволжених ґрунтах, коли різко зростає небезпека їх ущільнення.

Особливу увагу потрібно приділяти попередженню забруднення ґрунту і водних об'єктів паливно-мастильними матеріалами. Заправлення і ремонт техніки повинні проводитися з дотриманням вимог екологічної безпеки. У разі випадкового розливу пального забруднену ділянку необхідно негайно локалізувати та очистити. Для зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу слід підтримувати двигун у справному стані, своєчасно регулювати паливну апаратуру та контролювати роботу системи випуску газів.

Рослинні рештки, що утворюються під час збирання, не слід спалювати на полі, оскільки це призводить до забруднення повітря та погіршення екологічного стану території. Їх доцільно використовувати як органічну масу для повернення в ґрунт або для інших господарських потреб. Таким чином, дотримання природоохоронних заходів дає можливість забезпечити екологічно допустиме виконання збиральних робіт.

Висновок по розділу

Безпечне виконання робіт під час збирання цукрових буряків можливе лише за умови належної організації охорони праці та дотримання вимог захисту навколишнього середовища. Основними умовами безпечної роботи є технічна справність бурякозбиральної машини, підготовленість персоналу,

суворе дотримання правил експлуатації та виконання регламентних робіт тільки після повної зупинки машини.

Водночас важливим є зменшення шкідливого впливу на довкілля, насамперед запобігання ущільненню ґрунту, витокам паливно-мастильних матеріалів, надмірному пиловиділенню та забрудненню атмосферного повітря. Отже, поєднання заходів з охорони праці та екологічної безпеки є необхідною умовою ефективного і безпечного використання модернізованої машини КС-6БМ.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕРНІЗОВАНОЇ МАШИНИ КС-6БМ

Запропоноване вдосконалення бурякозбиральної машини КС-6БМ має сенс лише за умови, що вона не тільки покращує технологічний процес викопування коренеплодів, а й забезпечує помітний господарський результат. Саме тому після виконання конструктивних і експлуатаційних розрахунків доцільно перейти до оцінювання технічної та економічної ефективності модернізованої машини в умовах практичного використання.

Суть такої оцінки полягає у зіставленні базового та вдосконаленого варіантів машини за найважливішими виробничими показниками. До них належать виробіток за одиницю часу, витрати пального, трудомісткість виконання робіт, рівень втрат коренеплодів, ступінь їх пошкодження, а також величина додатково збереженої продукції. На підставі цього встановлюють річний економічний результат від модернізації та визначають строк повернення коштів, витрачених на її впровадження.

Для проведення розрахунків прийнято вихідні показники, наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Сукупність вихідних показників для порівняння базової та
модернізованої машин

Найменування показника	Одиниця виміру	КС-6Б	КС-6БМ
Площа сезонного обсягу збирання	га	220	220
Фактичний виробіток за 1 год змінного часу	га/год	1,28	1,37
Питома витрата дизельного пального	л/га	21,6	20,8
Кількість працівників, що обслуговують машину	чол.	1	1

Втрати коренеплодів у процесі збирання	%	4,4	2,9
Частка механічно пошкоджених коренеплодів	%	11,0	6,0
Вартість машини на балансі господарства	грн	780000	792000
Витрати на проведення модернізації	грн	-	12000
Вартість 1 л дизельного пального	грн/л	58	58
Оплата праці механізатора за 1 год роботи	грн/год	120	120
Середній рівень урожайності буряків	т/га	50,0	50,0
Середня ціна реалізації 1 т коренеплодів	грн/т	2200	2200

Насамперед визначимо витрати робочого часу на виконання річного обсягу робіт. Для цього використовуємо залежність

$$T = \frac{Q}{W}, \quad (3.1)$$

де Q – площа сезонного обсягу збирання, га;

W – виробіток за 1 год змінного часу, га/год.

Для серійної машини КС-6Б отримаємо

$$T_{\text{б}} = \frac{220}{1,28} = 171,9 \text{ год},$$

а для модернізованої КС-6БМ

$$T_{\text{м}} = \frac{220}{1,37} = 160,6 \text{ год}.$$

Таким чином, завдяки підвищенню продуктивності річна потреба у часі зменшується на

$$\Delta T = 171,9 - 160,6 = 11,3 \text{ год}.$$

Далі визначимо витрати на оплату праці механізатора. Для цього скористаємося виразом

$$C_{\text{пр}} = T \cdot n \cdot c_{\text{год}}, \quad (3.2)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, чол;

$c_{\text{год}}$ – погодинна оплата праці, грн/год.

