

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **«Дослідження принципів роботи ґрунтовідділяючого механізму бурякозбиральних машин з метою підвищення їх ефективності.»**

Виконав: студент 7 курсу групи Аін-11(маг)

Спеціальності **208 «Агроінженерія»**

Манько Віталій Юрійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

« 17 » 02 2023 р.

Завідувач кафедри _____

к.т.н. доцент Шарибура А.О.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ **Манько Віталія Юрійовича**

(підпис)

1. Тема роботи: **«Дослідження принципів роботи ґрунтовідділяючого механізму бурякозбиральних машин з метою підвищення їх ефективності.»**

Керівник роботи Гошко Зіновій Орестович, к. т. н., доцент.

Затверджено наказом по університету від 17.02.2023 року № 331/к-с.

2. Термін здачі студентом магістерської роботи до 15. 01. 2024 р.

3. Вихідні дані для магістерської роботи: *1. Технологічні вимоги до машин для збирання буряків. 2. Патентний огляд. 3. Дослідний зразок ґрунтовідділяючого механізму. 4. Наукова та довідкова література.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ КОРЕНЕПЛОДІВ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Буряк, як об'єкт механізованого збирання; 1.2. Вимоги до бурякозбиральних машин; 1.3. Технології і техніка для збирання коренеплодів; Напрямки вдосконалення бурякоочисних механізмів; Висновки.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ҐРУНТУ

2.1. Аналіз теоретичних досліджень механізмів для сепарації ґрунту; 2.2. Задачі дослідження; 2.3. Аналіз процесу просівання ґрунту на спіральному вібраційному сепараторі; Висновки.

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень; 3.2. Послідовність лабораторних досліджень; 3.3. Методика лабораторних досліджень.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження властивостей коренеплодів; 4.2. Вплив кінематичних параметрів сепаратора спірального типу на якісні показники процесу сепарації; Висновки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Моделювання процесів виникнення травм; 5.2. Охорона довкілля.

6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання

17 лютого 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання першого розділу	25.07-05.8	
2	Виконання другого розділу	05.8-15.9	
3	Виконання третього розділу	16.9-15.10	
4	Виконання четвертого розділу	16.10-29.10	
5	Написання розділу «Охорона праці»	30.10-09.11	
6	Розрахунок економічної ефективності	10.11-15.11	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді	15.11-25.11	
8	Завершення проекту в цілому	1.02.2024	

Студент _____ Манько В. Ю.

Керівник дипломної роботи _____ Гошко З.О.

УДК 631.355.072.1

Дослідження принципів роботи ґрунтовідділяючого механізму бурякозбиральних машин з метою підвищення їх ефективності. // Манько В. Ю. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича, 2023. – 59 стор. текст. част.; 10 таблиць; 22 рисунки; 26 літературні джерела.

Здійснено огляд конструкцій механізмів очистки коренеплодів бурякозбиральних машин та комбайнів, досліджено фізико-механічні властивості ґрунту та їх вплив на процес очистки буряків, обґрунтовано недоліки сучасних методів очистки коренеплодів від домішок, під час збирання, наведено методи розрахунку конструктивних параметрів ґрунтовідділяючих механізмів, вказана актуальність розробки та створення нових конструкцій очисних пристроїв, запропоновано нову конструкцію ґрунтовідділяючого механізму вібраційного типу для бурякозбиральних машин та комбайнів, на основі уже існуючої моделі. Запропонована нова конструктивно-технологічна схема ґрунтовідділяючої машини, що сприяє покращенню якості очистки коренеплодів, оскільки запобігає залипанню елементів робочих органів вологим ґрунтом підвищення інтенсивності сепарації досягається ексцентриковим механізмом приводу ґрунтовідділяючого механізму.

Ключові слова: сепарація, машина, ґрунт, коренеплід.

Key words: separation, machines, soil, root vegetable.

ЗМІСТ

ВСТУП

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ КОРЕНЕПЛОДІВ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1. Буряк, як об'єкт механізованого збирання.....	9
1.2. Вимоги до бурякозбиральних машин.....	10
1.3. Технології і техніка для збирання коренеплодів.....	11
1.4. Напрямки вдосконалення бурякоочисних механізмів	13
Висновки.....	16
2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ГРУНТУ	15
2.1. Аналіз теоретичних досліджень механізмів для сепарації ґрунту.....	15
2.2. Задачі дослідження	18
2.3 Аналіз процесу просівання ґрунту на спіральному вібраційному сепараторі	19
Висновки.....	21
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
3.1. Програма досліджень	22
3.2. Послідовність лабораторних досліджень	24
3.3. Методика лабораторних досліджень.....	26
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
4.1. Дослідження властивостей коренеплодів	32
4.2. Вплив кінематичних параметрів сепаратора спірального типу на якісні показники процесу сепарації	37
Висновки.....	43
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	44
5.1. Моделювання процесів виникнення травм.....	44
5.2. Охорона довкілля	48
6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	58

ВСТУП

Цукрові буряки – одна з найважливіших сільськогосподарських культур, що має велике народногосподарське значення, як продовольча та кормова рослина. Вона також є хорошим попередником під інші, зокрема, зернові культури.

Задоволення потреб населення в продуктах харчування, а промисловості в сировині, можливе при широкому використанні новітніх технологій виробництва сільськогосподарської продукції, що передбачають виконання усіх робіт точно в зазначені строки і ґрунтуються на застосуванні високопродуктивних машин та ефективних гербіцидів. Проте, їх загальним недоліком є узагальнений підхід до умов господарювання певної ґрунтово-кліматичної зони без врахування особливостей конкретного господарства.

Цукровий буряк займає одне з провідних місць у сільськогосподарському виробництві, він є головною сировиною для виробництва цукру, та одним із головних кормів великої рогатої худоби, свиней і т.д.

Коренеплоди мають високу поживну цінність, легко засвоюються і добре поїдаються тваринами. Незважаючи на відносно невисокий вміст сухих речовин, в 1ц коренеплодів міститься 12-15 кормових одиниць. У коренеплодах багато ферментів, вітамінів, макро- і мікроелементів, та сахарину. Це джерело легко перетравних вуглеводів, вміст яких становить 9%, а коефіцієнт перетравності досягає 96-98%. Вміст протеїну невеликий - 1,1-1,5%. Згодуються коренеплоди у свіжому та переробленому вигляді.

Значну кормову цінність має гичка цукрового буряка, її згодують у свіжому вигляді і як силос. В 1 ц міститься 10 к.о. Урожай гички становить 20-30% від маси коренеплодів.

Цукровий буряк має важливе агротехнічне значення. Під нього вносять високі норми добрив, поле очищається від бур'янів, це цінний попередник у сівозміні для наступних культур.

Промисловість постійно збільшує випуск найрізноманітнішої сільськогосподарської техніки. В цілому випуск цих машин вже тепер має

велику виробничу потужність, використання якої гарантує своєчасність, високу якість збирання врожаю з мінімальними затратами праці та коштів.

Мета дослідження.

Мета роботи – підвищення якості процесу сепарації коренеплодів шляхом створення та розробки нових конструкції та оптимізації параметрів уже існуючих сепараторів.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз конструкції існуючих очисників коренеплодів та обґрунтувати конструктивну схему спірального сепаратора;
- провести аналіз існуючих теоретичних досліджень процесу руху буряків по поверхні сепаратора та процесу її сепарації;
- визначити оптимальні конструктивні параметри і режими роботи досліджуваного сепаруючого органу та агротехнічні показники роботи бурякозбиральної машини із встановленим на ньому сепаратором.

Об'єкт дослідження – процес та механізми сепарації ґрунту.

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості коренеплодів та ґрунту, механіко-математичне та експериментальне обґрунтування режимів сепарації ґрунту та його основних параметрів.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, опору матеріалів, а експериментальні дослідження - відповідно до прийнятої методики і галузевих стандартів у лабораторних умовах на розробленій експериментальній установці. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалась на ПЕОМ за допомогою прикладних програм.

Наукова новизна. Виведено залежності для визначення конструктивних і кінематичних параметрів сепаруючого пристрою, з умови мінімізації втрат коренеплодів у процесі їх очищення. Вибрані раціональні параметри робочих органів сепаратора на основі аналізу характеру переміщення коренеплодів по його поверхні. Цінність отриманих результатів полягає в удосконаленні існуючої конструкції сепаратора та математичних моделей руху тіла по

поверхні сепаратора, одержанні експериментальних залежностей впливу кінематичних параметрів спірального сепаратора на якісні показники роботи.

Практична цінність. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано вдосконалену схему спірального вібраційного сепаратора коренеплодів, що дозволить зменшити їх втрату до 2%, пошкодження на 46,7%.

Під час досліджень застосовувались статичний, розрахунково-конструктивний, експериментальний методи. Математичне опрацювання результатів досліджень проводилось у обчислювальному центрі ЛНУП.

Публікації. Результати досліджень пройшли апробацію в 1 роботі.

Одержані результати досліджень:

- одержана математична модель роботи спірального сепаратора;
- оптимізовані конструктивно-технологічні параметри модернізованого вібраційного робочого органу сепаратора;

Впровадження отриманих результатів досліджень дозволить підвищити ефективність процесу збирання та очистки коренеплодів, зменшить питому енергомісткість і металомісткість обладнання сепараторів.

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ КОРЕНЕПЛОДІВ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Буряк, як об'єкт механізованого збирання

Сучасні технології вирощування коренеплодів передбачають висадку насіння з шириною міжряддя 45 см, а в рядку коливатися в межах 30 – 35 см.

Густота посіву напряму залежить від кількості висіяного насіння. Більшість головок коренеплодів розташована вище ґрунту від 0 до 40 мм, але можуть бути і винятки, які негативно впливають на процес зрізання гички та викопування коренеплодів бурякозбиральними машинами. В рядку коренеплоди моують відхилятися від прямолінійності в незначних межах ± 5 см.

Основні параметри коренеплодів, що враховуються під час технологічної операції збирання це їх діаметр і робоча довжина. Діаметр коливається в межах 60 – 80 мм, а довжина — 215 – 240 мм.

Під час збирання встановлено, що коренеплоди під час бокових навантажень згинаються і проявляють властивості пружного тіла. Тіла коренеплоду крихке, і характеризується анізотропними властивостями. У верхній частині головки коренеплоду тіло більш крихке, а внизу більш пластичне і характеризується властивостями пластичного тіла.

Дана властивість враховується під час проектування викопуючих органів бурякозбиральних машин, щоб досягнути мінімальних втрат, і максимального збору товарної продукції коренеплодів. Це пов'язано з тим що в процесі викопування коренеплодів значна їх маса травмується і цей відсоток може сягати 30 – 40%. Продукція, що потрапляє на переробні підприємства гірше зберігається, легше поражається гнильними бактеріями, зменшується вихід цукру, а отже собівартість одиниці виробленого продукту зростає і негативно впливає на її собівартість. Допустима норма пошкоджень не повинна перевищувати 12%.

Домішки гички і ґрунту значно знижують якість коренеплодів. Зокрема зростання вмісту ґрунту до 10% є причиною того, що практично кожна 10 машина у господарстві на приймальний пункт возить землю, причому верхній найбільш цінний родючий шар, а це в подальшому негативно впливає на родючість посівних площ. Щоб частково компенсувати дану проблему, господарства змушені після миття коренеплодів, відстояну землю везти назад на поля. В кінцевому результаті створюється ситуація, що практично 20% транспортних витрат спрямовується на перевезення ґрунту. Крім цього кожен процент домішок зменшує вихід цукру на 0,19 %, і збільшує вихід меляси.

Вся продукція, що транспортується на приймальні пункти, чи переробні заводи має підпорядковуватись вимогам держ стандарту. Відповідно до нього вміст залишків гички не більше 3 %, травмованих коренеплодів до 5%, з значним пошкодженням — до 12%. Некондиційна продукція приймається по значно нижчій ціні, оплата на 20 % дешевше.

До загальної забрудненості відносять мінеральні домішки (земля, грудки, камінці), органічні домішки (листя, уламки черешків та корінців менш ніж 1 см).

1.2. Вимоги до коренезбиральних машин

На основі вимог (ДСТУ 2258–93) бурякозбиральні машини і комбайни повинні забезпечувати наступні показники ефективності роботи:

- втрати зеленої маси до 10 %;
- робочі органи гичкозбирального механізму повинні забезпечувати її зріз не нижче від рівня черешків і не вище ніж 2 см від головки коренеплоду;
- коренеплоди з залишками гички не повинні перевищувати 8 %;
- коренеплоди з прямолінійним зрізом головки допускаються — 10 %;
- втрати викопаних коренеплодів — 5 %.
- вміст ґрунту — 1,5 %;
- кількість травмованих коренеплодів до 20 %.



Рисунок 1.1 – Коренеплоди після збирання

1.3. Технології і техніка для збирання коренеплодів

Механізовані бурякозбиральні комплекси забезпечують ряд технологічних операцій: зрізання гички, доочищення головок коренеплодів від її залишків, викопування, сепарацію вороху, транспортування і завантаження коренів у транспортні засоби.

