

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології збирання буряків
цукрових з обґрунтуванням робочого органу для
очищення вороху**

Виконав: студент факультету за спеціальністю
208 «Агроінженерія»

_____ Тонкий Микола Олександрович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро, 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року

№ _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

АНОТАЦІЯ

Тонкий М.О. Удосконалення технології збирання буряків цукрових з обґрунтуванням робочого органу для очищення вороху/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 77 с.

В роботі проведено аналіз основних характеристик цукрових буряків на початок збирання. А також аналіз існуючих технологій і конструктивних особливостей робочих органів для очищення вороху цукрових коренеплодів від рослинних домішок і ґрунту. На основі цього обґрунтовано вибір робочого органу для очищення вороху.

Проведено розрахунки основних технологічних і конструктивних параметрів і режиму роботи агрегату в цілому.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні цукрових буряків і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 2393748 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: цукровий буряк, технологія, коренезбиральна машина, очисний робочий орган, транспортер, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА ПОЧАТОК ЗБИРАННЯ.	9
2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ.	11
2.1 Технологічний огляд машин для збирання цукрових буряків.	11
2.2 Аналіз конструктивних особливостей та результатів досліджень очисників вороху коренезбиральних машин.	14
2.3 Вальцьові сепаруючі робочі органи.	22
3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ.	32
4 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ.	43
4.1 Обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів поздовжнього транспортера.	43
4.2 Розрахунок привідного валу.	45
4.3 Розрахунок технологічних показників роботи удосконаленої машини.	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	57
5.1 Загальні положення по охороні праці.	57
5.2 Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині.	58
5.3 Визначення шляху гальмування.	61
6 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	70
Д О Д А Т К И.	73

В С Т У П

З початком війни, яку розпочала росія, аграрний сектор економіки України зазнав величезних збитків, які за підрахунками експертів на сьогодні становлять 35 – 40 млрд. дол. США.

Труднощі з експортом основної продукції сільськогосподарського виробництва – зерна, падіння цін на урожай, підвищення ціни на добрива, паливо-мастильні матеріали і інші негативні фактори вплинули і на виробництво основних культур в Україні. Для того, щоб вижити в складних умовах аграрії переглядають традиційні сівозміни і починають звертати увагу на вирощування тих культур, які дають прибуток навіть в таких складних умовах. Однією з таких культур експерти вважають цукровий буряк [1, 2, 3].

За роки незалежності площі посівів цукрового буряку в Україні зменшились від 1,5 млн. га до 226 тис. га в 2021 передвоєнному році (табл. 1).

Таблиця 1 – Показники виробництва цукрового буряку в Україні

Р і к	Площа посівів, тис. га	Урожайність, т/га
2018	274	50,8
2019	221	46,1
2020	220	41,6
2021	226	47,9
2022	173	49,8
2023	249,9	46,22

Інтерес до вирощування цукрових буряків суттєво зріс в останні два роки. Наявність внутрішнього попиту і хороша ціна приваблюють аграріїв, які не вирощували культуру, додати її в сівозміну, а аграріїв, які займалися виробництвом цукрових буряків ще до війни, збільшувати площі.

Так, посівні площі під цукровими буряками в 2023 році зросли до 249,9 тис. га, що на 28,7% більше порівняно до минулого року і на 12% більше до довоєнного 2021-го. Суттєво збільшилися площі в Рівненській і Тернопільській областях [4,5].

Цукор є важливою статтею експорту України, а значить і джерелом валютних надходжень з країн ближнього і дальнього зарубіжжя. Цукор буде конкурентоспроможним на ринку за умови низької його собівартості, зменшення якої можна досягти завдяки збільшенню врожайності, зменшенню затрат на вирощування цукрових буряків та їхню переробку на цукрових заводах. Пріоритетним має бути перший напрям – збільшення врожайності. Він надає можливість швидшими темпами зменшувати його собівартість, ніж шлях зменшення витрат. Збільшення врожайності цукрових буряків насамперед досягається комплексом агробіологічних та агротехнічних заходів, а потім завдяки використанню техніки. Зменшення собівартості досягається завдяки оптимальному вибору технологій, технологічних матеріалів і технічних засобів.

Досвід провідних закордонних фірм, які впроваджують свої технології і комплекси машин в окремих господарствах України, показує, що навіть в важких ґрунтово-кліматичних умовах можна отримати врожаї цукрових буряків до 600-700 ц/га. Тому актуальною є задача подальшого удосконалення вітчизняних технологій і машин для вирощування і збирання цукрових буряків. Вирішенню цієї задачі сприяє конструювання нових типів бурякозбиральних машин, що забезпечують комплексне використання сільськогосподарської сировини і зменшення втрат при її переробці.

Досягнутий рівень агротехнічних (повнота збирання врожаю – 92-98%, допустима обрізка коренеплодів – 85-96%, забрудненість гичкою – 2-8%, ґрунтом – 5-30%) і техніко-експлуатаційних показників (продуктивність, надійність технологічного процесу, енергоємність збирального комплексу і ін.) бурякозбиральних машин не в повній мірі відповідає вимогам корінного підвищення продуктивності праці, повного виключення ручних робіт на

доведенні зібраного врожаю до необхідної кондиції, скорочення строків збирання і втрат при зберіганні і переробці сировини.

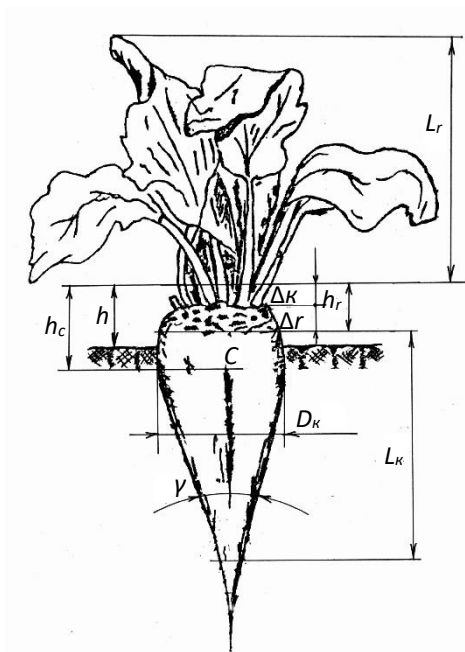
Мета дипломної роботи – удосконалення технології вирощування буряків цукрових і підвищення якості збирання цукрових коренеплодів, міри їх очистки від домішок.

ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА ПОЧАТОК ЗБИРАННЯ

Ефективність збирання цукрових буряків залежить від розміщення їх у рядку, сили зв'язку з ґрунтом, характеристик міцності коренеплоду, від інших фізико-механічних факторів, що характеризують взаємодію коренеплоду з робочими органами машини. Тому група показників їхніх механіко-технологічних властивостей дещо відрізняється від таких властивостей інших культур [7].

Рисунок 1.1 - Розмірні характеристики

цукрових буряків:



L_r – висота гички;

L_k – довжина коренеплоду;

h_c – координата центра ваги;

h – висота положення голівки над рівнем ґрунту;

D_k – діаметр коренеплоду;

h_2 – висота голівки;

Δ_k – товщина зони коронки;

Δ_r – товщина зони сплячих вічок;

γ – кут конусності

Цукровий буряк має два продукти врожаю: коренеплід і гичку (рис. 1.1), які збираються окремо. Тому властивості треба розглядати в такій послідовності: коренеплід з гичкою в цілому та окремо властивості коренеплоду і властивості гички.

Цукровий буряк вирощують як на поливних, так і на богарних плантаціях із шириною міжряддя відповідно 60 та 45 см. На момент збирання на одному гектарі плантації повинно бути 80–100 тис. коренів, або 3–5 рослин на одному погонному метрі. При цьому голівка кореня, або та його частина, що розташована вище зони сплячих вічок, може знаходитись як вище, так і нижче рівня денної поверхні. Від тіла кореня відходять бокові тонкі корінці (до 0,4 м від осі), які суттєво підвищують зв'язки кореня з ґрунтом.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики цукрового буряка

Показник	Одиниця виміру	Границя зміни значень
Діаметр кореня (d_R)	мм	67–122*
Довжина (l_K)	мм	150–230
Кут конусності (γ)	град	9,5–18,33
Висота голівки (h_T)	мм	10,4–32,4
Координата центра маси (h_C)	мм	55,6–93,5
Маса кореня	грам	311–1548
Товщина зони коронки (Δ_K)	мм	13,2–16,2
Товщина зони сплячих вічок (Δ_T)	мм	8–11,4
Маса в зоні: коронки сплячих вічок	грам	54,7 62,1
Сила, з якою витягується непідкопаний корінь	Н	450-495
Тимчасовий опір за навантаження: - статистичного - динамічного	Н	22,8 15,6
Момент інерції	Н·м·с ²	$2,15 \cdot 10^{-2}$
Коефіцієнт відновлення голівок коренів	-	0,21–0,23
Показник бічної стійкості	Н	189–533
Оптимальна відстань між коренями	мм	242–330
Діаметр пучка гички ($d_{ГК}$)	мм	40–110
Висота гички ($L_{ГК}$)	мм	250–450
* Корінь діаметром менше 30 мм вважають некондиційним.		

Основні розмірні характеристики та головні механіко-технологічні властивості представлено в табл. 1.1.

Для переробки на цукор використовують тіло коренеплоду від зони сплячих вічок до того місця, де його діаметр становить 10–15 мм. Голівка кореня містить мало цукру, тому й обрізується разом з гичкою.

2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ

2.1 Технологічний огляд машин для збирання цукрових буряків

Аналіз використання розроблених за останні роки в Україні та за кордоном бурякозбиральних машин у різних ґрунтово-кліматичних умовах і зонах показує, що коренеплоди цукрових буряків без надмірних домішок землі та рослинних залишків можуть бути одержані лише в оптимальних умовах збирання. Вологість ґрунту в певній мірі змінює їх властивості. Велика наявність бур'янів на полі негативно впливає на перебіг технологічного процесу очищення вороху та конструктивно-технологічні параметри сепаруючих робочих органів. Якщо оптимальні умови не дотримуються під час збирання, сепарація землі й відокремлення рослинних домішок із складу викопаного вороху буде мати великі коливання.

В теперішній час істотно змінилися механіко-технологічні принципи й технічні рішення, які використовуються для конструювання коренезбиральних машин на різних стадіях їх проектування, виготовлення, випробування та впровадження в серійне виробництво. В результаті підвищилася якість виконання технологічного процесу, збільшилась продуктивність праці процесу збирання цукрових буряків. Разом із тим досягнутий рівень агротехнічних (повнота збирання коренеплодів 90-95%, забруднення їх рослинними домішками - 4,5-15 %, землю – 5-15 % і техніко-експлуатаційних показників (продуктивність, надійність технологічного процесу тощо) коренезбиральних машин не в повній мірі відповідають вимогам істотного підвищення якості виконання технологічного процесу, повного усунення ручних робіт по очищенню коренеплодів від домішок під час їх переробки. За даними [3, 4] втрати коренеплодів протягом їх зберігання з вересня до травня в буртах і спеціальних сховищах складають 4,7-8,3 % залежно від маси завантажених коренеплодів. Основними чинниками зниження якості коренеплодів є механічні пошкодження, велика кількість домішок у воросі й примороження коренів коли затягуються терміни збирання.

Особливо великі труднощі виникають при зміщенні строків збирання цукрових буряків, коли із-за збільшення вологості ґрунту знижується технологічна й технічна надійність збиральних машин, зменшується їх продуктивність та якість очищення коренеплодів від землі й рослинних домішок. Значне варіювання умов роботи коренезбиральних машин і недостатнє пристосування існуючих конструкцій викопуючих і особливо очисних робочих органів до цих змін умов роботи не дозволяють отримувати стійких агротехнічних показників, особливо за високих урожаїв, сухого і вологого ґрунту, забур'яненості поля тощо. При збільшенні вологості ґрунту до 22-28 % якість роботи машин погіршується в 2-6 рази, а на сухих твердих ґрунтах (абсолютна вологість 6-12 %) спостерігається значне (до 20-40 %) забруднення вороху коренеплодів грудками землі. В обох випадках, при збиранні коренеплодів в вологих або сухих умовах, виникає потреба в ручному перебиранні (очищенні) вороху цукрових буряків.

Аналіз основних напрямків розвитку високопродуктивної збиральної техніки, технології та методів збирання показав, що у сучасних умовах збільшити продуктивність збиральних агрегатів можна головним чином шляхом створення широкозахоплюючих (багаторядних) збиральних машин. Існуючі принципові схеми коренезбиральних машин можна класифікувати на дві основні групи: машини збиральні прямоточні та машини збиральні зі змінною шириною технологічного потоку.

Прямоточні машини відрізняються простотою компоувальної схеми. В них сепарація викопаного вороху коренеплодів відбувається без звуження технологічного потоку за відсутності розмежування напрямків компонентів – коренеплодів і домішок.

Компоувальні схеми коренезбиральних машин, в яких змінюється ширина технологічного потоку, вважають раціональнішими. Це, як правило, багаторядні самохідні компактні машини. В них поверхня сепаруючих органів, в міру їх віддалення від початку процесу зменшується, тобто із зменшенням завантаження зменшується й ширина технологічного потоку.

Звуження технологічного потоку може здійснюватися як до сепарації викопаного вороху, так і після первинної сепарації або одночасно з сепарацією землі. Як правило звуження потоку в машинах здійснюється шнековими робочими органами. Збиральні машини, в яких звуження потоку проходить до сепарації викопаного вороху, розраховані в основному на роботу в легких умовах. Багаторядні машини, в яких звуження потоку відбувається після первинної сепарації землі або одночасно з її сепарацією є раціональнішими. В них забезпечується відносно рівномірне завантаження всіх робочих органів незалежно від їх розташування в технологічному процесі машини, в результаті чого знижується ймовірність пошкодження коренеплодів робочими органами. Звуження потоку в цих машинах виконується різними робочими органами. В основному це робочі органи з активною поверхнею: поперечні, похилі або гвинтові транспортери, пруткові елеватори в сукупності з поперечно встановленими шнеками, пруткові турбіни, кулачкові очисники тощо.

Основною особливістю функціонування бурякозбиральної техніки є те, що вона здійснює технологічний процес із матеріалами, в яких відбуваються біологічні процеси: ґрунтом, гичкою, коренеплодами, при цьому бурякозбиральні машини повинні забезпечити [15]:

1. Високі функціональні параметри, пов'язані з якістю виконання технологічного процесу. Показники втрат, пошкоджень і забрудненості коренеплодів землею не повинні перевищувати обмежень, встановлених ДСТУ 2258-93, а саме: незворотні втрати коренеплодів – не більше 1,5 %, забрудненість землею – не більше 9%, пошкодження коренеплодів не більше 20%, в т.ч. значно пошкоджених – не більше 5%.

2. Високу технологічну надійність (не нижче 0,95) і агротехнічну ефективність з врахуванням екстремальних умов збирання [15] (для вологості ґрунту 26-30 % або твердості до 1,7 мПа і врожайності 45-70 т/га).

3. Необхідну універсальність за дотримання модульного принципу агрегування робочих органів із метою застосування варіантів механізованих процесів збирання коренеплодів залежно від природньо-виробничих умов.

4. Високу надійність й довговічність, що визначаються збереженням стабільних функціональних і експлуатаційних характеристик та значного ресурсу роботи (робота до відмовлення не менше 40 год.).

5. Інтенсифікацію процесів збирання буряків за рахунок підвищення робочих швидкостей і пропускнуої здатності коренезбиральних машин, а також зменшення їх метало- і енергомісткості.

Технологічне удосконалення робочих процесів збирання цукрових буряків в Європі за останні 20 років було спрямовано як на підвищення якісних кондицій цукрової сировини, максимально повного відокремлення рослинних решток, прищільненого й вільного ґрунту від коренеплодів при їх обмеженому пошкодженні, котрі в свою чергу визначають втрати під час зберігання і перероблення, так і надійності машин – технічної і технологічної в цілому. Одночасно підвищувались екологічні вимоги щодо мінімізації транспортування ґрунту з рослинними рештками на заводи та зменшення витрат на зберігання й підготовку сировини до перероблення.