Для базового варіанта машини:

$$C_{\text{пр.б}} = 171,9 \cdot 1 \cdot 120 = 20628 \text{ грн},$$

для модернізованого варіанта:

$$C_{\text{пр.м}} = 160,6 \cdot 1 \cdot 120 = 19272 \text{ грн}.$$

$$\Delta C_{\text{пр}} = 20628 - 19272 = 1356 \text{ грн}.$$

Важливе місце у структурі експлуатаційних витрат займає пальне. Річні витрати на нього визначаємо за формулою

$$C_{\text{пал}} = q \cdot Q \cdot c_{\text{пал}}, \quad (3.3)$$

де q – витрата пального на 1 га, л/га;

$c_{\text{пал}}$ – ціна 1 л дизельного пального, грн/л.

Для базової машини:

$$C_{\text{пал.б}} = 21,6 \cdot 220 \cdot 58 = 275616 \text{ грн},$$

для модернізованої машини:

$$C_{\text{пал.м}} = 20,8 \cdot 220 \cdot 58 = 265408 \text{ грн}.$$

Тоді річне скорочення витрат на пальне дорівнює

$$\Delta C_{\text{пал}} = 275616 - 265408 = 10208 \text{ грн}.$$

Однак найбільш відчутній ефект від модернізації копача проявляється не тільки через зниження витрат часу та пального, а насамперед через зменшення витрат коренеплодів під час збирання. Саме цей чинник формує основну частину економічного результату.

Масу додатково збереженої продукції на 1 га визначаємо за формулою

$$\Delta m = Y \cdot \frac{P_{\text{б}} - P_{\text{м}}}{100}, \quad (3.4)$$

де Y – урожайність буряків, т/га;

$P_{\text{б}}$ – втрати для базової машини, %;

$P_{\text{м}}$ – втрати для модернізованої машини, %.

Підставляючи значення отримаємо

$$\Delta m = 50 \cdot \frac{4,4 - 2,9}{100} = 0,75 \text{ т/га.}$$

Вартість додатково збереженої продукції з 1 га дорівнює

$$C_{\text{зб.1га}} = \Delta m \cdot c = 0,75 \cdot 2200 = 1650 \text{ грн/га}, \quad (3.5)$$

де c – ціна реалізації 1 т коренеплодів, грн/т.

Для всього сезонного обсягу робіт отримаємо

$$C_{\text{зб}} = 1650 \cdot 220 = 363000 \text{ грн.}$$

Отже, лише за рахунок зниження втрат урожаю модернізований варіант машини забезпечує господарству збереження продукції на суму 363000 грн за сезон.

Сумарний річний економічний результат від модернізації визначаємо як суму скорочення витрат на пальне, оплати праці та вартості додатково збереженої продукції:

$$E_{\text{річ}} = \Delta C_{\text{пал}} + \Delta C_{\text{пр}} + C_{\text{зб}}, \quad (3.6)$$

$$E_{\text{річ}} = 10208 + 1356 + 363000 = 374564 \text{ грн.}$$

Одержане значення свідчить, що впровадження модернізованого копача дає відчутний господарський результат уже в перший рік експлуатації.

Для оцінки інвестиційної доцільності вдосконалення визначимо строк повернення додаткових витрат на модернізацію:

$$T_{\text{пов}} = \frac{K_{\text{дод}}}{E_{\text{річ}}}, \quad (3.7)$$

де $K_{\text{дод}}$ – сума витрат на модернізацію, грн.

$$T_{\text{пов}} = \frac{12000}{374564} = 0,032 \text{ року.}$$

Отже, додаткові вкладення повертаються менш ніж за один виробничий сезон, що свідчить про високу ефективність запропонованого технічного рішення.

Для узагальнення результатів розрахунку підсумкові показники подано в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Зведені результати оцінювання ефективності впровадження модернізації

Показник	Одиниця виміру	Базова машина КС-6Б	Модернізована машина КС-6БМ
Виробіток за 1 год змінного часу	га/год	1,28	1,37
Потреба в робочому часі за сезон	год	171,9	160,6
Витрати на оплату праці	грн	20628	19272
Річні витрати на дизельне паливо	грн	275616	265408
Втрати коренеплодів у процесі збирання	%	4,4	2,9
Пошкодження коренеплодів	%	11,0	6,0
Вартість додатково збереженої продукції	грн	-	363000
Витрати на виконання модернізації	грн	-	12000
Річний економічний результат	грн	-	374564
Строк повернення вкладених коштів	роки	-	0,03

Проведене оцінювання показує, що модернізована машина КС-6БМ є більш вигідною порівняно з базовим варіантом. Підвищення її ефективності пояснюється не лише деяким зростанням продуктивності та зниженням питомих витрат пального, а передусім скороченням втрат коренеплодів під час викопування. Саме завдяки збереженню додаткової маси врожаю формується основна частина економічного результату від модернізації.