Застосування способу збирання і відповідних компоновальних схем машин в основному залежить від площ посівів, а також ґрунтово-кліматичних умов. Найбільш широке застосування знайшли дві технології: пряме комбайнування (однофазний спосіб, що передбачає використання бурякозбиральних комбайнів) і роздільний спосіб (двохфазний, зрізання гички, з подальшим викопуванням коренеплодів).

У розвинутих країнах Європи, з значним виробництвом цукрових буряків, для реалізації однофазної технології застосовуються шестирядні самохідні комбайни. За один прохід вони виконують усі технологічні операції від видалення гички до завантаження коренеплодів у бункер з подальшим розвантаженням їх у транспортні засоби, або у кагати на краю поля. У порівнянні з іншими технологіями збирання скорочується число проходів машино-тракторних засобів, економиться 30-40% палива, зменшується ущільнення ґрунту ходовими системами і в 3-4 рази

знижуються затрати на оплату праці механізаторів на одиницю виробленої продукції.

Схема технологічного процесу роботи бурякозбиральної машини КС-6Б наведена на рис. 1.2.

За допомогою автомата керування або вручну передні колеса машини направляються посередині міжрядь коренеплодів. Завдяки цьому, встановленні під кутом один до одного дискові копачі викопують корені з ґрунту і за допомогою приймального бітера перекидають їх на шнековий очисник. За рахунок взаємодії з шнеками, що обертаються з різною швидкістю, коренеплоди очищуються від ґрунту та органічних домішок і подаються на поздовжній транспортер.

Передавальний вал забезпечує якісне заповнення міжскребкового простору транспортера, а отже – підвищує його продуктивність. Поздовжній транспортер спрямовує коренеплоди в бункер, звідти вони горизонтальним стрічковим транспортером подаються на поперечний транспортер бункера, а з нього на вивантажувальний транспортер і в кузов автотранспорту, що їде поруч.

За сприятливих умов, коли вміст ґрунтових домішок мінімальний, напрям руху стрічкового транспортера можна змінити на протилежний. За таких умов, коренеплоди будуть спрямовуватись відразу на розвантажувальний транспортер. Для зміни на ходу автотранспорту передбачена можливість короткочасного (на 20 – 30 с) відключення стрічкового і вивантажувального транспортерів. В цьому випадку коренеплоди накопичуються в бункері. Після зміни автотранспорту всі механізми знову вмикають у роботу.

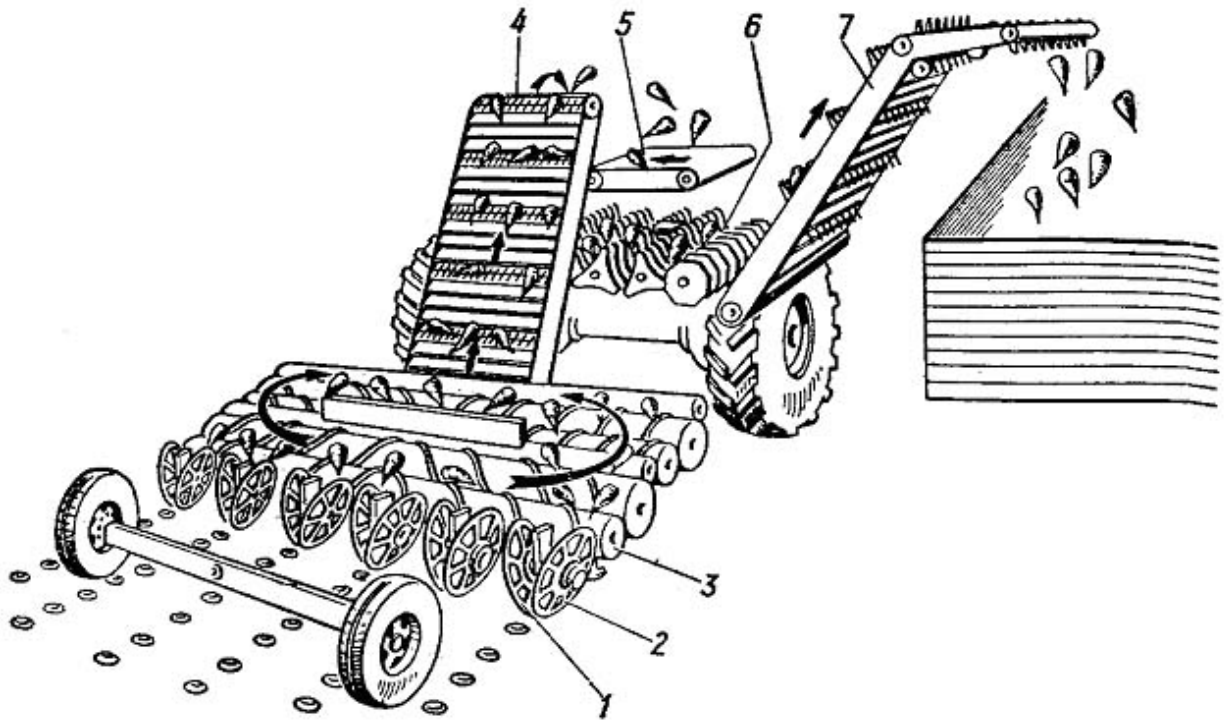


Рисунок 1.2 - Технологічна схема бурякозбиральної машини КС-6Б

Коренезбиральні самохідні машини (рис.1.2.) Вона складаються з рами до якої кріпиться ходова частина, копача коренів, автомата водіння по рядках, системи автоматичної сигналізації.

Машини обладнанні автоматичною системою контролю роботи основних вузлів і сигналізує водію про наявність порушень у їх роботі.

Капоти і захисні щитки, легко відкриваються, забезпечують безпеку в роботі з машиною і доступ до її агрегатів для обслуговування, огляду і ремонту.

1.4. Напрямки вдосконалення бурякоочисних механізмів

Під час проектування та розробки засобів для відділення залишків ґрунту від коренеплодів, одним з головних завдань є забезпечити мінімальне травмування коренеплодів і максимальна сепарації ґрунту.

Щоб виконати дане завдання, необхідно правильно вибрати конструктивні параметри сепаратора і матеріал з якого його необхідно виконати.

Одним із рішень даного завдання, є прикладання до коренеплоду максимальної величини лінійних і кутових прискорень під час їх руху по робочій поверхні сепаратора.

Високоякісна сепарація коренеплодів спіральним сепаратором забезпечиться використаннем ексцентриковим приводом з змінним центром обертання, що забезпечить більш якісну сепарацію ґрунту.

Виготовлення конструкції сепаратора даного типу є проблемною, але вона характеризується вищою жорсткістю при відділенні ґрунту, і мінімальним травмуванням коренеплодів під час їх збирання.

Висновки

Аналізуючи конструкції сепараторів ґрунту бурякозбиральної техніки робимо висновки:

- найбільш поширені в бурякозбиральних машинах способи сепарації просівний і виносний;
- найбільш вживані на бурякозбиральній техніці сепаратори пруткового типу, у них проста і надійна конструкція, що забезпечує хорошу сепарацію ґрунту при оптимальній його вологості, але при підвищенні вологості ґрунту, зазори забиваються налиплим ґрунтом і процес погіршується. А отже очисники пруткового типу нездатні забезпечувати необхідну чистоту продукції за високої вологості ґрунту;
- основним недоліками ротаційних сепараторів, є налипання рослинних решток на вали.

Можливим способом підвищення якості роботи гвинтових сепараторів є застосування у їх роботі вібраційних коливань.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ГРУНТУ

2.1. Аналіз теоретичних досліджень механізмів для сепарації ґрунту

Основоположниками теоретичних досліджень сепараторів бурякозбиральної техніки є Л.В. Погорілий, Л.А. Борошок, В.М. Глуховський, Б.М. Гевко, В.М. Булгаков, Р.Б. Гевкота інші.

Їхні наукові роботи присвячені дослідженню впливу фізико-механічних властивостей коренеплодів на конструктивні особливості викопуючих та сепаруючих органів, дослідженню режимів роботи, та розрахунку конструктивних параметрів бурякоочисних механізмів.

Розрахунок оптимальної швидкості руху механізмів сепаратора здійснювався на основі результатів максимальнодопустимого імпульсу співударяння коренеплоду і його поверхні, згідно теорії удару.

На основі цих досліджень встановлено, що буряк не пошкоджується, коли зусилля удару менша за його зусилля руйнування:

$$V_{разр} = \sigma_{np} \sqrt{\frac{g}{E\gamma}}, \quad (2.1.)$$

де σ_{np} – міцність коренеплоду, кг/м²;

g - прискорення земного тяжіння, м/с²;

E, γ - відповідно модуль Юнга, кг/м², і щільність коренеплоду, кг/м³.

Я.І. Верменко розробив модель руху матеріальної частинки по робочій поверхні очисника, з робочими органами круглого, шестикутного і зубчатого січення, і доказав ефективність їх застосування на бурякозбиральній техніці.

В.І. Халабузар встановив, що з метою зменшення травмування коренеплодів слід, обмежити їх перескакування через прутки, а це відбувається коли:

$$\gamma \leq \arctg \left[\frac{1}{\frac{\sqrt{d^2 - a^2}}{a} \left(\frac{\sin \varphi}{k + \cos \omega t \cos \beta} + \operatorname{tg} \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi} \right] - \varphi, \quad (2.2.)$$

де γ - кут підйому сепаратора, град;

d - середній діаметр коренеплодів, мм;

a - крок встановлення двох прутків, мм;

φ - кут тертя, град.

Для забезпечення просіювання через прутки сепаратора ґрунтового вороху необхідно забезпечити умову, щоб кругова сила інерції знаходилась у межах:

$$m\omega^2 R > P_{\text{доct}}, \quad (2.3)$$

де $P_{\text{доct}} = 3 \dots 7$ кг – зусилля проходження ґрунтового вороху між елементами транспортера.

Щоб зменшити пошкодження коренеплодів, необхідна взаємодія одиничного коренеплоду з робочою поверхнею, що забезпечує вертикальні синхронні поступальні коливання:

$$A\omega \leq \frac{1-R}{2} V_{\text{дон}}, \quad (2.4)$$

де A - відстань між двома крайніми точками переміщення робочої поверхні сепаратора, м;

ω - частота коливань, с^{-1} ;

R - коефіцієнт відновлення коренеплоду внаслідок удару ($R = 0,2 \dots 0,6$);

$V_{\text{дон}}$ - максимальнодопустима швидкість співударяння коренеплодів ($V_{\text{дон}} = 0,9$ м/с).

Для розрахунку конструктивних розмірів очисників (радіус шнека) шнекового типу, приймають за вихідну умову, те що коренеплід має конічну форму, а залишкові напруження у коренеплоді повинні бути не більші за допустимі:

$$\frac{2q(R+c)l_B \sin \alpha (f \cdot \cos \beta \sin \beta + 1) \varepsilon^2 E^2}{r_B^2} \leq [\sigma]^3, \quad (2.5)$$

де q - вага коренеплоду, кг;

R, r_K, r_B - розміри шнеків, коренеплоду і спіралі відповідно, м;

l_B - відстань між сусідніми спіралями, м;

ε - коефіцієнт, що характеризує кривизну поверхонь, що взаємодіють.

$$\varepsilon = \varepsilon(A, B), \quad A = \frac{1}{2r_B}, \quad B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r_K} + \frac{1}{r_B} \right);$$

E - модуль Юнга коренеплоду, Па;

$[\sigma]$ - максимальнодопустиме зусилля стиску тіла коренеплоду, Па.

$$\cos \alpha = \frac{R+c}{R+r_K}, \quad \beta = \arctg \frac{l_B}{2R}, \quad (2.6)$$

Аналізуючи процес взаємодії коренеплоду з спіралями сепаратора, розрахувати його висоту.

О.А. Сафразбекян проводив дослідження переміщення ґрунтового вороху на поверхні спірального сепаратора і отримав залежність, для розрахунку оптимальної довжини поверхні пруткового сепаратора:

$$q_2 = q_1 e^{-\mu l} \quad \text{або} \quad l = \frac{1}{\mu} \ln \frac{q_1}{q_2}, \quad (2.7)$$

де q_1, q_2 - відповідно об'єм ґрунтового вороху, що поступає на прутковий сепаратор, і зходить з нього;

μ - коефіцієнт пропорційності, що залежить від розмірно-масових параметрів сепаратора.

Для сепаратора з прутковими робочими органами він становить 0,71...1,69 м⁻¹, для ротаційного типу – 1,38...2,59 м⁻¹.

l - оптимальна довжина робочої поверхні сепаратора.

Для випадку поєднання в одному процесі сепаруючих і транспортних якостей найкраще застосовувати сепаратори з робочими органами шнекового

типу. Рух коренеплодів по поверхні шнекового сепаратора здійснюється спіральною навивкою.

Підвищення якості роботи сепараторів шнекового типу досягають за рахунок динамічних вібраційних навантажень. Даний ефект отримують встановленням шнекових сепараторів з зміщеним центром обертання.

