

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад.  
П.М Василенка**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри сільськогосподарських  
машин та системотехніки ім. акад. П.М Василенка  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Гуменюк Ю.О  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ  
ПАРАМЕТРІВ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА»**

Спеціальність - 208 «Агроінженерія»

Освітня програма - Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

проф. д.т.н

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Братішко В.В

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

доцент, к.т.н

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Гуменюк Ю.О

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Чичика К.А

**Київ 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад.  
П.М Василенка**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри сільськогосподарських  
машин та системотехніки ім. акад. П.М Василенка  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Гуменюк Ю.О.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

Чичиці Костянтину Андрійовичу

Спеціальність - 208 «Агроінженерія»

Освітня програма - Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи:** «Дослідження робочого процесу  
та обґрунтування параметрів бурякозбирального комбайна»  
затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. №2038  
«С»

**Термін подання завершеного проекту на кафедру:** \_\_\_\_\_

**Вихідні дані до магістерської роботи:**

Базова машина - однорядний комбайн Kleine Automatic Roder 5002, річний наробіток – 100 га,  
робоча швидкість – до 10 км/год, врожайність – 50 т/га, культура – цукровий буряк.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Характеристики вирощування цукрового буряку. 2. Аналіз технічних засобів збирання  
цукрового буряку. 3. Теоретичне дослідження функціонування очищувальних головок  
коренеплоду. 4. Рациональні параметри очищувача та оцінка економічної ефективності його  
використання. 5. Охорона праці та навколишнього середовища.

**Дата видачі завдання** \_\_\_\_\_

**Керівник магістерської роботи** \_\_\_\_\_ **Гуменюк Ю.О.**

**Завдання прийняв для виконання** \_\_\_\_\_ **Чичика К.А**

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана на 82 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А4, що містить 35 формул, 4 таблиці, 23 рисунки.

Магістерська робота присвячена підвищенню ефективності процесу збирання цукрових буряків на схилах шляхом застосування удосконаленого очисника головок коренеплодів і обґрунтування його параметрів

В першому розділі пояснювальної записки наведено народногосподарське значення вирощування цукрового буряка, його особливості як об'єкта збирання, а також способи та технології збирання.

В другому розділі проаналізовано загальну систему машин для збирання буряку, конструктивні схеми сучасних бурякозбиральних комбайнів та очисників головок коренеплодів, а також обґрунтована схему очисника.

В третьому розділі представлено методику інженерного розрахунку очисника, дослідження кінематики взаємодії лопаті і поверхні головки коренеплоду та визначення умови поперечної стійкості машини при роботі на схилах.

В четвертому розділі представлено результати розрахунків раціональних параметрів очисника на основі досліджень та визначено показники економічної ефективності від застосування однорядного бурякозбирального комбайна із удосконаленим очисником при роботі на схилах.

В п'ятому розділі наведено аналіз заходів по охороні праці та навколишнього середовища.

Ключові слова: ЦУКРОВИЙ БУРЯК, КОРЕНЕПЛІД, ГОЛОВКА КОРЕНЕПЛОДУ, ЛИСТЯ, ЗАЛИШКИ ГИЧКИ, БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, ОЧИСНИК ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ, РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ....	7
1.1. Економічне значення цукрових буряків.....	7
1.2. Морфологія цукрового буряку.....	9
1.3. Властивості цукрових буряків як культури.....	12
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ.....	21
2.1. Система машин для збирання цукрових буряків.....	21
2.2. Агротехнічні вимоги до механізованого збирання цукрових буряків...	21
2.3. Аналіз конструкції сучасних машин для збирання цукрових буряків..	22
2.4. Обґрунтування заходів щодо вдосконалення бурякозбиральних машин, призначених для використання на схилах.....	36
2.5. Аналіз конструкцій пристроїв для очищення коренеплодів.....	38
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОЧИЩУВАЛЬНИХ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ.....	52
3.1. Теоретичне дослідження взаємодії лопаток очисного механізму з поверхнею кореневої головки.....	52
РОЗДІЛ 4. РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ОЧИЩУВАЧА ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ.....	63
4.1. Обґрунтування раціональних значень очисника.....	63
4.2. Розрахунок показників рентабельності.....	63
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА....	70
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	77

## ВСТУП

Збільшення виробництва цукрових буряків та зниження витрат на їх виробництво є актуальною стратегічною метою для національної економіки.

Слід враховувати, що вирощування цукрових буряків пов'язане із забезпеченням сировиною цукрової та спиртової промисловості, оновленням кормів для худоби тощо.

Однією з можливостей підвищення ефективності вирощування цукрових буряків є оснащення галузі високоефективними технічними засобами, що забезпечують високу якість врожаю цукрових буряків за будь-яких ґрунтово-кліматичних умов.

Українські поля в основному обробляються комбайнами іноземних виробників.

Заводи комбайнів у Дніпропетровську та Тернополі, а також «Уманьфермаш» не виробляють власних машин для збирання цукрових буряків.

Сучасні іноземні машини іноді працюють поза межами, встановленими агротехнічними вимогами. Крім того, за статистикою, понад 8 % земель, на яких вирощують цукровий буряк (як в Україні, так і за кордоном), мають нерівний рельєф.

Під час роботи на схилах виривання та очищення коренів не є якісними, так само як і нерівномірне зрізання листя та неякісне видалення залишків листя з кореневих головок, що вимагає додаткової енергії, часу та праці для доведення сировини до необхідного стану. Це особливо очевидно у випадку високоякісного видалення листя та його залишків. Тому необхідно вдосконалити робочі інструменти бурякозбиральних машин для видалення листя.

Ця магістерська робота присвячена дослідженню роботи механізму очищення бурякового бадилля під час збирання, пристосованого для використання на схилах.

Мета роботи: підвищення ефективності процесу збирання цукрових буряків на схилах шляхом застосування удосконаленого очисника головок коренеплодів і обґрунтування його параметрів.

Предмет дослідження: взаємозв'язок між властивостями коренів цукрових буряків та показниками роботи очисника кореневих головок цукробурякового комбайна.

Задачі досліджень:

- обґрунтувати вдосконалену схему очисника головок коренеплодів в схемі бурякозбиральної машини при роботі на схилах;
- проаналізувати процес роботи очисника;
- розрахувати показники економічної ефективності від застосування вдосконаленого очисника у бурякозбиральному комбайні.

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

### 1.1. Економічне значення цукрових буряків

Цукровий буряк є однією з найважливіших сільськогосподарських культур нашої країни. Він є основною сировиною для цукрової промисловості. Корені цукрового буряка (рис. 1) містять 17-20 % цукру.

Цукор має виразний смак і швидко засвоюється організмом, що дозволяє йому відновити енергію та працездатність. Цукровий буряк має високу поживну цінність. При врожайності 300 т/га кормовий урожай перевищує 100 т/га.



**Рис. 1.1. Корені цукрових буряків.**

Листя цукрового буряка є цінним зеленим кормом. Воно також використовується для виробництва силосу. 100 кг листя відповідає 20 кормовим одиницям, а кожна кормова одиниця містить близько 90 г засвоюваного білка,

багато вітамінів і мінералів. Переробка на цукрових заводах дає рож, яка має високу кормову цінність: 100 кг свіжої рож відповідає 8 кормовим одиницям. Меяса, що залишається після переробки цукрових буряків і містить до 60 % цукру, використовується для виробництва спирту, дріжджів та інших продуктів. Харчова цінність цукрових буряків майже вдвічі вища, ніж у звичайних буряків. Відходи від переробки цукрових буряків (відходи) використовуються для вапнування кислих ґрунтів.

Цукрові буряки мають велике значення для сільського господарства. Проводять оранку і удобрюють органічними та неорганічними добривами. Як проміжна культура, вони допомагають позбавити поля від бур'янів, що робить їх цінним попередником для наступних культур у сівозміні та підвищує загальний рівень сільського господарства (рис. 1.2).



**Рис. 1.2. Цукровий буряк перед збиранням врожаю**

Вирощування цукрових буряків зосереджено переважно в Європі. Найбільші площі під цією культурою знаходяться на території колишнього СРСР, у Франції, Великій Британії, Польщі, Чехії та Словаччині. Вони також

вирощуються у значних кількостях в Італії, Угорщині, Бельгії, Нідерландах та Швеції.

Загальна площа, відведена під вирощування цукрових буряків, становить близько 9 мільйонів гектарів. У США площа, відведена під вирощування цукрових буряків, становить не більше 10 % від загальної площі посівів.

В Україні цукровий буряк вирощують на площі 1,4 млн га. В основному його вирощують у сільськогосподарських підприємствах Вінницької, Черкаської, Київської, Хмельницької, Полтавської, Харківської та Тернопільської областей.

Цукровий буряк також вирощують у Грузії, Вірменії, Казахстані та Киргизстані. Площі під цукровим буряком збільшилися в Молдові та країнах Балтії.

Цукровий буряк є однією з найпродуктивніших культур. У найкращих господарствах Вінницької, Рівненської, Тернопільської та Львівській областях України щорічний урожай цукрових буряків за останні роки досяг 510-575 ц/га.

Завдяки правильному впровадженню низки агрономічних заходів для інтенсивної технології виробництва цукровий буряк можна вирощувати на великих площах і досягати врожайності 500 ц/га і більше з мінімальними витратами на робочу силу.

## **1.2. Морфологія цукрового буряка**

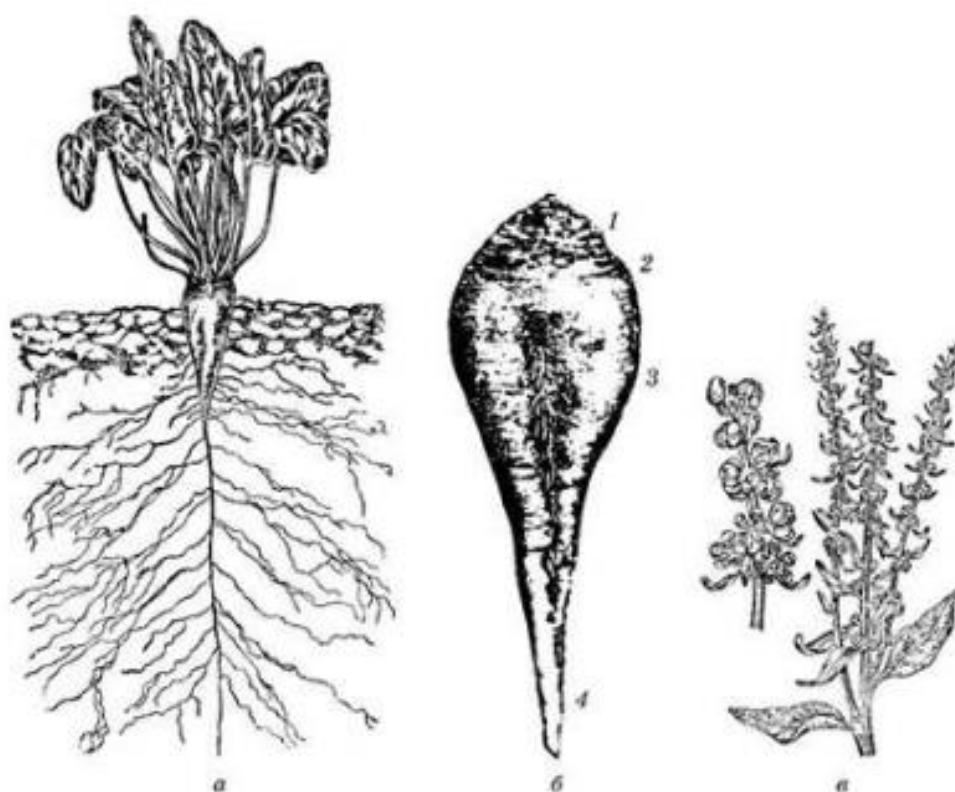
Цукровий буряк — дворічна рослина. У перший рік вона утворює розетку листя і коріння. На другий рік вона розвиває стебла, на яких ростуть плоди.

Можуть бути відхилення від дворічного циклу росту. Під час холодної весни першого року розвиваються квіткові стебла. Це небажане явище називається «цвітінням». Коріння цих рослин дерев'янисті і мають низький вміст цукру.

Частина коренів, висаджених на другий рік з метою отримання насіння, може не давати пагонів. Їх наявність серед висадженого насіння знижує врожайність.

Цукровий буряк належить до родини *Lobodiaceae*. Крім цукрового буряка, до цього роду також належать кормовий буряк, столовий буряк і листяний буряк.

Коренева система розгалужена, проникає на глибину від 2 до 2,5 м і розгалужується на ширину (на одному рівні) від 1,0 до 1,2 м (рис. 3). На стадії 2 листків головний корінь заглиблюється на 30 см, на стадії 4 листків — на 40 см. У верхній частині головний корінь потовщується і утворює корінь, що складається з головки, шийки, кореня і хвоста [13.23.28].



**Рис. 1.3. Коренева система і корінь цукрового буряка.**

*а – Розташування кореневої системи в ґрунті; б – Корінь (1 – головка, 2 – шийка, 3 – корінь, 4 – хвостик); в – Квітучі пагони*

Листя цукрового буряка складається з черешка та листяної пластинки. Листові пластинки великі, цілі, гладкі або борозенчасті. Протягом вегетаційного періоду з бруньок, розташованих у центрі кореня, розвивається 50–60 листків, які розташовуються спіралью навколо кореня. Протягом вегетаційного періоду рослина постійно утворює нові листки і скидає старі.

Стебло рослини формується на другий рік. Стебла мають висоту від 80 до 150 см. На бульбі формується кілька плодів (від 1 до 10) у формі куща. Стебла несуть листя і квіти, які утворюють суцвіття, рідкісні колоски.

Квітки розташовані в пазухах листя, поодинокі (однонасінні) або в групах (багатонасінні). Багатонасінні квітки з'єднуються під час росту і утворюють колосся (плоди).

Плід є сухим однонасінним плодом з товстою оболонкою, що складається з пористої та дерев'янистої тканини. Оболонка, разом з капюшоном плоду, захищає насіння від механічних пошкоджень та несприятливих умов навколишнього середовища. Кількість плодів на квітці варіюється від 1 до 6. Саме в Україні вперше в світі було вирощено цукровий буряк з одним насінням, який не утворює квіток. Використання сортів з одним насінням і гібридів дозволяє заощадити ручну працю при встановленні щільності посадки. Плоди використовуються для посіву.

Насіння знаходиться в плодовій оболонці і покрите блискучою коричнево-коричневою оболонкою, яка щільно оточує зародок і майже вигинається у формі кільця навколо перикарпу, крохмаль якого є основним джерелом поживних речовин для молодої рослини. Зародок складається з двох сім'ядоль, пагона, гіпокотилія і зародкового кореня. Насіння досягає поверхні ґрунту (фаза проростання), пагін утворює кореневу головку, гіпокотиль розвивається в шийку кореня, а зародковий корінь перетворюється на власне коріння.

Коренева головка утворюється шляхом поступового потовщення тканин трьох органів рослини.

Верхня частина головного кореня утворює основну частину кореневища. У нижній частині кореневище перетворюється з бурякового кореня (діаметр < 1 см) на стрижневий корінь.

Перехідною частиною кореня є шийка (рис. 1.3.). Шийка знаходиться між п'ятим верхнім бічним коренем і нижніми листками. На її поверхні немає ні коренів, ні листя.

Головка або епикотиль — це нижня частина кореневища (рис. 1.3.). Вона починається трохи нижче основи нижніх листків. На її кінці знаходяться зародковий конус і сім'ядолі. Перехід між головкою і шийкою чітко помітний: це місце, де судинна система переходить від хаотичного розташування до концентричних кілець (8-12 для цукрових буряків).

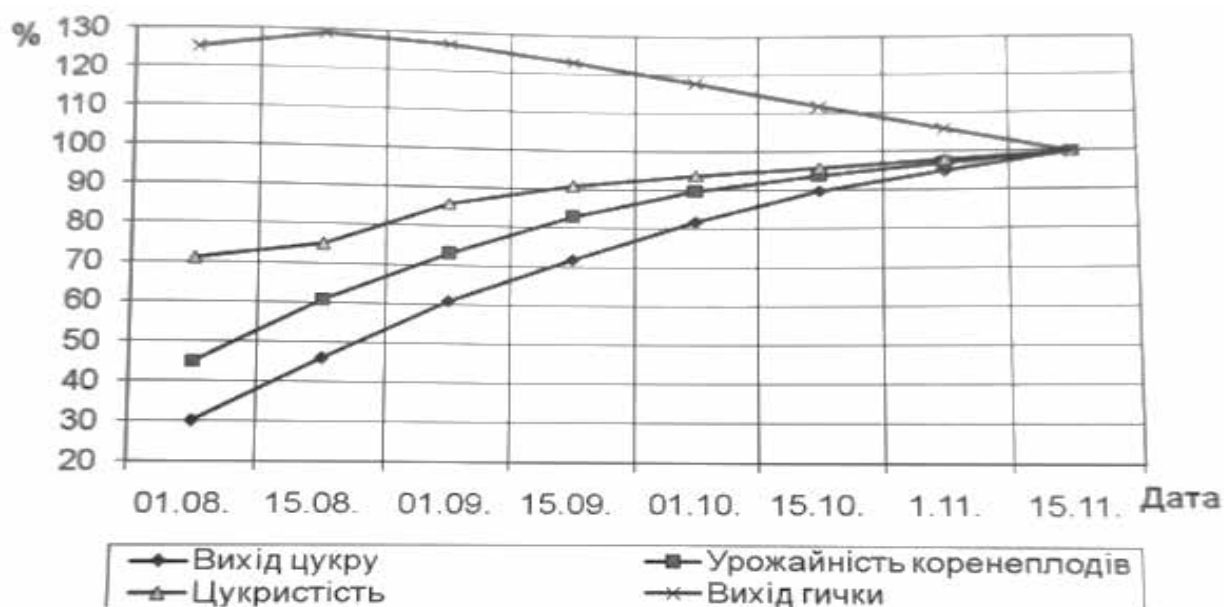
Головка займає 10–15 % довжини кореневища, шийка — 10–20 %, а саме кореневище — 65–80 %.