Проведений огляд свідчить, що радикальним напрямком удосконалення конструктивних особливостей бурякозбиральних машин слід вважати пошук технологічних принципів за яких відбувається максимальне звільнення коренеплодів від рослинних і ґрунтових домішок за мінімальних втрат і пошкодженнях шляхом інтенсифікації процесу розділення компонентів вороху, тобто коренеплодів і домішок.

2.2 Аналіз конструктивних особливостей та результатів досліджень очисників вороху коренезбиральних машин

В технологічному процесі збирання цукрових буряків наступною операцією після викопування є очищення (сепарація) коренеплодів від землі й рослинних залишків і транспортування їх на поздовжні елеватори.

Одним із основних критеріїв оцінки якості роботи коренезбиральних машин під час збирання цукрових буряків є ступені пошкодження коренеплодів і відокремлення домішок із складу вороху. Ефективність і якість

роботи виконання машиною технологічного процесу значною мірою залежить від конструкції робочих органів очисників вороху, показники якості роботи яких повинні відповідати вихідним вимогам до коренезбиральних машин.

Широкий діапазон фізико-механічних властивостей ґрунтів (вологість, щільність, липкість тощо) обумовили конструктивну різноманітність робочих органів очисників коренеплодів бурякозбиральних машин.

Ряд робочих органів мають універсальні властивості, тому що вони використовуються для відокремлення різних видів домішок із складу викопаного вороху коренеплодів. В теперішній час існують два основних напрямки, створення робочих органів машин, які повинні забезпечувати велику надійність і розділяти з високою якістю на окремі компоненти поступаючі на збиральні машини складові частини вороху.

Одним із цих напрямків є створення робочих органів на основі механічних способів відокремлення коренеплодів від домішок. При цьому використовуються такі властивості розділяючих тіл, як форма (маса, розмірні характеристики тіл), пружність, коефіцієнт тертя, опору перекочування тощо.

Другим напрямком є створення пристроїв для відокремлення домішок із вороху на основі використання їх специфічних властивостей, які сприймають електронні пристрої. Але як правило, електронні (автоматичні) пристрої для відокремлення домішок від коренеплодів не знайшли широкого застосування на мобільних коренезбиральних машинах і використовуються на стаціонарних пунктах доочищення коренебульбоплодів.

На рис. 2.1 наведено класифікацію очисників коренеплодів за видом відокремлених компонентів та за способом їх відокремлення.

За видом відокремлення домішок очисники вороху цукрових буряків поділяються на чотири основні групи (рис. 2.1): очисники вороху від сипучої землі; очисники вороху від рослинних залишків; очисники вороху від грудок і каменів; очисники вороху від залишків гички на головках коренеплодів.

Очисники перших двох груп бувають лише механічного типу. Це

пов'язано з тим, що варіаційні криві показників властивостей (коефіцієнт тертя, розмір, форма тощо) компонентів вороху практично не перехрещуються, що дозволяє забезпечити припустиму ступінь сепарації.

Із приведеної класифікації очисників дрібних домішок видно, що всі вони за способом відокремлення поділяються на два типи: просіюючі й фрикційні, перші працюють за ознакою розділення компонентів вороху "розмір", інші за різницею коефіцієнтів тертя складових частин компонентів, які необхідно розподілити. Конструктивна різноманітність таких робочих органів не є великою. За конструктивним виконанням і технологічною схемою оброблення вороху відомо чотири основних груп очисників: транспортерні (елеваторні), грохотні, вальцові (шнекові), та роторні (турбінні).

Основні конструктивні схеми очисників вороху наведені на рис. 2.2. Транспортерні очисники за способом відокремлення вороху виготовляють просіваючого й фрикційного типів. Для утворення робочого органу просіваючого типу використовують елеваторні (пруткові) полотна, сітчасту поверхню або поверхню, утворену безкінцевими пасами. Фрикційні очисники являють собою, як правило, різні технологічні комбінації очисних гірок.

Поперечні шнекові сепаратори, як правило, складаються з двох (трьох) шнеків, кожен з яких має рівновіддалене навивання спіралей, що забезпечує розведення купи коренеплодів по периферії очисного пристрою. Друга частина відрізняється від першої лише оберненим напрямком навивання спіралей та зводить потік у зону поздовжнього елеватора. Такий тип робочих органів забезпечує збільшення шляху проходження коренів на шнекових валах, що покращує їх сепарацію, а для зменшення пошкоджень між різнонаправленими суміжними спіралями розвідних і звідних шнеків, а також в зоні вивантаження, встановлюють проміжні вальці [6].

Поперечні шнекові очисники знайшли застосування в машинах КС-6Б, КС-6В, МКК-6, МКК-6-02, РКМ-6, КР-6-II ("Klene", ФРН) [12].

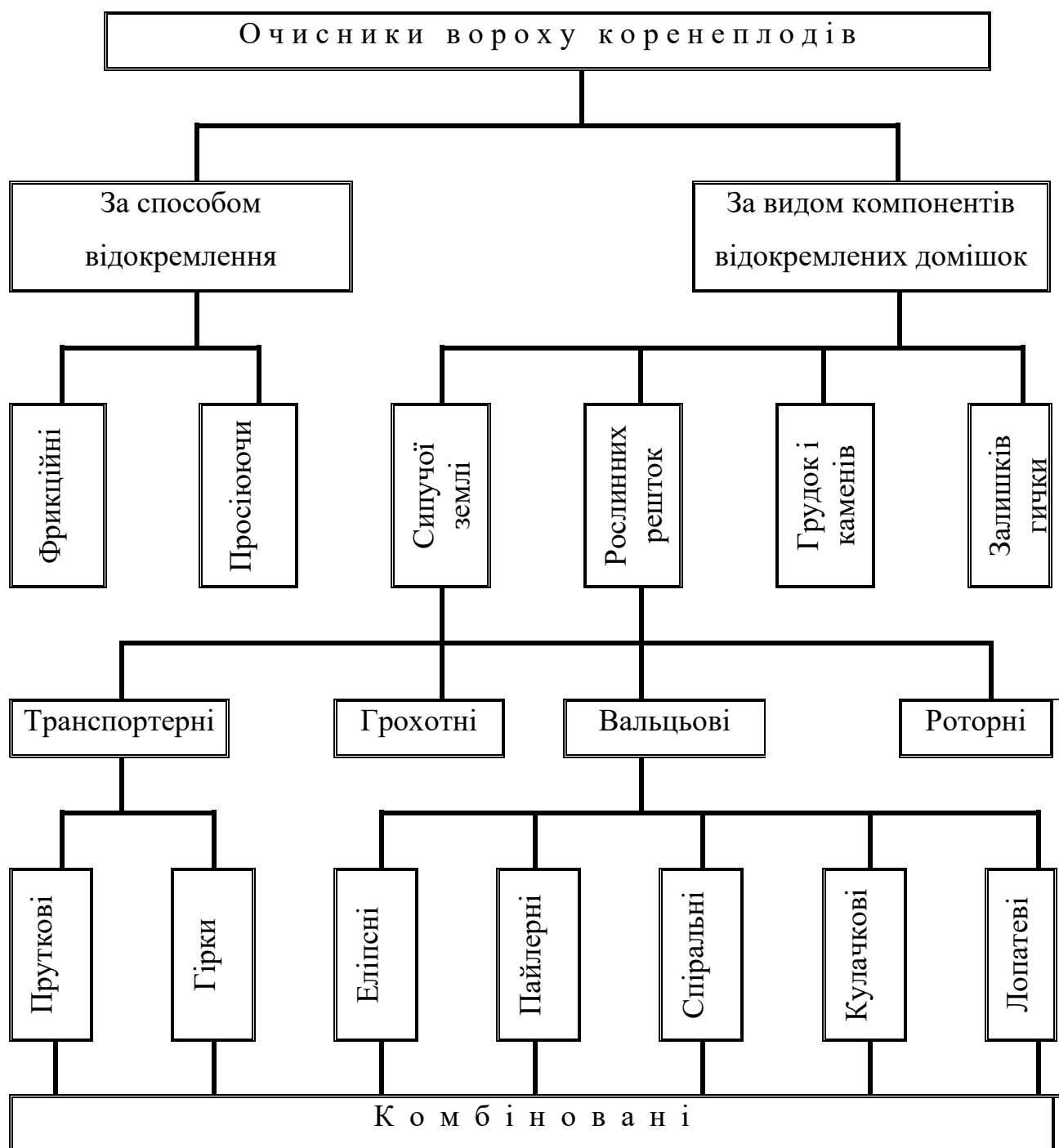


Рисунок 2.1 - Класифікація очисників вороху коренезбиральних машин

Поздовжні шнекові сепаратори забезпечують очищення й транспортування коренеплодів в напрямку осі обертання та характеризуються протилежним напрямком навивання й обертання спіралей - очисники вороху коренезбиральних машин фірм "Heath", "Garford Victor" (Англія). Робочі органи такого

типу в основному виконують транспортувальні функції з невеликим очисним ефектом, і, як правило, застосовують замість стрічкових елеваторів.

Важливою перевагою шнекових очисників є відносна простота конструкції, можливість суміщення в одному робочому органі функцій очищення й транспортування, задовільна якість сепарації коренеплодів від землі та рослинних залишків. Однак під час роботи бурякозбиральної машини на вологих ґрунтах (вологість > 24%), шнеки залипають землею й втрачають працездатність, що призводить до підвищеного пошкодження коренеплодів і зменшення ступеня сепарації домішок.

Роторні очисники широко застосовують в коренезбиральних машинах, що працюють на суглинках та піщаних ґрунтах. Конструктивною особливістю таких сепараторів є розташування диска під кутом 12-14° до горизонтальної поверхні, на якому рівномірно по колу жорстко закріплені радіальні прутки.

Для формування потоку коренеплодів в процесі їх очищення по периферії роторів встановлюють пруткові напрямні решітки, для покращення якості їх сепарації, а також зміни напрямку потоку, над дисками, в робочому просторі очисника можуть застосовувати еластичні шнекові та бітерні вальці, або інші робочі органи з активною поверхнею.

Роторні очисні пристрої окрім сепарації та транспортування можуть виконувати функції підбирання коренеплодів. В процесі роботи встановлені під кутом активні ротори, заглиблюючись в землю, підбирають викопані пасивними дисками коренеплоди і очищуючи їх від домішок землі, транспортують у зону вивантаження. Сепаруючий ефект в таких пристроях досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска й направляючих бокових прутків, а також під впливом відцентрових сил.

В значній кількості машин очисні ротори розташовують над поверхнею ґрунту, їх завантаження здійснюється бітерними, шнековими або іншими робочими органами, що покращує якість сепарації за рахунок рівномірного заповнення дисків за всією поверхнею - машини фірм "Stoll", "Kuhl", "Holmer" (ФРН); "P.Varigelli & C.", "Rimesco" (Італія); "Tim" (Данія) [11,12].

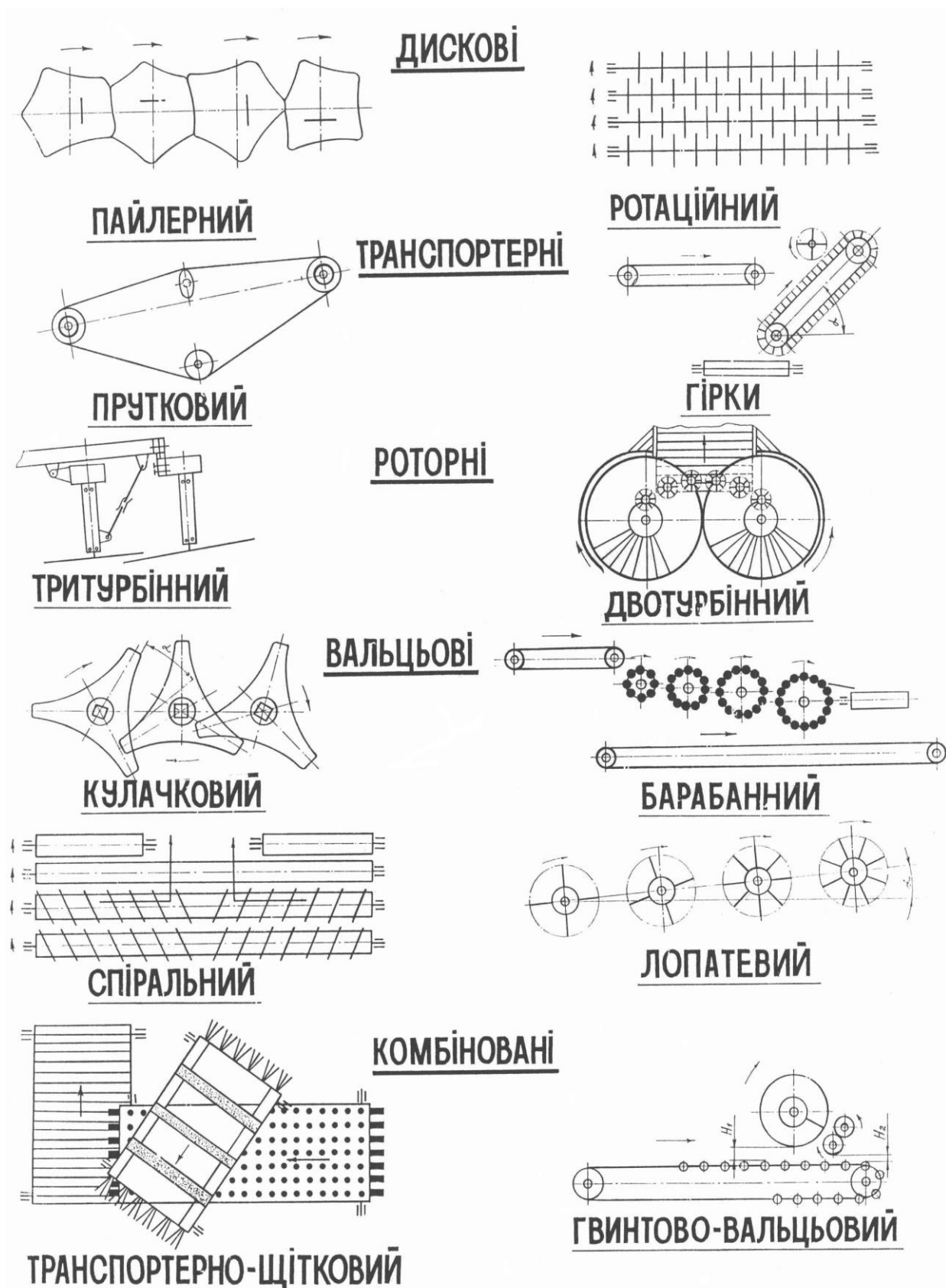


Рисунок 2.2 - Конструктивні схеми очисників бороху коренеплідів

Роторні сепаратори відрізняються надійністю виконання технологічного процесу роботи машин у важких ґрунтово-кліматичних умовах і за ступенем

сепарації переважають аналогічні показники шнекових та кулачкових робочих органів, однак важливим недоліком їх роботи є значне пошкодження коренеплодів під час їх переходу з одного диска на інший.

За застосуванням в коренезбиральних машинах кулачкові і лопатеві очисники дещо поступаються вальцьовим і роторним (турбінним). Кулачкові очисники відрізняються від вальцьових тим, що їх диски виконані в вигляді кулачків із криволінійною поверхнею і являють собою кулачкове поле, яке переміщує ворох за рахунок обертання кулачків в одному напрямку. Розрізняють кулачкові очисники грудкоподрібнювачі (КС-6Б) і очисники, які виконують сепаруючі функції без затискування елементів вороху.

Основними недоліками кулачкових очисників є підвищене пошкодження коренеплодів та жорстка залежність лінійних розмірів кулачків від розмірних характеристик коренеплодів і грудок ґрунту.