2.2. Задачі досліджень

Розрахунок та впровадження в конструкції бурякозбиральних машин високопродуктивних ґрунтоочисних механізмів сепаруючого типів є важливою задачею, яку необхідно вирішити в галузі механізації процесу бурякозбирання. До конструкцій сепараторів ставляться наступні вимоги: максимально якісно відділяти ґрунт і рослинні домішки від загального масиву коренеплодів; мінімальна залежність якості роботи від зміни вологості бурякового вороху; мінімальне залипання робочих органів вологим ґрунтом; забрудненість ґрунтовим ворохом до 10%; пошкодження коренеплодів повинні бути мінімальними; висока пропускна здатність; низька собівартість модернізації.

На основі зробленого аналізу робимо висновок, що основна маса сучасних сепараторів має певні вади і не відповідає вимогам які ставляться перед ними.

В даній роботі поставлено за мету створити сепаратор, що забезпечить високу якість очистки коренеплодів за рахунок зміни конструктивних параметрів та вибору оптимальних його режимів роботи.

На основі поставленої мети у роботі вирішуються наступні завдання:

- оптимізувати технологічну схему сепаратора вороху спірального типу;
- визначити оптимальні режими його роботи.

2.3. Аналіз процесу просівання ґрунту на спіральному вібраційному сепараторі

За вихідну модель процесу сепарації ґрунту приймаємо формулу, що описує просівання вороху в любий період:

$$P = P_0 + P',$$

де P_0 – відсоток ґрунту, що просіявся на сепараторі в момент потрапляння на його робочу поверхню, %.

Розглядаючи динаміку процесу очистки вороху, сепаратор приймаємо циліндричної форми радіусом R (рис. 2.1). Виділимо елементарну частинку масою m , початок руху частинки по поверхні сепаратора відповідає ψ_0 .

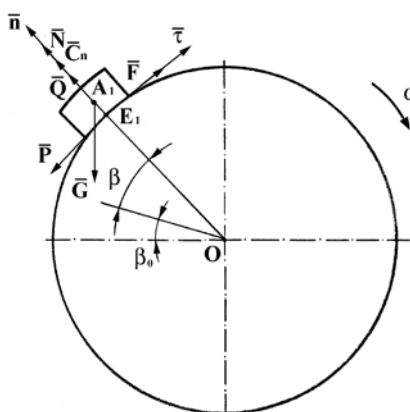


Рисунок 2.1 - Схема руху вороху змінної маси по поверхні сепаратора

Розглянемо диференціальне рівняння для руху тіла по спіральній поверхні. Вихідне положення - β_0 , вихідна маса - m_0 . При обертанні ґрунтового матеріалу шнеком на кут $\delta\beta$, значення маси в даний момент $m = m_0 - \Delta m = m_0 - q't$,

де q' - активність просіювання маси ґрунту;

t - час обертання;

Δm - різниця між вхідною і вихідною масами ґрунту.

Місцезнаходження вороху описуєм кутом β . Просіювана частинка піддається впливу наступних сил:

$$G = (m_0 - \Delta m)g - \text{сила земного тяжіння тіла};$$

N - реакція поверхні прикладеному навантаженню;

$F = Nf$ - сила тертя вороху по поверхні сепаратора,

f - коефіцієнт тертя ґрунтового матеріалу до робочої спіралісепаратора;

$P = \dot{x} \frac{d(\Delta m)}{dt}$ - зусилля дії змінних мас;

$C_n = (m_0 - \Delta m)\dot{\beta}^2 R$ - відцентрове зусилля;

$Q = (m_0 - \Delta m)\dot{\beta}^2 A \sin(\beta_0 + \varphi_0 + \dot{\beta}t)$ - зусилля прискореного руху

частинки,

де A - амплітуда коливань поверхні сепаратора; φ_0 - фазове зміщення.

Отримаємо загальне рівняння руху ґрунтового вороху з змінною масою:

$$m \frac{d^2 \bar{l}}{dt^2} = \bar{G} + \bar{N} + \bar{F} + \bar{P} + \bar{C}_n + \bar{Q}.$$

Рівняння проєкцій на осі (нормальну, дотичну):

$$\bar{\tau}: (m_0 - \Delta m)\ddot{\beta}\rho = F \cos \gamma - G \cos(\beta_0 + \beta) - P \quad (2.8)$$

$$\bar{n}: 0 = N + C_n - G \sin(\beta_0 + \beta) + Q$$

З отриманого рівняння випливає:

$$N = G \sin(\beta_0 + \beta) - Q - C_n \quad (2.9)$$

Враховуючи, що $F = fN$, підставивши в перше рівняння (2.8) замість N вираз (2.9), отримаємо

$$(m_0 - \Delta m)\ddot{\beta}\rho = f(m_0 - \Delta m)\cos \gamma [g \sin(\beta_0 + \beta) - A\dot{\beta}^2 \sin(\beta_0 + \psi_\phi + \beta) - \rho\dot{\beta}^2] - (m_0 - \Delta m)g \cos(\beta_0 + \beta) - \frac{d(\Delta m)}{dt} \dot{x} \quad (2.10)$$

Рівняння (2.10) це математична модель процесу сепарації. Отже, на процес сепарації вороху на спіральному сепараторі впливають: радіус витка спіралі, кут нахилу гвинтової лінії, сили тертя, та кутова швидкість обертального спіралі сепаратора.

Аналіз побудованої графічної залежності свідчить, що із зростанням швидкості обертання спіралей сепаратора, маса просіяного ґрунту зменшується. При цьому і інтенсивність сепарації зменшується.

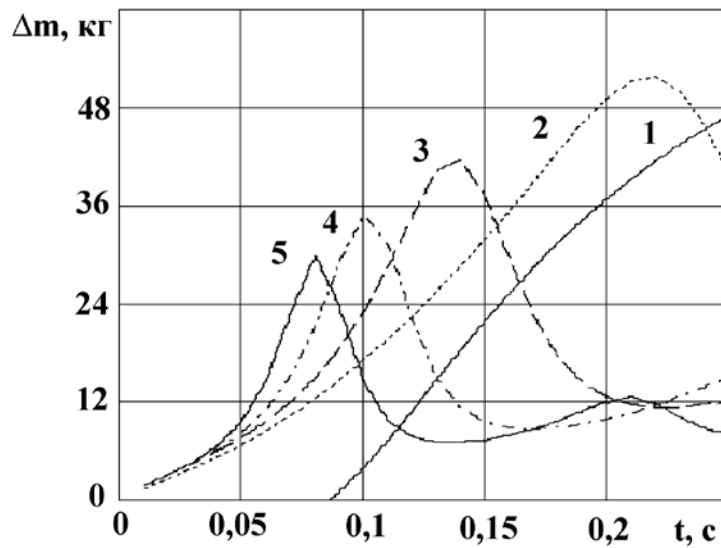


Рисунок 2.2 - Залежність процесу сепарації ґрунту в часі для кутовій швидкості вала сепаратора: 1) $\omega=9$ рад/с; 2) $\omega=18$ рад/с; 3) $\omega=27$ рад/с; 4) $\omega=36$ рад/с; 5) $\omega=45$ рад/с

Висновки

1. Для просіювання ґрунтового вороху крізь спіральні прутки необхідно забезпечити умову: $m\omega^2 R > P_{\text{дост}}$.
2. Для розширення функціональних можливостей, шнековий робочий орган сепаратора може забезпечити одночасно очисні і транспортуючі якості.
3. Сепаруючу здатність спіральних робочих органів можна забезпечити створивши динамічні коливання. Цього можна досягти встановленням спіралей еліптичної форми.
4. На процес просіювання ґрунтового вороху на сепараторі спірального типу впливає: діаметр витка, кута встановлення гвинтової навивки, сили тертя, і швидкість обертання вальців сепаратора.

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

Відповідно до завдань, які необхідно вирішити в роботі, запланована наступна серія дослідів:

1) дослідити впливу змінних факторів на відсоток відділених грудочок та швидкість проходження крізь решета;

2) дослідження роботи модернізованого очисника бурякозбиральної машини на оптимальних робочих режимах в лабораторії, врахувавши технологічні показники його роботи.

У відповідності з дослідною програмою ставили за мету дослідити ефективність роботи сепаратора спірального типу.

Досліджувались складові вороху (буряк, крупні і дрібні частинки ґрунту), запропонований сепаратор спірального типу.

Для визначення липкості ґрунту та його коефіцієнта тертя по різних робочих поверхнях здійснювали дослідження за розробленою методикою з застосуванням виготовленого лабораторного обладнання.

Для отримання достовірних результатів експериментальних досліджень спірального сепаратора застосовувалась розроблена установка, що складається з сепаратора з комбінованим віброприводом. Обладнання дозволяє регулювати режими вібрації, міняти частоту та амплітуду коливань.

3.2. Послідовність лабораторних досліджень

3.2.1. Дослідження сепарувальних властивостей ґрунтів з різним механічним складом

Визначення фізико-технологічних властивостей ґрунтів, як об'єкту сепарації (коефіцієнт сепарації), та вплив його на конструктивні особливості ґрунтосепаруючої техніки.

Для визначення коефіцієнту сепарації ґрунту використовуємо дослідне обладнання (рис. 3.1).

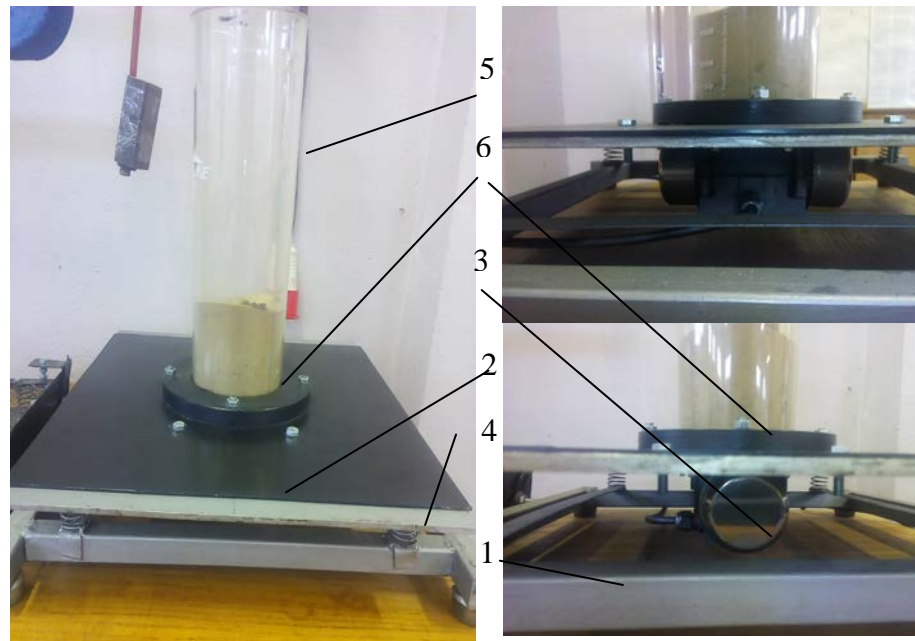


Рисунок 3.1 - Дослідна обладнання для визначення показника сепарації ґрунтового вороху: 1 - основа; 2 - стіл; 3 – електродвигун вібраційної дії; 4 - пружини; 5 – скляна ємність; 6 - досліджуваний матеріал.

Дослідна обладнання для визначення показника сепарації ґрунтового вороху, призначене для дослідження проходження сипкого матеріалу під дією вібрації, через отвори каліброваних решіт. В залежності від механічних властивостей сипкого матеріалу, час проходження через решета для різних матеріалів буде різний. Частково на час і якість сепарації матеріалу буде впливати зміна амплітуди та частоти коливань, що задаються вібраційним електромотором. Амплітуда коливань вібростола, регулюється перестановкою тягарців дебалансного механізму електромотора.

Дослідження здійснюють наступним чином: матеріал з певними механічними властивостями 6 поміщають в прозору ємність 5, об'єм V , від джерела живлення приводять в дію вібраційний електродвигун встановлений у нижній частині основи 2 з закріпленою на ній ємністю. Внаслідок амплітудно-

частотних коливань ґрунт проходить через отвори у дні колби і його об'єм зменшується.

На основі результатів досліджень фіксуємо зміну об'єму ΔV матеріалу, і розрахуємо його за формулою [1]:

$$\Delta V = V - V_1. \quad (3.1)$$

де V – об'єм сипкого матеріалу засипаний у колбу до вібрації, см^3 ;

V_1 – об'єм сипкого матеріалу після сепарації, см^3 .

Знаючи ці показники, можемо розрахувати коефіцієнт сепарації ґрунту:

$$\varepsilon = \frac{V}{V_1}. \quad (3.2)$$

3.2.2. Дослідження значень механіко - технологічних властивостей ґрунту

Твердість P ($\text{Н}/\text{см}^2$), коефіцієнт зминання об'єму ґрунту k ($\text{Н}/\text{см}^3$) - показники механіко - технологічних властивостей ґрунту, що безпосередньо мають вплив на інтенсивність процесу просіювання.

Твердість ґрунту – здатність опиратись прикладеному навантаженню. Коефіцієнт об'ємного зминання свідчить на яку величину зусилля (Н) зростає опір ґрунту при зминанні кожної наступної одиниці його об'єму (см^3) під час прикладеного зусилля.