Висновок по розділу

У результаті техніко-економічного оцінювання встановлено, що вдосконалення конструкції копача бурякозбиральної машини КС-6БМ є доцільним як з технічної, так і з господарської точки зору. Порівняно з базовою машиною модернізований варіант забезпечує вищий виробіток, менші витрати пального, зниження працевитрат, а також істотне скорочення втрат і пошкодження коренеплодів.

Розрахунки показали, що річний економічний результат від застосування машини КС-6БМ становить 374564 грн, а період повернення коштів, витрачених на модернізацію, дорівнює 0,03 року. Це підтверджує, що запропоноване конструктивне вдосконалення є ефективним і може бути рекомендоване для впровадження у виробничих умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що технології вирощування цукрових буряків в Україні та країнах Європи мають спільну загальну структуру, однак суттєво відрізняються рівнем технічного, організаційного та цифрового забезпечення. Для України характерним є переважання класичних технологічних схем, тоді як у країнах Європи ширше застосовуються адаптивні, ресурсозберігаючі та високоточні технології.

2. За результатами аналізу існуючих машин і патентних рішень для збирання цукрових буряків можна зробити висновок, що розвиток бурякозбиральної техніки спрямований на підвищення продуктивності, зменшення втрат коренеплодів, зниження їх пошкодження та покращення якості очищення вороху від ґрунтових і рослинних домішок. Незважаючи на значну кількість сучасних технічних рішень, багато машин мають складну конструкцію, високу вартість і не завжди повною мірою відповідають умовам експлуатації у вітчизняних господарствах. У зв'язку з цим особливого значення набуває вдосконалення наявних бурякозбиральних комбайнів, які вже застосовуються у виробництві.

3. У результаті виконаного конструктивного розрахунку модернізованого копача встановлено, що прийнята форма і геометричні параметри його робочих органів є технічно обґрунтованими. Параболічний носок забезпечує плавне входження в ґрунт і сприяє інтенсивнішому його руйнуванню, ширина захвату 140 мм є достатньою для надійного підкопування коренеплодів, а кут підйому викопувальної поверхні близько 20° забезпечує плавне переміщення коренеплодів без значного травмування. Коефіцієнт подрібнення ґрунту, що дорівнює 1,6, підтверджує підвищену подрібнювальну здатність модернізованого робочого органа.

4. Розрахунок витрати палива показав, що модернізована машина потребує близько 28,6 л/год дизельного палива, або 20,8 л/га. Отримані

значення свідчать про прийнятний рівень енергоємності технологічного процесу та можливість ефективного використання машини в польових умовах.

5. Безпечне та екологічно обґрунтоване збирання цукрових буряків можливе лише за умови комплексного дотримання вимог охорони праці та захисту навколишнього середовища. Основними напрямками забезпечення безпеки є належна організація робіт, технічна справність бурякозбиральної машини, використання захисних пристроїв, своєчасне проведення інструктажів і дотримання правил безпечної експлуатації техніки.

6. Проведене техніко-економічне оцінювання показало, що модернізація бурякозбиральної машини КС-6БМ є практично виправданою та економічно вигідною. Удосконалення копача позитивно позначилося на основних показниках роботи машини: підвищився виробіток, зменшилися витрати часу на виконання сезонного обсягу робіт, скоротилися витрати дизельного пального та покращилася якість збирання коренеплодів.