Бітерні (лопатеві) очисники розробляються двох типів – з похилим і паралельним розташуванням лопатей, в яких функції сепарації ґрунту і відокремлення рослинних домішок відбуваються без затискування елементів вороху (РКМ-6, РКМ-6-03, МКК-6).

Застосування еластичних поверхонь в бітерних очисниках сприяє мінімальному пошкодженню коренеплодів в процесі їх очищення, однак технологічний ресурс роботи еластичних лопатей невеликий внаслідок їх швидкого зношення. Крім того, такі очисники незадовільно відокремлюють з вороху великі за розмірами рослинні залишки та мають низьку ефективність роботи на вологих і сухих ґрунтах.

Комбіновані очисники уявляють собою різні комбінації вищерозглянутих робочих органів і застосовуються залежно від конкретних функцій сепаруючих очисних систем, умов роботи, а також для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди.

Аналіз виконаних наукових робіт показав, що подальший вибір конструктивно-технологічних схем і обґрунтування параметрів очисників необхідно проводити з врахуванням моделей безпосередньої взаємодії

коренеплодів з очисними поверхнями при умові знаходження компромісу між максимально можливим очищенням вороху коренеплодів і недопущенням їх критичних пошкоджень, які приводять до незворотних втрат цукрової сировини.

Процес сепарації землі характеризується руйнуванням цілісності шару ґрунту, що подається на сепаруючі робочі органи й просіювання його частинок через зазори сепаруючого робочого органу. Руйнування ґрунтового шару грудок землі на дрібні частини, розміри яких співставлені з розмірами зазору сепаратора, характерне для ґрунтів із оптимальною вологістю, піщаних і супіщаних ґрунтів. На глинистих і суглинистих ґрунтах із збільшеною й зниженою вологістю утворюються міцні земляні грудки. Це істотно впливає на сепарацію ґрунту в бік її зменшення.

Ефективність сепарації землі характеризується трьома зонами: перша зона зниженої вологості (вологість ґрунту до 15 %), друга зона оптимальної вологості (від 15 до 22 %) і третя зона підвищеної вологості (вище 22-26 %) [14]. Зниження ефективності сепарації за підвищеної вологості ґрунту відбувається внаслідок липкості ґрунту, яка залежить від вологості, а за зниженої вологості внаслідок підвищеної щільності земляних грудок. Крім того, сепарація ґрунту знижується зі збільшенням його щільності.

Було встановлено, що збільшення швидкості руху пруткового елеватора по різному впливає на сепарацію землі з різною вологістю. Сепарація вологого ґрунту (28-29 %) безперервно підвищується до обумовленої границі швидкості руху елеватора, після якої покращення сепарації не відбувається. А за вологості ґрунту 15-23 % збільшення сепарації змінюється зниженням її після швидкості елеватора 2,3 м/с. Зменшення швидкості елеватора (менше 1,5 м/с) допускати не можна, тому що при цьому можливе погіршення надходження (згруження) вороху від викопуючих робочих органів на елеватор. Результати свідчать, що при швидкості руху пруткового транспортера більше 1,6-1,7 м/с, ефективність сепарації знижується. Із збільшенням кута нахилу сепараторів збільшується ефективність сепарації середнього суглинку вологістю 14,4 %.

З метою збільшення ефективності процесу сепарації землі при роботі сепараторів в несприятливих умовах застосовують різного роду інтенсифікатори-струшувачі з пасивним і активним приводом. Результати інтенсивності струшувань в найбільшій мірі проявляються при сепарації пластичного липкого ґрунту, що підтверджено результатами досліджень провідних наукових інститутів.

За результатами досліджень була встановлена залежність просіючої спроможності елеваторів від їх швидкості руху, довжини, кутів нахилу встановлення елеватора та його коливань – амплітуди й частоти. Просіювання землі на елеваторах відбувається за законом логарифмічної кривої. Оптимальні параметри: кут нахилу елеваторів $18-20^{\circ}$, каскаду – $14-16^{\circ}$, довжина елеватора 2200-2300 мм. Зі збільшенням поступальної швидкості елеватора просіювання ґрунту в 1-ій зоні (довжина шляху вороху до 0,5 м) збільшується, а в наступних зменшується. Оптимальна швидкість елеватора 1,5-1,7 м/с.

2.3 Вальцьові сепаруючі робочі органи

Серед існуючих типів очисників вороху коренеплодів бурякозбиральних машин найбільш повно досліджені вальцьові (шнекові круглого перерізу) очисники. Так в працях Л.В. Погорілого, Б.М. Гевка, Р.М. Рогатинського, Ю.Б. Аванесова, М.В. Татьяна [14, 15, 16, 17] визначено конструктивно-кінематичні параметри та пропускну здатність робочих органів – діаметр і крок шнека, кутові швидкості обертання вальців, взаємне розташування та форми гвинтових навивок, необхідну кількість робочих русел шнеків та їх ширину для повздовжніх очисників в залежності від заданої продуктивності машини.

Шнекові очисники бурякозбиральних машин призначені для сепарації вороху від зв'язаних із коренеплодами залишків глини й ґрунту, а також їх транспортування в зону вивантаження і працюють за принципом розділення “розмір”. Очищення відбувається за рахунок підкидання коренеплодів і зскрібання частинок ґрунту виступами спіралей шнеків. З метою забезпечення

кращої сепарації вали шнеків обертаються з різними кутовими швидкостями.

За конструктивним виконанням можна виділити декілька різновидностей конструктивних схем шнекових очисників:

- за направленням обертання спіральних валів:

- а) одностороннє обертання;
- б) попарно зустрічне обертання;
- в) комбінація “а” і “б”;

- за напрямком руху очищаючого вороху:

- а) прямолінійні, вздовж осі обертання;
- б) Г – подібні;
- в) зустрічні з Г – подібним виходом в середній частині;

- за формою спіральних валів:

- а) вальці круглого перерізу;
- б) вальці, поперечний переріз яких має форму еліпса.

Шнекові робочі органи можуть виконувати транспортуючі функції з невеликим очисним ефектом або очисні функції в поєднанні з транспортуючими в напрямку осі обертання або перпендикулярно до неї. Переміщення коренеплодів відбувається за допомогою гвинтових виступів-рифів, виконаних на одному або двох валах методом навивання й приварення.

Основними їх недоліками є залипання шнеків землею в процесі роботи у вологих ґрунтово-кліматичних умовах, що різко знижує показники якості процесу сепарації, а також значні пошкодження коренеплодів під час безпосередньої взаємодії з рифом шнека, ймовірність чого збільшується в процесі збирання коренеплодів на висушених ґрунтах (вологість < 12%). Для уникнення пошкоджень коренеплодів ряд зарубіжних фірм виготовляють очисні шнеки з прогумованими спіралями та застосовують сепаруючі поверхні з максимально можливим радіусом кривини рифа. Шнековими очисниками комплектовані вітчизняні бурякозбиральні машини КС-6Б, КС-6В, РКМ-6, РКС-6, МКП-6, а також машини провідних зарубіжних фірм KR 6П “Klene”, “Stoll” (ФРН); “Heath”, “Garford Victor” (Англія) тощо.

Із збільшенням часу перебування коренеплодів у робочому руслі ступінь їх сепарації підвищується, але одночасно збільшується ймовірність і ступінь їх пошкодження. Тому агресивність шнеків круглого перерізу, яка визначається висотою й частотою навивання рифів та часом перебування вороху, обмежує їх час знаходження на очисній поверхні.

Недоліком таких очисників є підвищене травмування буряків на периферії розвідних шнеків, їх залипання при вологості ґрунту більше 24%. З підвищенням вологості до 28% очисники втрачають працездатність [15, 16].

На рис. 2.3 зображений типовий шнековий очисник коренеплодів круглого перерізу, який складається з шнеків 1, 2 із спіральним зустрічно-направленими витками, вала 3 і щитків 4.

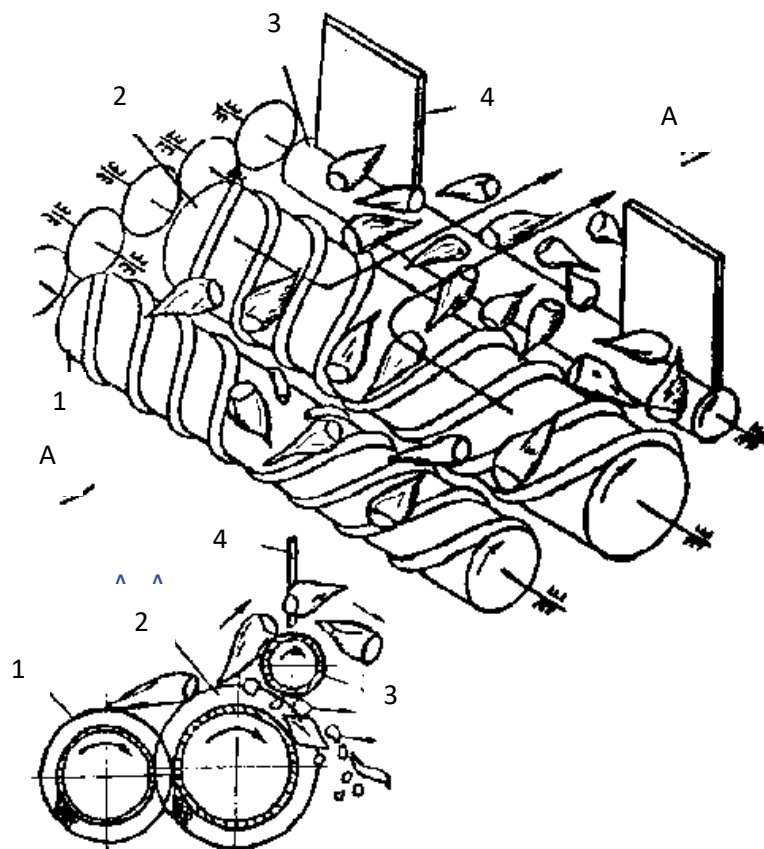


Рисунок 2.3 - Шнековий очисник коренеплодів:

1, 2 – спіральні вали; 3 – циліндричний гладкий валець; 4 – пасивна стінка

Суттєвим недоліком такого очисника є підвищене травмування коренеплодів і низька сепарація, пов'язана з відсутністю розвідних шнеків.

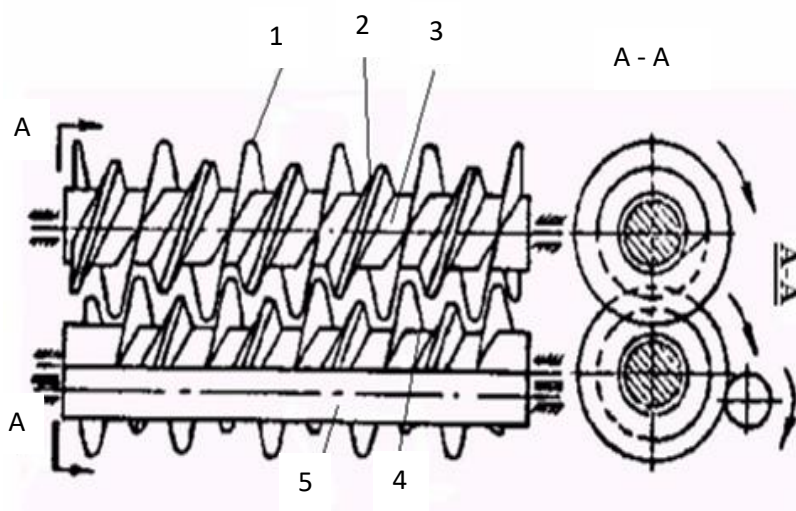


Рис. 2.4. Шнековий багатозахідний очисник:

1. 2. 4 – спіральне навивання; 3 – труба вала; 5 – циліндричний гладкий

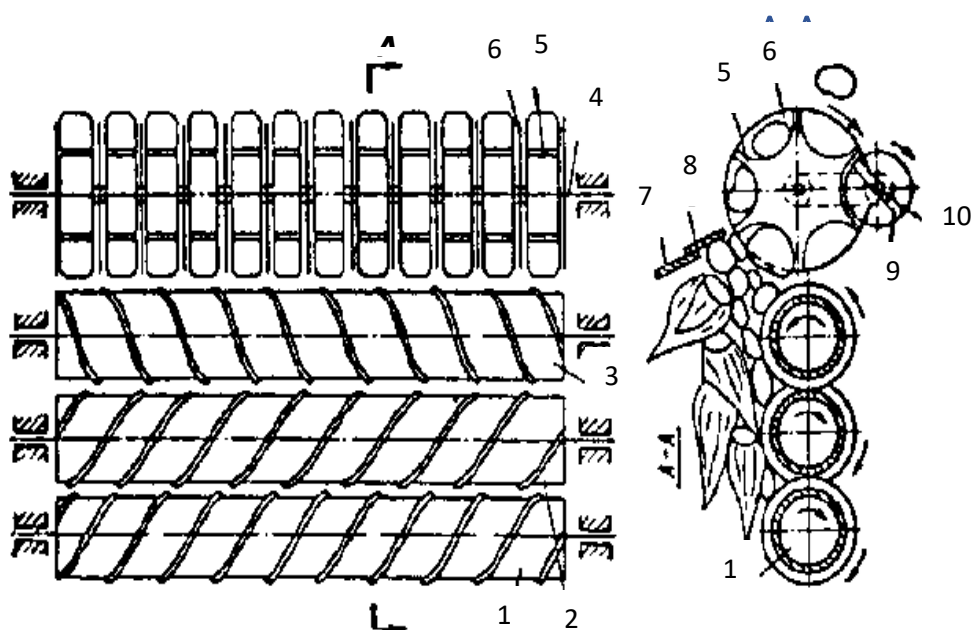


Рис. 2.5. Очисник коренеплодів від землі й рослинних залишків:

1, 2, 3 – шнекові вали; 4 – вал комірчастого транспортера; 5 – гладкий диск; 6 – комірчастий диск; 7, 8 – обмежувачі; 9 – лопатки; 10 – вал

Шнековий очисник коренеплодів від ґрунту й гички (рис. 2.4) [15] характеризується наявністю багатозахідних шнекових витків 4 і 5 з різною

висотою виготовлення, що дозволяє поділяти ворох на фракції: земля і гичка переміщуються витками 4 меншої висоти, коренеплоди - витками більшої висоти. При цьому інтенсивність сепарації збільшується.

Основними недоліками даних конструкцій є складність у виготовленні та підвищене травмування коренеплодів. Для запобігання травмування на робочу поверхню рифів шнеків “одягають” еластичні елементи. У конструкціях вітчизняних і зарубіжних коренезбиральних машинах широке застосування знайшли комбіновані шнекові очисники, конструктивні елементи, яких значно покращують технологічний процес сепарації. З метою покращення відбору домішок із технологічного вороху розроблена конструкція очисника коренеплодів від землі й рослинних залишків (рис. 2.5) [15].