Дані величини знаходяться у прямо пропорційній залежності з опором ґрунту і залежать від його механічного складу. Ці величини досліджують з допомогою приладу А.Є. Желіговського (твердомір) (рис.3.2).

Твердомір складається з нерухомо закріпленої рами 1 з невеликою опорною поверхнею і пластини для кріплення міліметрового паперу (на папері фіксуються відхилення); штанги 2 з упором круглого січення 3. Штанга з'єднана з важелем 4 через калібровану пружину 5, кінець якої передавальним механізмом 8 з'єднаний з самописцем 6. Самописець фіксує на міліметровому папері деформацію пружини горизонтальним відрізком $У$ і заглиблення наконечника – вертикальним відрізком h .

При плавному натисканні на важіль та заглибленні упора в ґрунт самописець викреслює діаграму 7, яка відображає залежність прикладеного зусилля $P=kY$ від деформації ґрунту. k – жорсткість (калібр) пружини, Н/мм.

Відображення діаграми лініями ОА і АВ фіксують процес деформації ґрунту. У першій фазі (ділянка ОА) опір ґрунту зануренню упора росте пропорційно лінійній деформації ґрунту h . У другій фазі (ділянка АВ) зростання деформації ґрунту деформується (тече) під дією постійного зусилля на нього.

Твердість ґрунту P :

$$P = \frac{kY}{S}, \quad (3.3)$$

де Y - середня ордината діаграми, мм;

S - площа основи упора, см².

Відповідно коефіцієнт об'ємного зминання рівний:

$$g = \frac{kY}{Sh}, \quad (3.4)$$

де h - заглиблення наконечника до точки А на схемі діаграми, см.

Роботу зминання A (Дж) розраховуємо, як площу діаграми у масштабі жорсткості пружини:

$$A = 0,1kY_A h, \quad (3.5)$$

де Y_A – ордината точки А на діаграмі, мм.

Затрати енергії в першій фазі деформації ґрунту визначаємо:

$$A_{АОД} = 0,1 kY_A h_A/2, \quad (3.6)$$

а у другій фазі:

$$A_{АВСД} = 0,1 kY_A (h_C - h_A). \quad (3.7)$$

Це свідчить, що затрати енергії у другій фазі деформації ґрунту в два рази вищі, ніж у першій. Деформація ґрунту робочими органами очисних машин не повинна перевищувати граничних значень зминання.

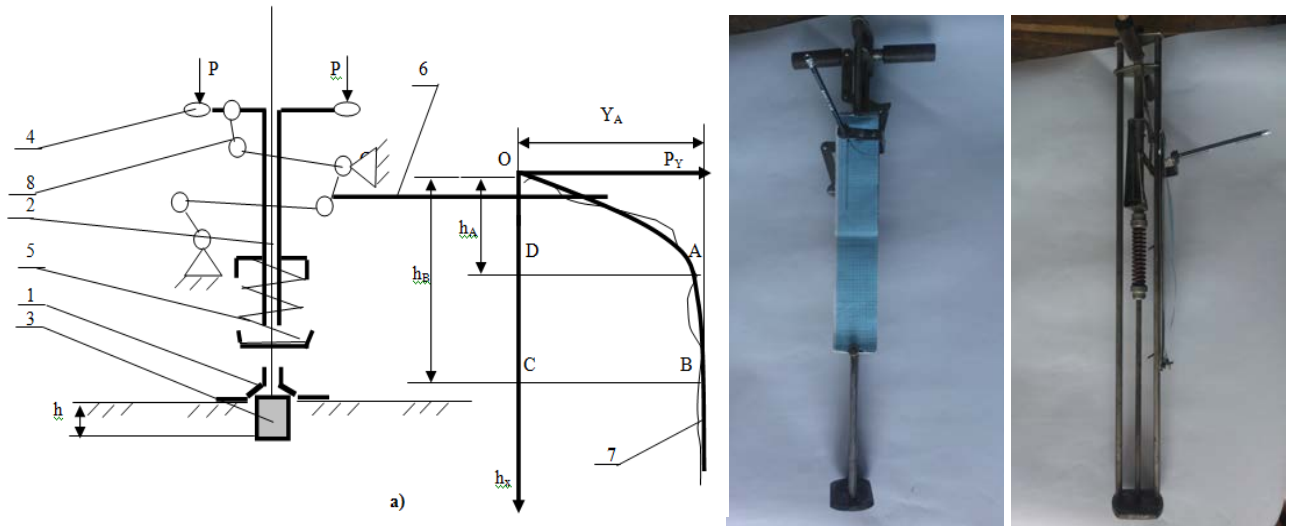


Рисунок 3.2-Прилад для визначення твердості ґрунту: а) схема приладу; б) загальний вид.

Визначаємо твердість ґрунту P , Н/см²; коефіцієнт об'ємного зминання g , Н/см³; роботу зминання A , Дж за залежностей (3.1,3.2,3.3) .

Розрахувати середньоквадратичні відхилення твердості ґрунту:

$$\sigma_p = \pm \sqrt{\frac{\sum_1^n (\bar{P} - P_i)^2}{n-1}}. \quad (3.8)$$

Аналогічно знаходимо середньоквадратичні відхилення коефіцієнта об'ємного зминання σ_g та роботи σ_A ґрунту.

3.3. Методика лабораторних досліджень

Експериментальні дослідження проводились на дослідній установці описаній у наступному розділі, в якій змінювали плавно оберти сепаратора спірального типу.

Під час лабораторних досліджень визначали, як впливає кут встановлення сепаратора до горизонтальної площини, вибору ексцентриситету, швидкості обертання спіралей і подача бурякового вороху на якість сепарації.

Кут встановлення сепаратора до горизонтальної площини контролювався планіметром, його оберти заміряли тахометром і розраховували за формулою:



$$V_k = \frac{\pi n R}{30} = \omega R, \quad (3.9)$$

де R - радіус витка, м;

n - оберти сепаратора спірального типу, об/хв;

ω - кутова швидкість сепаратора, рад/с.

Зміщення ексцентрикового механізму спіралей контролювали спеціально відтарованим індикатором годинникового типу.

Рисунок 3.3- Індикатор наведені в таблиці 3.1.

Межі коливань досліджуваних факторів

Таблиця 3.1 - Межі коливань факторів

Фактор	Натуральні позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодові		
				+	-	основний	+	-	основний
Кут нахилу α , град	X_1	x_1	10	20	0	10	+1	-1	0
Колова швидкість V , м/с	X_2	x_2	0,2	2,37	1,81	2,09	+1	-1	0
Ексцентриситет ε , мм	X_3	x_3	5	10	0	5	+1	-1	0
Подача Q , кг/с	X_4	x_4	5	25	15	20	+1	-1	0

На відповідному робочому режим машини, подаємо ґрунтовий ворох на робочу поверхню сепаратора спірального типу. Маса ґрунту m_n , що подається на робочу поверхню спірального сепаратор, піддається зовнішньому впливу

спіралей і частково просіюється через них, а ґрунт, що залишився m_{ϵ} віднесемо до непросіяної маси. Відділений ґрунт певної маси, позначимо ΔM . Тобто:

$$\Delta M = m_n - m_{\epsilon} . \quad (3.10)$$

Основним показником роботи сепаратора прийемо:

1) сепаруючу здатність

$$v = \frac{m_{np}}{m_n} \cdot 100\% = \frac{m_n - m_{\epsilon}}{m_n} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

де v – сепаруюча здатність, %; m_n - маса поданого ґрунту, кг; m_{np} - маса відділеного матеріалу, кг; m_{ϵ} - маса матеріалу, що залишилась на робочій поверхні сепаратора спірального типу, кг.

2) активність сепараційного процесу

$$q = \frac{m_{np}}{\tau} = \frac{m_n - m_{\epsilon}}{\tau} , \quad (3.12)$$

де q - активність сепараційного процесу , кг/с; τ - тривалість сепараційного процесу, с.

3) питома активність сепараційного процесу $q_n = \frac{q}{S}$,

де q_n - питома активність сепараційного процесу, кг/(с м²); S - площа робочої поверхні сепаратора, м².

Енергетичну оцінку роботи сепаруючих поверхонь проводимо в умовах стаціонару. Потужність на привід робочого органу визначаємо згідно формули:

$$N_{np} = N_{\delta\epsilon} \eta_{\delta\epsilon} \eta_{\delta\epsilon} \eta_{\delta\epsilon} , \quad (3.13)$$

де $\eta_{\delta\epsilon}$ - коефіцієнт корисної дії двигуна приводу; η_{nep} - коефіцієнт корисної дії кінчної передачі від двигуна до приводу сепаратора.

3.3.1. Визначення умови руйнування коренеплоду

В процесі очитки коренеплодів від ґрунтового вороху, коренеплоди часто піддаються зовнішнім навантаженням, зусиллю стиску та зсуву, а саме в процесі взаємодії з робочими органами бурякозбиральної техніки, це транспортери, сепаратори барабанного, шнекового та ін. типів. Ці переміщення відбуваються під дією дотичних зусиль. Коли напруження досягнуть критичної величини, матеріал зруйнується.

Зусилля необхідне для руйнування коренеплодів можна визначити експериментальним шляхом в лабораторних умовах з допомогою приладу, що називається маятниковий копр.

Прилад (рис.3.4) складається з станини 1, встановленої на горизонтальній площині, штативу 2 (кріпиться до платформи), в якому кріплять досліджуваний зразок коренеплоду 3. До платформи кріпиться штанга 4, у верхній частині кріпиться транспортер 5 і копр маятникового типу 6. На копрі закріплений тягарець 7 масою 5 кг, його положення можна змінювати відносно центра обертання. В нижній частині копра кріпиться ніж



сегментного типу 8, за допомогою якого здійснюється процес перерізання зразка.

Руйнування коренеплоду здійснюється за принципом ножниць, різальну пару в цьому процесі утворюють сегмент і підпірна пластина.

$$R = mgh / S = mgl(1 - \cos \alpha) / S. \quad (3.14)$$

Формула для розрахунку зусилля розрізання коренеплоду.

Рис.3.4. Загальний вигляд маятникового копра: 1-станина; 2-штатив; 3-зразок; 4-основа; 5-транспортер; 6-копр; 7-маятник; 8-різальна кромка.

Остаточно зусилля різання розраховуємо

за формулою:

$$R=mgl(1-\cos \alpha)/S, \quad (3.15)$$

m – вага маятника, кг;

l – відстань від леза, до центра кріплення копра маятникового типу, м;

α - кут необхідний для відхилення копра для забезпечення процесу перерізаня, град.;

g - прискорення земного тяжіння, м/с².

3.3.2. Макет сепаратора спірального типу

Згідно патентного пошуку, наукових та теоретичних досліджень і аналізу проведених експериментальних досліджень на кафедрі агроінженерії та технічного сервісу Національного університету Природокористування (за безпосередньої участі автора) для наступних експериментальних досліджень було сконструйовано макет сепаратора спірального типу.

Робочий орган сепаратора кріпиться до рамки шарнірно приєднаної до кріплення бурякоочисного механізму. Кріплення шарнірного типу дозволяє міняти кут встановлення спіралей сепаратора до горизонту. Змінювати відстань між центрами обертання вальців дозволяють спеціально підготовлені отвори.

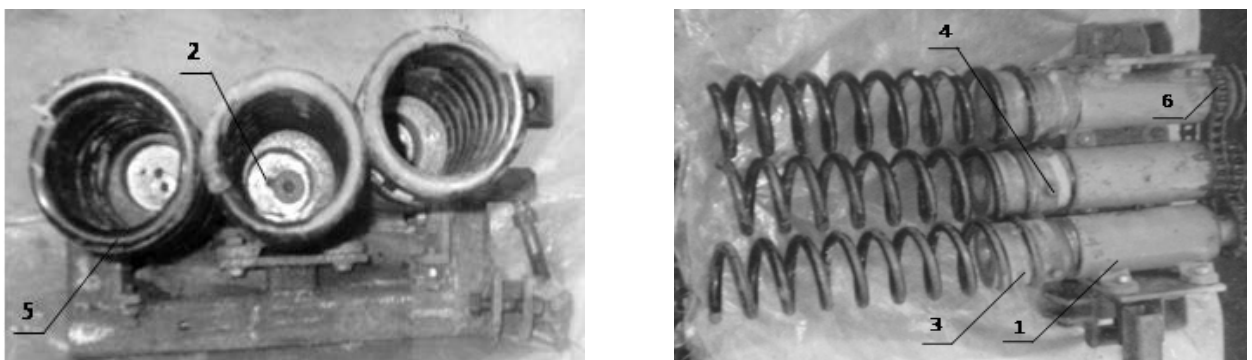


Рисунок 3.5 – Блок вальців сепаратора:

1- вузол підшипників; 2-ступиця; 3-вал; 4-бігіль з кріпильним болтом; 5- пружина; 6- зірочка приводу

Блок кріплення трьох вальців з пружинами (рис. 3.5) складається з вузла підшипників 1, ступиці з змінним ексцентриситетом 2, до якої кріпиться вихідний вал вузла підшипників 1 з допомогою шпонкового з'єднання, обойми 3. Навивка у вигляді спіралі на обоймі 3 дає можливість підєднати пружини 5, що виконують функцію сепараторів.