Що стосується хімічного складу, то значна частина ваги кореня (75 %) складається з води. Приблизно 72 % води міститься в соку, а 3 % пов'язані з речовинами, що походять з м'якоті цукрового буряка. Вміст сухої речовини в бульбі становить приблизно 25 %, яка під час виробництва цукру розкладається на сахарозу та не сахарозу. Вміст сахарози в корені становить приблизно 12,5 %, а вміст не сахарози — 2,5 %.

## **1.2. Властивості цукрових буряків як культури**

Удосконалення існуючих машин і розробка нових машин для збирання цукрових буряків та їх інструментів можливі завдяки систематичному аналізу технологічного процесу з урахуванням взаємодії інструментів машин з технологічним середовищем та фізико-механічними і агробіологічними властивостями цукрових буряків та їх культур [13.23.28.36.37].

У 1936 році була опублікована перша стаття, в якій були розглянуті фізико-механічні та агробіологічні властивості цукрових буряків, а також взаємозв'язок між різними розмірами буряків і втратою цукрової маси кореневої системи залежно від різних типів зрізу кінчика. Ці роботи, а також інші роботи вітчизняних і зарубіжних вчених, лягли в основу розробки машин для збирання цукрових буряків. Характеристики посівів цукрових буряків, такі як відстань між коренями в ряду та положення їх голівок відносно поверхні ґрунту, є основними факторами, що впливають на якість видалення листя та очищення корневих голівок від залишків листя та очок.



**Рис. 1.4. Зміна врожайності та цукрового вмісту буряків у період з серпня по листопад**

Вчені встановили, що мінімальні втрати при механічному збиранні цукрових буряків досягаються, коли висота головок над поверхнею ґрунту менше 6 см. Низькі головки можна отримати, збільшивши щільність посадки. Зі збільшенням щільності посадки з 40 до 120 000 рослин/га частка коренів, висота головок яких над поверхнею ґрунту була менше 2 см, збільшилася з 15,2 % до 56,8 %, а частка коренів, висота головок яких над поверхнею ґрунту була більше 6 см, зменшилася з 27,3 % до 4,4 %. Рівномірність розподілу рослин у ряду також впливає на висоту розташування верхівок коренів над поверхнею ґрунту.

На основі аналізу даних про агробіологічні та фізико-механічні властивості цукрових буряків з різною густиною посіву були розроблені технологічні підходи до визначення густоти посіву в рамках догляду за культурами. Їх застосування дозволить отримати необхідні характеристики розподілу коренів у рядках, положення їх верхівок відносно поверхні ґрунту, відхилення від осі рядка та інші характеристики.

Коріння мають складну форму. Різні вчені зображують їх як поєднання різних просторових форм, але в більшості випадків вони моделюють коріння як поєднання півкулі та конуса. Тому під час дослідження взаємодії між механізмом очищення та верхівкою кореня ми будемо зображувати їх як півкулі.

Для оцінки росту коренів цукрових буряків використовується так званий «конус росту», який служить для вивчення біологічних особливостей форми врожаю та проектування робочих органів машин, призначених для збирання коренів. Цей параметр також може бути використаний в загальній оцінці цукрових буряків.

На момент збору врожаю тіло кореня цукрового буряка має компактний конічний головний корінь. З головного кореня вбік розходяться дрібні корінці довжиною до 30 см. У тілі кореня зосереджено 95-97 % цукру, а в головці — до 3 %. Нижня частина коренів глибоко розгалужена і має діаметр 8-10 мм.

Тіло кореневища є крихким, анізотропним, нерівномірної довжини та перетину. Ближче до задньої частини тіло є менш крихким і можлива пластична деформація, оскільки межі напруження матеріалу є нижчими, ніж у основі.

Головка кореневища може знаходитися на 1 см нижче і на 10 см вище поверхні ґрунту. Вага кореневища варіюється залежно від сорту, форми, розміру і характеристик у широкому діапазоні від 400 до 800 г. Деякі сорти мають вагу кореневища до 1300 г.

Швидкість удару є важливою характеристикою бурякових коренів з точки зору видалення листя та очищення кореневих головок.

Дослідження, проведені місцевими та іноземними вченими, показали, що значні пошкодження коренів відбуваються при швидкості удару близько 5,4 м/с, що відповідає висоті падіння понад 1,5 м.

Основні характеристики коренів цукрових буряків наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1.

## Характеристики розмірів і ваги коренів цукрових буряків.

Показник	Значення показника	Показник	Значення показника
Довжина коренів $l_k$ , мм	230	Довжина черешків $l_r$ , мм	300...400
Діаметр коренів $d_k$ , мм	67...122	Діаметр пучків $d_r$ , мм	50...60
Вага кореневої системи $Q_k$ , кг	0,3...1,6	Вага листя $Q_r$ , кг	0,12...0,80
Кут кореневого конуса $\gamma_k$ , градуси	9...19	Товщина крони $\Delta_k$ , мм	13,2...16,2
Висота кореневої головки $h_r$ , мм	10,4...32,4	Товщина зони «сплячих очей» $\Delta_{с.в}$ , мм	8,0...21,4
Висота над землею $h_k$ , мм	18,4...42,4	Вага крони $q_{кор}$ , кг	0,05...0,09
Координати центру ваги $S_o$ , мм	90...100	Вага зони «сплячих очей» $q_{с.в}$ , кг	0,06...0,12

Таблиця 1.2.

## Механічні властивості цукрових буряків.

Показник	Значення показника
Щільність кореня, кг/м	550...650
Щільність листя, кг/м <sup>3</sup>	140...160

## Продовження таблиці 1.2.

Опір розриву черешків, МПа:	
зовнішній	0,94
внутрішній	1,21
Функція під час руйнування з'єднань листя з кореневою головкою під дією тиску, Дж	33,9
Опір коренів відносно сили, Н:	
Нахил (до 10 °)	18
Розтягнення	22
Тимчасовий опір коренів на згин, МПа:	
статичне навантаження	1,80
динамічне навантаження	1,15
Модуль пружності кореня, МПа	18,40
Сила, необхідна для вилучення коренів із ґрунту, Н	50
Сила, необхідна для відокремлення листя від кореневої головки, Н	50...650
Коефіцієнт тертя коренів відносно сталі:	
Статичний	0
Динамічний	0,45...0,70
Коефіцієнт опору коріння на зсув, кН/м	3...6
Поведінка при зсуві листя, кН/м	1...4
Кут природного нахилу, градуси:	
у стані спокою	35
у русі	25
Коефіцієнт питомого опору стрижня, Н/мм	2,26...2,65
Коефіцієнт питомого опору коренів, Н/мм	2,10...3,50

**Продовження таблиці 1.2.**

Виривання коренів горизонтальною силою, Дж	17,80...25,30
Робота, необхідна для видалення викопаних коренів із ґрунту, Тз	15,20

**1.4. Методи та технології збирання цукрових буряків**

Механізовані технології збору цукрових буряків полягають у збиранні листя та коренів за різними технологічними схемами. Виділяють такі етапи: зрізання листя з коренів, очищення кореневих головок від залишків листя та вічок, викопування коренів, очищення коренів від землі та рослинних залишків, укладання коренів у купи, збирання куп та очищення коренів з куп, завантаження та транспортування коренів і листя [1.7.10.11.16.17.22.23.24.27.28.36.41].

Технологічний процес збирання коренеплодів впливає на основні агротехнічні характеристики врожаю, структуру робочих органів та конструктивно-технологічні особливості бурякозбиральних машин.

Для збирання цукрових буряків використовують однофазні, двофазні, трифазні або чотирифазні методи збирання коренеплодів.

У рамках однофазного методу збирання цукрових буряків усі технічні операції виконуються за один прохід комбайна: зрізання листя і завантаження на транспортний засіб або розподіл по поверхні ґрунту, додаткове очищення (зрізання) залишків листя і бруньок з кореневих головок. Викопування коренів, очищення від домішок і додаткове завантаження на транспортний засіб, що рухається паралельно комбайну, або в бункер самохідного комбайна (рис. 1.5.).



**Рис. 1.5. Використання самохідного комбайна для збирання цукрових буряків в рамках однофазного збору врожаю**

Паралельно можна виконувати окремі роботи з викопування коренів, тимчасово очистити їх від бруду, а потім сформувати купу з викопаних коренів і зібрати сформовану купу коренів, провести остаточне очищення від бруду, а потім завантажити корені на транспортний засіб, що рухається паралельно комбайну, або в силос самохідного комбайна.

У методі однофазного збору врожаю для збирання буряків використовуються самохідні комбайни, оснащені бункером.

Двофазний метод збирання включає дві окремі фази збирання.

1) Зрізання листя з коренів і завантаження на транспортний засіб або подрібнення на розчищеному полі та остаточне очищення (до зрізання) залишків листя і бруньок з кореневих головок.

2) Викопування коренів, очищення коренеплодів від землі та рослинних залишків і завантаження коренів на транспортний засіб. Цей метод реалізується за допомогою додаткових машинних комплексів.

Трьохфазний метод збирання коренів включає такі етапи:

- 1) Зрізання листя з коренів і завантаження їх на транспортний засіб або розкидання на розчищеному полі.
- 2) Остаточне очищення кореневих головок від залишків листя.
- 3) Викопування коренів, очищення головок для видалення землі та залишків рослин, завантаження коренів на транспортний засіб.

Цей метод збирання коренів також може бути виконаний у два етапи:

- 1) викопування коренів і формування купи,
- 2) збирання купи і завантаження коренів на транспортний засіб.

Чотирьох етапний метод збирання коренів застосовується в несприятливих природних умовах або в разі густого заростання бурякових насінин, тобто коли збиральні машини не можуть відповідати агрономічним вимогам. Чотириетапний метод включає три етапи триетапного методу, до яких додається четвертий етап: завантаження коренів з куп або штабелів за допомогою машин для збирання та очищення буряків.

Для застосування цих методів збирання цукрових буряків використовуються технології збирання, завантаження та транспортування.

Технологія транспортування стрічковим конвеєром передбачає транспортування зібраних коренів і листя безпосередньо від комбайна до споживача.

Техніка перекидання використовується у разі проблем з транспортуванням та сильного забруднення коренів. Корені вивантажуються купами або стосами в зоні перевантаження, а потім завантажуються на транспортні засоби за допомогою потужних очищувачів буряків. Вивантажені купами або стосами, вони потім завантажуються на транспортні засоби за допомогою потужних очищувачів буряків, які очищають корені від домішок (рис. 6).



**Рис. 1.6. Машини для завантаження буряків з технологією перевантаження**

Технологія безперервного збору поєднує в собі дві вищезазначені технології, тобто частина зібраних коренеплодів транспортується безпосередньо з комбайна до споживача, а інша частина — до перевантажувальної установки.

На основі аналізу літературних джерел було встановлено, що найперспективнішим методом збирання цукрових буряків є однофазний метод. Тому в наших майбутніх дослідженнях ми зосередимося виключно на технічних засобах, що дозволяють застосовувати цей метод, тобто на машинах, що використовуються для збирання цукрових буряків.

## РОЗІДЛ 2.

### АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА

#### 2.1. Система машин для збирання цукрових буряків

Залежно від типу технологічних операцій, що виконуються під час збирання коренеплодів, машини для збирання цукрових буряків поділяються на машини для збирання гички, машини для очищення головки коренеплодів, причіпні машини для збирання коренеплодів, самохідні машини для збирання буряків, навантажувачі-очищувачі [1.7.10.11.22.23.24.28.].

За типом з'єднання з трактором або іншим джерелом енергії машини для збирання цукрових буряків поділяються на причіпні, начіпні та самохідні.

Залежно від кількості рядів, що збираються одночасно, машини для збирання цукрових буряків поділяються на однорядні, дворядні, трирядні, чотирирядні та шестирядні (існують моделі самохідних комбайнів для збирання 9 рядів цукрових буряків).

#### 2.2. Агротехнічні вимоги до механізованого збирання цукрових буряків

Відповідно до встановлених агротехнічних вимог (ДСТУ 2258-93), машини, призначені для збирання коренеплодів, повинні забезпечувати такі основні показники якості. [1.7.10.11.16.17.22.23.24.27.28.36.37]

Машини для збирання листя: втрата листя не повинна перевищувати 10 %. Листя повинно бути зрізане на висоті, що не менше висоти зеленого листя і не більше 2 см нижче верхівки коренеплоду. Кількість коренеплодів з незрізаним листям не повинна перевищувати 8 %. Кількість коріння, зрізаного під кутом: 10 %. Відходи від частин кореневих головок на листі: 5 %. Забруднення зрізаного листя землею: 0,5 %.

Машини для збирання коренів: загальні втрати коренів не повинні перевищувати 1,5 %, з яких 0,5 % — не викопані корені. Загальна кількість

домішок у врожаї не повинна перевищувати 9 %, з яких: забруднення коренів листям — 3 %; забруднення землею — 1,5 %; забруднення рослинними домішками — 2,5 %; загальна частка пошкоджених коренів не повинна перевищувати 20 %, з них: сильно пошкоджені корені — 5 %; корені з пошкодженням на кінці більше 1-3 %.

### **2.3. Аналіз конструкції сучасних машин для збирання цукрових буряків**

Світова практика показує, що продукція іноземних компаній Franz, Kleine, Holmer, Stoll, ROPA, GRIMME (Німеччина), Matrot, Moreau (Франція), TIM (Данія), AGRIFAC, RIECAM, VREDO (Нідерланди), P.Varigelli&C, Italosvizzera (Італія) та інші можуть вважатися високоефективними технологіями для збирання цукрових буряків. В Україні для збирання цукрових буряків часто використовуються такі комбайни: SF-10 компанії Franz Kleine (Німеччина), M-41MH компанії Matrot (Франція), GR-4000, LECTRA-4005 компанії Moreau (Франція), R26.45K і R26.50K компанії ROPA (Німеччина), KRBS компанії Holmer (Німеччина), SR-1800 і SR-2500 компанії TIM (Данія). Слід зазначити, що використання іноземних машин для збирання цукрових буряків є досить дорогим, але їх використання виправдане на підприємствах з високою врожайністю (46-53 т/га) і великою площею (сезонне використання комбайна повинно становити не менше 600-800 га) [1.7.10.11.16.17.22.23.24.27.28.36.37].

В даний час широко поширені 2- і 3-рядні цукрові бурякозбиральні комбайни фірм Franz Kleine, Stoll (Німеччина) і TIM (Данія).

Це 2-рядні моделі KR2 (Franz Kleine), V202 (Stoll), RATIONAL (Becker), MILISA/TE120 (AIM) та 3-рядні моделі V300 (Stoll), ROTIONAL (Becker), MILISA/TE120 (TIM).

Самохідні бурякозбиральні комбайни, що використовуються для однофазного збирання врожаю, оснащені автоматизованими системами наведення та регулювання глибини роботи збиральних знарядь, системами автоматичного контролю технологічних і технічних параметрів, системами

централізованого управління, автоматичним змашуванням всіх шарнірів, вбудованими комп'ютерами, зручними пультами управління, комфортними кабінами з кондиціонером і опаленням, а також потужним електричним освітленням. Завдяки фронтальному розташуванню вузлів підбирання гілок і викопування, які автоматично направляються в ряди, та спеціальному технологічному зазору активних коливальних екскаваторів (+20-30 мм), створені умови для спрощення та поліпшення всього технологічного процесу.

Поширення потужних 6-рядних самохідних комбайнів обумовлено їх високою технологічною та технічною доступністю навіть у несприятливих умовах з надмірною вологістю наприкінці осені, а також бажанням відмовитися від використання дорогих технологічних засобів транспортування та мати лише одного оператора для збирання цукрових буряків. Вимоги до якості виконання технологічного процесу за допомогою стаціонарних та причіпних комбайнів для збирання цукрових буряків аналогічні вимогам, що застосовуються до самохідних комбайнів. Приклад: однофазний збір врожаю здійснюється за допомогою прямого комбайна та самохідної машини, яка за один прохід виконує всі технологічні операції, необхідні для збору листя та коренів.