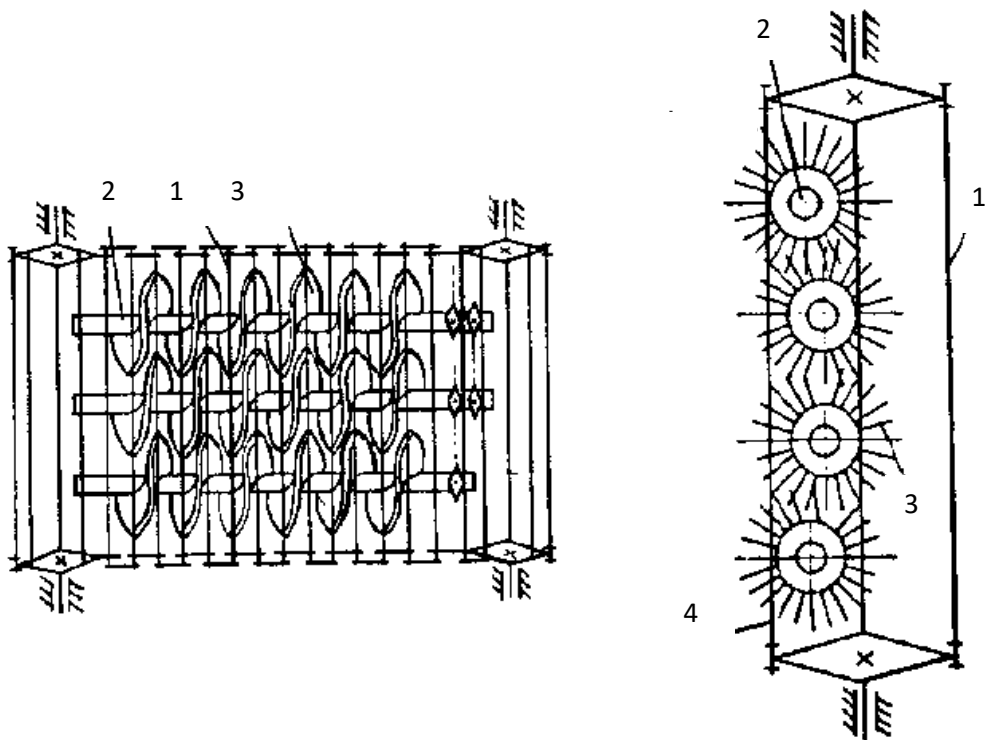


Рисунок 2.6 - Транспортер-очисник коренеплодів:

1 – підтримуючий елемент; 2 – вал очисного пристрою; 3 – щіткове навивання; 4 – обмежувач

Очисник складається з шнекових вальців 1, 2, 3 і встановленим за ним комірчастим транспортером, що виконаний з почергово набраних на валі 4 гладких 6 і комірчастих 5 дисків. У конструкції такого типу передбачено

елементи зачищення, які виконано у вигляді зібраних на валі 10 лопаток 9.

Перевагами вказаного типу очисника є підвищена сепарація вороху за рахунок використання в конструкції додаткового конструктивного модуля - комірчастого транспортера. До недоліків наведеного конструктивного рішення слід віднести втрати коренеплодів, особливо неправильної форми, які в процесі очищення потрапляють у комірки транспортера й виносяться на поле. Застосування додаткового комірчастого транспортера не дозволяє провести очищення коренеплодів від зв'язної з ними землі.

Транспортер-очисник коренеплодів зображений на рис. 2.6 являє собою поєднання транспортуючого й очисного пристроїв.

З метою підвищення ефективності очищення коренеплодів від землі підтримуючий елемент 1 виконано у вигляді пруткового транспортера, а очисний пристрій - у вигляді ряду паралельних шнеків із щітковим навіванням 3, що співнапрямлені з поздовжньою віссю пруткового транспортера [15].

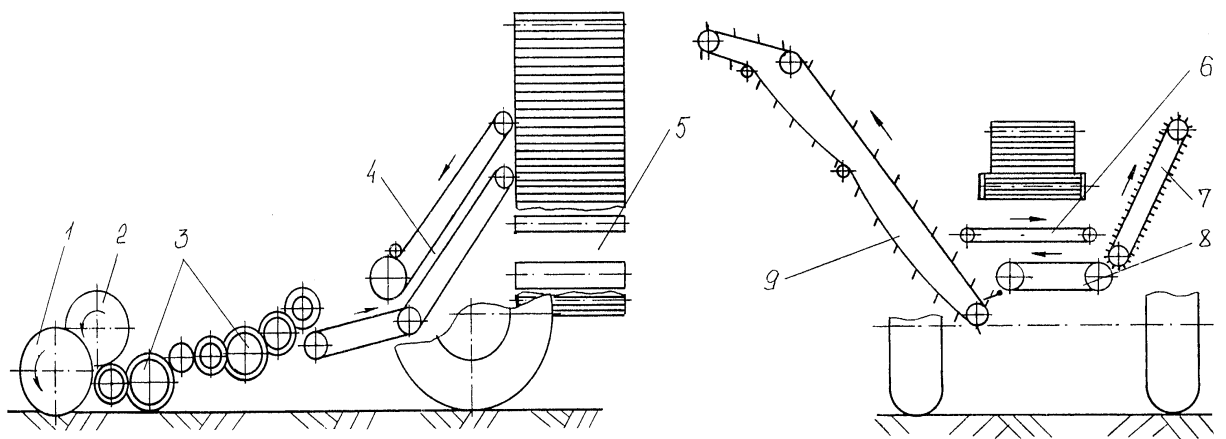


Рисунок 2.7 - Компонувальна схема коренезбиральної машини КС-6В:
1 – дискові копачі; 2 – виштовхуючий бітер; 3 – шнековий очисник;
4 – дволанковий стрічковий транспортер; 5 – бункер; 6, 8, 9 – відповідно поперечний, нижній поперечний та вивантажувальний транспортери; 7 – гірка

Компонувальна схема бурякозбиральної машини КС-6В (рис.2.7) характеризується покращеною системою сепарації. Вона містить розташовані в ряд дискові копачі 1 виштовхуючий бітер 2, шнекові очисники 3 і

дволанковий транспортер 4. В бункері машини 5 послідовно розташовані верхній поперечний транспортер 6, очисна штифтова гірка 7 для винесення рослинних залишків, нижній поперечний 8 і вивантажувальний 9 транспортери.

В процесі роботи, викопані дисками коренеплоди подаються на шнековий очисник, де вони інтенсивно очищуються від землі й рослинних домішок. Далі корені захоплюються дволанковим стрічковим транспортером і подаються в бункер на верхній поперечний транспортер, звідки падають на очисну гірку. За рахунок виконання очисних елементів гірки у вигляді еластичних пальців відбувається активне винесення рослинних домішок і грудок ґрунту на зібрану частину поля. Під дією власної ваги коренеплоди потрапляють на нижній поперечний транспортер, далі - на вивантажувальний, за допомогою якого переміщуються в транспортний засіб, що рухається поруч.

В процесі роботи повздожніх шнекових очисників ворох коренеплодів переміщується вздовж осі обертання валів. Такі очисники переважно виконують транспортні функції з незначними малоефективними очисними властивостями. Виникнення “мертвих зон” на шляху транспортування вороху і конструктивна складність розташування опор валів значно обмежило широке використання повздожніх шнекових очисників.

Кулачкові очисники відрізняються від останніх вальцьових тим, що їх диски виконані у вигляді кулачків із криволінійною поверхнею і являють собою кулачкове поле, яке переміщує ворох за рахунок обертання в одному напрямку кулачків, закріплених на паралельно встановлених валах. Розрізняють кулачкові очисники грудкоподрібнювачі і очисники, які виконують сепаруючі функції без затискування елементів вороху. За кількістю профільних кулачків розрізняють три-, п'яти- і шестигранні кулачкові очисники.

Бурякозбиральні машини нерідко працюють в умовах твердого сухого ґрунту, тому ворох вміщає велику кількість ґрунтових грудок. Для очищення

вороху від таких домішок коренезбиральні машини споряджують грудкоподрібнювачами, принцип дії яких базується на різниці кутів затискування ґрунтових грудок і коренеплодів. В коренезбиральній машині КС-6Б-02 застосовано грудкоподрібнювач (рис. 2.8), який складається з валів 1, на яких закріплено батарею трипроменевих кулачків 2 із спеціальним профілем. Вали обертаються в одному напрямку та з однаковою коловою швидкістю. Тому кути α_k між прямолінійними робочими поверхнями кулачків суміжних валів у процесі роботи постійні. Грудки ґрунту затискуються в отворі між лопатями кулачків і руйнуються, а коренеплоди висковзують з отвору й транспортуються кулачками за напрямом обертання валів.

Л.В. Погорілий та інші встановили, що грудки ґрунту затискуються при $\alpha \leq 53^\circ$, а для запобігання пошкодження коренеплодів достатньо $\alpha \geq 40^\circ$ [14].

Основними недоліками кулачкових очисників є пошкодження коренеплодів і намотування бур'янів на елементи конструкції які обертаються з кутовою швидкістю ω_k . За умов роботи на ділянках із підвищеною забур'яненістю спостерігається невеликий очисний ефект [15].

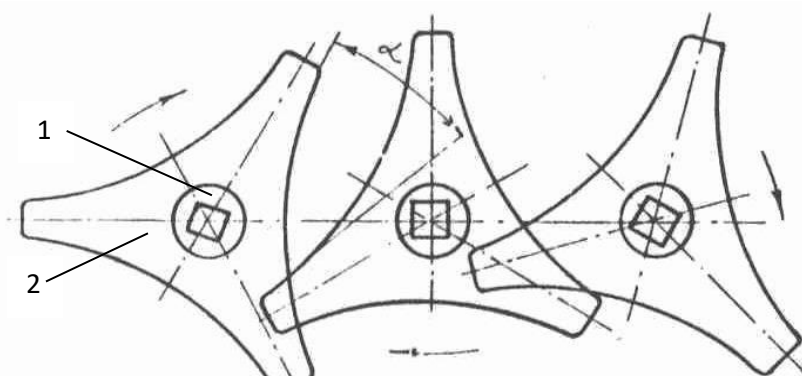


Рисунок 2.8 - Схема трикулачкового очисника: 1 – вал; 2 – трипроменевий кулачок

За даними досліджень [14, 15] із збільшенням кількості бур'янів до 98 шт/м² продуктивність збирального агрегату з кулачковим очисником

знижується на 30 % - з 0,189 до 0,133 га за годину змінного часу.

Лінійні розміри кулачків установлюються в залежності від розмірних характеристик буряка і грудок ґрунту. Звичайні кулачкові очищувачі мають 4-6 кулачків, значно менше значення кута α і більш заокруглену форму кулачка, що виключає защемлення коренеплодів. За рахунок деякої різниці кутових швидкостей валів кулачкового очищувача ($n=185\dots348$ 1/хв) досягається більш активний вплив на ворох і просіювання домішок землі (частково рослинних залишків). В більшості випадків кулачки розташовують так, щоб суміжні їх ряди перекривали утворений зазор між валами. Максимальні зазори між ними встановлюють так, щоб виключити просіювання коренеплодів діаметром більше 50 мм.

У вітчизняній коренезбиральній машині РКМ-6-03 використовують лопатевий очисник подібно кулачковому, який виконує функції сепарації ґрунту й відокремлення дрібних рослинних домішок без затискування елементів вороху. Він складається з послідовно розташованих лопатевих очисних валів, на яких радіально встановлені гумові лопаті, при цьому їх кількість збільшується починаючи від першого. Ворох поступає на вали, що обертаються в одному напрямку. Сипкий дрібний ґрунт і невеликі за розмірами рослинні домішки просіюються в щілини між гумовими лопатями, за допомогою яких коренеплоди транспортуються за напрямком обертання очисних валів.

Недоліками таких конструкцій очисників є низька якість відокремлення вороху від великих за розмірами рослинних залишків і низька ефективність роботи на вологих і сухих ґрунтах.

Виходячи із аналізу стану питання можна зробити такі висновки:

1. Із пристроїв первинної сепарації вороху знайшли широке впровадження і використання на коренезбиральних машинах пруткові елеватори, які ефективно відділяють ґрунтові домішки лише в оптимальних умовах. Пристроїв для відділення вологих ґрунтів і ґрунтів із зниженою вологістю, особливо на важких за механічним складом ґрунтах, які мають

високу ефективність немає. Тому коренезбиральні машини не на всіх ґрунтових фонах здатні розвинути розрахункову продуктивність, головним чином із-за порушення технологічного процесу існуючими очисниками вороху в роботі на середніх і важких ґрунтах.

2. Технологічний процес очищення вороху цукрових буряків із застосуванням традиційних спіральних (коренезбиральні машини КС-6В, МКК- 6 і РКМ-6-03) і роторних (КС-6Б-05) не забезпечує ефективної сепарації домішок і не відповідає вихідним вимогам.

3. Ефективність роботи очисника вороху коренеплодів буряків характеризується двома основними технологічними показниками - сепарацією ґрунту і пошкодженнями коренеплодів. Сепарація ґрунту залежить в основному від стану ґрунту (механічного складу, вологості, щільності), швидкості дії робочого органу на шар ґрунту, при чому ця швидкість обмежується швидкістю співудару коренеплодів цукрових буряків з поверхнею робочого органу. Пошкодження коренеплодів залежать в основному від їх часу перебування і контакту з поверхнями робочих органів.

4. Підвищення агротехнічних показників якості сепарації коренеплодів цукрових буряків доцільно здійснювати з застосуванням в бурякозбиральних машинах очисної системи, яка складається з завантажувального транспортера, очисної гірки, гвинтово-еліпсного очисного пристрою, виконаного з активної шнеково-еліпсної транспортно-технологічної системи з обґрунтованими кінематичними і конструктивними параметрами. При транспортуванні на гвинтово-еліпсному очиснику коренеплоди додатково отримують осцилюючий рух, що дозволяє значно скоротити час перебування їх на робочих поверхнях очисника.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ

Аналізуючи короткий вищенаведений матеріал необхідно сказати, що в останні роки інтенсивно досліджувались способи сепарації і розроблялись конструкції сепараторів, оснований на різниці у властивостях компонентів до електропровідності, рентгенівського і радіоактивного випромінення, відбивальної властивості світла, магнітної проникності і т.д. Різниця в цих фізичних властивостях дозволяє сепараторам ефективно відділяти коренеплоди від вороху, але необхідність в дозуючих механізмах, швидкодіючих і порівняно енергоємних виконавчих механізмах, а також необхідність в спеціальних стабілізуючих системах роблять, на даному етапі, економічно недоцільним їх, використання у мобільних коренебульбозбиральних машинах [14, 15].

Синтезування технологічних схем і конструктивних рішень робочих органів для очистки коренеплодів цукрових буряків від землі і рослинних залишків неможливо без аналізу фізичного стану ґрунту: абсолютна вологість, твердість, густина, зв'язки коренеплодів із землею, а також фізико-механічних властивостей компонентів технологічної маси [14].

Особливості структурно-біологічного середовища земля-корінь впливають на основні технологічні показники процесу сепарації, оскільки якість розділення вороху в значній мірі залежить саме від фізико-механічних властивостей його компонентів.

Середній пояс ґрунту (80-200 мм), що вміщує більшу частину ущільнених ділянок, є основним джерелом грудкоутворень із твердістю 450-800 Н/см². Земля в рядку на глибині 50-200 мм володіє чітко вираженою статистичною неоднорідністю за ступенем ущільненості. Характер зміни ґрунту на глибині 80 мм відрізняється низькою твердістю й однорідністю, в той час як на глибині 140-160 мм твердість - максимальна.

Із-за підвищення вологості ґрунту знижується технологічна й технічна надійність очисників, зменшується їх продуктивність. В засушливі роки різко погіршується сепарація коренеплодів від землі. Зміна технологічних показників роботи коренезбиральних машин в залежності від вологості ґрунту враховується при синтезі очисних органів і компоновально-технологічних рішень. В період збирання коренеплодів цукрових буряків у шарах ґрунту 10-30 см вологість становить 16,8-24,6%.

Маса коренеплоду цукрового буряка обумовлюється його розмірами і варіюється в широких межах від 0,2 до 5,0 кг. Діаметр коренеплоду може змінюватися в інтервалі від 65-120 мм, а його технічна довжина - 220-300 мм. Урожайність коренеплодів цукрових буряків 250-550 ц/га [7].

Проведені дослідження в цій галузі показують, що значення коефіцієнтів тертя кочення і ковзання для коренеплодів, земляних грудок і каменів у ряді випадків перекриваються, внаслідок чого повне відокремлення коренеплодів від домішок неможливе. Однак простота конструкції пристроїв привертає увагу дослідників даного способу сепарації. Сепаратори, основані на різниці фрикційних властивостей у поєднанні з іншими фізико-механічними властивостями, знайшли широке застосування на сучасному етапі розвитку коренебульбозбиральних машин.

Аналізуючи сепаруючі пристрої, в основу яких покладено тільки одні певні властивості компонентів, слід наголосити, що вони за конструктивним виконанням простіші сепараторів, які ґрунтуються на поєднанні декількох фізико-механічних властивостей компонентів (наприклад: пружність, фрикційні та аеродинамічні властивості), однак, за технологічними показниками, а саме, чистоті й втратах коренеплодів значно поступаються останнім.