Характеристика сепаратора спірального типу наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика сепаратора спірального типу

Показник	Розмірність	Значення
Робоча довжина сепаруючої поверхні	м	0,50
Робоча ширина сепаруючої поверхні	м	0,55
Кількість пружин спірального типу	шт.	6
Відстань між витками	м	0,031
Діаметр спіралей зовнішній	м	0,15
Швидкість обертання пружинних спіралей	м/с	1,81-2,37
Кут встановлення сепаратора до горизонту	град	0-20
Загальна робоча площа сепаруючої поверхні	м ²	0,5
Площа живого перерізу сепаруючої поверхні	м ²	0,44

На основі поставлених завдань можемо зробити висновок, що конструкція експериментальної моделі сепаратора спірального типу відповідає вимогам експериментальних досліджень для даного типу обладнання.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження властивостей коренеплодів

Механіко-технологічні властивості коренеплодів залежать від регіону, агротехнології вирощування, та сортових властивостей.

Основні фізичні властивості буряків, *розмір* і *форма*, залежать від якості насінневого матеріалу, та умов вирощування. Оптимальною для переробки вважають круглу форму коренеплодів з однаковими розмірно-масовими показниками.

Зовнішній стан коренеплоду вказує на його свіжість, здатність руйнуватися чи подрібнюватися в стружку, чинити опір деформаціям.

Структура тканин коренеплоду визначається її дерев'янистістю. Дуже задубілі коренеплоди погано подрібнюються.

Таблиця 4.1- Розмірні та масові показники цукрових коренеплодів

Показник	Значення	Показник	Значення
Довжина коренеплоду l_k , мм	230...280	Кут ухилу буряка γ_k , град	9...19
Висота гички l_g , мм	300...400	Товщина зони коронки Δ_k , мм	13,2...16,2
Діаметр буряка d_k , мм	67...122	Висота головки буряка h_g , мм	10,4...32,4
Діаметр гички d_g , мм	50...60	Товщина зони «сплячих вічок» $\Delta_{c.v}$, мм	8,0...21,4
Маса буряка Q_k , кг	0,3...1,6	Висота над рівнем поверхні ґрунту h_k , мм	18,4...42,4
Маса гички Q_g , кг	0,12...0,80	Маса коронки $q_{кор}$, кг	0,05...0,09
Координати центра ваги S_0 , мм	90...100	Маса зони «сплячих вічок» $q_{c.v}$, кг	0,06...0,12

Таблиця 4.2 - Механічні характеристики буряків

Показник	Значення показника
Щільність буряків, кг/м ³	550...650
Щільність гички, кг/м ³	140...160
Тимчасовий опір згину буряка, МПа:	
статичне навантаження;	1,80
динамічне навантаження	1,15
Модуль пружності буряків, МПа	18,40
Зусилля вилучення буряка з ґрунту, Н	50...770
Зусилля відриву гички від головки буряка, Н	50...650
Коефіцієнт тертя буряків по сталі:	
статичний;	0,50...0,70
динамічний	0,45...0,70
Питомий опір різанню буряка, кН/м	3...6
Питомий опір різанню гички, кН/м	1...4
Кут відкосу, град:	
статичний	35...40
динамічний	25...30
Коефіцієнт питомого опору гички, Н/мм	2,26...2,65
Коефіцієнт питомого опору буряків, Н/мм	2,10...3,50
Робота викопування буряків горизонтальною силою, Дж	17,80...25,30
Робота вилучення з ґрунту підкопаного коренеплоду, Дж	15,20
Сила опору коренеплодів зусиллю, Н:	
нахилу (до 10 °)	185...432
вилученню	227...522

У багатьох випадках коефіцієнт тертя ґрунту залежить від його вологості, фізичного складу та поверхні з якою він контактує. Так, коефіцієнт тертя, що виникає внаслідок кочення грудок ґрунту по сталі становить 0,5; а по гумі - 0,40...0,62.

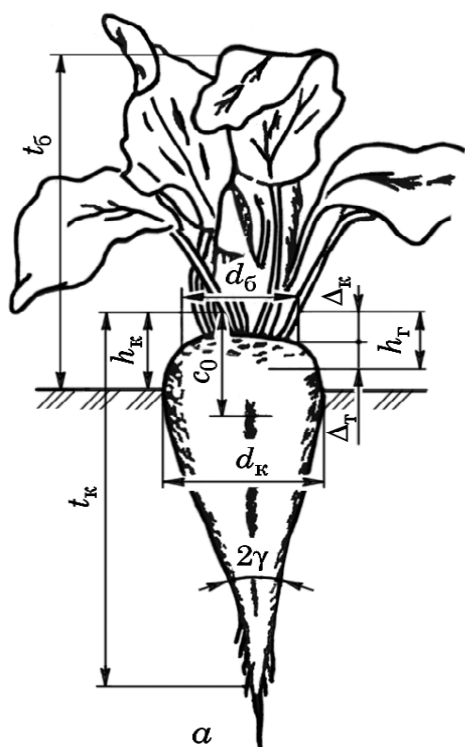
Під час збирання коренеплодів та їх очистки, робочі вузли та механізми бурякозбиральної техніки не повинні їх травмувати, або ж ці пошкодження повинні бути зведені до мінімуму. В раховуючи ці вимоги, при розробці та конструюванні вузлів бурякозбиральної техніки, необхідно уникати падіння та підкидання коренеплодів на значну висоту, а також високих швидкостей переміщення буряків (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Граничні висоти падіння та швидкість руху коренеплідів

Матеріал	Висота, $H_{max}, м$	Швидкість, $V_{max}, м/с$	Матеріал	Висота, $H_{max}, м$	Швидкість, $V_{max}, м/с$
Сталь	0,2...0,4	1,4...3,1	Грунт	2,0...4,0	4,4...6,3
Гума	0,5...0,8	2,2...2,8	Буряк	0,8...1,2	2,8...3,5

Коренеплід по виоті умовно можна розділити на кілька частин: головну, шийку і сам коренеплід (переважно конусоподібної форми).

Для задовільного виконання технологічної операції збирання цукрових буряків оптимальним є, коли коренеплоди мають правильну конусоподібну форму, невелику головку, яка рівномірно виступає з ґрунту, що сприятиме якісному збиранню урожаю і зведе до мінімуму втрати маси коренеплідів і зокрема позитивно вплине на вихід цукру.



Назва		Відносний вміст, %	Вміст цукру (чистий), %
Головка	Коронка 	5...7	
	Зона сплячих вічок 	6...18	9,7
Тіло коренеплоду 		76...88	90,3
Хвостова частина коренеплоду 		1	

Рисунок 4.1- Розмірні характеристики та порівняльний розподіл вмісту цукру в тілі коренеплоду

Немаловажне значення має взаємозв'язок коренеплоду з ґрунтом, адже від цих зв'язків залежить зусилля викопування, зусилля сепарації при очистці, режими роботи очисних механізмів.

Зв'язок коренеплодів з ґрунтом напряму залежить від типу ґрунту за механічним складом і його вологості. Ґрунт, що взаємодіє з коренеплодом має дуже різноманітні властивості. Залежно від його вологості, ґрунт поводить ся і як крихке, і як пластичне тіло, що суттєво впливає на процес викопування та очистки коренеплодів різними типами робочих органів збиральних машин. Властивості ґрунту дуже неоднорідні уздовж рядка і за глибиною розташування коренеплоду. Ґрунт поряд з коренеплодом має вищу щільність, що є наслідком їх вегетативного розвитку.

Пти вологості ґрунту в період збирання коренеплодів менше за 18 – 20%, то розрізняють два шари ґрунту, різні за своєю структурою. Верхній шар завглибшки 5 – 7 см менш щільний, має дрібногрудкувату структуру, нижній шар - твердий. Нижній шар вкритий тріщинами, характер розміщення та розміри яких залежать від розмірів і розміщення коренеплодів у рядку.

Ширина тріщин і глибина їх залягання залежить від розміщення головки коренеплоду над рівнем ґрунту: чим вище виступає головка, тим вужча і глибша тріщина. Переважно тріщини знаходяться на глибині розташування коренеплодів. Утворення тріщин є наслідком зміни об'єму ґрунту у верхній і нижній його частинах.

Міцність зв'язку коренеплоду з ґрунтом зумовлена наступними факторами: силами зчеплення ґрунту з поверхнею коренеплоду; міцністю центрального кореня та бічних корінців. Щоб видалити коренеплід з ґрунту вертикально прикладеним зусиллям, необхідно подолати опір сил зв'язку, зумовлених вказаними вище факторами.

Технологічна операція викопування та очистки коренеплодів від залишків гички та ґрунту в першу чергу залежить від вологості ґрунту. На період збору врожаю вміст води в ґрунті може коливатись в межах 10...26 %. Оптимальними вважаються строки роботи для збиральних машин коли вологості ґрунту коливається в межах 14...20 %.

Внаслідок проведених лабораторних досліджень було встановлено, що із зміною висоти падіння з 0,25 до 1,0 м кількість зруйнування грудок

збільшилась з 12..28 % до 54..56 %, а пошкодження буряків з 29..68% до 84..92%. Дані результати свідчать, що із забезпеченням максимального руйнування грудок, відсоток травмованих коренеплодів різко зростає. Отже в даній ситуації очистка буряків з допомогою ударних навантажень себе не оправдує.

Альтернативою ударним навантаженням можуть бути зусилля стиску. Коренеплоди краще переносять не довготермінові статичні навантаження, руйнування в такому випадку відбувається в самому тілі коренеплоду (утворюються тріщинки) в той час, як грудки ґрунту дробляться і осипаються з їх поверхні. Статичне руйнівне навантаження коренеплодів залежить від їх розмірно-масових показників і коливається в межах 310...1150 Н (більші коренеплоди витримують вищі навантаження).

Від матеріалу, з якого виготовляють робочі органи сепаруючих механізмів також має суттєвий вплив на величини граничних навантажень руйнування коренеплодів (табл.4.4).

Таблиця 4.4 –Залежність статичного навантаження від матеріалу поверхні

Товщина поверхні, см	Поверхня взаємодії	Граничне навантаження, Н
4...5	Стальна стрічка покрита шаром гуми	450
6...7	Стальна стрічка покрита шаром гуми	640
8...9	Стальна стрічка покрита шаром гуми	850
10...11	Стальна стрічка покрита шаром гуми	1150

Допустиме навантаження коренеплодів залежить від їх розмірних показників. Для коренеплодів розмірний показник, яких зріс з 70 мм до 130 мм граничне навантаження яке вони можуть витримувати буде у вдвічі вище.

Міцність ґрунту залежить від його механічного складу і вмісту «фізичної глини», чим вищий цей показник тим більше зусилля необхідно прикласти щоб його зруйнувати, особливо це є проблемно коли ґрунт пересушений. Так

для прикладу для легких ґрунтів зкисля руйнування грудки коливатиметься в межах 20 - 43 Н, адля важких – від 140 до 350 Н.

4.2. Вплив кінематичних параметрів сепаратора спірального типу на якісні показники процесу сепарації

Згідно програми досліджень експерименти проводились у лабораторних умовах з дослідження впливу конструктивних і технічних параметрів сепаратора спірального типу на процес відділення ґрунту і інтенсивність очистки коренеплодів. Серед найважливіших параметрів сепаратора спірального типу, що значно впливають на процес очистки, це - кут нахилу сепаратора до горизонтальної площини α , швидкості обертання гвинтових спіралей V , ексцентриситету обертання спіралей ε і подачі ґрунтового вороху Q .

Результати досліджени приведені на рис.4.1.

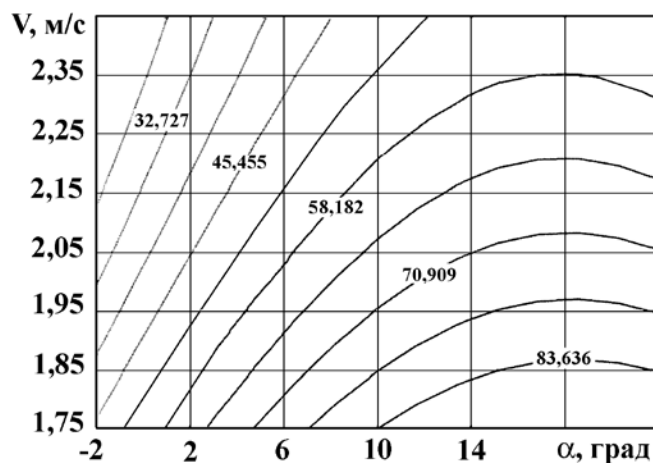


Рисунок 4.1- Залежності інтенсивності сепарації ґрунту від кута встановлення вібраційного сепаратора і його колової швидкості спіралей

Згідно отриманих залежностей процесу відділення ґрунту від кута встановлення сепаратора і швидкості обертання спіралей (рис.4.1) із збільшенням кута встановлення сепаратора до 15° спостерігається якісні зміни в сторону оптимізації процесу очистки коренеплодів. Якщо ж кут нахилу

сепаратора до горизонту і далі збільшувати, якість очистки міняється не суттєво (майже постійна), а продуктивність починає зменшуватись.