Двофазний збір цукрових буряків вимагає використання двох окремих машин: однієї для збору коренеплодів і другої для збору листя. У нашій країні для двофазного методу збору були виготовлені серійні машини: причіпні комбайни БМ-6Б, МБП-6 та її модифікації (МГУ-6, МБК-2,7), МГР-6 (роторна), МГШ-6 (шнекова), універсальну — МГМ-6 (розробили ННЦ ІМЕСГ та ІБ УААН, виготовлення — ВАТ "Борекс"), також самохідні коренезбиральні — КС-6Б, КС-6В, КБ-6, РКМ-6 (01-06), МКК-6 (02-07); причіпні чотири- та шестирядні машини МКП-4, МКП-6, які розроблено та виготовлено на ВАТ.

«Тернопільський комбайний завод». Ці машини поєднуються з тракторами ХТЗ-120/121, ХТЗ-161/163 Харківського тракторного заводу. На жаль, вони недостатньо потужні, споживають багато матеріалів та енергії, мають складну конструкцію та є ненадійними. Показники якості виконання технологічного процесу не повністю відповідають вимогам, що висуваються технічними

умовами. Настав час, щоб український парк машин і тракторів отримав потужні, прості, економічні в матеріалах і енергії машини для збирання та обрізки стебел, які відповідають вимогам міжнародних стандартів. Для таких машин коефіцієнт корисної дії при впровадженні технологічного процесу повинен становити 0,98, а коефіцієнт корисної дії в змінному режимі — не менше 0,80. Ці машини повинні бути ремонтпридатними і сконструйованими таким чином, щоб їх функціональність можна було відновити з мінімальними витратами ресурсів і часу.

Збирання врожаю в три етапи здійснюється за допомогою трьох окремих машин: комбайна (одного з вищезазначених), копачем-валкоукладачем КВЦБ-1,2 (ВАТ "Борекс") або АЗК-6-01 (ВАТ "Уманьферммаш") і підбирачем-навантажувачем ПНБВ-1,6 "Борекс" або АЗК-6-03 "Уманьферммаш".

В Україні для збирання цукрових буряків використовуються самохідні комбайни марок Holmer і Kleine, а також французьких компаній Matrot і Moreau, які також користуються великим попитом у нашій країні. Водночас попит на німецьке обладнання постійно зростає, головним чином завдяки його високій продуктивності. Наприклад, Holmer може щодня збирати цукровий буряк на полях площею до 20 гектарів, а Kleine SF-10 — на 10-15 гектарах. Значний інтерес у фермерів викликають комбайни німецької компанії Rora, пристосовані для великих господарств: їхня продуктивність за сезон досягає 2,5-3,5 тис. га. На жаль, ефективність цих машин значно перевищує ефективність вітчизняних машин. Крім того, машина сама подрібнює і розподіляє листя та здійснює потрібне очищення буряків. Розрахунки показують, що вигідніше придбати таку комбайн, ніж дві місцеві машини, які коштують удвічі дешевше, навіть якщо німецька техніка досить дорога, з ціною від 300 до 320 тисяч євро без мита.

Самохідний комбайн SF-10 (рис. 2.1.) працює за принципом завантаження буряків на транспортні засоби, що рухаються паралельно, при цьому буряки можуть зберігатися в проміжному силосі місткістю 9 тонн. Комбайн оснащений потужним двигуном Volvo Penta, який забезпечує високу швидкість збирання навіть у складних ґрунтових умовах. Передня вісь виконана у вигляді моста з

механічною передачею і оснащена поворотним ручкою. Кут повороту керованих коліс становить близько  $6^\circ$ . Жорстка задня вісь з механічною передачею оснащена підвіскою і гідравлічними стабілізаторами. Кут повороту задніх коліс, які керуються шарнірними з'єднаннями, становить приблизно  $45^\circ$ . Гідростатична трансмісія приводних коліс з 3-ступінчастою коробкою передач забезпечує рівномірне регулювання швидкості руху для кожної швидкості, як при русі вперед, так і при русі назад.



**Рис. 2.1. Комбайн бурякозбиральний Kleine SF-10**

Транспортний засіб має чотири режими руху: задні колеса, всі колеса, «краб» і автоматична система управління, що діє на задні колеса. Це забезпечує високу маневреність. Звукоізольована кабіна забезпечує хороші умови роботи.

Великі шини чинять помірний тиск на ґрунт. Паливний бак розрахований на безперервну роботу. Блоки для подрібнення листя та викопування коренів розташовані перед передньою віссю. Подрібнювач листя оснащений подрібнювачем, шнековим конвеєром, розкидачем, очисним валиком і висувним копіювальним ножем. Вібраційні викопувачі приводяться в дію імпульсним двигуном на ексцентриковому валу з бічним відхиленням  $\pm 30$  мм. Всі

компоненти косарки та викопувача мають гідравлічний привід та автоматичне управління.

Комбайн оснащений системою очищення коренів від землі, що складається з обертових очисних пристроїв. Автоматичне управління здійснюється за допомогою датчиків, які сканують ряди. Автоматичне регулювання глибини роботи вібраційних культиваторів – дві групи коліс перед вібраційними культиваторами. Гідравлічні двигуни: подрібнювач, розкидач, екскаватор з транспортерним валом, конвеєр, обертові очисні пристрої, пристрій для підйому буряків, шнек для наповнення силосу, розвантажувальний конвеєр.

Самохідний комбайн Moreau GR. Призначений для зрізання листя цукрових буряків під час збирання коренеплодів. Модифікації комбайна:

GR 2900 – з двома приводними колесами і прямим завантаженням коренеплодів на транспортний засіб GR 2905 – з двома приводними колесами і силосом для зберігання коренеплодів. GR 4000 – з чотирма приводними колесами і прямим завантаженням коренеплодів на супровідний транспортний засіб. GR 4005 – з чотирма приводними колесами і силосом для коренів.

Самохідний комбайн Matrot M 41 з 6 рядами. Роторний обрізувач з гідравлічним приводом. Очищення коренів – на барабанах з гідравлічним приводом. Два типи лопат: VAL-DISC і LIMA-SOC, регульовані: 6 рядів по 45, 48, 50 і 50,8 см, взаємозамінні. Передня вісь з самоблокувальним диференціалом. Задня вісь має 2 редукторні колеса. Буряки транспортуються в причепі або силосі місткістю 4,5 м<sup>3</sup>. Контроль висоти зрізу з обрізувачем листя здійснюється за допомогою колісних датчиків.

Простора кабіна встановлена на пружинних амортизаторах, має підвищений лобовий скло, зручне сидіння, рівень шуму не перевищує 80 дБ, місток для огляду та доступу до кабіни, два рівні вентиляції, автоматичне вимірювання очищеної площі та центральне електричне управління основними робочими інструментами.

Комплекс для збирання буряків «Полісся» включає шестирядний комбайн для збирання буряків КСН-6 та машину для збирання та завантаження

коренеплодів ППК-6. Комбайн можна комбінувати з універсальними джерелами енергії УЄС-250, УЄС-2-250 (чотири приводних колеса), а також з тракторами ЛТЗ-155, МТЗ-142 і ХТЗ-121 з оборотним пультом управління. Комбайн призначений для зрізання листя з коренеплодів, подрібнення та рівномірного розподілу по скошеній поверхні як органічного добрива або завантаження на транспортний засіб для годування худоби чи зберігання. Очищення та обрізка коренеплодів від бічних пагонів і стебел. Викопування, очищення від землі та укладання коренів між колесами енергетичної машини. Комбайн КСН-6 оснащений обертовим стеблорізом і пристроями для очищення корневих головок з гнучкими елементами, різакором корневих головок і вібраційними лопатами з автоматичним регулюванням рядів. Дві ведучі осі УЄС-2-250 дозволяють очищати поля з підвищеною вологістю ґрунту в несприятливих погодних умовах. Причіп для збирання та завантаження комбінується з тракторами класу 1,4 (МТЗ-80/82 тощо) і призначений для збирання валків, очищення та завантаження попередньо викопаних і складених у валки коренеплодів. Машини КСН-6 у поєднанні з УЄС-2-250 та ППК-6 у поєднанні з МТЗ-80 забезпечують високу продуктивність під час збирання цукрових буряків. Причіп для збирання та завантаження ППК-6 оснащений очисними конвеєрами та обертовим очисником коренеплодів.

Універсальний самохідний коренекорач РКМ-6 — це потужна та економічна машина, призначена для збирання цукрових буряків (промислових та материнських рослин) і кормових коренеплодів у основній та зрошуваній зоні цукрових буряків, з методом безперервного або перевантаженого посадки та міжряддям 45 см. Листя коренеплодів попередньо збирається за допомогою машини для збору листя. Залежно від змінних робочих інструментів, існують такі модифікації: РКМ-6 — з сітчастим і дисковим механізмом виривання, РКМ-6-01 — з сітчастим механізмом, РКМ-6-02 — з дисковим механізмом, РКМ-6-05 — з механізмом підбирання для збирання кормових буряків. Перші три модифікації можуть додатково бути оснащені механізмом підгортання для збирання кормових буряків.

Вони оснащені системою автоматичного керування. Система автоматичного контролю роботи основних робочих органів. Роторні комбайни типу «ротаційно-вильчатого» рекомендуються для збирання материнських і промислових буряків, а дискові комбайни підходять для збирання промислових буряків в умовах затоплення або на твердих ґрунтах.

Шестирядна самохідна машина КС-6Б-02 з гідравлічною системою приводу призначена для збирання коренеплодів цукрових буряків, листя яких було попередньо зрізано та зібрано за допомогою машини для збирання листя.

Вона оснащена «роторно-вильчатого» типу та дисковими робочими органами. Робочі органи роторно-вильчатого використовуються за сприятливих ґрунтових та кліматичних умов, а дискові - за несприятливих умов (замерзлий ґрунт, висока щільність та надмірна вологість ґрунту).

Сучасні тенденції розвитку бурякового виробництва пов'язані з розвитком великих спеціалізованих господарств з високим ступенем механізації всіх процесів. Ця тенденція визначається рядом технологічних та економічних факторів. Тому замість одно- та дворядних причіпних та підвісних машин необхідно використовувати потужні самохідні шестирядні (дев'ятирядні) комбайни, які дозволяють значно скоротити тривалість збирання, втрати та витрати на збирання. Тому однофазна технологія збирання цукрових буряків стає все більш популярною. Такі комбайни виробляють компанії «Klein», «Holmer», «Ropa», «Morro», «Motro», «Stoll», «Tim», «Barigelli» та інші. Завдяки високій якості роботи, дуже перспективними можна вважати комбайни «Makstron» компанії «Grimme», яка в основному відома як виробник машин для вирощування картоплі.

Головною метою вдосконалення конструкції бурякозбиральних комбайнів та їх робочих органів є підвищення чистоти зібраних коренеплодів при мінімізації втрат і пошкоджень. Ці агротехнічні показники обмежуються агротехнічними вимогами. Кожна з цих машин може працювати дуже ефективно в певних умовах. Більшість машин перестають працювати оптимально при високій вологості ґрунту та погіршенні інших ґрунтових і кліматичних умов.

Якщо розглянути загальну структуру машин, що використовуються для збирання буряків, то можна швидко помітити, що всі вони мають подібну конструкцію, оскільки основними інструментами, що використовуються для збирання, є лемішні робочі органи (іноді у формі диска), а для очищення використовуються шнеки, штангові конвесери та обертові очисні пристрої (турбіни). Якість зібраного буряка може варіюватися залежно від положення робочих інструментів. Щоб максимально зменшити втрати, пошкодження та вміст бруду в буряку, рекомендується спочатку використовувати більш активні очисні інструменти, а потім більш «м'які» інструменти для коренеплодів.

З метою зменшення кількості проходів сучасних бурякозбиральних комбайнів перед збиральними інструментами встановлюють інструменти для зрізання листя та очищення шийки коренеплодів. Листя зрізають і складають у проміжки між рядами, щоб не заважати іншим машинам на полі, або транспортують до транспортного засобу, що рухається поруч.



**Рис. 2.2. Самохідний бурякозбиральний комбайн Terra Dos 5 компанії «Holmer».**

Однією з найпоширеніших в Європі моделей є самохідний шестирядний комбайн Terra Doc 5 компанії «Holmer» для збирання буряків, продуктивність якого може досягати 1,5 га/год (рис. 2.2.). Ця машина оснащена двигуном MAN потужністю 338 кВт, який через гідравлічну систему приводить в рух передню і задню осі. Машина оснащена обертовим пристроєм для зрізання листя, косаркою з автоматичним регулюванням довжини зрізу та пристроями для розподілу листя або його збору за допомогою конвеєра. Викопування здійснюється за допомогою вібраційних екскаваторів. За спеціальним замовленням (переважно для Франції) за екскаваторами можуть бути встановлені пристрої для збору коренів у вигляді пари роторів, що обертаються в протилежних напрямках. Використання цих роторів дозволяє більш ефективно видаляти ґрунт, особливо в складних ґрунтових і кліматичних умовах.

Для очищення коренів від домішок машина оснащена шістьма шнековими очисниками, які звужують потік коренів, шнековим підйомником і трьома роторами. Загальна відстань, яку проходять корені під час очищення, становить приблизно 11 м. Очищені корені потім транспортуються розвантажувальним конвеєром до бункера місткістю 24 м<sup>3</sup> з рухомим дном і можливістю розвантаження на транспортні засоби.

Для полегшення роботи оператора звукоізольована кабіна оснащена опаленням, вентиляцією, освітленням та вбудованим комп'ютером, з якого дані можна роздрукувати за допомогою відповідного принтера. За допомогою ручного пульта дистанційного керування оператор може контролювати роботу екскаваторів і пристроїв для різання стовбурів, частоту обертання карданного валу двигуна і рух машини назад. Деякі машини також оснащені системою визначення кореневої сили, яка реєструється вбудованим комп'ютером, і системою глобального позиціонування.

Особливість бурякозбиральної машини компанії «Holmer» полягає в тому, що всі робочі органи встановлені на приводному модулі, що дозволяє розвивати швидкість до 40 км/год, що відкриває можливості для підвищення продуктивності. Робочі органи легко демонтуються, а приводне обладнання

може використовуватися для інших робіт розвивати швидкість до 40 км/год, що відкриває можливості для підвищення продуктивності. Робочі органи легко демонтуються, а приводне обладнання може використовуватися для інших робіт.

Комбайн «Euro Tiger» компанії «ROPA» (рис. 2.3.) характеризується високою денною продуктивністю та рентабельністю, мінімальним тиском на ґрунт і тривалим терміном експлуатації.



**Рис. 2.3. Самохідний бурякозбиральний комбайн ROPA Euro Tiger v8-4**

Машина оснащена пристроєм для зняття та розподілу стебел, що складається з валу, до якого прикріплені батоги, та шнекового преса. Регулювання висоти зрізу здійснюється за допомогою регулятора, розташованого в кабіні комбайна.

Система управління дозволяє ефективно реагувати на нерівності ґрунту. Завдяки вбудованій системі «автопілота» машина може працювати в автоматичному режимі. У цьому випадку робота передньої осі контролюється датчиками, розташованими на ковшових крилах, а робота задньої осі — копювальними напрямними. Точне зрізання кореневих головок з мінімальними втратами забезпечується автоматичною системою контролю сили зрізання.

Після викопування коренів із ґрунту за допомогою вібраційних екскаваторів, оснащених грейферами, вони попередньо очищаються за

допомогою шести шнекових очищувачів і пристрою для усунення сухих коренів. Потім вони транспортуються за допомогою підйомника до трьох очисних турбін і розвантажувального підйомника. За допомогою обмежувачів робочої зони турбін ви можете змінювати ефективність очисного пристрою з кабіни комбайна.

Швидкість обертання турбін регулюється автоматично залежно від подачі коренів. Очищені коренеплоди транспортуються в силос місткістю близько 40 м<sup>3</sup>. Заповнення бункеру та розподіл коренів всередині здійснюються за допомогою шнекового конвеєра, що керується ультразвуковим датчиком. Система налаштована таким чином, щоб спочатку заповнювати задню частину силосу (де також знаходяться дві осі приводної системи), а потім передню частину, що забезпечує рівномірний розподіл ваги та високу стабільність машини. Машина оснащена кабіною з опаленням, вентиляцією та кондиціонером, вбудованим комп'ютером та ручним пультом управління. Електронне обладнання машини забезпечує: інформацію про технічне обслуговування та діагностику машини, швидкість руху, автопілот передніх і задніх осей, автоматичний контроль висоти підйому решіток, осей, механічного згину шасі, контроль роботи двигуна та трансмісії, контроль потужності та контроль швидкості очисних агрегатів терміналу.

Одним з найвідоміших виробників машин для збирання буряків в Європі на сьогодні є завод «Verwat» (рис. 2.4.). Його машини оснащені пристроєм для видалення листя «Kombi» у вигляді самонесучої рами з функціональними елементами з міцної сталі товщиною 6 мм. Листя видаляється за допомогою шнекового конвеєра великого діаметра, що обертається зі швидкістю до 1500 обертів на хвилину. Подрібнене листя накопичується в проміжках між рядами. При низькому навантаженні достатньо встановити швидкість 600 обертів на хвилину.

Для викопування коренів використовуються вібраційні леміші, які виконують близько 20 вібрацій на секунду, що гарантує ефективне викопування коренів без помітних пошкоджень кінцевої частини, незалежно від рослинності на відповідній ділянці. Копачі оснащені швидкоз'єднувальними муфтами, які

автоматично регулюють глибину викопування за допомогою двонаправлених датчиків.