Тому розробку комбінованої сепаруючої системи необхідно вести у напрямку, який передбачає комплексне використання фізико-механічних властивостей компонентів, з одночасним максимально можливим спрощенням конструкції очисної системи.

Необхідно відмітити, що одним з найбільш раціональних робочих органів для відокремлення коренеплодів буряків від домішок з використанням комплексу фізико-механічних властивостей є поздовжня очисна пальчикова гірка [14] (рис.3.1).

Пристрій складається з подаючого транспортера 2, пальчикової гірки 3 та транспортера 4. З подаючого транспортера 2 коренеплоди й домішки подають на гірку 3. Коренеплоди скочуються на транспортер 4, а камені і різні залишки видаляються гіркою. У процесі післязбиральної обробки коренеплодів, зібраних машинним способом, спостерігаються їх великі втрати на пальчиковій гірці і залипання її робочої поверхні вологою землею.

Для підвищення ефективності пальчикових гірок можуть використовуватися пристосування у вигляді зіштовхуючих валиків, шнеків, решіток (рис.3.2), що запобігають виносу коренеплодів при зміні умов функціонування та зменшення кута нахилу. Запропонована схема суттєво підвищує ефективність розділення компонентів, але разом з тим, не усувається інший недолік пальчикової гірки – залипання пальчиків гірки зволженими ґрунтом і рослинними залишками.

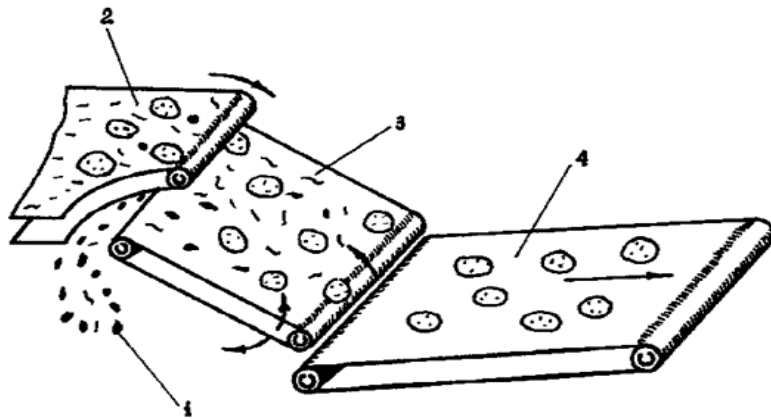


Рисунок 3.1 - Очисна пальчикова гірка: 1 – домішки; 2 – подаючий транспортер; 3 – очисна гірка; 4 – сортувальний транспортер

Очищення (сепарація) коренеплодів цукрових буряків від землі і рослинних залишків є однією з важливих технологічних операцій в процесі механізованого збирання. Даний процес в основній кількості

бурякозбиральних машин поділяється на два етапи. Перший – активна сепарація коренеплодів шнековими, роторними, бітерними, кулачковими або пальцевими очисниками, а другий – кінцеве (чистове) доочищення коренеплодів від налиплого ґрунту та рослинних домішок, який здебільше виконується еластичними гірками, стрічковими транспортерами, струшуванням коренеплодів шляхом зміни напрямку їх транспортування.

Розглянуті типи і конструкції очисників вороху коренеплодів переважно розташовуються за викопуючими робочими органами і відносяться до так званих “агресивних” сепараторів [14, 15], в той час як доочисні робочі органи знаходяться в середині або в кінці технологічного русла машини і їх дія на коренеплоди характеризується значно меншим ступенем агресивності, що обумовлює їх широке впровадження в конструктивно-технологічні схеми бурякозбиральних машин для забезпечення показників якості очищення вороху, які регламентовані вихідними вимогами до коренезбиральних машин.

Загальні основні переваги і недоліки виконання технологічного процесу очищення основними схемами очисників вороху коренеплодів цукрових буряків коренезбиральних машин наведені в таблиці 3.1.

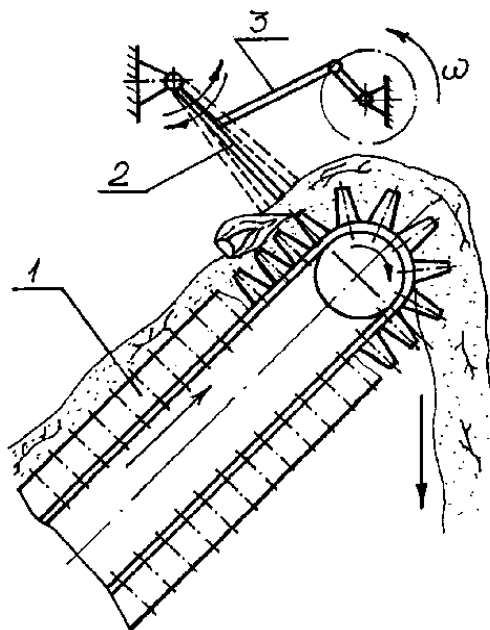


Рисунок 3.2 - Конструктивна схема очисної гірки: 1 – робоча поверхня; 2 – відбиваюча решітка; 3 – кулісний механізм; 4 – валик

Таким чином, аналіз дослідження і роботи відомих очисників вороху коренеплодів показав, що неякісне виконання технологічного процесу агресивними сепараторами, особливо в роботі за складних природно-виробничих умов (вологий і сухий ґрунт), обумовило пошук більш ефективних очисних систем (пристроїв) для вторинної сепарації транспортного вороху в кінці технологічного процесу роботи бурякозбиральних машин.

Поєднання конструктивно-технологічних особливостей кулачкових і шнекових очисників для вторинного доочищення вороху коренеплодів в останній час привертає все більшу увагу спеціалістів. Порівняно прості за конструкцією і надійні в роботі шнеки і кулачки, об'єднавши їх специфічні властивості, дозволяють змінювати направлення потоку вороху під прямим кутом і проводити інтенсивне відокремлення сипкої та налиплої землі і рослинних домішок від коренеплодів.

Рядом авторів для вирішення актуального питання ефективної сепарації домішок [14, 15] пропонуються комбіновані очисні системи: кулачково-грохотні, барабанно-кулачково-спіральні, гвинтово-елеваторні, гвинтово-вальцьові, кулачково-вальцьові та ін.

Особливістю цих робочих органів є низька ступінь агресивності очисних поверхонь на коренеплоди з метою усунення їх сильних механічних пошкоджень, тому що на даному етапі сепарації основна маса домішок вже була просепарована на шляху до них, і зростає ймовірність безпосередньої взаємодії робочого органу з відносно “чистою” поверхнею коренеплодів.

Крім того, при взаємодії витків гвинта і коренеплодів, в силу конструктивного виконання профілю витків, а саме кута нахилу навивки витків до труби, удар витка по коренеплоду є косим ударом. В порівнянні з прямим центральним ударом сила косоного удару на коренеплоди значно менша, що є передумовою зменшення пошкодження коренеплодів.

Дослідженню параметрів шнекових і конусних очисників та розробці методики їх проектування та виготовлення присвячені праці Р.М.

Рогатинського, Б.М. Гевка, М.І. Пилипця та М.Г. Данильченка. Ними встановлено характер руху коренеплодів в плоскому руслі, коефіцієнти динамічності коренеплодів, які регламентують ступінь і якість відокремлення домішок в залежності від форми еліпсних шнекових валів.

Таблиця 3.1

Основні переваги та недоліки очисників вороху коренезбиральних машин

ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ ОСНОВАНИЙ НА РІЗНИЦІ В:	ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИСНИКА	НЕДОЛІКИ	ПЕРЕВАГИ
- густині роздільних компонентів		а) вплив навкол. середовища в польових умовах роботи; б) складність конструкції і небезпечн. в експлуатації.	а) надійне розділення компонентів в лабораторних умовах.
- твердості роздільних компонентів		а) складність і дороговизна конструкції; б) надмірне пошкодження коренеплодів голками.	а) надійність технолог. процесу сепарації; б) висока сепаруюча здатність системи.
- геометричних розмірах роздільних компонентів		а) зниження показників сепарації, спричинене співрозмірністю роздільних компонентів.	а) дешевизна конструкції та простота в експлуатації.
- фрикційних властивостях компонентів		а) підвищене травмування буряків по периферії шнеків; б) втрата працездатності при вологості ґрунту $W > 28\%$.	а) поєднання в робочому органі транспортуючих і очисних функцій.
- фотометричних властивостях компонентів		а) обмеженість застосування в комплексах із-за дороговизни і складності в експлуатації.	а) високі показники сепарації за рахунок застосування для контролю електронних пристроїв.
- пружних властивостях компонентів		а) вплив на показники сепарації залипання коренепл.; б) пошкоджуваність коренепл. спричинена повторністю.	а) додаткова сепарація за рахунок відцентрової сили;

Було визначено, що раціональними параметрами очищення вороху є кутова швидкість обертання еліпсних шнеків 15 – 30 рад/с, лінійна швидкість переміщення коренеплодів вздовж плоского русла 0,5 – 1,0 м/с з коефіцієнтом

динамічності очищення 0,5 – 0,8.

М.Г. Данильченком розроблена методика визначення параметрів очисників на основі використання взаємозв'язку між коефіцієнтом динамічності та ступенем очищення цукрових буряків [14]:

$$W = 100 \left(\frac{K_{\delta}^{\delta}}{K_{\delta}^M + C} \right)^n, \quad (3.1)$$

де W - ступінь очищення коренеплодів; K_{δ}^{δ} , K_{δ}^M – відповідно коефіцієнти динамічності базового і модернізованого очисників; C і n – коефіцієнти, які розраховані для кожного типу очисника на основі експериментальних залежностей.

Для шнекових еліпсних очисників $C = 0,09$; $n = 0,95 - 1,0$; для роторних – $C = 0,03$; $n = 1,3$.

Р.М. Рогатинським встановлено, що пошкодження коренеплодів пов'язані з виникаючими максимальними напруженнями центрального пружного удару в жорстку стінку, величина якого пропорційна масі та швидкості взаємодії коренеплодів з робочими поверхнями очисника, кривизни поверхні тіла коренеплоду, коефіцієнта Пуасона. Виведена залежність для визначення напружень, які характеризують рівень пошкодження коренеплодів при їх ударі в жорстку поверхню [32, 33, 34, 35]:

$$\sigma_{max} = 0,364 K_{ij}^{1,07} m^{0,2} V_o^{0,4} (K_1 + K_2)^{0,467}, \quad (3.2)$$

де K_{ij} – параметр моделі; m - маса коренеплоду, кг; V_o - швидкість

коренеплоду перед ударом, м/с; K_1, K_2 - відповідно мінімальна кривизна робочого органу та тіла коренеплоду, м.

Визначенню впливу конструктивно-кінематичних параметрів сепаруючих робочих органів на показники якості очищення вороху коренеплодів присвячені роботи Р.Б. Гевка. Ним встановлена закономірність, яка описує, що вміст ґрунту на коренеплодах змінюється у часі за експотенціальним законом:

$$\Delta m(t) = \Delta m_0 e^{-\lambda(t-t_0)}, \quad (3.3)$$

де Δm_0 - маса ґрунту в початковий момент переміщення коренеплодів по робочих органах очисника, кг; λ - стаціонарна випадкова функція інтенсивності очищення.

Ним розроблена теорія динамічної сепарації вороху коренеплодів і реалізована модель визначення впливу конструктивно-технологічних параметрів робочих органів процесу очищення. Основним напрямком підвищення інтенсивності сепарації вороху є збільшення кутової швидкості обертання коренеплодів та зміна їх прискорень.

Для загального випадку ударної взаємодії коренеплоду з робочим органом, який зв'язаний пружною ланкою з масою його приводу, складено систему рівнянь руху системи [36], яка дозволяє оцінити глибину пошкоджень тіла коренеплоду:

$$\begin{cases} -m_1 \ddot{Y}_1 - mg \cos \gamma + P = 0 \\ -m_2 \ddot{Y}_2 - P + C(Y_{20} - Y_2) = 0, \end{cases} \quad (3.4)$$

де m_1 - маса коренеплоду, \overline{Y}_1 та \overline{Y}_2 - відповідно переміщення коренеплодів та пружного робочого органу, m - маса приводу робочого органу, $P = ku^{3/2}$ - сила удару, яка визначається згідно теорії в'язко-пружного удару; тут k - коефіцієнт, який залежить від реологічних властивостей матеріалів тіл взаємодії, u - величина жорсткого зближення між тілами взаємодії, яка характеризує глибину пошкодження коренеплодів, m_2 - маса робочого органу, C - жорсткість пружної ланки, Y_{20} - початкова координата мас робочого органу до удару.

Б.П. Шабельник розглянув питання, які пов'язані з покращенням показників якості очищення вороху коренеплодів на базі створення конвеєрів-сепараторів, виконаних в вигляді кулачкових робочих органів. Автором наведені залежності для визначення конструктивно-кінематичних параметрів з умови безвідривного руху компонентів вороху по поверхнях робочих органів

та його рівномірного розподілу в технологічному руслі переміщення, що забезпечує мінімізацію пошкоджень тіла коренеплодів.

Теоретичному обґрунтуванню та експериментальним дослідженням шнекових та кулачкових очисників присвячена робота А.К. Сарапулова [14], за результатами якої встановлені їх оптимальні конструктивно-кінематичні параметри – діаметр та крок спіральних вальців, кутові швидкості обертання. Встановлено, що оптимальна кутова швидкість обертання кулачків знаходиться в межах 190 - 200 об/хв., кут нахилу очисника до горизонту – 15° .

Таким чином, можна зробити висновок, що переважна більшість проведених досліджень стосується традиційних типів очисників вороху коренеплодів, в той час як очисним системам приділено значно менше уваги.

Однак недосконалість конструкцій коренезбиральних машин, змін умов роботи при збиранні цукрових буряків ставить підвищені вимоги до показників якості виконання технологічного процесу бурякозбиральними машинами, а тому перспективним напрямком можна вважати розробку нових конструкцій та обґрунтування параметрів очисних систем.

Комбінована очисна система вороху коренеплодів складається із завантажувального транспортера 1 за яким під кутом до горизонту встановлена очисна пальчикова гірка 2, яка являє собою контур замкнутого еластичного полотна 5 з пальцями і містить ведений 3 та ведучий 4 вали. В нижній частині очисної гірки 2 розміщені транспортуючо-очисні органи, які утворюють гвинтово-еліпсний очисник, змонтований в вигляді системи еліпсних повздовжніх шнеків, транспортне русло яких утворене жолобом у вигляді півеліпса двома парами послідовно розташованих вальців.