Із збільшенням колової швидкості спіралей зменшується час перебування ґрунтового вороху з їх поверхнею, за рахунок чого крупні частинки, набувають значного прискорення, перелітають через прутки сепаратора. Через це необхідно обмежувати швидкості спіралей.

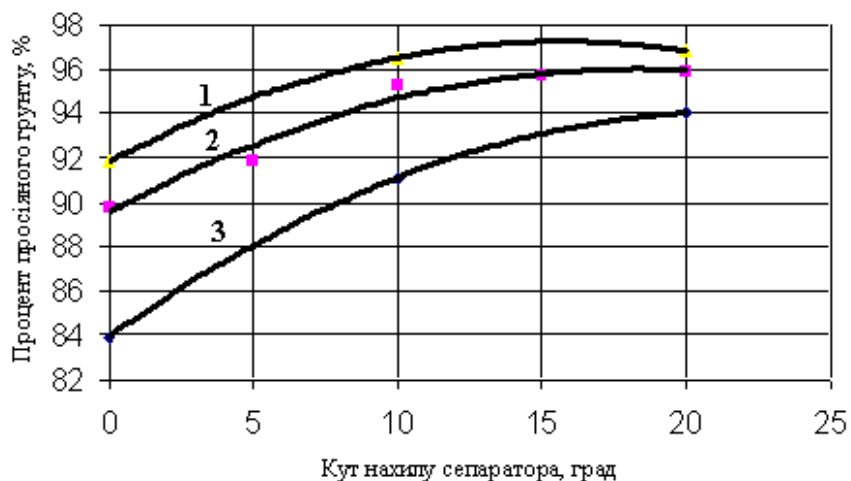


Рисунок 4.2 - Залежності сепарації ґрунту від кута встановлення сепаратора для різних колових швидкостей: 1) 1,81 м/с; 2) 2,09 м/с; 3) 2,37 м/с

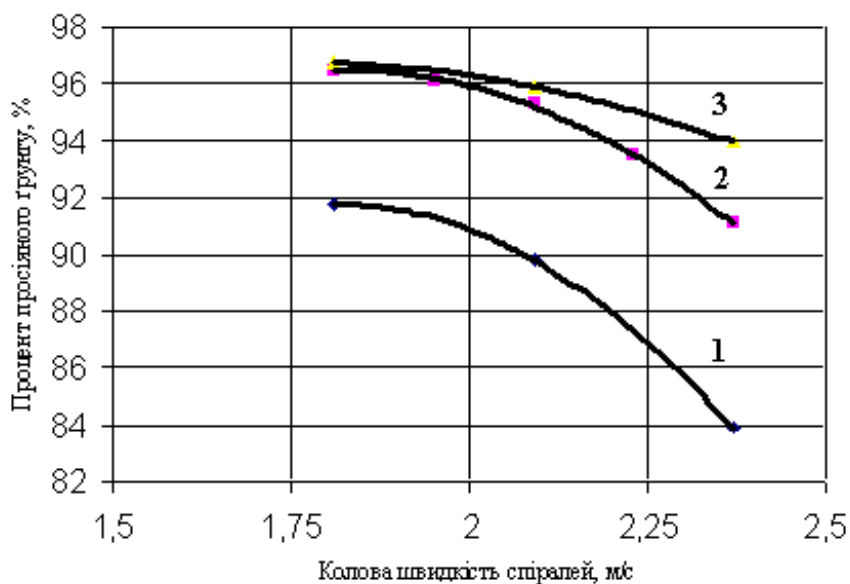


Рисунок 4.3 - Залежності сепарації ґрунту від швидкості обертання спіралей для різних їх кутів нахилу: 1) 0 град; 2) 10 град; 3) 20 град

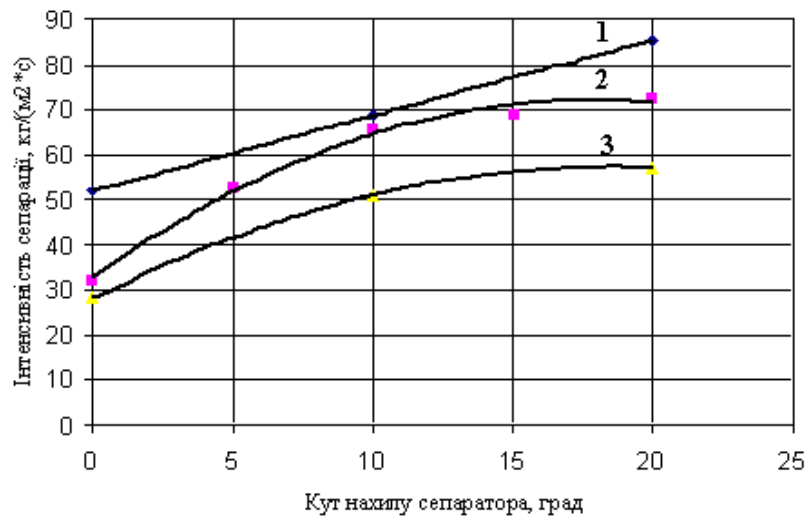


Рисунок 4.4 - Залежність інтенсивності сепарації ґрунту від кута нахилу сепаратора для різних колових швидкостей:

- 1) 1,81 м/с; 2) 2,09 м/с; 3) 2,37 м/с

При зміні інтенсивності сепарації ґрунту від впливу зміни кута встановлення сепаратора і швидкості обертання гвинтових спіралей (рис. 4.4) процеси набувають спокійнішого характеру, в порівнянні з кількістю просіяного ґрунту.

Максимальне значення маси просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації досягається при наближенні кута нахилу сепаратора до максимуму, а швидкості обертання гвинтових спіралей до мінімуму.

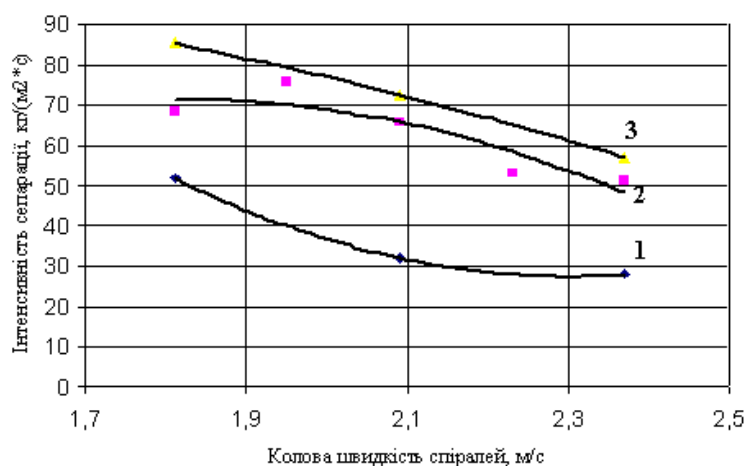


Рисунок 4.5 - Залежність просіювання ґрунту від швидкості обертання спіралі і різних кутів нахилу сепаратора до горизонту: 1) 0 град; 2) 10 град; 3) 20 град

В процесі лабораторних досліджень досліджували вплив вологості ґрунту на сепарацію. Згідно отриманих даних (рис. 4.6), робимо заключення, що надмірний вміст води в ґрунті негативно впливає на процес сепарації, причиною чого є зростання вмісту ґрунту на коренеплодах.

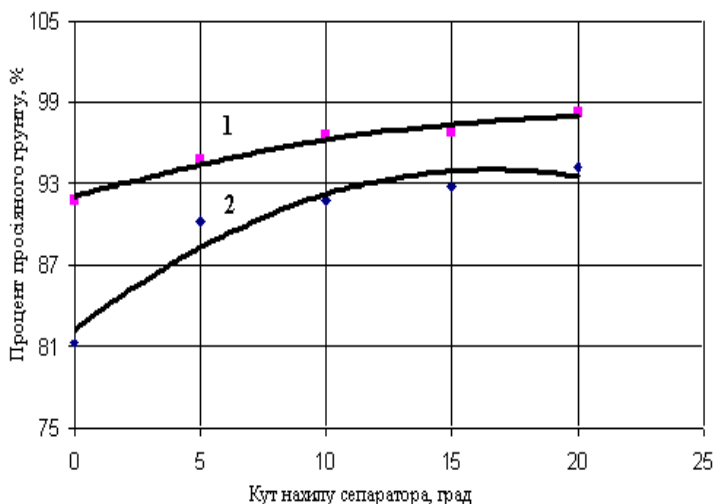


Рисунок 4.6 - Залежність процесу сепарації ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту для різних значень його вологості: 1) 6,5%; 2) 13,5%

Досліджуючи ефективність просівання ґрунту від площі сепаратора, побудували поверхню розподілу проценту просіяного ґрунту за його довжиною і шириною (рис. 4.6).

В процесі проведення експериментальних досліджень здійснили енергетичну оцінку запропонованого спірального сепаратора. Вольтметром і амперметром фіксували значення напруги і сили струму на вході в електродвигун. На основі цього знаходимо значення потужності, для умови, ККД механічної передачі 0,98 і ККД електродвигуна 0,74. За результатами дослідів розраховуємо витрати потужності на роботу розробленого макету сепаратора спірального типу залежно від швидкості обертання валів спірального сепаратора на холостому ході і подачі 30 кг/с (рис. 4.7).

Різниця між верхнім і нижнім графіком є потужність, необхідна на переміщення вороху і сепарацію ґрунту. Згідно рис. 4.7 при зростанні швидкості обертання спіралей потужність на привід сепаратора зростає за параболічним законом.

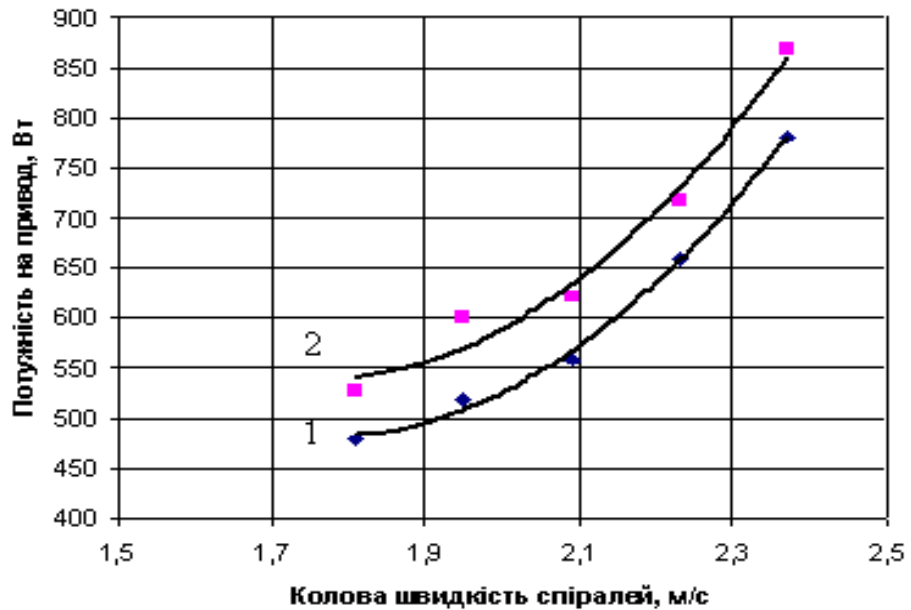


Рисунок 4.7 - Витрати потужності на привід спірального сепаратора від колової швидкості на холостому ході (1) і подачі 30 кг/с (2)

Щоб забезпечити якісну очистку коренеплодів від залишків ґрунту пропонується використати вібраційний сепаратор спірального типу.

Щоб запобігти налипанню ґрунту на спіралі сепаратора і залипання зазорів між витками, пропонується розташувати витки спіралі з певним взаємним перекриттям, щоб витки кожного спіралі частково заходили у просвіти сусідньої спіралі.

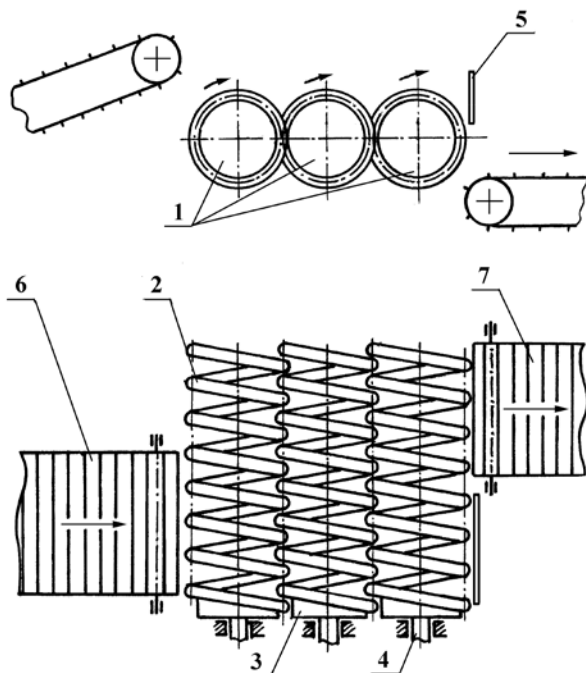


Рисунок 4.8 – Сепаратор спірального типу для бурякового вороху:

1 – гвинтові вальці; 2 – спіральні пружини; 3 – маточина; 4 – привідний вал; 5 – захисний щиток; 6 – подаючий транспортер; 7 – відвідний транспортер

Одним із способів досягнення поставленої мети є застосування на бурякозбиральних машинах спірального сепаратора. Для запобігання залипанню просіваючих зазорів спіралей 2

вологим ґрунтом, їх встановлюють із взаємним перекриттям, а інтенсивність просівання ґрунту і додаткове руйнування грудок землі досягається ексцентричним обертанням вальців 1. Сепаруючий зазор формується відстанню між робочими поверхнями сусідніх витків спіралі.