За бажанням клієнтів машини можуть бути оснащені дисковими копачами.

Великі «сонячні турбіни», встановлені безпосередньо за плугами, гарантують, що коріння якомога менше забруднюються землею.

Для роботи на схилах машина оснащена бічним зсувом, який переміщує екскаватори та ріжучі пристрої на 30 см у напрямку, протилежному до напрямку ковзання.

Очищення коренів у машині «Verwati» здійснюється за допомогою шести турбін. За бажанням шосту турбіну можна замінити шнековими валками. Швидкість обертання турбін можна плавно регулювати з кабіни комбайна.

Корені транспортуються стрічковим конвеєром до бункера місткістю 17 тонн.



**Рис. 2.4. Буряковий комбайн Vervaet 625 Beet**



**Рис. 2.5. Причипний бурякозбиральний комбайн «Wic»**

Компанія «Amity» виробляє машину для збирання буряків і причіп-збирач для збирання буряків «Wic» (рис. 2.5.). Згідно з інформацією, наданою в проекті цього комбайна, представленого в Україні компанією «Амасо», коренеплоди не викопуються, а виштовхуються з ґрунту. Це дозволяє значно зменшити пошкодження та втрати. Видобувним інструментом є дисковий копач, відстань між дисками якого можна змінювати залежно від розміру коренеплоду. До видобувного інструменту прикріплений шнековий конвеєр, в якому відокремлюється до 60 % домішок ґрунту і який транспортує коренеплоди до шнекового очисника. У разі високої вологості та відповідного забруднення кут нахилу гвинтового очисника збільшується, що подовжує час перебування коренеплодів на поверхні очисника.

Серед машин, що використовуються для збирання коренеплодів, слід згадати машини компанії «Štol», які дуже ефективно працюють в різних умовах. Це пояснюється тим, що в них використовуються комбіновані викопувальні пристрої.

Важливим завданням на майбутнє є використання копачів, які забезпечують мінімальне видалення землі разом з коренями.

Більшість самохідних машин, призначених для збирання буряків, працюють ефективно, але також є дуже важкими. З огляду на місткість бункера комбайна, це призводить до значного ущільнення ґрунту колесами. Рішенням цієї проблеми є використання трьох і чотирьох осей, оснащених спеціальними шинами. На комбайні «Verwat» шини передньої осі більші за шини задньої осі. Причина цього полягає в тому, що навантаження на передню вісь більше, ніж на задню.

Кілька років тому на європейському ринку сільськогосподарської техніки з'явився новий самохідний шестисекційний комбайн для збирання буряків.

Це «Maxitron 620» від компанії «Grimme». Система очищення шириною 2,8 м складається з очисного конвеєра, 13 шнекових валків і розвантажувального конвеєра. Машина гарантує високу якість збору врожаю з мінімальним забрудненням ґрунтом. Корені практично не пошкоджуються і не втрачаються.

Бункер місткістю 20 тонн виготовлений з брезенту і може складатися під час руху. Ця машина відрізняється, зокрема, використанням змішаної системи приводу: передні колеса, задні гусениці з гумовими накладками. Це забезпечує високу маневреність машини та мінімальне ущільнення ґрунту.

Серед самохідних навантажувачів і очищувачів коренів найпоширенішими є машини компаній «Rora» і «Gebö». Сучасний стан і розвиток технології збирання цукрових буряків вимагають широкого використання мехатроніки, що дозволило б повністю автоматизувати контроль і управління роботою робочих органів машин. У цьому контексті вбудований комп'ютер за допомогою гідравлічних систем обчислює, регулює та контролює параметри та режими роботи, що забезпечують високі значення агротехнічних показників. Кінематичні показники робочих органів повинні координуватися автоматично.

Всі збиральні машини підключені до супутникової системи для контролю стану машини та перебігу технологічного процесу. Це дозволяє підприємству ефективно управляти транспортуванням коренеплодів від збиральних машин до цукрових заводів або складів цукрових буряків.

## 2.4. Обґрунтування заходів щодо вдосконалення бурякозбиральних машин, призначених для використання на схилах

Аналіз площ, що обробляються для виробництва сільськогосподарської продукції, показує, що схили становлять до 10 % від загальної площі в Україні (до 20 % в деяких європейських країнах). Відомо, що для збору зернових на схилах намагаються адаптувати комбайни за допомогою динамічного очищення простору та вирівнювання шасі. Однак робота комбайна пов'язана з безперервним збиранням зернових культур, які зрізаються і транспортуються до молотарки. При використанні машин для збирання насінневих і технічних культур, що вирощуються рядами, ця проблема ускладнюється необхідністю точного вирівнювання робочих органів уздовж рядів.

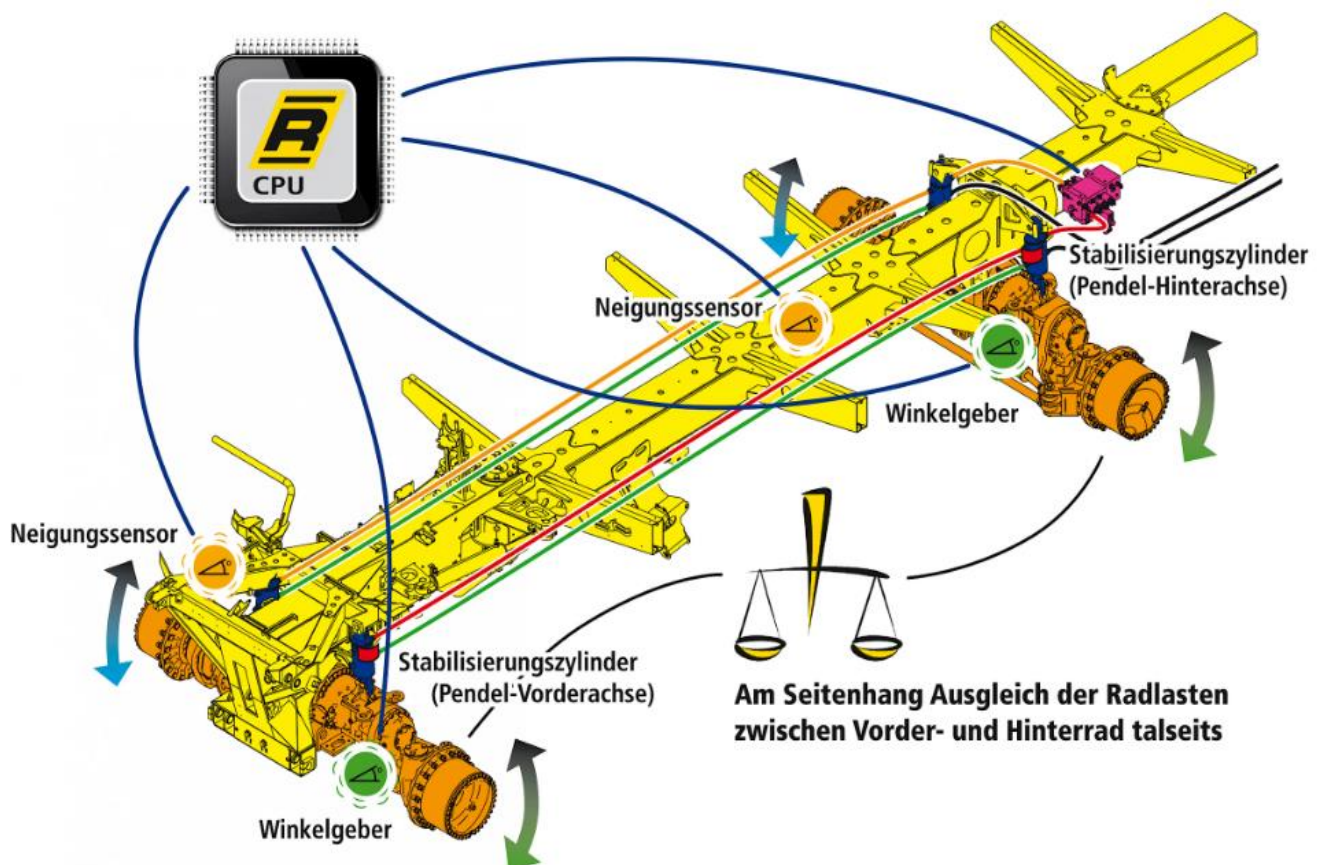


Рис. 2.6. Системи вирівнювання шасі цукробурякового комбайна ROPA під час роботи на схилі

Німецька компанія ROPA, відома своїми інноваційними технічними рішеннями, використовує системи вирівнювання з гідравлічним приводом (рис. 2.6.) для вирівнювання багатотонних комбайнів, призначених для збирання буряків (навіть на схилах до 13 %). Однак інструменти комбайнів, призначених для збирання цукрових буряків, які використовуються для зрізання листя та очищення коренів від залишків листя, не завжди ефективно працюють в таких умовах, навіть якщо використовуються подібні конструкції. Отже, одним із способів підвищення ефективності цукробурякових комбайнів під час роботи на схилах є вдосконалення інструментів для зрізання листя та очищення коренеплодів від залишків листя шляхом їх адаптації до умов роботи

На відміну від існуючих комбінованих моделей комбайнів для збирання буряків, пропонується оснастити машини окремими інструментами для зрізання листя та очищення коренеплодів від залишків листя. Це дозволяє робочим інструментам приймати стабільне вертикальне положення навіть на схилах, забезпечуючи при цьому високу якість видалення листя без косого зрізу, а приводна система оснащена дисками, що запобігають поперечному зміщенню.

Іншим важливим технічним підходом для стабільної роботи комбайнів, призначених для збирання цукрових буряків (самохідних і причіпних) на схилах, є правильне розташування і місткість бункера комбайна, що гарантують стабільне положення при повному завантаженні як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку. Це особливо важливо, коли немає системи, що дозволяє врівноважувати шасі комбайна на схилах. У цьому випадку необхідно враховувати врожайність коренеплодів, тривалість гону та організацію транспортування врожаю.

Наші дослідження спрямовані саме на вдосконалення пристроїв для очищення коренеплодів.

## 2.5. Аналіз конструкцій пристроїв для очищення коренеплодів

Агротехнічні вимоги до машин для очищення коренів можна сформулювати наступним чином: забруднення коренів, пов'язане або не пов'язане з листям, не повинно перевищувати 1,5 % від ваги. Корені, довжина стебел яких перевищує 2 см, не повинні перевищувати 8 % від загальної маси. Сильно пошкоджені корені (зламані, тріснуті, розколоті) не повинні перевищувати 8 % від загальної маси. Втрата листя не повинна перевищувати 5 % від загального врожаю. Забороняється видаляти корені з грядок за допомогою ріжучих машин та машин для очищення коренів [6.7. 11.15.16.17.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.30.31.32.34. 35.36.37].

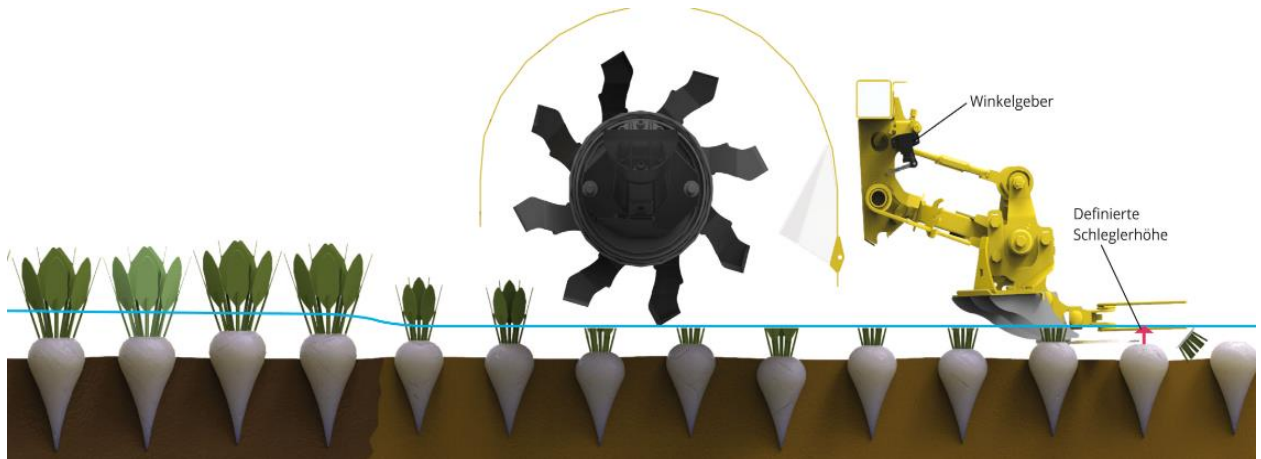
Крім того, пристрої для очищення коренів сучасних бурякових комбайнів повинні забезпечувати якість очищення, що відповідає сільськогосподарським вимогам, при підвищеній швидкості машини, яка може досягати 3 м/с, без порушення структури поверхні ґрунту.

З механізацією збирання цукрових буряків постала актуальна проблема повного видалення залишків листя та коренів, що було реалізовано у два етапи: зрізання листя та остаточне очищення кореневих головок для видалення залишків.

Існують різні методи відділення залишків листя від коренів:

- 1) електричний, з використанням різниці в електричному опорі надземної та підземної частин буряка,
- 2) агротехнічний за а.с. 1604229 /СССР, при якому залишки гички на коренеплодах присипають шаром ґрунту за 3...6 діб до збирання, завдяки чому залишки гички в'януть, а їх зв'язок із коренеплодом послаблюється. Залишки тички доочищаються на сепаруючих і транспортуючих робочих органах збиральних машин.

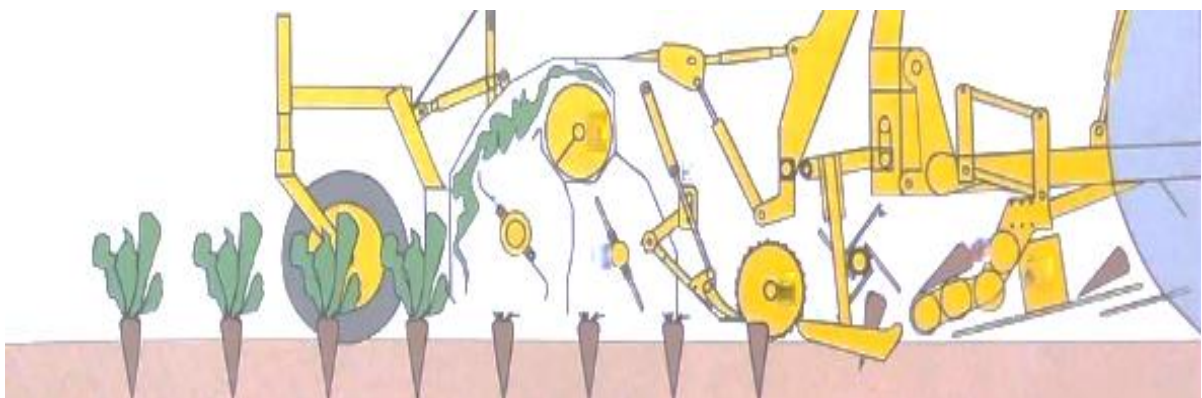
Однак найпоширенішим методом на практиці є механічне очищення кореневих головок за допомогою активних і пасивних ріжучих органів (рис. 2.7, 2.8) або очищувачів кореневих головок



**Рис. 2.7. Пристрій для видалення листя в комбайні для збирання буряків компанії «ROPA».**

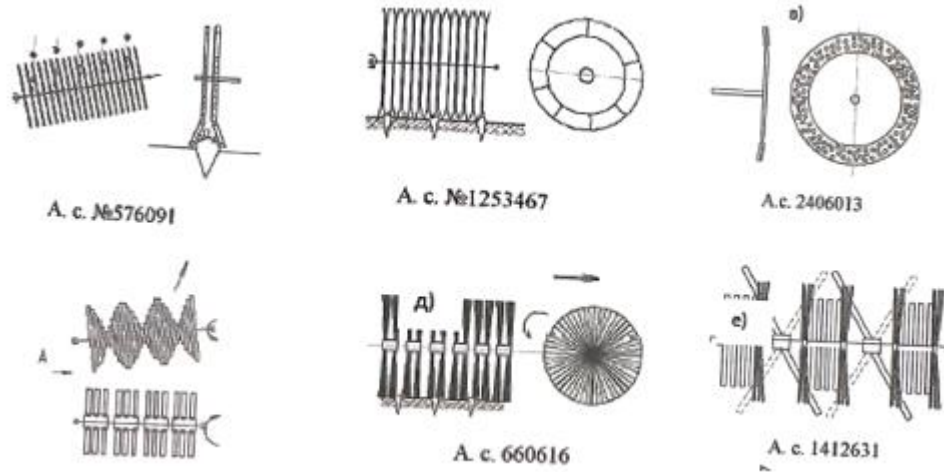
У 1950-х роках комбайни компанії Stoll були оснащені роторними очисниками, попередні очисні інструменти яких склалися з гуми або гнучкого металевого дроту з гребінчастими кінцями, які під час обертання вичісували листя і великі стебла, що ще не були зрізані.