Гвинтово-еліпсний очисник складається з двох пар вальців, виконаних у вигляді правої 6 та лівої 7 системи еліпсних шнеків, осі обертання яких знаходяться на нижній вітці еліпса А. В центральній нижній частині між правою 6 та лівою 7 системи шнеків встановлено гладкий циліндричний валець 8 з зазором до сусідніх шнеків рівним величині зазору між суміжними еліпсними шнеками, вісь обертання якого також розташована на нижній вітці

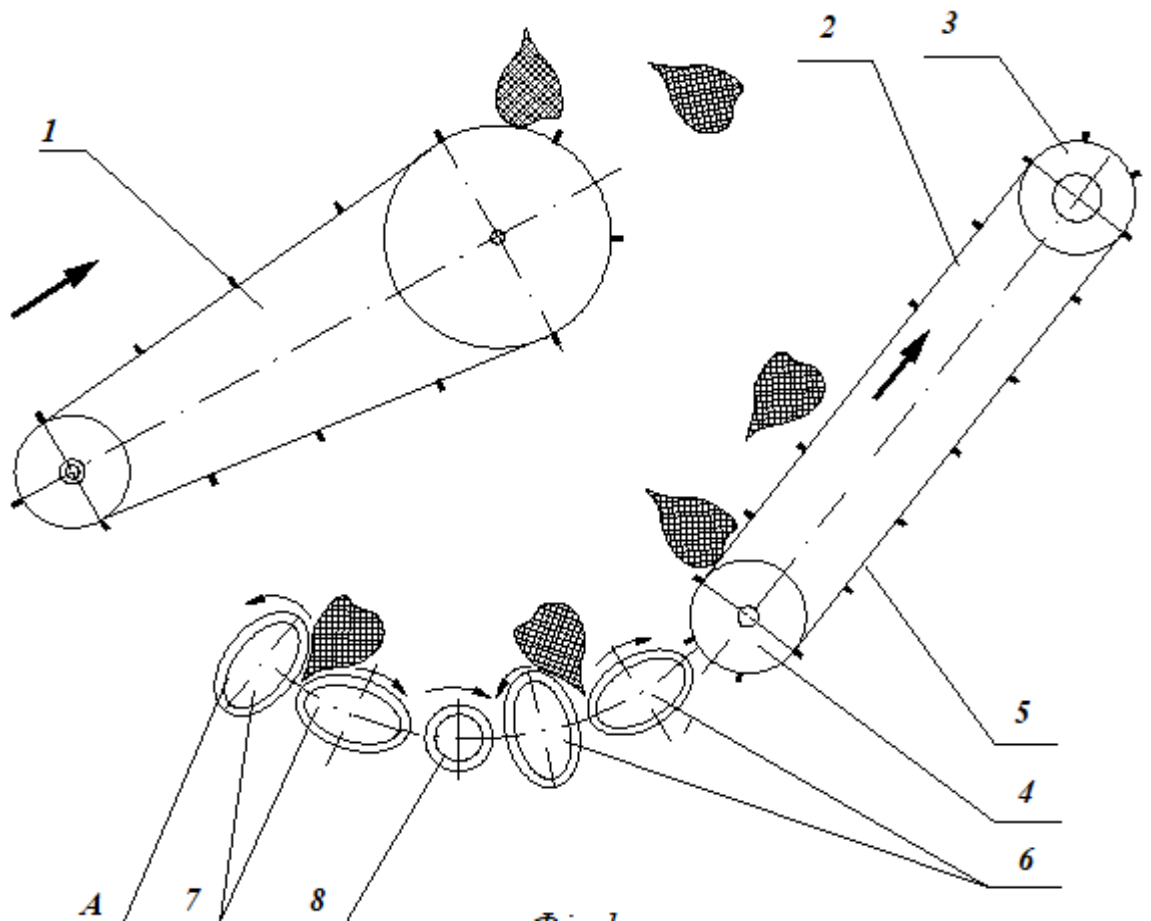


Рисунок 3.3 - Структурна модель очисної системи вороху цукрових буряків:
 1 – завантажувальний транспортер; 2 – пальчикова гірка; 3 – палець гірки;
 4 – ведучий вал; 5 – полотно; 6, 7 – система еліптичних шнеків; 8 – гладкий
 циліндричний валець; A – радіус півеліпса

еліпса A. Кожна пара еліптичних вальців має одностороннє обертання відносно один до одного і зустрічне відносно однієї пари вальців до другої пари. Всі еліпсні вальці кожної пари виконані рівновеликими, тобто мають однакові конструктивні розміри (мала і велика осі однакові для двох пар вальців) і обертаються із кутовою швидкістю ω . Осі центрів обертання кожної пари еліптичних вальців розташовані в протифазі, тобто початковий кут зміщення великої (малої) осі другого вальця відносно першого вальця кожної пари повернутий на кут $\Delta\varphi = \varphi_{0_2} - \varphi_{0_1} = \pi/2$, а осі центрів обертання двох суміжних та крайніх еліптичних вальців кожної пари розташовані в однофазі, тобто $\Delta\varphi = \varphi'_{0_2} - \varphi'_{0_1} = 0$. Вальці між собою встановлені з зазором h між валами.

Ворох, складовими компонентами якого є коренеплоди, ґрунтові і рослинні домішки, по завантажувальному транспортері 1 поступає на пальчикову гірку 2. За рахунок виконання очисних елементів гірки у вигляді еластичних пальців відбувається активне перекочування і ковзання коренеплодів на робочій поверхні полотна 5, що спричиняє захоплення пальцями домішок ґрунту з рослинними рештками і винесенням їх за межі машини. Недоочищені коренеплоди скочуються з полотна гірки і попадають на повздовжні еліпсні вали 6, 7 гвинтово-еліпсного очисника та гладкий валець 8. Переміщуючись вздовж русла коренеплоди інтенсивно очищуються від землі і рослинних домішок, які просіюються в зазор між валами. Вальці еліпсної форми значно збільшують динамічність процесу очищення в силу отримання коренеплодом деякого осцилюючого руху в площині перпендикулярній до напрямку подачі. Крім того, швидкість переміщення вороху руслом є змінною, що також сприяє покращенню очисних властивостей системи.

Таким чином, на відміну від шнекових очисників круглого перерізу вальців, еліпсні вали гвинтово-еліпсного очисника значно підвищують якість очищення коренеплодів за рахунок додаткового отримання ними осцилюючого руху вздовж русла, частота якого залежить від кутової швидкості обертання вальців і змінної швидкості транспортування вороху вздовж утвореного русла гвинтово-еліпсного очисника.

4 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

4.1 Обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів поздовжнього транспортера

Умови роботи коренезбиральних машин змінюються у широких межах залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу поля, врожайності, розмірно-масових характеристик коренеплодів, тощо.

Для визначення розрахункових навантажень будемо виходити з припущення, що машина працює на високоврожайному полі з максимальною швидкістю.

Приймаємо врожайність цукрових буряків $Y = 60$ т/га і робочу швидкість комбайна $V_M = 11$ км/год $= 3,06$ м/с [14], тоді середня вага коренів, що припадає на 1 м^2 поля складає

$$Y_1 = \frac{Y}{10000} = \frac{60 \cdot 10^4}{10^4} = 60 \text{ Н/м}^2. \quad (4.1)$$

Визначаємо максимальну секундну пропускну здатність машини, тобто максимальну вагову кількість коренеплодів, що переносяться транспортером за одиницю часу за формулою [16]:

$$Q = B \cdot V_M \cdot Y_1, \quad (4.2)$$

де B – ширина захвату машини, $B = 2,7$ м.

Підставивши числові дані, отримаємо

$$Q = 2,7 \cdot 3,06 \cdot 60 = 495 \text{ Н/с.}$$

Для забезпечення стабільного протікання технологічного процесу полотно транспортера повинно рухатись з відповідною швидкістю, що визначається за формулою [16]:

$$V_{II} = \frac{Q \cdot t_{ск}}{Y_{ск}}, \quad (4.3)$$

де $t_{ск}$ – крок скребків на полотні, $t_{ск} = 0,35$ м;

$Y_{ск}$ – вагова кількість коренів, що може перенести один скребок,

$Y_{ск} = 140$ Н.

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{II} = \frac{495 \cdot 0,35}{140} = 1,24 \text{ м/с.}$$

Визначаємо необхідну частоту обертання привідного валу поздовжнього транспортера користуючись відомою з курсу опору матеріалів формулою:

$$n = \frac{V_{II} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \quad (4.4)$$

де D – діаметр привідного барабана, де $D = 0,242$ м.

З врахуванням числових даних, отримаємо

$$n = \frac{1,24 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,242} = 98 \text{ хв}^{-1}.$$

Зірочка редуктора, від якого здійснюється привід транспортера має 11 зубів і обертається з частотою $n_n = 224 \text{ хв}^{-1}$ [16]. Визначимо необхідну кількість зубів зірочки, що встановлена на привідному валу транспортера за формулою:

$$Z = Z_n \frac{n_n}{n}, \quad (4.5)$$

де Z_n - число зубів зірочки, від якої здійснюється привід транспортера, $Z_n = 11$.

Підставивши дані, отримаємо

$$Z = 11 \cdot \frac{224}{98} = 25,14$$

Приймаємо $Z = 25$.

Уточнюємо частоту обертання привідного валу, користуючись формулою

$$n = \frac{Z_n}{Z} \cdot n_n. \quad (4.6)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$n = \frac{11}{25} \cdot 224 = 98,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнимо швидкість полотна поздовжнього транспортера за формулою

$$V_{\Pi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}. \quad (4.7)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{\Pi} = \frac{98,6 \cdot 3,14 \cdot 0,242}{60} = 1,25 \text{ м/с}.$$

4.2 Розрахунок привідного валу

Складаємо схему навантаження привідного валу поздовжнього транспортера (рис. 4.1). Схематично покажемо блок зірочок, привідні барабани, у місцях посадки яких на вал діють відповідні сили F_B і F_T , у місцях встановлення підшипників покажемо опорні реакції R_{AX} , R_{AY} , R_{BX} , R_{BY} .

Визначаємо сили, що діють на привідний вал поздовжнього транспортера коренезбиральної машини КС-6Б. На вал діють наступні сили: сила від дії ваги полотна транспортера; сила, що необхідна для виконання технологічного процесу.

Сила від дії ваги полотна транспортера визначається за формулою [17]:

$$F_B = \frac{M}{2} \sin \alpha, \quad (4.8)$$

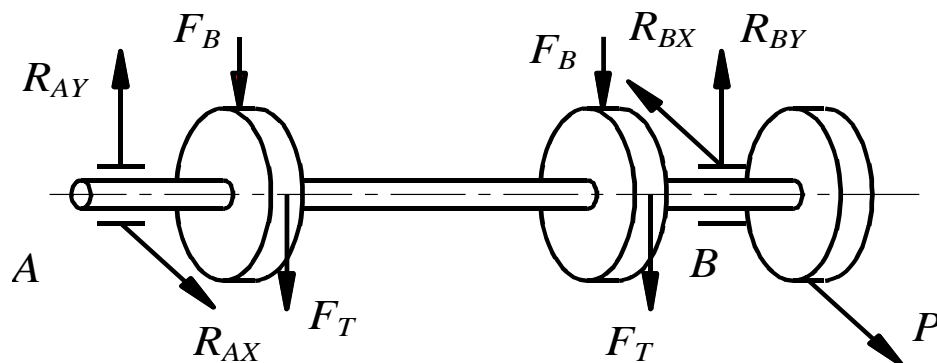


Рисунок 4.1 - Схема навантаження привідного валу поздовжнього транспортера

де M – маса полотна транспортера, $M = 1600$ Н [12],

α - кут нахилу робочої гілки транспортера до горизонту, $\alpha = 55^\circ$, [14].

Підставивши дані, отримаємо

$$F_B = \frac{1600}{2} \cdot \sin 55^\circ = 655 \text{ Н.}$$

Сила, що необхідна для виконання технологічного процесу при максимальному завантаженні транспортера визначається за формулою [17]:

$$F_T = \frac{m \cdot k \cdot Y_{ск}}{2} \sin \alpha, \quad (4.9)$$

де m – кількість скребків, що одночасно приймають участь у транспортуванні коренеплодів $m = 7$;

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність роботи транспортера, $k = 1,5$.

Підставивши дані, отримаємо

$$F_T = \frac{7 \cdot 1,5 \cdot 140}{2} \sin 55^\circ = 602 \text{ Н.}$$

Сумарну силу дії полотна на вал визначимо за формулою

$$F_0 = F_B + F_T. \quad (4.10)$$

У числовому вигляді

$$F_0 = 655 + 602 = 1257 \text{ Н.}$$

Визначимо обертальний момент, що необхідний для виконання технологічного процесу:

$$M_{об} = 2F_T \cdot \frac{D}{2} = F_T D. \quad (4.11)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$M_{об} = 602 \cdot 0,242 = 145,7 \text{ Нм.}$$

У привідному ланцюгу ведучого валу транспортера буде виникати сила P , яка дорівнює:

$$P = \frac{2M_{o\delta}}{d_{\delta}}, \quad (4.12)$$

де d_{δ} – ділительний діаметр привідної зірочки, м.

Визначаємо ділительний діаметр привідної зірочки із залежності

$$d_{\delta} = \frac{t}{\sin \frac{180^{\circ}}{z}}, \quad (4.13)$$

де t – крок привідного ланцюга, $t = 25,4$ мм.

Підставивши дані, отримаємо

$$d_{\delta} = \frac{25,4 \cdot 10^{-3}}{\sin \frac{180}{25}} = 202,66 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Тоді значення сили P буде рівним

$$P = \frac{2 \cdot 145,7}{202,60 \cdot 10^{-3}} = 1438 \text{ Н.}$$

Проведемо перевірочний розрахунок валу на міцність, для цього будемо епюри згинальних моментів (рис. 4.2).

У конструкції валу (рис. 4.1) розміри складають $a = 0,075$ м (відстань від опори до привідного шківа); $e = 0,85$ м (відстань між привідними шківками); $c = 0,112$ м (відстань від опори до блоку приводних зірочок); $\beta = 9^{\circ}$ (кут, під яким прикладена сила P).

Визначаємо реакції опор у площині yOz (рис. 3.4).

Сума моментів всіх сил відносно точки В.

$$\sum M_B = 0;$$

$$\sum M_B = -R_{Ay} \cdot (2a + e) + F_0(a + e) + F_0 \cdot a - P \cdot \cos \beta \cdot c = 0.$$

Звідки,

$$R_{Ay} = \frac{F_0(2a + e) - P \cdot \cos \beta \cdot c}{2a + e}.$$

У числовому вигляді буде

$$R_{Ay} = \frac{1257(2 \cdot 0,075 + 0,85) - 1438 \cdot \cos 9^\circ \cdot 0,112}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 1098 \text{ Н.}$$

Сума моментів всіх сил відносно точки А

$$\sum M_A = 0;$$

$$\sum M_A = -F_0 \cdot a - F_0(a + \vartheta) + R_{By}(2a + \vartheta) - P \cdot \cos \beta (2a + \vartheta + c) = 0,$$

Звідки,

$$R_{By} = \frac{F_0(2a + \vartheta) + P \cdot \cos \beta \cdot (2a + \vartheta + c)}{2a + \vartheta}. \quad (4.14)$$

У числовому вигляді

$$R_{By} = \frac{1257(2 \cdot 0,075 + 0,85) + 1438 \cdot \cos 9^\circ (2 \cdot 0,075 + 0,85 + 0,112)}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 2836,4 \text{ Н.}$$

Перевіримо правильність одержаних результатів. Сума проекцій всіх сил на вісь У

$$\sum Y = 0.$$

$$R_{Ay} - F_0 - F_0 + R_{By} - P \cdot \cos \beta = 1098 - 2 \cdot 1257 + 2836,4 - 1438 \cdot \cos 9^\circ = 0,07 \Rightarrow 0$$

Реакції у площині yOz визначені вірно.

Визначаємо реакції опор в площині xOz . Сума моментів всіх сил відносно точки В.

$$\sum M_B = 0; \quad \sum M_B = -R_{Ax}(2a + \vartheta) + P \cdot \sin \beta \cdot c = 0;$$

Звідси,

$$R_{Ax} = \frac{P \cdot \sin \beta \cdot c}{2a + \vartheta};$$

у числовому вигляді

$$R_{Ax} = \frac{1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot 0,112}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 25,2 \text{ Н.}$$

Сума моментів всіх сил відносно точки А.

$$\sum M_A = 0; \quad \sum M_A = R_{Bx}(2a + \vartheta) - P \cdot \sin \beta \cdot (2a + \vartheta + c) = 0;$$

Звідси,

$$R_{Bx} = \frac{P \cdot \sin \beta \cdot (2a + b + c)}{2a + b};$$

$$R_{Bx} = \frac{1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot (2 \cdot 0,075 + 0,85 + 0,112)}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 250,1 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність отриманих результатів. Записуємо суму проєкцій всіх сил на вісь X .

$$\sum X = 0;$$

$$\sum X = R_{Ax} - R_{Ay} + P \sin \beta = 25,2 - 250,1 + 1438 \cdot \sin 9^\circ = 0,005 \Rightarrow 0.$$

Реакції опор у площині xOz визначені вірно.