Одним із напрямків зменшення травмування коренеплодів є скорочення часу впливу спіралей сепаратора з ними, і зменшення інтенсивності взаємодії. Для очисників спірального досягнути цього ефекту можливо за умови використання приводу з міщеним центром обертання, від якого ґрунтовий ворох отримує додаткові коливання.

Рух утворений ексцентриковим механізмом, частота якого залежить прямо пропорційно від частоти обертання спіралей, дозволить прискорити процес відділення і додатково руйнувати грудок.

Оскільки процес очистки на гвинтових сепараторах коренеплодів має специфічний характер, отже питання розгляду руху коренеплодів по робочій поверхні і дослідження процесу сепарації потребує подальших досліджень.

Висновки

До основних напрямків вдосконалення сепаратора спірального типу коренеплодів, і підвищення показників якості його роботи відносимо:

1. Мінімізація травмування коренеплодів робочими органами сепаратора за рахунок покриття їх поверхні гумою.

2. Досягнути вищої продуктивності сепаратора спірального типу можна зміною конструктивних параметрів (діаметра спіралей, кута їх нахилу до горизонту). Неможливість збільшити пропускну здатність зміною швидкості обертання спіралей обмежується тим, що навіть не значні її зростання стануть причиною зростання травмування і втрат коренеплодів.

3. Для того щоб забезпечити надійну та безвідмовну роботу очисного механізму необхідно використовувати високоякісні матеріали.

4. Оптимальним кутом встановлення сепаратора спірального типу є 15° , умова яка забезпечує найкращу сепарацію і продуктивність.

5. Для забезпечення високих сепаруючих умов для ґрунтового вороху, подача на сепаратор не повинна перевищувати 30 кс/с, що відповідає швидкості руху агрегату 4-5 км/год.

6. Одним із напрямків зменшення травмування коренеплодів є скорочення часу впливу спіралей сепаратора з ними, і зменшення інтенсивності взаємодії. Для очисників спірального досягнути цього ефекту можливо за умови використання приводу з міщеним центром обертання, від якого ґрунтовий ворох отримує додаткові коливання.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Моделювання процесів виникнення травм

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, виробничих процесів і технологій. Але як показали дослідження. Будь-яка аварія або катастрофа може бути наслідком однієї із багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій. Обчисленням рівня безпеки можна спрямувати удосконалення конструкції технічних засобів на зниження їх небезпек, а також вживати термінованих заходів для усунення небезпек з більш високим рівнем.

Метод "дерева", дерева несправностей або дерева помилок оператора застосовують для аналізу складних систем. Аналіз умов обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови "дерева" відказів та помилок оператора людиномашинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм.

Основні принципи побудови моделі такі. Визначається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми. Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи. Що характеризують ті чи інші полії. Як правило побудова моделі починається з головної операції, а наступні розміщуються зверху вниз аж до базових подій.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня безпеки для конкретного об'єкта. Для того, щоб оцінку рівня безпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві,

необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища. Основні принципи того методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відказів оператора"). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Головна випадкова подія в даному випадку - травма модель якої побудована на (рис5.1.). Для побудови даної моделі ("дерева") травми використовують оператори "І" та "АБО", після цього виконують набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною, після визначення ситуації, що привела до травми визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій. Застосовуючи формули.

1-Базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2, \quad (5.1)$$

2- За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями P_1 P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3, \quad (5.2)$$

3- Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями P_1 і $P_2 \dots P_n$ тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 P_2 \dots P_n, \quad (5.3)$$

4- Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1P_2, \quad (5.4)$$

5- Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2, P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1P_2 - P_1P_3 - P_2P_3 + P_1P_2P_3, \quad (5.5)$$

6- Якщо оператор "АБО" входять чотири і більше випадкових базових події з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули.

Таблиця 5.1 - Результати обчислень ймовірностей випадкових подій логіко — імітаційної моделі

Випадкова подія, що увійшла в дану модель.	Номер події	Показник %
Стан контролю з охорони праці	1	0,3
Професійний рівень працюючого	2	0,5
Помилка працюючого	3	0,5
Підставка не фіксується	4	0,8
Стан підставки не оглядався	5	0,46
Стан контролю з охорони праці	6	0,4
Досвід працюючого	7	0,3
Підставка складена з випадкових предметів	8	0,56
Підставка не справна	9	0,67
Підставка не правильно встановлена	10	0,67
Підставка не правильно виготовлена	11	0,67
Підставка встановлена не за призначенням	12	0,67
Підставка втратила стійкість	13	0,38
Підставка зруйнувалась	14	0,16

Комбайн упав з підставки	15	0,35
Під комбайном знаходився робітник.	16	0,2
Травма	17	0,044

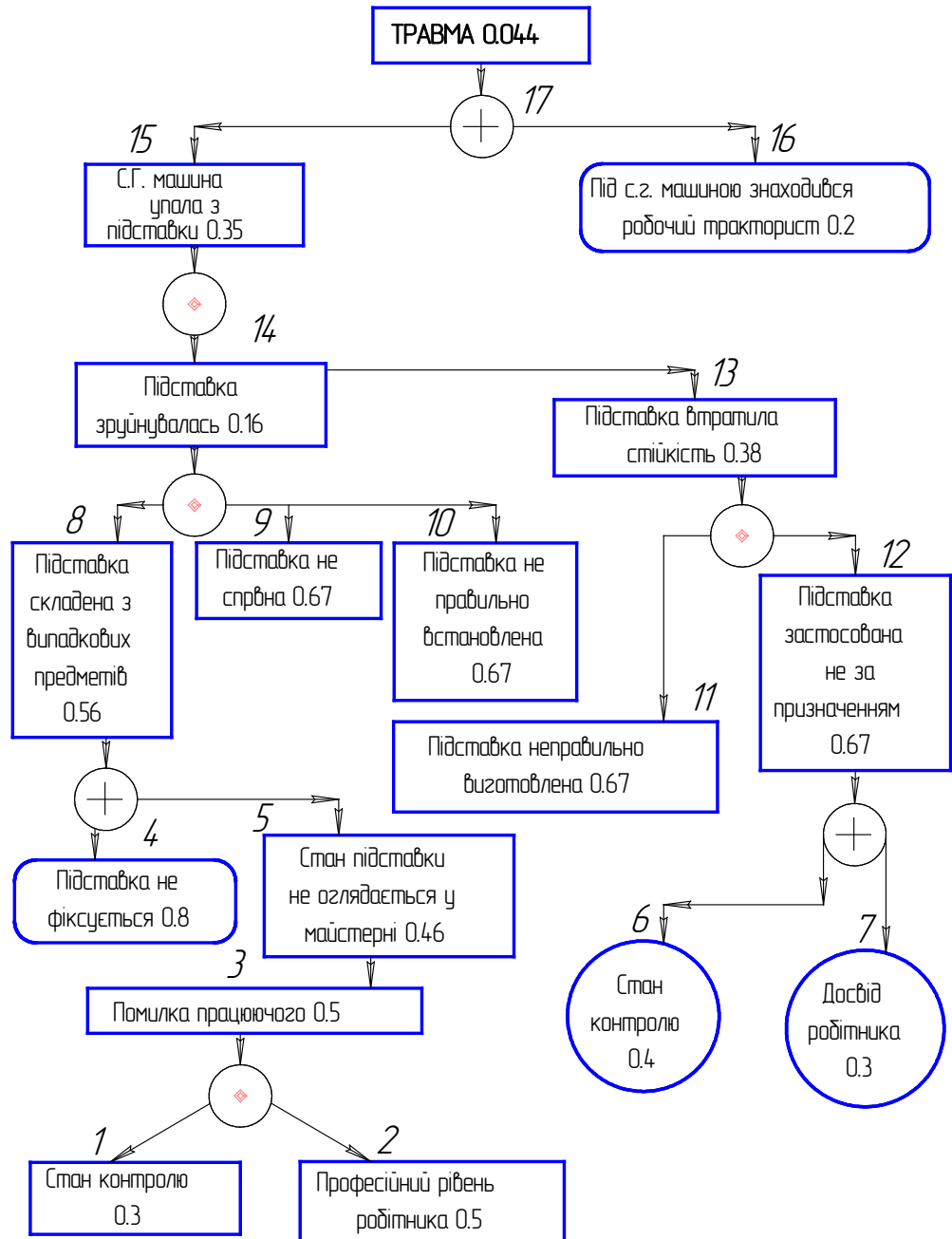


Рисунок 5.1- Модель „помилки і відмов оператора”

Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову. необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції. Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого

розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

5.2. Охорона довкілля

Серед соціальних та екологічних тенденцій, що формують наше майбутнє, є стрімке зростання чисельності населення, скорочення посівних площ на душу населення, надмірне викачування підземних вод, поширення стійких органічних забруднювачів у ґрунтах, водах, повітрі. Внаслідок цього людство постало перед загрозою виснаження природних ресурсів, проблемами виробництва продовольства та незадовільного харчування, глобальних кліматичних змін, поширення нових хвороб, зникненню місцевих екосистем.

Одним з найскладніших видів виробництва продукції необхідної для людини є сільське господарство. Його розвиток і кінцеві результати визначаються якістю і станом основних компонентів біосфери – ґрунту, води, повітря, знанням закономірностей оновлення природних ресурсів. Лише на основі дбайливого ставлення до природи можна розвивати сільське господарство не тільки сьогодні, але й завтра. Науково-технічний прогрес в агропромисловому комплексі повинен узгоджуватися із збереження рівноваги в природі. Сучасне аграрне виробництво повинно максимально врахувати екологічні особливості землеробських регіонів, їх природних ресурсів та умов.

Безумовно, вирішальну роль у переорієнтації напрямків і характеру майбутнього розвитку суспільства, гармонізації взаємовідносин між людиною і природою відіграватиме сучасна молодь, зокрема, майбутні фахівці сільського господарства.

Висновки

Проведено і визначено причини появи травматизму, який виникає у раз недотримання людиною правил і вимог техніки безпеки. На основі цього розроблено карту технологічних операцій для збирання коренеплодів, а також подано до кожної операції травмонебезпечні та аварійні ситуації, що виникають під час виробничого процесу.

Подано вимоги щодо виробничого обладнання та засобів механізації процесу збирання буряків.

Розроблено для працівників інструкцію з охорони праці під час роботи з бурякозбиральними агрегатами.

6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Розрахунок економічної ефективності застосування спірального сепаратора

Економічні показники, які характеризують ефективність застосування визначимо згідно ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88, ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24056-88 по загальноприйнятих формулах.

За базову модель приймемо бурякозбиральну машину КС-6Б. За модернізовану бурякозбиральну машину КС-6Б із встановленим спіральним сепаратором, загальна конструктивна схема відповідає польовій експериментальній установці. Вихідні умови для розрахунку занесені до табл. 6.1.

Економічний ефект модернізованої бурякозбиральної машини складається з економії всіх виробничих витрат (живої праці, паливно-мастильних матеріалів, капітальних вкладень), яку одержить сільське господарство в результаті механізації процесу збирання буряків [9].

Визначення економічного ефекту побудуємо на зіставленні приведених витрат (експлуатаційних витрат, капітальних вкладень) по базовій і новій бурякозбиральній машині. Як базу приймемо серійну машину КС-6 порівняння з якою здійснимо, використовуючи методику за визначенням економічної ефективності нової техніки [13]. Після розрахунку основних економічних показників (річного економічного ефекту, терміну окупності, ступеня зниження витрат ручної праці і експлуатаційних витрат) визначимо рівень вагомості від використання нової машини КС-6.

Значення продуктивності серійної машини за годину основного часу бралися за даними технічної характеристики. Продуктивність по збиранню буряків визначалася по формулі:

$$Q = Q_{ca} \cdot Y, \quad (6.1)$$

де Q_{ca} – продуктивність бурякозбиральної машини;

Y – врожайність гички.

Продуктивність за годину змінного Q_3 і експлуатаційного Q_e часу визначалася розрахунковим шляхом по наступних формулах:

$$Q_3 = Q_o \cdot K_{cm}, \quad (6.2)$$

$$Q_e = Q_o \cdot K_{cm} \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де Q_o – продуктивність за 1 годину основного часу;

K_{cm} – коефіцієнт використання робочого часу зміни;

K_2 – коефіцієнт готовності.

Величини K_{cm} і K_2 – приймалися за даними агротехнічних вимог на модернізацію бурякозбиральної машини.