Сучасні машини для збирання буряків використовують цілу серію різних моделей очищувачів кореневих головок.

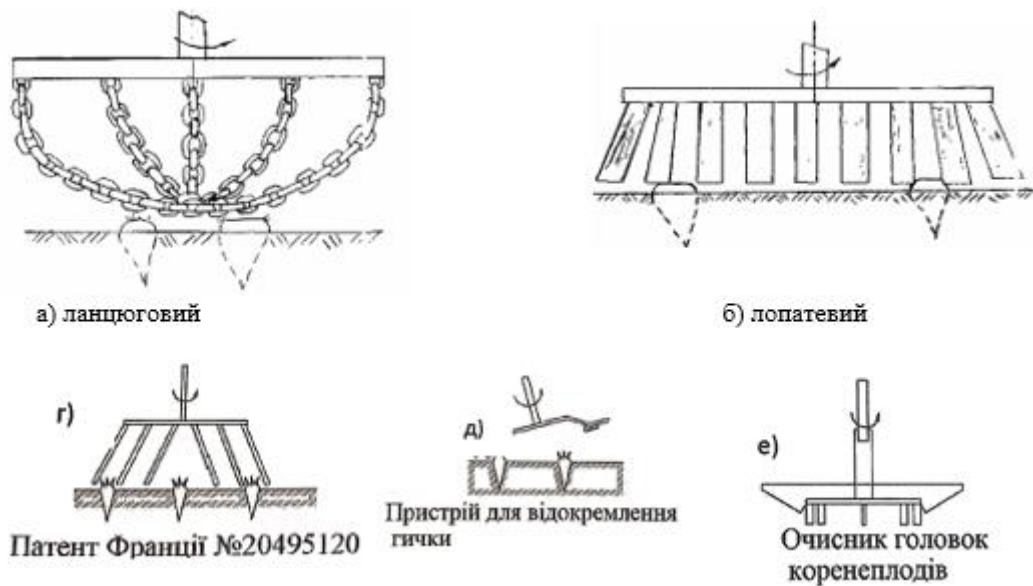


**Рис. 2.8. Пристрій для видалення гички в комбайні для збирання цукрових буряків компанії «KLEINE»**

Найпоширенішими очисниками є очисники з відносним обертовим рухом і горизонтальною віссю обертання (рис. 2.9.). Ці очисники характеризуються простою конструкцією і надійною роботою. Обертальний рух може здійснюватися за допомогою штоків, лопаток, ланцюгів, дисків, деталей та інших функціональних елементів.



**Рис. 2.9. Очисник кореневої головки з горизонтальною віссю обертання**

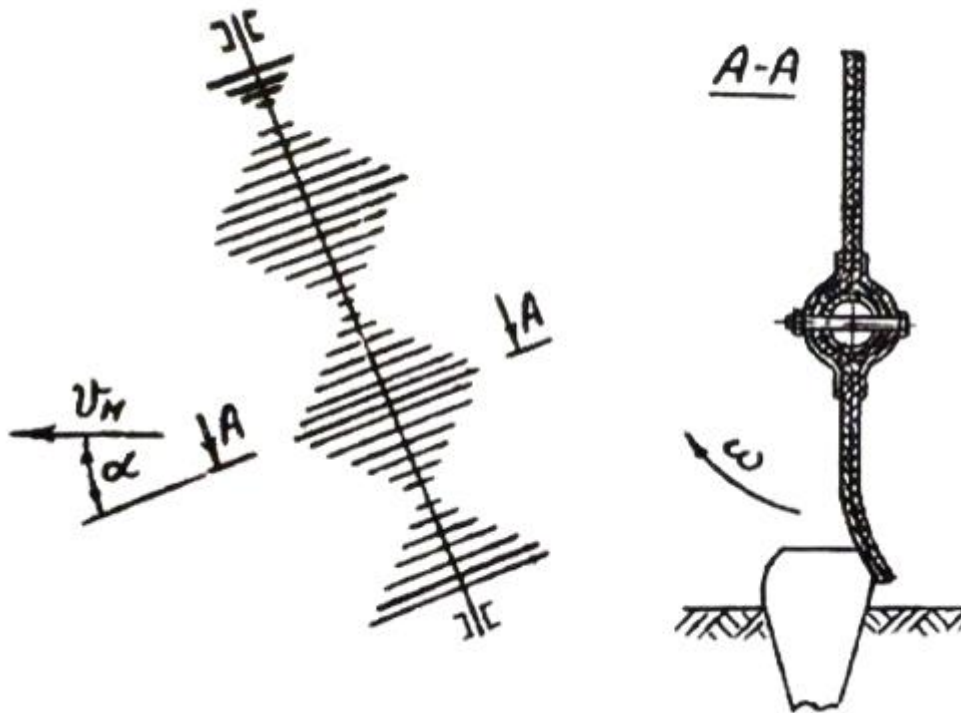


**Рис. 2.10. Очищувач кореневої головки з вертикальною віссю обертання.**



Рис. 2.11. Принципи роботи пристроїв для очищення коренеплодів

Серед вітчизняних машин для збирання стебел найпоширенішою конструкцією очищувача є та, що зображена на (рис. 2.12) Вона складається з рами, опорних коліс, що повторюють рельєф поля, горизонтальної осі, до якої прикріплені гнучкі спіральні очисні батоги з гуми або поліуретану.



**Рис. 2.12. Конструкція очисника з горизонтальною віссю та фіксованими бичами по гвинтовій лінії.**

Залежно від конструкції, батоги можуть бути прямокутними, квадратними або круглими. Коли вісь обертається, кінці гнучких батогів вдаряють по кінчиках коренів і видаляють залишки листя, які видаляються з оброблюваної поверхні. Видалення залишків листя з ораного поля можливе завдяки положенню площини обертання ротора, яка утворює кут  $15-17^\circ$  відносно напрямку руху машини.

З метою підвищення технологічної ефективності очисних пристроїв під час подрібнення та розкидання рослинних залишків на горизонтальній осі між очисними планками, які зміщені одна відносно одної в радіальному напрямку, шарнірно закріплені знімні ріжучі елементи.

Коли очисний пристрій рухається вздовж рядів поля, стебла та рослинні залишки змітаються в проміжки між рядами, де вони подрібнюються за допомогою ножів і розподіляються по поверхні поля. Однак існує велика ймовірність пошкодження коренів ножами, якщо шасі переміщується відносно рядів, що досить часто трапляється в реальних умовах експлуатації.

Під час роботи машини ножі, розташовані біля осі, виконують первинне очищення коренів, а потім вмикаються другі ножі, розташовані над першими, які очищають корені від листя.

Складність конструкції, ненадійність елементів кріплення ножів і збільшення пошкоджень коренів консолями не дозволили використовувати обладнання такого типу для очищення на цукробурякових комбайнах.

Методи підвищення надійності очисних пристроїв полягають у кріпленні до них гнучких батогів.

Основним недоліком такого типу очисних пристроїв є низький термін служби функціональних частин гнучких батогів, які зношуються. З метою поліпшення очищення довжина функціональних кінців очисних елементів регулюється шляхом обертання кріпильних елементів очисних елементів за допомогою фланців.

Водночас конструкція кріпильних елементів є технічно складною, що обмежує їх широке використання в машинах для збирання буряків.

Для більш ретельного очищення коренів буряка від залишків листя використовуються гнучкі віночки, виготовлені у вигляді еластичних трубок. Ці інструменти характеризуються низькою плавучістю, проникають у залишки листя і ковзають по поверхні буряка, очищаючи його від залишків листя. Крім того, вони не розворушують ґрунт, що характерно для крил. Таким чином, трубчасті крила споживають менше енергії.

У барабанній очисній машині кожен інструмент має форму кільця, на зовнішній поверхні якого закріплені тверді очисні елементи. Кільце з'єднане з валом пружинами з еластичного матеріалу. Під час роботи кільце деформується, що дозволяє точно відтворювати форму кореневих головок. Однак вони мають

короткий термін служби і відносно низьку твердість, що погіршує якість очищення.

Для поліпшення якості очищення можна використовувати очисну машину з двома барабанами, в якій приводний механізм, опорні колеса, передня і задня осі, що обертаються в протилежних напрямках, закріплені на шасі. Осі розташовані під кутом до напрямку руху очисної машини з гнучкими робочими органами. Нижній кінець виходу кожуха знаходиться нижче найнижчої точки повороту робочих інструментів. Вихід кожуха знаходиться вище найвищої точки траєкторії обертання робочих інструментів.

Бічні стінки мають паз, що дозволяє проходження коренів. Вихідне вікно направляючої панелі з'єднане з шнековим конвеєром. Під дією відцентрових сил і повітря листя, відокремлене від коренів, транспортується до вихідного вікна і видаляється з зони рядів.

Недоліками цього очисника є висока енергоємність процесу та руйнування верхнього родючого шару ґрунту під час роботи, що призводить до зниження родючості ґрунту.

Характерним недоліком технологічного процесу очищувачів з вертикальною віссю обертання і у вигляді ланцюгів і конічних пружин є значне пошкодження коренів твердими інструментами.

Використання гнучких стрижнів і щіток у роторних очисниках значно покращує якість очищення і зменшує ступінь пошкодження коренів. Однак складність руху кожного ряду коренів (необхідний окремий приводний вал) обмежує ширину

Під час роботи гнучкі ножі очисника вторинного з вертикальною віссю обертання очищають кореневі головки від залишків листя і транспортують їх по трубах до зони вивантаження. Робочий орган може також мати вигляд пружинного валу з очисними елементами, розташованими перпендикулярно до осі обертання головного валу. Основними недоліками розглянутих очищувачів є складність їх конструкції та експлуатації.

Додатковим очисником може бути фрезерний очисник з похилим розташуванням валів. Недоліком цього додаткового очисника також є складність його конструкції та експлуатації.

Одним із варіантів додаткових очищувачів є додатковий очищувач корневих головок із шарнірними батогами, який складається з горизонтального приводного валу з гнучкими очисними інструментами, закріпленими тангенціально, вільні кінці яких з'єднані з валом очищувача за допомогою гнучких тросів, закріплених з боку неробочих поверхонь робочих інструментів.

Комбіноване рішення для активних дискових реплікаторів, що працюють у поєднанні з пасивними ножами, поєднує різання листя з одночасним реплікацією поверхні корневих головок. Ці очисні машини зазвичай працюють без допоміжного валу з гнучкими батогами, оскільки пасивні дискові фрези копіюють поверхню коренів з достатньою точністю. Недоліком цих пристроїв є обмежена лінійна швидкість машини.

При високих швидкостях може статися так, що копіювальні пристрої відскакують (вдаряються) об шийки.

Кріплення пасивного леза (додаткового очисника) для додаткового остаточного очищення корневих головок за горизонтальним циліндром з гнучкими батогами дуже ефективно виконує свої функції очищення, але характеризується складною конструкцією і відносно високими енергетичними витратами додаткового процесу очищення.

Пристрій для зрізання листя та очищення шийки за допомогою комбінованої машини компанії «Errio» (Франція) зрізає більшу частину листя на рівні найвищих коренів за допомогою ротора, оснащеного шарнірними сталевими ножами. Потім залишки листя збираються за допомогою еластичних батогів.

Більш ретельне очищення корневих головок здійснюється за допомогою пасивних ножів. Процес очищення корневих головок за допомогою цієї машини є дуже енергоємним і призводить до значних втрат цукру у вигляді відрізаних корневих головок.

На основі проведеного аналізу можна легко зробити висновок, що конструкція існуючих очисних машин базується на чотирьох принципах: різання, удару, розчісування та комбінованому принципі.

Принцип різання застосовується в очисному пристрої, в якому виступаючі ножі розміщені на виступаючій поверхні ріжучого диска для зрізання залишків листя. Інструмент, що працює за цим принципом, не здатний відтворити форму кореневої головки і завдає значної шкоди.

Ударний очищувач з горизонтальною нижньою робочою поверхнею рухається вгору і вниз з прискоренням, щоб виконати удар під час руху вниз. Ударний інструмент не здатний повністю видалити залишки, навіть якщо він їх подрібнює.

Поєднання декількох дій може бути реалізовано в різних конструкціях. Очищувач являє собою циліндр з горизонтальною віссю обертання, до якого прикріплені ланцюги з еластичного матеріалу у формі стрічки Мебіуса. Ланцюги виконують складний рух: вони б'ють і розчісують. Очевидно, що якість роботи від цього страждає, оскільки така конструкція ланцюга не надає йому достатньої гнучкості. Очищувач з обертовими гвинтовими лопатками працює за принципом поєднання декількох дій. Однак з технологічної точки зору найефективнішим є розчісування залишків гілок силою, що діє на дотичну до поверхні головки. Ця сила може бути отримана за допомогою шумної поверхні, що створюється розподіленим навантаженням в зоні відцентрових сил  $70...120 \text{ Н/см}^3$ .

Цей процес можна реалізувати за допомогою гнучкої поверхні з вертикальною віссю, сформованої ланцюговим інструментом для видалення листя, який відтворює поверхню корневих головок, що відрізняються за висотою, розміром і формою. Однак з конструктивної точки зору такий інструмент не утворює стабільної гнучкої просторової системи.

Форма, поперечний переріз і матеріал очисного елемента мають значний вплив на показники ефективності технологічного процесу.

У очисних інструментах зазвичай використовується плоске лезо з гнучкого матеріалу, яке легко виготовляти та використовувати, але яке має низьку

зносоустійкість і не забезпечує достатнього та ефективного очищення головок, що призводить до пошкодження та виривання коренів із ґрунту, а також до збільшення енергоспоживання очисних інструментів.

У очисних машинах також можна використовувати профільоване лезо, кінчик якого піднятий до осі і поглиблюється у напрямку його обертання. Така конструкція краю леза сприяє задовільному відтворенню форми корневих головок, але низька зносоустійкість матеріалу леза не дозволяє повною мірою скористатися цією перевагою.

Очищувачі з горизонтальною віссю обертання використовують функціональні елементи у вигляді сталевих кілець на паралельних осях.

Ланцюг використовується як функціональний елемент у ряді очисних пристроїв. Він дозволяє отримати високоякісну шорстку поверхню, але в деяких умовах руйнує значну частину (до 15 %) коренів.

Як функціональний елемент очищувача може використовуватися металева щітка діаметром 1,4 мм. Хоча дріт розривається після 10-25 годин роботи, його залишки залишаються в головках, руйнують їх і проникають у стебло, що унеможлиблює подальше використання як корму для тварин.

Очищувач може складатися з низки активних круглих металевих дисків із зубчастою металевою поверхнею та пасивних напівкруглих елементів ковзного типу, які, за результатами досліджень, мають низьку якість очищення та значно пошкоджують коріння.

У очищувачі з обертовим шнеком кожен функціональний кінець лопаток оснащений затискачем круглого або багатокутного профілю, наприклад квадратного. У цьому випадку вісь затискача стає функціональним елементом. За цим принципом роботи вал підвищує ступінь очищення, але завдає значної шкоди корінню. У очищувачі функціональним елементом є петля з еластичного матеріалу або профіль леза.

Функціональні елементи виготовляються з різних матеріалів: гуми та еластичних матеріалів, пластику, сталі, а також з комбінації еластичних матеріалів з металевим покриттям та іншими покриттями, виготовлених з

міцних матеріалів. Все частіше використовуються полімерні композитні матеріали, які забезпечують більшу міцність. Наприклад, леза поліуретанового очисного механізму марки «Vitur» в 3-5 разів міцніші за гуму.

Таким чином, незважаючи на велику різноманітність принципів роботи та конструкцій очисних машин, жодна з відомих очисних машин не відповідає вимогам повної оцінки за початковими вимогами технологічного процесу додаткового очищення корневих головок від залишків листя.

З метою забезпечення ефективного додаткового очищення та зменшення пошкодження коренів розробники пропонують ряд конструкцій робочих органів очисних пристроїв коренів. Це «гнучкі» інструменти. (Їх особливістю є кріплення гнучких стрижнів уздовж спіральної лінії горизонтальної осі за допомогою притискних пластин). Бічні поверхні очищаються, оскільки один кінець

Ефективне очищення коренів, як в центрі головки, так і на бічних поверхнях, забезпечується очисними пристроями, оскільки один кінець їх очисного елемента зміщений відносно іншого в напрямку осі 1 і вільно обертається відносно кріпильного стрижня. Кінці притискних пластин скошені, причому скос кожного очисного елемента вирівняний зі скосом інших. Під час роботи нахил викликає поперечне обертання стрижнів, забезпечуючи рівномірне очищення коренів.

Для поліпшення ступеня очищення корневих головок гнучкі елементи можуть бути встановлені під кутом, зміщеним відносно напрямку обертання валу, на протилежних сторонах кріпильного стрижня. У робочій зоні стрижні частково перекриваються, тоді як діаметрально протилежні крила вирівнюються у напрямку обертання валу і розташовуються зі зміщенням один відносно одного на протилежних сторонах.

Значно подовжений термін служби очисного пристрою забезпечується конструкцією гнучких штоків у формі літери W, які під час зношування зовнішньої ланцюга надають дві можливості переміщення стрічки з подальшим кріпленням за допомогою притискних пластин.