7. Найбільш вагомим результатом модернізації стало зниження втрат і пошкодження цукрових буряків у процесі викопування. Саме це забезпечило найбільшу частку загального економічного результату, оскільки дало змогу зберегти додаткову кількість товарної продукції. За розрахунками, річний економічний результат від використання модернізованої машини становить 374564 грн, а витрати на проведення модернізації повертаються протягом дуже короткого часу - близько 0,03 року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравчук В. І., Мельник Ю. Ф., Лебедев А. Т. та ін. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. Київ: Агроосвіта, 2018. 509 с.
2. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
3. Булгаков В. М., Адамчук В. В. Механіко-технологічні процеси в рослинництві. Київ: НУБіП України, 2014. 340 с.
4. Погорілий Л. В., Гриньків А. Г. Технічні засоби для рослинництва. Київ: Аграрна наука, 2012. 320 с.
5. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 3. Посівні машини / П. М. Заїка. - Харків : Око, 2005. - 412 с.
6. Мельник Ю. Ф., Кравчук В. І. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: НУБіП України, 2016. 280 с.
7. Буряківництво: підручник / за ред. М. В. Роїка. Київ: Аграрна наука, 2017. 432 с.
8. Федоренко В. П., Покозій Й. Т., Круть М. В. Інтегрований захист рослин. Київ: Колобіг, 2018. 352 с.
9. Клендій М. Б. Конструювання і розрахунок машин та обладнання агропромислового виробництва / М. Б. Клендій. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018. - 356 с.
10. Ганженко О. М. Цукрові буряки: технологія вирощування / О. М. Ганженко, М. Я. Шевніков, Л. М. Глущенко. - Полтава : Астроя, 2019. - 220 с.
11. Шевніков М. Я. Технологія вирощування цукрових буряків / М. Я. Шевніков, О. М. Ганженко. - Полтава : РВВ ПДАА, 2016. - 196 с.
12. Гадзало Я. М., Балюк С. А. Агроекологія та застосування засобів захисту рослин. Київ: НУБіП України, 2019. 280 с.
13. Погорілий Л. В., Татянюк М. В. Бурякозбиральні машини: конструкція, теорія і розрахунок. Київ: Урожай, 2001. 232 с.

14. Гангур В. В. Рослинництво: технології вирощування польових культур / В. В. Гангур, М. Я. Шевніков, Л. Т. Глущенко. - Полтава : Дивосвіт, 2018. - 435 с.
15. Булгаков В. М., Івановс С., Адамчук В. В., Борис А. М. Теоретичне дослідження процесу викопування коренеплодів цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2018. № 6. С. 48–54.
16. Булгаков В. М., Головач І. В., Черниш О. М. Дослідження роботи викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2017. Вип. 5. С. 124–131.
17. Кравчук В. І. Надійність і технічний сервіс машин в АПК / В. І. Кравчук, М. М. Лобас, О. М. Царенко. - Київ : Аграрна наука, 2008. - 398 с.
18. Булгаков В. М., Головач І. В., Черниш О. М. Дослідження роботи викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2017. Вип. 5. С. 124–131.
19. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві: навч. посіб. Київ: Урожай, 2017. 348 с.
20. Kleine GmbH. Sugar Beet Harvesting Technology: Technical Catalogue. Salzkotten, Germany, 2019. 36 p.
21. Барановський В. М. Технологічні основи механізованого збирання цукрових буряків. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2019. Вип. 199. С. 86–94.
22. Аграрна інженерія: підручник / за ред. В. М. Булгакова. Київ: НУБіП, 2018. 380 с.
23. HOLMER Maschinenbau GmbH. Terra Dos T4: Technical Data and Operating Principles. Eggmühl, Germany, 2020. 48 p.

24. Пастухов В. І. Довідник інженера-механіка сільськогосподарського виробництва / В. І. Пастухов, М. П. Артьомов, О. І. Бойко. - Харків : Ранок, 2011. - 560 с.
25. Гадзало Я. М., Балюк С. А. Екологічні аспекти застосування ЗЗР // Агроекологічний журнал. 2019. № 2. С. 15-21.
26. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. Iowa: Wiley, 2016. 365 p.
27. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. III. ASABE, 2013. 430 p.
28. ROPA Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH. Tiger 6S Sugar Beet Harvester: Technical Description. Sittelsdorf, Germany, 2021. 56 p.
29. Бухалова Н.М. Економіка підприємств аграрного сектора: Підручник / Н.М. Бухалова, В.Г. Лисенко. - К.: Аграрна освіта, 2017. - 352 с.
30. НПАОП 01.0-1.01-12 Правила охорони праці в сільському господарстві. Київ, 2012.
31. Бондаренко В.І. Охорона праці в аграрному виробництві: Навчальний посібник / В.І. Бондаренко, В.В. Лисенко. - К.: Літера, 2018. - 472 с.
32. Козак О.О. Охорона праці в сільському господарстві: Навчальний посібник / О.О. Козак, І.Я. Ковальчук. - Львів: Львівський національний університет, 2016. - 284 с.
33. Сільськогосподарські машини: довідник / за ред. В. І. Кравчука. Київ: Урожай, 2015. 450 с.
34. Основи охорони праці: підручник / за ред. О. І. Запорожця. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 264 с.

ДОДАТКИ

[illegible]

[illegible]