Для побудови епюри знаходимо значення згинальних моментів у характерних точках A , B , D і E .

$$\text{У площині } yOz \quad M_A = M_E = 0;$$

$$M_B = -P \cdot \cos \beta \cdot c = -1438 \cdot \cos 9^\circ \cdot 0,112 = -159 \text{ Нм};$$

$$M_D = -P \cdot \cos \beta \cdot (c + a) + R_{By} \cdot a =$$

$$= -1438 \cdot \cos 9^\circ (0,075 + 0,112) + 2836,4 \cdot 0,075 = -52,9 \text{ Нм};$$

$$M_c = R_{Ay} \cdot a = 1098 \cdot 0,075 = 82,4 \text{ Нм.}$$

За одержаними даними будуємо епюру згинальних моментів в площині yOz (рис. 4.2).

Проводимо розрахунки для площини xOz .

$$M_A = M_E = 0;$$

$$M_B = -P \cdot \sin \beta \cdot c = -1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot 0,112 = -25,2 \text{ Нм};$$

$$M_D = -P \cdot \sin \beta \cdot (c + a) + R_{Bx} \cdot a =$$

$$= -1438 \cdot \sin 9^\circ (0,075 + 0,112) + 250,1 \cdot 0,075 = -23,3 \text{ Нм};$$

$$M_c = R_{Ax} \cdot a = 25,2 \cdot 0,075 = 1,9 \text{ Нм.}$$

За одержаними даними будуємо епюру M_{zx} .

З аналізу епюр згинальних і крутних моментів робимо висновок, що найбільш навантаженим місцем вала є переріз у точці “ B ”.

Визначимо для нього сумарне значення моментів за формулою

$$M_{32} = \sqrt{M_{32x}^2 + M_{32y}^2}, \quad (4.15)$$

Підставимо числові значення і одержимо

$$M_{32} = \sqrt{159^2 + 25,2^2} = 161 \text{ Нм.}$$

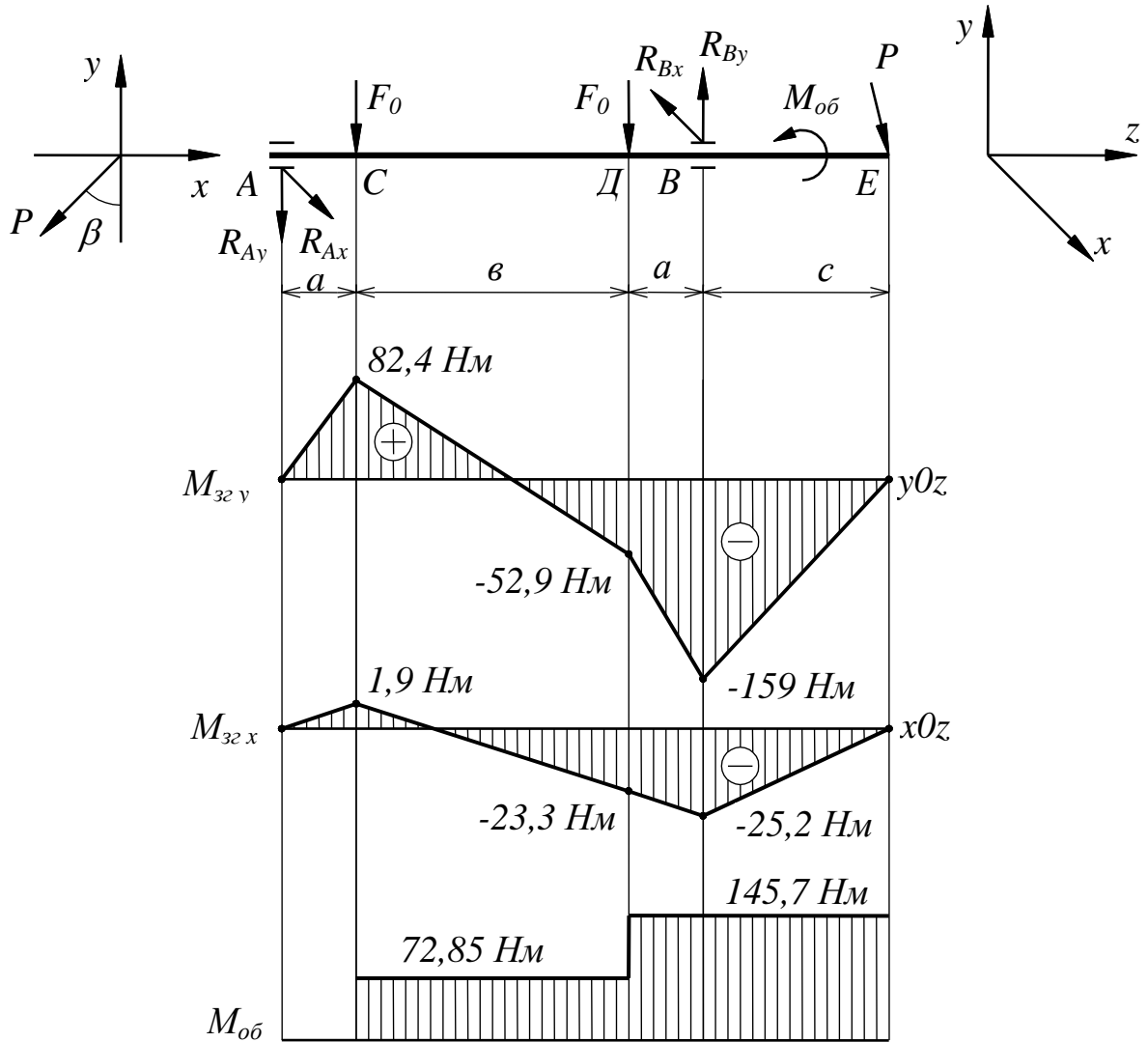


Рисунок 4.2 - Схема навантаження і епюри згинальних і крутних моментів привідного валу транспортера

Напруження згину у цьому перерізі визначимо, користуючись відомою з опору матеріалів формулою:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{32}}{\pi \cdot d^3}, \quad (4.16)$$

де d – діаметр валу в перерізі “B”, $d = 40$ мм.

Використовуючи числові дані, отримаємо

$$\sigma_{32} = \frac{32 \cdot 161}{3,14(40 \cdot 10^{-3})} = 25,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 .$$

Визначаємо напруження кручення у перерізі “В” за формулою [16]

$$\tau_{\kappa} = \frac{M_{об}}{W_p} = \frac{16 \cdot M_{об}}{\pi \cdot d^3} . \quad (4.17)$$

Підставивши числові дані, отримаємо

$$\tau_{\kappa} = \frac{16 \cdot 145,7}{3,14(40 \cdot 10^{-3})^3} = 11,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 .$$

За гіпотезою найбільших дотичних напружень визначимо еквівалентне напруження у небезпечному перерізі за формулою [23]

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{32}^2 + 4(\tau_{\kappa})^2} . \quad (4.18)$$

З врахуванням числових даних отримаємо

$$\sigma_e = \sqrt{(25,6 \cdot 10^6)^2 + 4 \cdot (11,6 \cdot 10^6)^2} = 34,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 .$$

Умова міцності виконується

$$\sigma_e \ll [\sigma_{32}] .$$

Для матеріалу вала $[\sigma_{32}] = 383 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ [7]. Міцність вала забезпечена.

4.3 Розрахунок технологічних показників роботи удосконаленої машини

При розрахунках за вихідні дані приймаємо:

- площа посівів цукрового буряку – $F = 300$ га;
- довжина гонів поля - $L = 2000$ м;
- урожайність коренеплодів – $Q_{\kappa} = 350$ ц/га;
- урожайність гички – $Q_{\Gamma} = 150$ ц/га;
- середній кут нахилу поля - $\alpha = 2^{\circ}$;
- ширина міжрядь - $a = 450$ мм;
- відстань перевезення коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу – $l_{\text{тр}} = 3$ км;

- цукровий буряк посіяний сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату $V_c = 5,4$ м.

За існуючою методикою [8] визначаємо, що радіус повороту агрегату становить $R = 4,1$ м. Ширину поворотної смуги визначаємо за рівнянням:

$$E = 3R + e, \quad (4.19)$$

де e – довжина виїзду агрегату з рядків – відстань, на яку необхідно вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти пошкодженню і втратам коренеплодів.

$$E = 3 \cdot 4,1 + 4,0 = 16,3 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги збирального агрегату повинна бути узгоджена з шириною поворотної смуги посівного агрегату. Для посівного агрегату (Т-70С + ССТ-12Б) ширина поворотної смуги визначається аналогічно і перевіряється умовою:

$$E_{\Pi} = n \cdot V_c, \quad (4.20)$$

де n – число проходів посівного агрегату при засіванні поворотної смуги.

$$E_{\Pi} = 3 \cdot 5,4 = 16,4 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги по більшому значенню – $E = 16,4$ м і вона збирається при підготовці поля до збирання.

Робочу довжину поля визначаємо за рівнянням:

$$L_p = L - 2E \quad (4.21)$$

$$L_p = 2000 - 2 \cdot 16,4 = 1967,2 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу агрегату на повороті буде дорівнювати:

$$L_{x.x} = 6R + 2(0,5 \cdot e) \quad (4.22)$$

$$L_{x.x} = 6 \cdot 4,1 + 2 \cdot 0,5 \cdot 4,0 = 28,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату визначаємо за рівнянням:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{x.x}} \quad (4.23)$$

$$\varphi = \frac{1967,2}{1967,2 + 28,6} = 0,99.$$

При подальших розрахунках приймаємо, що швидкість руху агрегату на поворотній смузі дорівнює робочій швидкості, тобто:

$$V_{x,x} = V_p \quad (4.24)$$

Коефіцієнт тривалості поворотів дорівнює:

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (4.25)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,99}{0,99} = 0,01$$

При проведенні розрахунків приймаємо час зміни $T_{зм} = 7$ годин. Робочий час визначається з врахуванням наступних складових:

$$T_{роб} = \frac{T_{зм} - (T_{тех} + T_{то} + T_{\phi} + T_{ор})}{1 + \tau}, \quad (4.26)$$

де $T_{роб}$ – час чистої роботи, год;

$T_{тех}$ – час, що затрачується на технологічне обслуговування, год.;

$T_{то}$ – час, необхідний для виконання технічного обслуговування агрегату, год;

T_{ϕ} – час на фізіологічні потреби механізатора, год;

$T_{ор}$ – час на організаційні питання, год.

$$T_{роб} = \frac{7 - (0,2 + 0,4 + 0,1 + 0,1)}{1 + 0,01} = 6,14 \text{ год.}$$

З врахуванням цих значень визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм} = \frac{T_{роб}}{T_{зм}} \quad (4.27)$$

$$\tau_{зм} = \frac{6,14}{7} = 0,88.$$

Тоді продуктивність за зміну удосконаленої коренезбиральної машини КС-6 буде дорівнювати:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot T_{зм} \cdot V_p \cdot \tau_{зм} \quad (4.28)$$

де B_p – робоча ширина захвату коренезбиральної машини, м;

V_p – робоча швидкість руху машини, $V_p = 4,3$ км/год.

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 4,3 \cdot 0,88 \cdot 7 = 7,15 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину визначається рівнянням:

$$W_{год} = 0,1 V_p \cdot V_p \cdot \tau_{зм} \quad (4.29)$$

$$W_{год} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 4,3 \cdot 0,88 = 1,02 \text{ га/год.}$$

Визначаємо питомі витрати палива при збиранні коренеплодів цукрових буряків удосконаленою коренезбиральною машиною КС-6:

$$q = \frac{G_p T_p + G_{x.x} T_{x.x} + G_o T_o}{W_{зм}} \quad (4.30)$$

де G_p , $G_{x.x}$, G_o – витрати палива відповідно на робочому, холостому ході і на зупинках;

T_p , $T_{x.x}$, T_o – час роботи, холостих ходів і зупинок на протязі зміни.

При збиранні коренеплодів цукрових буряків згідно норм витрат [9] палива і режиму роботи агрегату приймаємо: $G_p = 12$ кг, $G_{x.x} = 5,1$ кг, $G_o = 2$ кг, $T_p = 6,14$ год, $T_{x.x} = 0,6$ год, $T_o = 0,3$ год. Тоді питомі витрати палива будуть дорівнювати:

$$q = \frac{12 \cdot 6,14 + 5,1 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,3}{7,15} = 10,81 \text{ кг/га.}$$

Час циклу роботи визначається за рівнянням:

$$t_{ц} = \frac{2 \cdot L_p \cdot 60}{1000 \cdot V_p} + \frac{2 \cdot L_{x.x} \cdot 60}{1000 \cdot V_{x.x}} + t_{т.о} \quad (4.31)$$

де $t_{т.о}$ – час на технічне обслуговування машини за один цикл (час на технічне обслуговування за нормативами приймаємо $t_{т.о} = 6$ хв).

$$t_{ц} = \frac{2 \cdot 1967,2 \cdot 60}{1000 \cdot 4,3} + \frac{2 \cdot 28,6 \cdot 60}{1000 \cdot 4,3} + 6 = 61,7 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну визначається рівнянням:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - t_1}{t_{ц}} \quad (4.32)$$

де $t_1 = 35$ хв – час технічного обслуговування кожної зміни;

$T_{зм}$ – чистий час зміни ($T_{зм} = 420$ хв.)

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 35}{61,7} = 6,2$$

Продуктивність агрегату за цикл буде дорівнювати:

$$W_{\text{ц}} = \frac{B_p \cdot 2L_p}{10000} \quad (4.33)$$

$$W_{\text{ц}} = \frac{2,7 \cdot 2 \cdot 1967,2}{10000} = 1,06 \text{ га/цикл.}$$

Витрати палива за цикл визначаються за рівнянням:

$$q_{\text{ц}} = q \cdot W_{\text{ц}} \quad (4.34)$$

$$q_{\text{ц}} = 12,47 \cdot 1,06 = \text{кг/цикл}$$

При середній урожайності коренеплодів цукрових буряків $Q_k = 350$ ц/га за годину змінного часу збирається:

$$Q_{\text{год}} = Q_k \cdot W_{\text{год}} \quad (4.35)$$

$$Q_{\text{год}} = 35,0 \cdot 1,02 = 35,7 \text{ т/год.}$$

Для транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу, який знаходиться на відстані 3 км від господарства при поточній технології збирання приймаємо автомобілі КаМАЗ вантажопідйомністю 8 т. Час завантаження такого автомобіля збиральною машиною буде дорівнювати:

$$t_3 = \frac{Q_a}{Q_{\text{год}}} \quad (4.36)$$

де Q_a – вантажопідйомність автомобіля.

$$t_3 = \frac{8}{35} = 0,23 \text{ год.}$$

Час транспортування коренеплодів до місця призначення і в зворотному напрямку буде дорівнювати:

$$t_{\text{ТР}} = \frac{l_{\text{ТР}}}{V_{\text{ТР}}} + \frac{l_{\text{ТР}}}{V_x} \quad (4.37)$$

де $V_{\text{ТР}}$, V_x – швидкість руху автомобіля при завантаженому кузові і на холостому ходу в зворотному напрямку, км/год. [9].

$$t_{TP} = \frac{3}{30} + \frac{3}{40} = 0,175 \text{ год.}$$

Час розвантаження автомобіля за нормативними даними становить $t_{роз} = 0,08$ год. Всього затрати часу на цикл транспортування дорівнюють:

$$t'_{TP} = t_3 + t_{TP} + t_{роз} \quad (4.38)$$

$$t'_{TP} = 0,23 + 0,175 + 0,08 = 0,485 \text{ год.}$$

Необхідна кількість транспорту для безперервного транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу дорівнює:

$$n_{TP} = \frac{t'_{TP}}{t_3} \quad (4.39)$$

$$n_{TP} = \frac{0,485}{0,23} = 2,15$$

Приймаємо 3 автомобілів КаМАЗ для транспортування коренеплодів за потоковою технологією збирання. За результатами розрахунків складаємо операційно-технологічну карту на збирання цукрових коренеплодів удосконаленою машиною.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення по охороні праці

Охорона праці у нашій країні, яка охоплює заходи по подальшому полегшенню і оздоровленню умов праці на основі механізації і автоматизації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів техніки безпеки, усуненню причин, що призводять до травматизму і професійних хвороб робочих і службовців, створенню на підприємстві необхідних гігієнічних і санітарно–побутових умов - важлива державна задача [19].