У машинах для очищення з двома валками перший циліндр зазвичай складається з низки «м'яких» щіток, які, крім очищення коренів, ефективно видаляють рослинні залишки з оброблюваної поверхні. «Напівжорсткі» батоги встановлені на другому циліндрі (у напрямку руху машини) і служать для остаточного очищення шийки. Ці очисні елементи зазвичай виготовляються з литої гуми і складаються з окремих деталей, розташованих по спіралі.

Інструменти з проміжними кільцями характеризуються великою ударною силою і можуть використовуватися при вирощуванні цукрових буряків, коли шийки покриті шаром землі внаслідок багаторазового підгортання.

Машини для очищення стебел ефективні для очищення голівок кормових буряків. Моделі «напівжорстких» очисних машин з пресованої гуми мають відмінну особливість: шарнірне кріплення очисних елементів, які встановлюються на болти горизонтальної осі. Регулювання довжини робочої зони батога здійснюється шляхом обертання ексцентрикової гуми, розташованої на осях валу.

Конструкція гребінчастого очисника (покращує якість очищення коренеплодів. Це досягається за рахунок періодичного обертання очисних елементів і їх нахилоного положення, оскільки це змінює положення пальців відносно коренеплодів під час процесу очищення.

Варіант очисника у формі чашки має гнучкі елементи у формі чашки, встановлені на гнучких або жорстких осях, закріплених в радіальному напрямку вздовж спіральної лінії на горизонтальній осі. Під час обертання горизонтальної осі очисні елементи розподіляються на кінцях гвинтових з'єднань завдяки відцентровим силам. При взаємодії з кореневими головками овочів, чашки деформуються і частково охоплюють корені, що дозволяє ефективно їх очищати.

«Жорсткі» очисні елементи зазвичай використовуються для остаточного очищення головок цукрових буряків без застосування гербіцидів. Відмінною особливістю цього типу очисних елементів є міцне кріплення похилих металевих пластин на бічних поверхнях дисків або секторів. Вони можуть притискатися за допомогою автономних або центральних пружин.

Під час роботи робочі елементи копіюють головку коренеплоду, забезпечуючи високу якість очищення.

Аналіз бібліографічних джерел показує, що з агротехнічної точки зору досить складно досягти прийняттого очищення корневих головок від залишків листя за допомогою однієї машини для обрізки листя. В Україні більш поширені технології двоступеневого видалення листя з корневих головок.

Ефективність пристрою для очищення коренів залежить від конструктивних особливостей і, зокрема, від конструкції та стану очисних елементів. Слід зазначити, що на відміну від нового інструменту з гумовими батогами, ремінці батогів аналогічних очисних машин швидко зношуються під час роботи, а заміна ремінців батогів здійснюється кожні 15-20 га. Це призводить до порушення технологічного процесу очищення та зниження загальної продуктивності машини.

Запропоноване пристосування для очищення корневих шийок від залишків листя складається з вертикального валу 1, до якого прикріплені вали з лопатевими роторами 5. (рис. 2.13.).

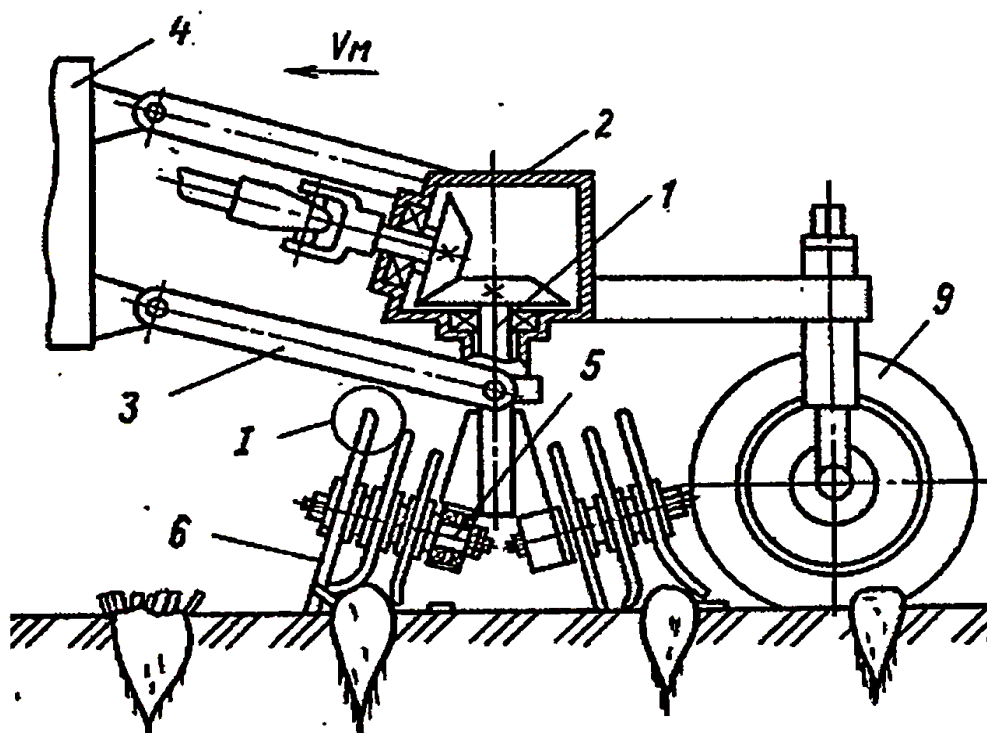


Рис. 2.13. Конструктивна схема очисника

При натисканні на кінчик кореневища лопаті 6 першого ротора, які діють тангенціально на поверхню кінчика кореня, зрізають залишки листя за допомогою робочої кромки І. Напрямок сили, що діє для відокремлення залишків від головки, протилежний напрямку їх росту, що дозволяє очищати головки коренів без великих витрат енергії. Для кращої якості очищення пристрій оснащений двома роторами з лопатями, що обертаються в протилежних напрямках, що підвищує ефективність дії на головку кореневища.

### РОЗДІЛ 3.

## ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОЧИЩУВАЛЬНИХ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ

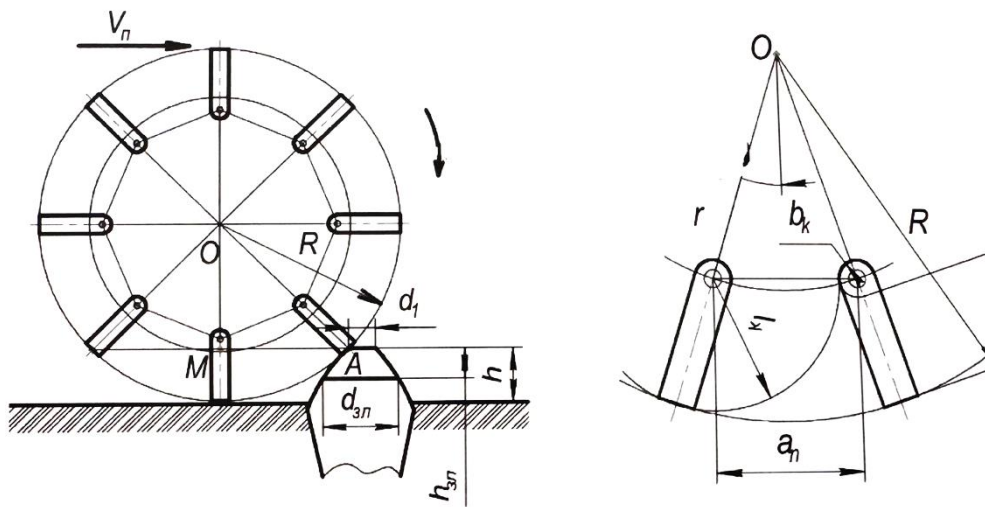
### 3.1. Теоретичне дослідження взаємодії лопаток очисного механізму з поверхнею кореневої головки

Дослідження технологічних процесів та інструментів, що використовуються для видалення листя буряків, є предметом роботи відомих вчених П.М. Василенка, Л.В. Погоріло, Г.В. Авансова, А.К. Сарапулова, В.М. Булгакова, І.В. Головача, Р.В. Євкі, І.П. Сіцова, М.М. Хелемдіка та В.П. Сабельникова. Вчені М.В. Татьяна, М.О. Огурецьников, П.В. Савич, О.П. Гурченко, В.Г. Мартіненко, М.І. Пилипець, М.Г. Даниленко, В.С. Глуковський, М.М. Місін, В.М. Барановський, Я.І. Козиброт, Г.А. Павлов, В.Д. Ореховський, О.О. Сипливець та інші.

Аналіз роботи відомих пристроїв для видалення бадилля буряків показав, що найперспективнішими в цьому відношенні є подвійні ротори з горизонтальною віссю обертання, оснащені гнучкими робочими органами. За попередніми результатами досліджень, ці пристрої мають відносно просту конструкцію, забезпечують виконання процесу відповідно до діючих вимог, мають високу надійність і споживають мало енергії під час виконання своєї функції.

У цьому контексті робота полягає у вивченні можливостей та визначенні раціональних параметрів гнучких інструментів для видалення бурякового бадилля.

Розглянемо принцип роботи пристрою для очищення коренеплодів, який складається з двох горизонтальних валків, розташованих паралельно напрямку руху комбайна. Взаємодіючи з залишками листя на поверхні кореневої системи, лопаті видаляють їх і викидають перпендикулярно напрямку руху комбайна в простір між рядами [2.3.4.5.8.12.14.18.19.20.21.23.30.33.36.37].



**Рис. 3.1. Еквівалентна схема положення очисного механізму над поверхнею кореневої системи**

Параметри механізму очищення встановлюються в такому порядку: рис. 3.1

1) Мінімальний радіус пристрою очищення:

$$R = r + l_K, \quad (3.1)$$

де  $r$  – радіус підвісного кільця;

$l_K$  – конструктивна довжина очисного елемента.

Діаметр робочої частини очисного елемента для корневих головок знаходиться в наступному діапазоні: мінімальний діаметр – максимальний діаметр кореня цукрового буряка;

максимальний – подвійна найменша відстань між рядами.

2) Довжина очисного елемента:

$$l_K = \Delta h + b_K, \quad (3.2)$$

Де  $\Delta h$  – різниця висоти коренів після обрізки листя.

$b_K$  – ширина лопатки

Довжина гнучких лопатей повинна бути більшою за максимальну висоту кореневих головок над поверхнею поля.

3) Кількість очисних елементів (лопат) очисного механізму:

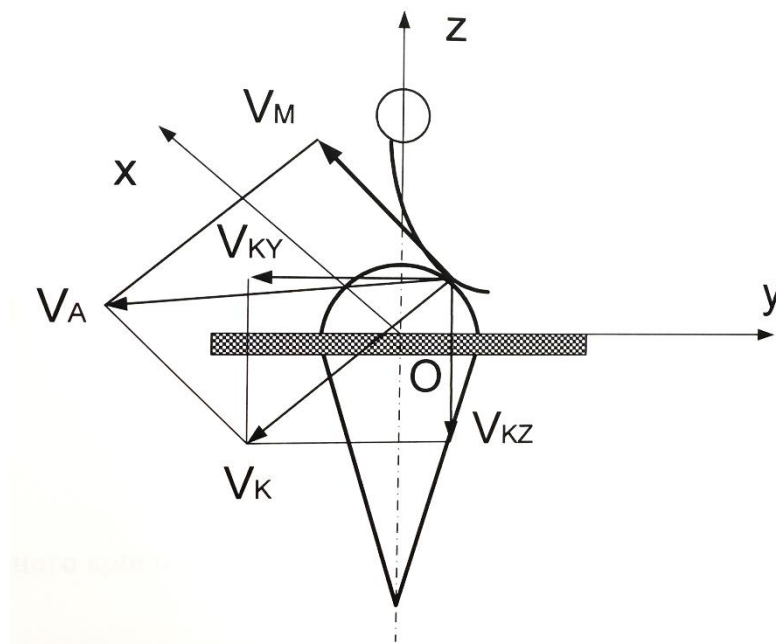
$$Z = \frac{\pi}{\arcsin\left(\frac{l_K + b_K}{2R - \Delta h - b_K}\right)}, \quad (3.3)$$

Ширина лопаток повинна бути меншою за відстань між коренями в одному ряду.

Як згадувалося в попередніх розділах, ми уявляємо кореневу головку як півсферу з радіусом  $R_H$ , форма якої описується рівнянням  $x^2 + y^2 + z^2 - R_H^2 = 0$ . Центр цієї півсфери має певне положення відносно поверхні поля та осі ряду. Отже, найбільш відповідним описом форми кореневої головки є рівняння  $(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 + (z - z_o)^2 - R_H^2 = 0$ .

Розглянемо кінематику взаємодії леза очисного механізму з поверхнею кореневої головки під час видалення залишків листя (рис. 3.2.). Під час роботи очисного механізму на корневих головках лезо очищення взаємодіє з усією поверхнею кореневої головки.

Припустимо, що очищувач виконує поступальний рух разом з машиною. Отже, швидкість поступального руху леза очищувача відповідає швидкості машини  $\bar{V}_M$ . Відносний рух точки леза очищувача є обертовим рухом точки, розташованої на відстані, що дорівнює радіусу  $\rho$  відносно осі обертання ротора, а її кутова швидкість дорівнює  $\omega$ . З огляду на вищезазначене, швидкість відносного руху точки дорівнює круговій швидкості точки  $V_K = \omega \rho$ .



**Рис. 3.2. Діаграма еквівалентної взаємодії між очисною пластиною та кінчиком кореневої головки**

Кінцева швидкість, з якою лезо вдаряє по головці коренеплоду в момент удару, вважається рівною абсолютній швидкості точки, яка дорівнює векторній сумі поступальної швидкості та відносної швидкості точок:

$$\vec{V}_M = \vec{V}_\Pi + \vec{V}_K, \quad (3.4)$$

Вектор кругової швидкості спрямований до дотичної траєкторії відносного обертального руху.

На основі аналізу геометрії еквівалентної форми та теореми синуса було визначено вираз абсолютної швидкості точки леза:

$$V_P = \sqrt{V_M^2 + V_K^2 - 2V_M V_K \cos(\vec{V}_K * \vec{V}_M)}, \quad (3.5)$$

у випадку рівномірного кріплення крила:

$$V_P = \sqrt{V_M^2 + V_K^2 \cos^2 \beta - 2V_M V_K \cos \beta * \cos(\bar{V}_K * \bar{V}_M)}, \quad (3.6)$$

у разі кріплення крила під кутом  $\beta$  до напрямку руху літака

У виразах (3.5 і 3.6)  $\cos(\bar{V}_K * \bar{V}_M)$  – непрямий косинус.

Припустимо, що вісь обертання ротора очисного механізму збігається з віссю серії. Косинус спрямований  $\cos(\bar{V}_K * \bar{V}_M) = 0$ , і вираз кінцевої швидкості набуває такого вигляду:

$$V_P = \sqrt{V_M^2 + V_K^2}, \quad (3.7)$$

Було встановлено, що критична швидкість удару не повинна перевищувати 5,4 м/с. З огляду на це, умова, за якої коріння не виривається з ґрунту, є такою:

$$V_M^2 + \omega^2 \rho^2 \leq 29,16 \quad (3.8)$$

або, після алгебраїчних перетворень:

$$\omega \leq \frac{1}{\rho} \sqrt{29,16 - V_M^2} \quad (3.9)$$

Оскільки лопать виготовлена з еластичного матеріалу, вона деформується на величину, що відповідає вигину:

$$\delta = \frac{Q(l-l_1)^3}{3EI}, \quad (3.10)$$

Де  $dl$  – довжина лопаті

$l_1$  – відстань між точкою контакту лопатки з поверхнею кореневої системи та вільним кінцем лопатки?

$EI$  – еластичність лопаті

$Q$  – сила згину, значення якої відповідає силі переміщення.

Еталонне значення сили переміщення становить  $Q = 30 H$ .

Що стосується пошкодження коренів лопатями, то гума є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення лопат, а поперечний переріз повинен бути прямокутним (це було обрано на основі аналізу контакту лопати з поверхнею кореневої головки).

У цьому випадку лопата працює без проблем, за умови, що

$$H - l \leq H_1 - \frac{lR_K}{\sqrt{R_K^2 + l^2}}, \quad (3.11)$$

$$H_1 = R_K + h$$

Ефективна робота очисного пристрою забезпечується кількістю лопатей шириною  $b$  ротора, що відповідає частоті обертання ротора  $n$

$$Z(n) \approx \frac{V_M}{b * n} \quad (3.12)$$

На основі експериментальних досліджень, була розроблена регресійна модель для визначення залежності між кількістю взаємодій між очисною пластиною і верхівкою кореня, силою  $F$ , що діє на корінь під час очищення боковою частиною пластини, та основними конструктивними і технологічними параметрами очисного пристрою:  $V$  – швидкість переміщення (м/с),  $n_p$  – частота обертання лопатевого ротора ( $\text{хв}^{-1}$ ) і кількість лопатей ротора  $k$  (штук) є такими:

$$N = 8,54 - 0,79V + 0,98n_p + 2,42k - 0,58V^2 - 1,54Vk + 0,41k^2, \quad (3.13)$$

$$F = 103,73 + 5,95V - 7,1n_p - 0,26k - 12,86V^2 + 0,06Vn_p + 3,54Vk - 1,28k^2, \quad (3.14)$$

Які результати отримуються при зміні таких параметрів:  $n_p = 150 \dots 600 \text{ хв}^{-1}$ ,  $V = 1,0 \dots 2,2 \text{ м/с}$ ,  $k = 3 \dots 6$ .