Для визначення проекту оптової ціни експериментальної машини залежність:

$$C_{o.n.} = K_c \cdot C_{o.b.} \cdot \frac{m_n}{m_b}, \quad (6.4)$$

де $C_{o.n.}$, $C_{o.b.}$ – оптова ціна відповідно нової і базової варіантів бурякозбиральної машини ;

m_n , m_b – відповідно, маса нової і базової машин;

K_c – коефіцієнт, що враховує складність конструкції.

Балансова ціна бурякозбиральної машини в новому і базовому варіантах визначиться як:

$$C_{n.b.} = K_b \cdot C_{o.n.b.}, \quad (6.5)$$

де K_b – коефіцієнт перекладу оптової ціни в балансову, що враховує додаткові витрати на транспортування, дозбирання і наладку. бурякозбиральної машини

Річний (сезонний) об'єм роботи визначається за формулою:

$$W_{сез} = Q_3 \cdot W_p, \quad (6.6)$$

де W_p – річне завантаження в годинах.

Початкові дані до розрахунку економічної ефективності базового і нового процесів наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані до розрахунку економічної ефективності

Найменування показників	Позначення	Базовий	Новий
Продуктивність за 1 годину основного часу, t (га)	Q_0	27,18 (3,02)	30,42 (3,38)
Продуктивність за 1 годину змінного часу, t (га)	Q_3	21,75 (2,42)	24,34 (2,7)
Продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу, t (га)	Q	19,6 (2,2)	22,9 (2,54)
Річне завантаження, год.	W_p	80,0	80,0
Сезонне напрацювання при врожайності 90 т/га, т	$W_{сез}$	1564,8	1832
Балансова ціна	$Ц$	5258000	535800

Одним з основних показників, що характеризують ефективність виробничого процесу, є експлуатаційні витрати з розрахунку на 1 тону прибраної продукції (гички). Для визначення експлуатаційних витрат в новому і базовому варіантах і використання технологічного устаткування скористаємося формулою [17]:

$$Z_{н.б.} = 3П_{н.б.} + A_{н.б.} + P_{н.б.} + Z_{пмм}, \quad (6.7)$$

де $3П_{н.б.}$ – заробітна платня обслуговуючого персоналу, що доводиться на тону продукції, відповідно в новому і базовому варіанті машин;

$A_{н.б.}$ – амортизаційні відрахування;

$P_{н.б.}$ – ремонтні відрахування;

$Z_{пмм}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали.

Заробітна платня обслуговуючого персоналу $3П_{н.б.}$ визначається по формулі:

$$3П_{н.б.} = \frac{\sum_{i=1}^n 3П_i}{Q_3}, \quad (6.8)$$

де $\sum_{i=1}^n 3\Pi_i$ – сума годинних тарифних ставок обслуговуючого персоналу.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань на реновацію і на ремонт машини скористаємося співвідношеннями:

$$A_{н.б.} = \frac{Ц \cdot K_a}{W_{сез}}, \quad (6.9)$$

$$P_{н.б.} = \frac{Ц \cdot K_p}{W_{сез}}, \quad (6.10)$$

де K_a , K_p – нормативи амортизаційних і ремонтних відрахувань.

Питому витрату паливно-мастильних матеріалів визначимо як:

$$З_{нмм} = \frac{N \cdot C \cdot q}{Q_e}, \quad (6.11)$$

де N – потужність двигуна трактора;

C – вартість 1 кг дизельного палива;

q – питома витрата палива;

Q_e – продуктивність за одну годину експлуатаційного часу.

Питомі капіталовкладення в нову і базовий варіанти машини визначимо по формулі:

$$K_{н.б.н.} = \frac{Ц}{Q_e \cdot W_z}, \quad (6.12)$$

Всі розрахунки проводилися з використанням табличного процесора «Ехе1». Результати розрахунку експлуатаційних витрат приведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 - Експлуатаційні витрати при збиранні буряків, грн./т

Найменування показника	Базовий	Новий
Амортизаційні відрахування	4,2	3,7
Ремонтні відрахування	3,9	2,8
Заробітна платня	0,21	0,18
Витрати на паливно-мастильні матеріали	6,8	5,9
Питомі капіталовкладення	–	4,2

Оскільки в механізації будь-якого виробничого процесу переслідується мета понизити витрати живої праці, то перш за все визначимо трудомісткість базового $T_{\text{б}}$ і нового $T_{\text{н}}$ процесів по формулі:

$$T_{\text{б.н.}} = T_m + T_p, \quad (6.13)$$

де T_m – трудовитрати тракториста;

T_p – трудовитрати робочих, обслуговуючих машину, визначаються по формулах:

$$T_m = \frac{N_m}{Q_3}; T_p = \frac{N_p}{Q_3}, \quad (6.14)$$

де N_m , N_p – кількість персоналу, що обмірковує (механіків, робочих).

Річне зниження витрат праці $E_{\text{П}}$ в порівнюваних процесах визначимо по формулі:

$$E_{\text{П}} = (T_{\text{б}} - T_{\text{н}}) \cdot W_{\text{сез}}, \quad (6.15)$$

Ступінь зниження витрат праці буде визначений виразом:

$$N_{\text{П}} = \frac{T_{\text{б}} - T_{\text{н}}}{T_{\text{б}}}, \quad (6.16)$$

Результати показників економічної ефективності зведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Показники економічної ефективності збирання буряків

Найменування	Одиниці виміру	Значення		Новий в % від базового
		новий	базовий	
Річне завантаження	год	80	80	–
Експлуатаційні затрати	грн./т	11,34	13,1	17,34
Продуктивність	т/год	22,9	19,6	16,8
Ступінь зниження витрат праці	%	17	–	–

Річний економічний ефект від впровадження нового спірального доочисника	<i>тис.грн</i>	35,6	-	-
Термін окупності нового вібраційного доочищувача	<i>років</i>	1,5	-	-

Річний економічний ефект від впровадження експериментальної бурякозбиральної машини складе [23]:

$$E_{II} = [(I_{\sigma} + E \cdot K_{n.\sigma}) - (I_n + E \cdot K_{n.n})] \cdot W_{сез} + E_{дон}, \quad (6.17)$$

Термін окупності експериментальної бурякозбиральної машини визначиться як:

$$Z_k = \frac{Ц_m}{E_2}, \quad (6.18)$$

Термін окупності нової бурякозбиральної машини визначається із формули:

$$Z_c = \frac{m_c \cdot Ц_n}{E_c}, \quad (6.19)$$

де m_c – маса;

$Ц_n$ – питома вартість виготовлення металоконструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Підвищення якісних показників роботи бурякозбиральних машин можна досягти застосуванням робочих органів, з новими конструктивними рішеннями, що забезпечують ефективну сепарацію при будь-якому стані бурякового вороху. Аналіз існуючих сепараторів показав перспективність робочих органів просіваючого типу за умови зниження залипання просіваючих просвітів сепаруючих елементів ґрунтом, особливо вологим, та намотування рослинних решток на обертові частини.

2. Запропонована нова конструктивно-технологічна схема спірального сепаратора просіваючого типу, яка покращує якісні показники роботи бурякозбиральних машин, оскільки запобігає залипання вологим ґрунтом елементів робочого органу (шляхом встановлення спіралей із взаємним перекриттям), а підвищення інтенсивності сепарації досягається ексцентричним встановленням спіралей.

3. При розгляді процесу просівання ґрунту на спіральному сепараторі за диференційними рівняннями змінного об'єму і руху тіла змінної маси встановлено, що максимальне значення просівання ґрунту досягається при кутовому параметрі, який відповідає максимальному значенні амплітуди коливного руху. При кроці навивки спіралі $S = 48$ мм, діаметрі спіралі $D = 133$ мм, ексцентриситеті кріплення спіралі $\varepsilon = 10$ мм, коефіцієнті сепарації $\mu = 0,5$ і нульовому початковому положенні максимальне значення просівання (21,5%) набуває при куті повороту 3,14 рад, тобто при амплітуді осцилюючого руху.

4. Розроблена і реалізована на ПЕОМ нова математична модель коливання пружної консольної спіралі при виконанні технологічного процесу дає можливість отримати аналітичні залежності для перевірки вибраних конструктивних параметрів та режимів роботи стосовно вимог невинного бульб з сепаруючої поверхні при змінному навантаженні і з врахуванням зміни моменту інерції пружної консолі в часі і по довжині. В результаті аналітичних

досліджень встановлено, що прогин спіралі діаметром 133 мм при подачі вороху 80 кг/м складатиме близько 100...140 мм. Збільшення при цьому кроку навивки буде в межах, які допустимі агровимогами.

5. За результатами лабораторних експериментальних досліджень, які проведені на розробленій експериментальній установці згідно прийнятої методики, отримані математичні моделі впливу конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів на процент просіяного ґрунту та інтенсивність сепарації. Методом двомірних перерізів визначено оптимальні параметри сепаратора зі спіралями діаметром 133 мм, при яких досягаються найкращі значення якісних показників роботи для подачі бульбоносної маси 20...25 кг/с і ексцентриситету встановлення спіралей 5...10 мм: колова швидкість обертального руху 1,75...2,0 м/с, кут нахилу сепаратора до горизонту - 15...19 град. Побудовано номограму для визначення основних конструктивних і кінематичних параметрів спірального сепаратора (кута нахилу сепаратора до горизонту, кутової швидкості обертального руху спіралей) залежно від умов експлуатації (стану ґрунту, подачі вороху).

6. Економічний ефект від використання однорядного картоплекопача із встановленим на нього розробленим сепаратором складає (в цінах на 1.12.2023 р.) 134,21 грн/га, а річний розрахунковий економічний ефект складає 9394,70 грн. на одну машину за умови навантаження близько 70 га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Головач І. В., Ружи́ло З. В. Математична модель коливального руху спірального очисника картоплі від домішок. Вісник аграрної науки. 2019. № 9. С. 53– 57. 17.
2. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Ihnatiev Y. Investigation of the influence of the parameters of the experimental spiral potato heap separator on the quality of work. Agronomy Research. 2017. Vol. 15. No. 1. Pp. 44–54. 10.
5. Булгаков В. М., Головач І. В., Ружи́ло З. В., Рибалко В. М. Розробка і розрахунок нової конструктивної схеми спірального очисника картопляного вороху. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 9 (108). С. 21–29. 16.
6. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Головач І. В., Ружи́ло З. В. Теоретичне дослідження динамічних параметрів коливальних робочих органів очисника картоплі. Вісник аграрної науки. 2019. № 10. С. 56–59.
7. Bulgakov V., Smolinskiy S., Frančák J., Jech J. Optimalizovanie konstrukcie rozduzovaca zemiakov. GRONECH NITRA 2001. Pol'nohospodarska technika na zaciatku 21 storocia : zbornik z medzinarodnej vedeckei konferencie. Slovenska republika, 2001. Pp. 73–79.
8. Гандзюк М.О. Підвищення сепаруючої здатності коренезбиральних машин зменшених повздовжніх габаритів // Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей, випуск 6 – Луцьк: Редакційно видавничий відділ ЛДТУ, 2000.-19-22 с.
9. Гандзюк М.О. Обґрунтування параметрів сепаруючої системи коренезбиральної машини // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник, випуск 7 – Луцьк: Редакційно видавничий відділ ЛДТУ, 2000. – 71-77 с.
10. Гандзюк М.О. Шляхи покращення очистки коренеплодів бурякозбиральними машинами // Збірник наукових праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського

виробництва”. Том ІХ. М.О.Гандзюк, Р.Б.Гевко, В.М.Осуховський– Київ: НАУ, 2000.–162-166 с.

11. Гандзюк М.О. Система доочищення коренеплодів бурякозбиральної машини. // Матеріали п'ятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя. М.О. Гандзюк Тернопіль: ТДТУ, 2001. – 235 с.

12. Грушецький С. М., Безпалій О. І., Аналіз конструкцій пневмосепарувального каналу зернових сепараторів, Науковий журнал «Інженерія природокористування»: № 2(20) (2021).

13. Довідник сільського інженера. В. Д. Гречкосій, О. М. Погорілець, І. І. Ревенко та інші за ред. В. Д. Гречкосія.- К.: Урожай, 1991, 400 с.

14. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Держстандарт України. Київ, 1994.-73с.

15. Очисник вороху корнебульбоплодів від домішок : пат. України № 43907 : А 01 D 33/08 / В. М. Булгаков, П. Ю. Зиков та ін. Опубл. 15.01.2002 р., Бюл. № 1. 9.

16. Кияк Г. С. Рослинництво. Г. С.Кияк– Київ.: Вища школа. Головне вид-во, 1992, -400 с.

17. Машиновикористання в землеробстві. За редакцією Ільченка В. Ю., Нагірного Ю. П., К.: “Урожай”, 1996, - 382 с.

19. Моделювання енергоємності механічного обробітку ґрунту в сівозмінах./М. Я. Бомба та ін. Львів ЛДАУ, 1997, -38 с.

20. Пістун І. П. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник І. П.Пістун, Ю. В.Кіт, А. П.Березовецький – Суми: Видавництво «Університетська книга», 2000. – 207с.

22. Скобло Ю.С., Тищенко Л.М., Цапко В.Г. Безпека життєдіяльності.// - Вінниця. Нова книга, 2000.-368с.

26. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. Київ, 2003.-173с.