Охорона праці механізаторів має велике значення. Механізаторам необхідні знання по правовим питанням охорони праці і правилам техніки безпеки. Механізаторам необхідно мати певні навички при роботі з сучасними високопродуктивними машинами, дотримуватися правил виробничої санітарії і користуватися засобами індивідуального захисту.

Важливі нормативні документи, які дозволяють правильно організувати охорону праці, навчання і інструктаж з техніки безпеки, дотримання вимог виробничої санітарії і гігієни праці у сільському господарстві викладенні достатньо детально в існуючій довідниковій літературі.

Враховуючи інтенсивний розвиток сучасної сільськогосподарської техніки, енергонасиченість інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та широку хімізацію аграрного виробництва в наш час питання охорони праці та навколишнього середовища набувають особливого значення.

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня

2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

5.2 Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині

При експлуатації удосконаленої коренезбиральної машини необхідно дотримуватися вимог безпеки, які викладені в „Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”. Основні правила безпечної роботи на машині заключаються в наступному:

5.1. Не допускати до роботи осіб без посвідчень тракториста-машиніста на керування машиною і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис в журналі реєстрації інструктажів.

5.2. Під час руху машини водій повинен знаходитися на сидінні. Стороннім особам категорично забороняється знаходитися на збиральній машині, що працює, а також в безпосередній близькості від неї.

5.3. Забороняється виконувати ремонт або регулювання вузлів під час руху машини. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконувати тільки після повної зупинки машини і при заглушеному двигуні.

5.4. Забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки. Забороняється проводити будь-які роботи під викопувальним пристроєм, що знаходиться в транспортному положенні. Для цього необхідно зафіксувати викопувальний пристрій механічним фіксатором, а в місцях піддомкращування поставити спеціальні підставки і під колеса встановити гальмівні башмаки.

5.5. Перед запуском двигуна важіль переключання діапазонів повинен бути в нейтральному положенні.

5.6. Перед запуском двигуна, включенням приводу робочих органів або діапазонів коробки передач для пересування машини обов'язково необхідно дати тривалий звуковий сигнал.

5.7. Після подачі сигналу необхідно перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, провести запуск двигуна або включити привід робочих органів машини.

5.8. Не чіпати руками робочі органи машини під час роботи.

5.9. Дотримуватися особливої обережності і не знаходитися поблизу незагороджених деталей, що обертаються. Не починати роботу при знятих огороженнях.

5.10. Забороняється робота машини при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

5.11. Систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового керування.

5.12. Не виконувати роботи несправним інструментом.

5.13. В кабіні мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами.

5.14. Не працювати в незручній, вільній одежі.

5.15. Не допускається перевезення вантажів в бункері-накопичувачі.

5.16. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати 15°.

5.17. При поворотах і розворотах швидкість руху машини необхідно зменшувати до 3-4 км/год.

5.18. Для передбачення випадкового зрушення машини з місця водій повинен перед виходом з кабіни при працюючому двигуні заблокувати важелі управління гідронасосом заціпкою і загальмувати машину стояночними гальмами.

5.19. Основний спосіб гальмування машини – зменшення подачі масла до гідромотора основного гідронасоса. Колісні гальма повинні використовуватися для гальмування машини в випадку поломки приводу ходової частини.

5.20. Для забезпечення буксирування машини необхідно встановити важіль переключення діапазонів в нейтральне положення, а педалі управління

гідронасосом необхідно заблокувати защіпкою. Буксирувати машину слід на жорсткому буксирі, при необхідності пригальмовуючи її колісними гальмами або стояночним гальмом. Швидкість буксирування на прямолінійних ділянках дороги не повинна перевищувати 7 км/год.

5.21. При роботі машини металеві труби гідроприводу ходової частини можуть нагріватися більше 80⁰С. Для запобігання опіків необхідно бути обережним при обслуговуванні машини в перші 20-30 хв. Після зупинки двигуна.

5.22. Забороняється робота збиральної машини в нічний час без електричного освітлення.

5.23. Транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а з настанням темноти обгін транспорту, що рухається, забороняється.

5.24. Перегін машин по дорогах загального користування виконувати в відповідності з Правилами дорожнього руху.

5.25. Необхідно періодично оновлювати знаки безпеки, які нанесені на машині.

Серед правил пожежної безпеки необхідно виділити наступні:

- забороняється підносити до паливного бака полум'я, а також курити при заправці паливом, після заправки бак необхідно насухо протерти;

- не допускати протікання з системи живлення, змащування і гідросистеми;

- в випадку займання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я землею, піском або прикривати брезентом, категорично забороняється заливати паливо, що горить, водою;

- в нічний час в випадку виходу із строю електрообладнання необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями;

- щоденно необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати забруднення її маслом і пилом, так як несправність може привести до замикання проводів і займанню;

- місця стоянки і зберігання машин забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.

5.3 Визначення шляху гальмування

Ступінь небезпеки травмування обслуговуючого персоналу машини буде багато в чому залежати від часу спрацювання гальмівної системи. Повний час аварійної зупинки удосконаленої коренезбиральної машини КС-6, яка рухається, при неочікуваній появі небезпеки дорівнює:

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3, \quad (5.1)$$

де t_1 – час отримання інформації і реакції оператора, $t_1 = 1$ с;

t_2 – час затримки сигналу в ланках системи приводу гальма, $t_2 = 2,5$ с;

t_3 – час гальмування до повної зупинки машини, $t_3 = 7,2$ с.

$$t_n = 1 + 2,5 + 7,2 = 10,7 \text{ с.}$$

Шлях гальмування від моменту виникнення небезпеки до повної зупинки може бути визначено рівнянням:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2}) \frac{V_0}{3,6} + \frac{f_{ET} \cdot V_0^2}{254 \cdot f} \quad (5.2)$$

де $V_0 = 0,98$ м/с – початкова швидкість при гальмуванні;

$f_{ET} = 0,65$ – коефіцієнт експлуатаційних умов гальмування;

$f = 0,75$ – коефіцієнт зчеплення шин з ґрунтом.

$$S_0 = (1 + 2,5 + \frac{7,2}{2}) \cdot 0,98 + \frac{0,65 \cdot 3,52}{254 \cdot 0,75} = 6,9 \text{ м}$$

При цьому слід враховувати, що порушення правил техніки безпеки призводить до збільшення шляху зупинки машини при виникненні небезпеки, а значить і до збільшення ймовірності травматизму.

6 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Удосконалення конструкції транспортера машини для збирання цукрових коренеплодів дозволяє зменшити їх пошкодження, покращити очищення вороху від рослинних і ґрунтових домішок. А значить і збільшити їх пропускну здатність, що в цілому сприяє підвищенню продуктивності машини. В зв'язку з цим в процесі роботи удосконаленої коренезбиральної машини можна збільшити швидкість її руху, а значить і продуктивність на 15-20% в порівнянні з серійною машиною. При цьому кількість пошкоджених коренеплодів також зменшується на 30-40%.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 6.1.

Затрати праці на збиранні кормових коренеплодів визначаються за формулою:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (6.1)$$

де: m – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{\text{год}}$ - продуктивність машини за годину, га/год.

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

$$H_6 = \frac{1}{0,9} = 1,11 \text{ люд.год./га.}$$

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$H_m = \frac{1}{1,02} = 0,98 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_m = 1,11 - 0,98 = 0,13 \text{ люд.год./га}$$

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	0,9	1,02
2. Питомі витрати палива, кг/га	11,85	10,81
3. Балансова вартість машини, грн.	497000	498500
4. Ширина захвату, м	2,7	2,7
5. Кількість зібраних рядків, шт.	6	6
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Прямі експлуатаційні затрати при збиранні врожаю кормових коренеплодів розраховуються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}, \quad (6.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{ПММ}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на збиральному агрегаті, нараховується за тарифною сіткою за норму виконаної роботи. По шостому розряду вона становить 291 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 6700 грн.). За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{\#M}}, \quad (6.3)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою, грн./зм.;

$W_{\text{зм}}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OB}^1 = \frac{291}{6,3} = 46,19 \text{ грн./га.}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 23,1 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 5,54 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^н = 46,19 + 23,1 + 23,1 + 5,54 = 97,93 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 20 % за класність механізатора (становить 19,59 грн./га) і 51 % соціального страхування і інших відрахувань (становить 49,94 грн./га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатору при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 97,93 + 19,59 + 49,94 = 167,46 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою вдосконаленою коренезбиральною машиною, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OM}^1 = \frac{291}{10,81} = 26,92 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 13,46 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 3,23 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{ом}^н = 26,92 + 13,46 + 13,46 + 3,23 = 57,07 \text{ грн./га.}$$

На цю суму проводиться нарахування 20 % за класність механізатора (складає 11,41 грн./га) і 51 % на соціальне страхування і інше (становить 29,11 грн./га). І тоді оплата праці механізатора, який працює на вдосконаленій машині, буде становити:

$$C_{ом} = 57,07 + 11,41 + 29,11 = 97,59 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (6.4)$$

де C – ціна машини, грн.;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для коренезбиральної машини становить 15 % [16]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{497000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 6,3} = 219,14 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену коренезбиральну машину будуть становити:

$$C_{ам} = \frac{498500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,15} = 193,67 \text{ грн./га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (6.5)$$

де β - норма річних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування, %.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{р.б} = \frac{47000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 6,3} = 219,14 \text{ грн./га.}$$

Для вдосконаленої коренезбиральної машини затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть становити:

$$C_{р.м} = \frac{498500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,15} = 193,67 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = C_{п} \cdot G_{га} \quad (6.6)$$

де $C_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки двигуна і машини, а також зони застосування. Приймаємо слідуєчі норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива [15]:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустриальне масло – 0,64 %;
- консерваційні мастила – 0,47 %;

На сьогодні вартість на паливо і мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, величини оптових закупок, постачальника і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива в розмірі 56,1 грн./кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 56,1 \cdot 11,85 = 664,79 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з удосконаленою коренезбиральною машиною затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{м}} = 56,1 \cdot 10,81 = 606,44 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 167,46 + 219,14 + 219,14 + 664,79 = 1270,53 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з удосконаленою машиною будуть становити:

$$C_{\text{м}} = 97,59 + 193,67 + 193,67 + 606,44 = 1091,37 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 1270,53 - 1091,37 = 179,16 \text{ грн./га} \quad (6.7)$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{179,16 \cdot 100}{1270,53} = 14,1 \%$$

Від зменшення пошкоджень коренеплодів загальна кількість втрат зменшиться на 10 – 18%, що при урожайності 35 т/га становить 3,5 – 6,3 т/га.

При закупочній вартості коренеплодів 1560 грн./т додатковий економічний ефект від зменшення втрат в середньому становитиме

$$E_d = 5,0 \cdot 1560 = 7800 \text{ грн./га.}$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 300 га буде становити:

$$E_p = 179,16 \cdot 300 + 7800 \cdot 300 = 2393748 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Базова машина	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	0,9	1,02
2. Питомі витрати палива, кг/га	11,85	10,81
3. Затрати праці, люд.год./га	1,11	0,98
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1270,53	1091,37
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	167,46	97,59
- амортизаційні відрахування	219,14	193,67
- затрати на ремонт і ТО	219,14	193,67
- затрати на ПММ	664,79	606,44
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	179,16
6. Додатковий ефект від зменшення втрат, грн./га	-	7800
6. Річний економічний ефект, грн.	-	2393748
7. Строк окупності затрат, років	-	0,008

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_o = \frac{C_M}{E_p} \quad (6.8)$$

$$E_o = \frac{15000}{2393748} = 0,006 \text{ років}$$

Основні техніко-економічні показники, розраховані в проекті, приведені в таблиці 6.2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Технологічний процес очищення вороху цукрових буряків із застосуванням традиційних шнекових і турбінних очисників не забезпечує ефективною сепарації і не відповідає вихідним вимогам - за високої вологості шнеки залипають ґрунтом і втрачають працездатність; турбінні очисники - ефективно працюють лише при великих кутах нахилу роторних турбін, що значно обмежує їх застосування. Вдосконалення технологічного процесу очищення вороху буряків від домішок без розробки нових конструктивних схем практично вичерпало себе в забезпеченні підвищення якості очищення коренеплодів.

2. Аналіз науково-технічної літератури і проведені розрахунки основних параметрів і режиму роботи дали можливість теоретично визначити аналітичні залежності і змодельовати процес руху коренеплодів в розробленій очисній системі. Пошкодження коренеплодів цукрових буряків в основному залежать від нормальної складової сумарної результуючої швидкості співудару коренеплодів з робочими поверхнями еліпсного вальця, яка повинна знаходитися в межах 3,7 - 6,3 м/с для усередненого діаметра гвинта $0,1 \leq D_y \leq 0,2$ (м) та встановленій межі допустимої швидкості співудару 3,5 м/с.

3. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів з учасниками збиральних робіт і дозволять уникнути травм і захворювань на робочих місцях.

4. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що впровадження удосконаленої технології і удосконаленої коренезбиральної машини дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 2393748 грн. При цьому затрати праці знижуються на 0,13 люд.год./га, а затрати на удосконалення машини окупаються за перший рік її експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Цукрові буряки та збільшення площ під ними в 2023: чи залишиться культура у фаворитах? 13 жовтня 2023// <https://superagronom.com/articles/683-tsukrovi-buryaki-ta-zbilshennya-plosch-pid-nimi-v-2023-chi-zalishitsya-kultura-u-favoritah>.
2. Аграріям не варто в умовах війни шукати спасіння у вирощуванні цукрових буряків - думка. - 30 червня 2023// <https://latifundist.com/novosti/61970-agrariyam-ne-varto-v-umovah-vijni-shukati-spasinnya-u-viroshchuvanni-tsukrovih-buryakiv-dumka>.
3. Посівна 2023: аграрії завершили сівбу цукрових буряків. - 16 червня 2023.// <https://latifundist.com/novosti/61881-posivna-2023-agrariyi-zavershili-sivbu-tsukrovih-buryakiv>.
4. Руйнуємо міфи про прибутковість цукрового буряку. - 14 грудня 2022// <https://kurkul.com/spetsproekty/1395-ruynuyemo-mifi-pro-pributkovist-tsukrovogo-buryaku>.
5. Аграрії отримують прибуток від цукрових буряків в 2023 році. - 16 вересня 2023// <https://superagronom.com/news/17760-agrariyi-otrimayut-pributok-vid-tsukrovih-buryakiv-v-2023-rotsi>.
6. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. - № 4 (203), лютий 2011. – с. 9-13.
7. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
8. Пиркін В.І. Перспективи ефективного розвитку галузі буряківництва на Україні// Цукрові буряки. - №3-4, 2008. с. 9 – 11.
9. Маслак О. Ільченко О. Економіка цукрових буряків в Україні// Пропозиція. – 2015, №6 (240). – с.32-36.

10. Булгаков В.М. Бурякозбиральна техніка: стан і перспективи її створення // Техніка АПК. – 1995. - № 3. – С. 5-6.

11. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

12. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – № 11, 2011. с. 135-141.

13. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

14. Барановський В.М., Онищенко В.Б., Соломка В.О., Кропивко С.В., Виговський А. Ю. Напрямки вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин // Збірник наук. праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том XII. – Київ: НАУ, 2002. – С. 31- 41.

15. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.

16. Землеробська механіка. Т 2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Глонь і ін. – Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

17. Землеробська механіка. Т 3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту/ Кобець А.С., Сокол С.П., Пугач А.М., Дирда В.І. і ін. – Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.

18. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука.– К.: Грамота,2007.- 360 с.

19. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня

2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

20. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.