Кількість взаємодій  $N$  лопаток очищення на вході в кореневий канал повинна бути більшою за значення  $\frac{1,3 \cdot D}{b}$ ,

Де  $D$  — діаметр кореневого каналу,  $a$   $b$  — ширина лопатки. Число 1,3 враховує перекриття траєкторій лопаток, щоб уникнути порожніх просторів.

З огляду на вищезазначені моменти, перша (необхідна) умова для вибору параметрів очисного ротора з лопатками є такою:

$$-0,79V + 0,98n_p - 0,58V^2 - 1,54Vk \geq \frac{1,3 \cdot D}{b} - 2,42k - 0,41k^2 - 8,54, \quad (3.15)$$

Відомо, що мінімальне значення сили розчісування  $Q = 30 \text{ Н}$ . Друга умова (достатня) для вибору параметрів очисного пристрою для високоякісної роботи впливає з наступного рівняння:

$$D_{iAO} \geq 5,95V - 7,1n - 12,86V^2 + 0,06Vn + 3,54Vk \geq 1,28k^2 - 0,26k - 73,73, \quad (3.16)$$

Для визначення залежності швидкості руху машини від кутової швидкості очисного пристрою використовуємо рівняння регресії О.С. Комбчеффа для залежності пошкодження коренів від кутової швидкості та швидкості руху очисного пристрою. На цьому етапі припускаємо, що рівень пошкодження дорівнює нулю:

$$\Pi = 3,75 - 0,11V + 0,67 \omega + 0,0005\omega^2 = 0, \quad (3.17)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

Отримані вирази використовуємо для подальших розрахунків раціональних параметрів очисного пристрою.

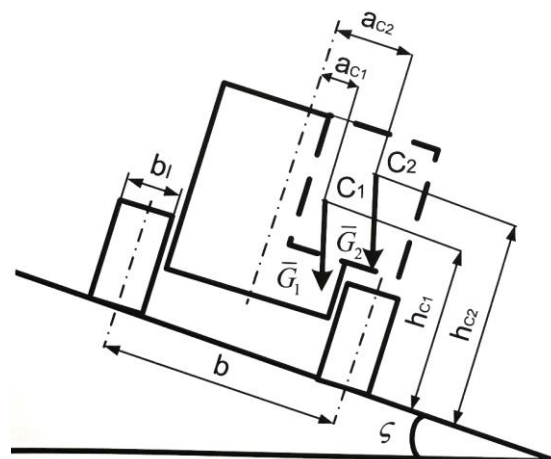
### 3.2. Теоретичне обґрунтування умов поперечної стійкості бурякозбиральних комбайнів, що працюють на схилі

Розглянемо умову поперечної стійкості машини, вага  $G$  якої діє на центр ваги – точку  $\tilde{N}_1$ , під час роботи на схилі з нахилом  $\zeta$ .

Спочатку розглянемо випадок, коли машина не обладнана системою горизонтального вирівнювання шасі під час роботи на схилі (рис. 3.3.). Присутність коренів у бункері розглядаємо як прикріплену масу змінної ваги  $\bar{G}_2$ , яка діє на певний центр столу  $C_2$ , положення якого також змінюється залежно від навантаження.

Згідно з теоремою Лагранжа-Діріхле, динамічна енергія цієї системи мінімальна в стабільному рівноважному положенні. Динамічна енергія машини з коренями, завантаженими в бункер, відповідає сумі динамічної енергії, що походить від сили тяжіння машини  $\Pi_{G_2}$ , тобто:

$$\Pi = \Pi_{G_1} + \Pi_{G_2}, \quad (3.18)$$



**Рис. 3.3. Еквівалентна діаграма поперечного нахилу бурякозбиральної машини**

Динамічна енергія, що походить від гравітації транспортного засобу, визначається для цієї конкретної еквівалентної форми за допомогою виразу:

$$\Pi_{G_1} = G_1 \frac{[h_{C1} + (\frac{b}{2} + \frac{b_1}{2} - a_{C1}) * tg\xi]}{\cos\zeta}, \quad (3.19)$$

А динамічна енергія, що походить від гравітації коренів у резервуарі машини:

$$\Pi_{G_2} = G_2 \frac{[h_{C2} + (\frac{b}{2} + \frac{b_1}{2} - a_{C2}) * tg\xi]}{\cos\zeta}, \quad (3.20)$$

Де  $G_1, G_2$  – сила тяжіння машини та коренів у контейнері?

$h_{C1}, h_{C2}$  – положення центру ваги машини та коренів у контейнері відносно опорної поверхні.

$a_{C1}, a_{C2}$  – поперечне положення центрів ваги машини та коренів у контейнері відносно поздовжньої осі машини.

$b, b_1$  – відстань і ширина передніх коліс машини.

З огляду на змінну масу коренів у контейнері машини та змінне положення їх центру ваги, це положення можна визначити таким чином  $h_{C2}, a_{C2}$  за допомогою положення центру ваги машини  $h_{C1}, a_{C1}$  у вигляді  $h_{C2} = h_{C1} + \Delta h, a_{C2} = a_{C1} + \Delta a$ , де  $\Delta h, \Delta a$  – параметри, що визначають положення центру ваги стоси коренів відносно центру ваги стоси машини.

Після підстановки (3.19) і (3.20) в (3.18) отримуємо вираз, що дозволяє визначити динамічну енергію системи у вигляді машини з коренями, завантаженими в контейнер:

$$\Pi = \frac{1}{\cos\zeta} * [G_1 h_{C1} + G_2 h_{C2} + (G_1 \frac{b}{2} + G_1 \frac{b_1}{2} - G_1 a_{C1} + G_2 \frac{b}{2} + G_2 \frac{b_1}{2} - G_2 a_{C2}) * tg\xi], \quad (3.21)$$

Для спрощення перетворення виразу (3.21) проводимо наступні заміни:

$$G_1 h_{c1} + G_2 h_{c2} = A, G_1 \frac{b}{2} + G_1 \frac{b_1}{2} - G_1 a_{c1} + G_2 \frac{b}{2} + G_2 \frac{b_1}{2} - G_2 a_{c2} = B, \quad (3.22)$$

Похідна динамічної енергії системи відносно кута нахилу  $\zeta$  –  $\frac{d\Pi}{d\zeta}$  дорівнює:

$$\frac{d\Pi}{d\zeta} = \frac{d}{d\zeta} \left\{ A \frac{tg\zeta}{\cos\zeta} + B \frac{1}{\cos\zeta} \right\} = A \left( \frac{1+2*tg^2\zeta}{\cos\zeta} \right) + B \frac{\sin\zeta}{\cos^2\zeta}, \quad (3.23)$$

Порівняємо вираз похідної кінетичної енергії системи (3.23) з нулем  $\frac{d\Pi}{d\zeta} = 0$  і, після виконання відповідних алгебраїчних і тригонометричних перетворень, отримаємо рівняння виду:

$$tg^2\zeta + \left( \frac{B}{2A} \right) tg\zeta + 0.5 = 0, \quad (3.24)$$

Розв'язавши його, отримуємо:

$$\zeta = \arctg \left\{ 0.5 * \left[ -\frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^4} - 2} \right] \right\} + \pi K, K \in N, \quad (3.25)$$

Записане рішення (3.25) визначає можливі положення фіксованої поперечної рівноваги.

Якщо розглядати як центр ваги машини для збирання буряків, силос якої завантажений коренеплодами, точку  $\tilde{N}_3$  (яка визначається експериментально або аналітично за допомогою існуючих методів для відповідної моделі машини) і параметр, поперечний до поздовжньої осі машини  $a_{c3}$ , і параметр, вертикальний до опорної поверхні  $h_{c3}$ , то критичне значення кута нахилу визначається наступним чином:

$$\zeta_{\text{KP}} = \frac{\left(\frac{b}{2} + \frac{b_1}{2} - a_{c3}\right)}{2h_{c3}}, \quad (3.26)$$

На основі аналізу конструкцій сучасних машин для збирання цукрових буряків марок «ROPA», «HOLER», «GRIMME», «KLEINE», «MORO», «MOTRO», було встановлено, що найкращі результати з точки зору стабільності досягаються самохідними машинами компанії «ROPA».

## РОЗДІЛ 4.

### РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ОЧИЩУВАЧА ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

#### 4.1. Обґрунтування раціональних значень очисника

Використовуючи залежності з розділу 3, за допомогою програм EXCEL і MATCAD та на основі даних теоретичних досліджень властивостей цукрових буряків, були визначені раціональні параметри вдосконаленого очисника цукрових буряків для використання в технологічній конфігурації однорядного причіпного комбайна для збирання цукрових буряків: переріз лопаті – під прямим кутом, матеріал – гума, довжина лопаті 18–24 см, ширина лопаті – 5–8 см, швидкість руху очисника  $V = 2,8$  м/с (10 км/год), частота обертання осі лопаті очисника  $n = 8$  об/с (50 обертів/секунду), кількість роторів – 2, мінімальна кількість лопатей на роторі  $Z = 5$ .

#### 4.2. Розрахунок показників рентабельності

Економічні показники, що характеризують ефективність застосування, визначаються відповідно до стандарту ДСТУ 4397:2005 на основі загальноновизнаних формул.

В якості базової моделі ми беремо однорядний комбайн Kleine Automatic Roder 5002 (рис. 4.1) в базовій конфігурації, який підключений до Fendt 509 C 11. В якості модернізованої машини ми беремо цю машину з поліпшеним очисником. Використання поліпшеного очисника дозволяє:

1) підвищити продуктивність за рахунок збільшення швидкості руху агрегату

3) забезпечити кращу якість видалення залишків листя.



**Рис. 4.1. Комбайн Kleine Automatic Roder 5002**

При розрахунку показників рентабельності вплив поліпшення якісних експлуатаційних показників не враховується.

Для визначення показників рентабельності використання комбайна для збирання буряків з встановленим модернізованим механізмом очищення коренеплодів ми використовуємо стандартну методологію. Ціни на обладнання, заробітну плату та паливо враховуються на основі ситуації станом на 01.01.2025.

Загальний економічний результат визначається як зменшення прямих експлуатаційних витрат завдяки використанню обладнання для очищення коренів із зазначеним поліпшенням:

$$E_{\text{заг}} = \Pi_{\text{б}} - \Pi_{\text{м}}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.1)$$

$\Pi_0, \Pi_M$  – зазначені експлуатаційні витрати базової моделі та модернізованої машини в гривнях/га.

Зазначені експлуатаційні витрати розраховуються таким чином:

$$\Pi = e * K + C; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.2)$$

$e$  – нормальний коефіцієнт ефективного використання капітальних інвестицій ( $e = 0,15$ );  $K$  – сума капітальних інвестицій, у гривнях/га.

$$K = \frac{B_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M}{Q_M}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.3)$$

$DeB_T, B_M$  – балансова вартість трактора та машини в гривнях?

$Q_M$  – сезонне використання машини, га

$T_{PT}$  – річний пробіг трактора, години. Припустимо, що  $T_{PT} = 1000$  год;

$W_3$  – продуктивність у змінному часі, га/год.

$$W_3 = W_0 \tau = 0.1 * BV\tau; \frac{\text{га}}{\text{год}}, \quad (4.4)$$

$DeW_0$  – базова продуктивність за часом, гектари/година?

$\tau$  – Коефіцієнт ефективного використання робочого часу на зміну ( $\tau = 0.8$ );

$B$  – Робоча ширина машини, м.

$V$  – Швидкість роботи машини, км/год.

У формулі для зазначених експлуатаційних витрат  $C$  – прямі експлуатаційні витрати, гривня/га. Вони визначаються як сума витрат на оплату праці  $C_1$ , витрат на паливо та мастильні матеріали  $C_2$ , витрат на оновлення машини з енергоносієм (трактор)  $C_3$ , а також витрат на ремонт та технічне обслуговування  $C_4$ :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.5)$$

Елементи цієї формули визначаються наступним чином:

$$C_1 = \frac{\sum L_i CT_i}{W_3}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.6)$$

де  $L_i$  – кількість працівників відповідної категорії, зайнятих у цій галузі

$CT_i$  – погодинна заробітна плата працівника відповідної категорії за шкалою оплати праці, у гривнях/година;

$$C_2 = Nqn\zeta_{\text{п}}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.7)$$

де  $n$  – коефіцієнт використання потужності трактора 0,8;

$\zeta_{\text{п}}$  – загальна вартість палива, в гривнях/кг;

$$C_3 = \frac{B_{\text{т}} a_{\text{т}}}{W_3 T_{\text{PT}}} + \frac{B_{\text{м}} a_{\text{м}}}{Q_{\text{м}}}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.8)$$

Де  $a_T, a_M$  – відсоток амортизації на ремонт трактора та машини ( $a_T = a_M = 16,6\%$  або  $0,166$ )

$$C_4 = \frac{B_T b_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M b_M}{Q_M}; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.9)$$

де  $b_T b_M$  – відсоток амортизації на ремонт і обслуговування трактора та машини ( $b_T = 34\%$  або  $0,34$ ,  $b_M = 15\%$  або  $0,15$ ),

Річний фінансовий звіт складається таким чином:

$$E_P = E_{\text{заг}} + Q_M; \frac{\text{грн}}{\text{га}}, \quad (4.10)$$

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 4.1.

Результати розрахунків наведені в таблиці 4.2.

**Таблиця 4.1.**

**Базові умови для розрахунку показників рентабельності.**

Показник	Базова машина	Модифікована машина
Робоча ширина машини, м	0,45	0,45
Робоча швидкість машини, км/год	8	10
Кількість осіб, відповідальних за технічне обслуговування	1	1

Таблиця 4.2.

**Результати розрахунку рентабельності використання модернізованих машин.**

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність у базовому режимі, га/год	0,36	0,45
Продуктивність у зміни, га/год	0,29	0,36
Прямі експлуатаційні витрати на заробітну плату, гривні/га	228	184,5
Прямі експлуатаційні витрати на паливо та мастильні матеріали, грн/га	483	384
Прямі експлуатаційні витрати на ремонт, грн/га	74,3	67,2
Прямі експлуатаційні витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн/га	79,4	71,9
Загальні експлуатаційні витрати, грн/га	864,7	707,6
Сума капітальних інвестицій, грн/га	448,5	405,4

**Продовження таблиці 4.2.**

Заявлені експлуатаційні витрати, грн/га	931,9	767,8
Зниження заявлених експлуатаційних витрат, грн/га	164,1	
Річний економічний результат, грн.	16410	

Для визначення річного економічного результату було враховано максимальне річне навантаження 100 га. Встановлено, що річний економічний результат від використання модернізованої конструкції становить 10 930 грн.

## **РОЗДІЛ 5.**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Охорона здоров'я та безпека праці – це сукупність превентивних заходів і засобів правового, соціально-економічного, організаційного, технічного, гігієнічного та терапевтичного характеру, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людей під час їх професійної діяльності.

Дія закону про охорону праці поширюється на всі підприємства, установи та організації, незалежно від форми власності та виду діяльності, на всіх працюючих громадян, а також на осіб, які беруть участь у діяльності цих підприємств.

Необхідність аналізу безпеки праці в економіці пов'язана з тим, що проблема безпеки праці повинна розглядатися комплексно, оскільки вирішення питань, пов'язаних із забезпеченням нормативних умов праці на одному робочому місці, не може призвести до висновку про те, що умови праці в конкретній галузі або в економіці в цілому є безпечними та здоровими.

В описі безпеки праці на підприємстві ми спочатку розглянемо обов'язки особи, відповідальної за дотримання умов праці на всьому підприємстві. У даному випадку це директор. З метою створення умов праці, що відповідають законодавчим вимогам, у кожному організаційному підрозділі та на кожному робочому місці, а також забезпечення дотримання прав працівників у сфері безпеки та гігієни праці, гарантованих законом

- він створює відповідні підрозділи та призначає працівників, відповідальних за вирішення певних питань, пов'язаних з безпекою праці, затверджує інструкції щодо їхніх завдань, прав та обов'язків під час виконання покладених на них функцій

- забезпечує усунення причин виробничих травм та професійних захворювань і вжиття запобіжних заходів, визначених комітетами на основі результатів розгляду цих причин.

- розробляє та затверджує правила, інструкції, інструкції та інші норми з охорони праці, що застосовуються на підприємстві, які визначають правила виконання роботи та поведінки працівників на території підприємства та на робочих місцях відповідно до міжгалузевих та галузевих нормативних актів з охорони праці

- постійно контролює дотримання технологічних процедур, правил користування машинами, використання засобів захисту та виконання робіт відповідно до вимог охорони праці та техніки безпеки працівниками

- організовує пропаганду безпечних методів роботи та співпрацю з працівниками у сфері охорони праці.

У компанії створено службу охорони праці. Вона підпорядковується безпосередньо генеральному директору і знаходиться на одному рівні з основними виробничими та технічними службами.

Експерти з охорони праці мають право давати керівникам служб підприємства обов'язкові вказівки щодо усунення існуючих недоліків, отримувати від них необхідну інформацію про осіб, які не пройшли медичний огляд, навчання, підготовки або які не мають дозволу на виконання відповідних робіт або не дотримуються правил охорони праці, припиняти роботу засобів виробництва у разі порушень, що становлять загрозу для життя або здоров'я працівників. Всі працівники при прийомі на роботу та під час роботи проходять навчання (освіту) на підприємстві відповідно до стандарту НПАОП 0.00-4.12-05 у сферах охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків та правил поведінки при нещасних випадках, відповідно до стандартних правил Державної служби України з нагляду за охороною праці. Навчання проводиться в кабінеті охорони праці.

Відповідно до переліку, затвердженого Національним комітетом України з охорони праці, працівники повинні пройти обов'язкове навчання перед початком роботи та кожні три роки, а також пройти оцінку галузевими або регіональними адміністративними органами, відповідальними за охорону праці, за участю представників національного контролюючого органу та профспілок.

Всередині підприємства умови праці також контролювалися в різних структурних підрозділах. Відповідно до постанови № 442.01.08.1992 Ради Міністрів, дотримується періодичність багаторівневих адміністративних і громадських перевірок безпеки та охорони здоров'я на робочому місці.

Протягом останніх років на підприємстві були зареєстровані випадки виробничого травматизму, зокрема переломи рук і ніг. Однак служба охорони праці та здоров'я провела розслідування та зареєструвала випадки виробничого травматизму відповідно до положень НРАОР 0.00-6.02-04.

На підставі результатів розслідування нещасного випадку складається протокол у встановленій формі, копія якого видається потерпілому не пізніше ніж через 3 дні після закінчення розслідування. У зв'язку з нещасними випадками, що сталися на підприємстві, було організовано спеціальні навчання та перевірено стан обладнання, що стало причиною нещасного випадку. Якщо нещасний випадок стався через людську помилку, відповідальна особа підлягає штрафу або адміністративному покаранню залежно від тяжкості нещасного випадку, а в особливо тяжких випадках можливе також звільнення з підприємства.

У колективному договорі сторони встановлюють соціальні гарантії, що надаються працівникам у сфері безпеки та гігієни праці, які не можуть бути нижчими за рівень, передбачений законодавством, їхні зобов'язання, а також комплексні заходи, спрямовані на досягнення встановлених стандартів у сфері безпеки, охорону здоров'я на виробництві та робоче середовище, підвищення існуючого рівня безпеки та охорони здоров'я на виробництві, запобігання виробничим травмам та професійним захворюванням. Це підприємство відповідає вимогам колективного договору.

У приміщеннях підприємства облаштовані обов'язкові куточки, присвячені безпеці праці, з плакатами, інструкціями з техніки безпеки та протипожежної безпеки, а на кожному поверсі підприємства розміщені плани евакуації на випадок пожежі.

З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок, що це підприємство приділяє велику увагу безпеці праці, яка є однією з найважливіших передумов для належного протікання виробничого процесу. Отже, безпеку праці можна вважати задовільною.

Всі роботи на підприємстві виконуються з максимальним використанням відповідних механізмів та автоматизації, відповідно до чинних нормативних актів, правил безпеки праці та технічних правил безпеки.

Обладнання, інструменти та приладдя повинні використовуватися тільки за призначенням, зберігатися в доступному місці та бути в справному стані.

Робоче місце повинно бути пристосоване до виконання відповідних завдань. Відходи виробництва, використані вироби тощо повинні бути своєчасно вивезені з робочого місця.

Монтаж вузлів, компонентів і виробів вагою понад 20 кг на робочому місці повинен здійснюватися за допомогою машин.

Під час роботи працівник піддається небезпечним і шкідливим впливам, пов'язаним з усіма видами виробництва або особливостями ремонту та контролю сільськогосподарських машин:

- шкідливі для здоров'я фактори, що виникають під час ремонту та технічного обслуговування сільськогосподарських машин в небезпечних умовах на машинах і приладах:
- підйом деталей машин, що підлягають контролю
- відкривання обертових і рухомих частин машин і обладнання
- несправні або неповні освітлювальні та контрольні прилади
- витік палива, мастила, охолоджувальної рідини та інших технічних речовин
- Пошкодження ізоляції електричних кабелів
- Пошкодження інструментів, приладдя, упаковки

Шкідливі виробничі фактори:

- підвищення рівня забруднення повітря та пилу в робочій зоні
- Збільшення шуму на робочому місці

- Збільшення вібрації
- Відсутність або недостатність природного освітлення
- Недостатнє освітлення робочої зони
- Підвищена інтенсивність освітлення
- Знижений контраст
- Найпоширеніші небезпечні дії працівників, що призводять до травм під час ремонту, технічного обслуговування та роботи з сільськогосподарською технікою:
- Використання машин, приладів та інструментів, які не призначені для безпосереднього використання
  - та в несправному стані
  - Недотримання вимог інструкцій з техніки безпеки, технічного опису
  - та інструкцій з експлуатації
  - Робота без засобів індивідуального захисту або без спеціального одягу
  - , недотримання вимог правил безпеки та охорони здоров'я на робочому місці
  - Виконання робіт у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння?
  - Промивання гідравлічних систем підйомних пристроїв вантажних платформ без встановлення жорстких опорних конструкцій під ними
  - безпечні конструкції
  - Усунення технічних несправностей під час роботи двигуна
  - Використання різних предметів як опор і підкладок під час ремонту, випробуванні машин і обладнання.
- Необхідно переконатися, що
  - Використання технологій для ремонтів та робіт, які не використовують шкідливі фактори виробництва або не перевищують дозволені межі
  - Використання машин, інструментів та обладнання, функціональні частини яких
  - призначені для використання в індивідуальних роботах, не становлять джерела травм у разі технологічної або технічної несправності.

- Використання технічних засобів та засобів захисту, які запобігають або зменшують тяжкість наслідків небезпечних та шкідливих виробничих факторів.
- Використання виробничих майданчиків, які відповідають вимогам
- нормативно-правових актів
- Використання сировини та напівфабрикатів, які не мають шкідливого та небезпечного впливу на працівників. Для виконання цих вимог необхідно вживати заходів, наскільки це можливо, для забезпечення безпеки виробничого процесу та захисту працівників.
- Використання контрольно-вимірювальних приладів, засобів аварійного захисту, засобів збору, обробки та передачі інформації, що знаходяться в зоні спостереження (контролю) працівника.
- Рациональне розміщення обладнання в зоні експлуатації, в цехах.
- Організація робіт таким чином, щоб виключити або обмежити (зменшити) фізичне та психічне перевантаження працівників, особливо під час контролю технологічного процесу.
- Вибір професії, навчання співробітників, перевірка їх знань і навичок з охорони праці відповідно до вимог.
- Розробка та впровадження спеціальних програм навчання працівників навичкам безпечного виходу з типових травматичних (аварійних) ситуацій, що можуть виникнути під час виробничої діяльності.
- Розробка та впровадження соціально-економічних методів, спрямованих на сприяння безпечній роботі без нещасних випадків та травм.
- Використання машин для збирання цукрових буряків повинно відповідати стандарту НАОП 2.1.10-2.06-81 «Збирання цукрових буряків. Вимоги безпеки».

## ВИСНОВКИ

1. З метою поліпшення якості очищення коренеплодів від залишків листя під час роботи комбайна для збирання цукрових буряків на схилах рекомендується використовувати очисний механізм з гнучкими лопатками, закріпленими на обертовому роторі, розташованому паралельно напрямку руху осі. Для цього два ротори розташовані поруч і обертаються в протилежних напрямках.

2. В рамках теоретичних досліджень було розроблено метод технічного розрахунку параметрів очисного пристрою та задокументовано умови стабільності положення машини на схилі та швидкості лопаток очисного пристрою без викидання коренів із ґрунту. Для цього було використано методи моделювання та аналізу кінематики взаємодії ударів.

3. На основі даних теоретичних досліджень властивостей цукрових буряків були визначені раціональні параметри вдосконаленого очисника цукрових буряків для використання в технологічній конфігурації однорядного причіпного комбайна для збирання цукрових буряків: переріз лопаті – прямокутний, матеріал – гума, довжина лопаті 18–24 см, ширина лопаті – 5–8 см, швидкість руху очисника  $V = 2,8$  м/с (10 км/год), частота обертання осі лопаті очисника  $n=8$  об/с (50 обертів/секунду), кількість роторів – 2, мінімальна кількість лопатей на роторі  $Z=5$ .

4. Встановлено, що використання модернізованої конструкції очисного механізму в однорядній підвісній косарці для збирання буряків на схилах дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі 16 410 грн при річному навантаженні 100 кг.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Погорілий Л.В. Бурякозбиральні машини: історія, конструкція, теорія, прогноз / Л.В. Погорілий, Н.В. Татянюк // К.: Фенікс, 2004. - 232 с.
2. Адамчук В.В. Теоретическое исследование очистителя головок корнеплодов сахарной свеклы В.В.Адамчук, А.Н.Борис, В.М.Булгаков, Н.М.Борис «Agricultural Engineering, Research Papers, 2013, Vol. 45, No. 3.13-19 р.
3. Барановський В. Аналіз технологічного процесу видалення гички комбінованим викопуючим робочим органом /В.Барановський, М.Підгурський, Г.Герасимчук// Вісник ТНТУ. - 2010. - Том 15. - №4. - с.55-61.
4. Березовий М.Г. Аналітичне дослідження очищення головок коренеплодів від залишків гички /М.Г.Березовий, О.М. Черниш// Науковий вісник ТДАТУ. -2013. - Випуск 1 - Том 3. - с. 234-241.
5. Борис М. Обґрунтування конструкції та параметрів очисника головок коренеплодів від залишків гички /М.Борис// Вісник ЛНАУ: агроінженерні дослідження. - 2009. - № 13(2). - С. 334-342.
6. Борис М.М. Класифікація очисників головок коренеплодів від гички М.М. Борис «Аграрна наука селу»: МІЖВІ. 35 - Чернівці, 1997. - Вип 3. - С. 110 - 116.
7. Булгаков В.М. Бурякозбиральна техніка: стан і перспективи її створення В.М. Булгаков. Техніка АПК. - 1995. - № 3. - С. 56.
8. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Описовий курс: Підручник Д.Г.Войтюк, В.О.Дубровін, Т.Діщенко та ін...: Наукова думка, - 2004 - 558 с.

9. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки. Луцьк, 1999. - 168 с. Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, С.В. Синій, В.М. Булгаков, Р.М. Рогатинський та ін.
10. Гурченко О.П. Обґрунтування основних параметрів очисника головок буряків від залишків гички О.П.Гурченко. Сільськогосподарські машини: Зб. науч. ст. - Вип. 3. - Луцьк, 1997. - с. 30—37
11. Зубенко В.Ф. Цукровий буряк (основи агротехніки). За редакцією В.Ф.Зубенко. Київ: Урожай, 1979. – 413 с.
12. Кобець А.С. Теоретичне обґрунтування процесу та параметрів робочих органів для очищення кормового буряку від гички А.С.Кобець, О.М.Кобець, М.М.Науменко Вісник ХДТУСГ. - Харків, 2000. - С. 273-279.
13. Кобець А.С. Перспективна технологія збирання гички кормових буряків А.С.Кобець, О.М.Кобець. Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки". - Дніпропетровськ, 2004. - С. 20-22.
14. Козіброда Я.І. Тенденції розвитку машин для збирання цукрових буряків Я.І. Козіброда. Тернопіль : Збруч. - 1996. - 91 с.
15. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини В.Я. Мартиненко. Тернопіль: Поліграфіст, 1997.- 110 с.
16. Погорілий М. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку // Техніка АПК. - 1998. - № 4. – с. 21–23.
17. Бурякозбиральні комбайни. Принцип роботи / Волинтехресурс. - 2019. <https://volyntehresurs.com.ua/uk/blog/article/sveklouborocnyye-kombajny-princip-raboty-2019-11-28/>
18. Орехівський В.Д. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів вертикального доочисника головок коренеплодів цукрових буряків /В.Д.Орехівський //Дис. к.т.н. ННЦ ІМЕСГ, Глеваха, 2002. - 218 с.

19. Погорілий Л.В. Бурякозбиральна техніка: концепція та напрямки сучасного розвитку і прогноз на перспективу / Л.Погорілий, Д.Рева, Г.Смакоуз та ін. //Техніка АПК. - 1987. - № 2. - С. 15-18.
20. Погорелий Л.В. Бурякозбиральні машини: історія, конструкція, теорія, прогноз / Л.В. Погорілий, Н.В. Татянянко// - К.: Фенікс, 2004. - 232 с.
21. Погорілий Л.В. Бурякозбиральні машини. Конструювання і розрахунок /Л.В. Погорілий, Н.В.Татянянко, В.В.Брей та ін.; під ред. Л.В. Погорілого// К.: Техніка, 1983. - 168 с.
22. Погорілий Л. Бурякозбиральна техніка: концепція та напрямки сучасного розвитку і прогноз на перспективу / Л.Погорілий, Д.Рева, Г.Смакоуз та ін. //Техніка АПК. - 1987. - № 2. - С. 15-18.
23. Погорілий М.Л. Підвищення технологічної ефективності бурякозбиральних машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. /М.Л.Погорілий// Київ, 2001. -29 с.
24. Погорілий М. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки / М.Погорілий // Техніка АПК.- 2000. - № 1. - С. 14-18.
25. Перспекти іноземних фірм-виробників бурякозбиральної техніки
26. Роїк М. Перспективи удосконалення засобів механізації збирання цукрових буряків / М.Роїк, А.Мазуренко, Г.Смакоуз та ін.// Техніка АПК. - 1999.- № 3. - с. 16-22.
27. Смолінський С.В. Теоретичне обґрунтування умови поперечної стійкості зернозбирального комбайна при роботі на схилах /С.В.Смолінський Міжвідомчий тематичний науковий збірник "Механізація та електрифікація сільського господарства". - Глевах. - 2013. - Вип. 101 - С. 86-92
28. Топоровський С.А. Обґрунтування технологічного процесу та основних параметрів робочого органа для збирання гички цукрового буряку без

копіювання головок коренеплодів : Автореф. дис. канд. техн. наук /С.А. Топоровський //- К., 1988. - 19 с.

29. Хелемендик М.М. Підвищення механіко-технологічної ефективності трудомістких процесів у буряківництві : дис... д-ра техн. наук: М.М.Хелемендик// УААН, Волинська ДСГДС. - Луцьк, 1996. - 347 с.

30. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин /М.М.Хелемендик// - К.: Аграрна наука, 2001.-280 с.

31. Фришев С.Г. Взаємодія з ґрунтом прутка ворсу циліндричної щітки машини для розкриття кореневої системи маточних рослин клонових підщеп /С.Г.Фришев, А.В.Войтік// Науковий вісник НАУ. — 2005. — №91. — С. 193-197.

32. Ярошовець В.Р. Класифікація робочих органів для очищення головок коренеплодів цукрового буряку від залишків гички /В.Р.Ярошовець// Резерви підвищення врожайності та якості цукрового буряку: матеріали наукової конференції молодих вчених МСГ СРСР. - К.: ВНІС, 1980. - с. 241-245.

33. Gruber W. Trends bei der Technik für die Zuckerrubenernte // Landtechnik. - 2001.-Jg. 56, N 6.-S. 380-381.

34. Kanafojski Cz. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych /Cz.Kanafojski, T Karwowski// Maczyny do zbioru ziemioplodow. - Warszawa: PWRiL - 1972. - T.2 - 933 s.

35. Karwowski T. Kompleksowa mechanizacja ziemniakow /T.Karwowski// Warszawa: PWRiL - 1980. - 228 s.

36. Bulgakov V. Study of the Movement Dynamics of a Beet Leaves Harvester // Applied Sciences. - 2023. - Vol. 13, No. 2. - P. 841.

37. Evolution of the quality of sugar beet harvesting over the last decades / CIGR Journal. - 2023. - Vol. 25, No. 4. - P. 1-12.

38. Sugar Beet Damage Detection during Harvesting Using Different Convolutional Neural Network Models / Agriculture. - 2021. - Vol. 11, No. 11. - P. 1111.
39. Overview of Techniques for Sustainable Sugar Beet Production / International Journal of Plant Production. - 2025. - P. 1-15.
40. Harvest and loading machines for sugar beet - New trends / Zuckerindustrie. - 2008. - Vol. 133, No. 1. - P. 36-43.
41. Effect of Sugar Beet Harvest Date on Its Technological Quality Parameters / International Journal of Food Science. - 2021. - Article ID 6639612.
42. Technological Change in Western Sugar Beet Production / American Journal of Agricultural Economics. - 1965. - Vol. 47, No. 2. - P. 421-
43. <https://www.ropa-maschinenbau.de/us/products/beet-harvester/panther-2/>
44. <https://www.slideshare.net/slideshow/franz-kleine-sf102-parts-catalogue/64396525>
45. <https://carbroschure.de/products/kleine-zuckerruben-erntemaschine-sf-10-prospekt-broschure-10-1995?srsId=AfmBOopQRM6Z7CaxZtXEmF3idAmexxlrJCQBPFH4z3c3im5aBzs5qes>