

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.333

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-
технологічного факультету
С.Н.С., д.т.н.

Братішко В.В.

“ ” 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад.

П.М. Василенка, доцент к.т.н.

Гуменюк Ю.О.

“ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему “Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого
очисника вороху цукрових буряків машин для збирання коренеплодів в

ННЦ ІМЕСГ НААН України Київської обл. Васильківський р-н,
смт Глеваха”

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів параметрів і режимів роботи
техніки АПК

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, с.н.с.

В.В. Братішко

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент

Онищенко В.Б.

Виконав: студент магістратури 2 року навчання

Колісніченко П.М.

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

НУБІП України

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.

П.М.Василенка

НУБІП України

Гуменюк Ю.О.

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

НУБІП України

Колісниченко Павлу Миколайовичу

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

НУБІП України

Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів параметрів і режимів
роботи техніки АПК

НУБІП України

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Тема роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи

комбінованого очисника вороху цукрових буряків машин для збирання

коренеплодів в ННЦ ІМЕСГ НААН України Київської обл., Васильківського р-

ну, смт Глеваха»

НУБІП України

Термін подання студентом роботи - 30. 10. 2021 р.

1. Вихідні дані до роботи: Очисна система машин для збирання коренеплодів.

2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

- Огляд технологій та машин для збирання цукрового буряка.

- Теоретичні дослідження технологічного процесу роботи комбінованого

очисника вороху цукрових буряків машин для збирання коренеплодів.

- Проведення експерименту та результати експериментальних досліджень.

- Економічна ефективність.

Висновки, список використаної літератури, додатки.

3. Перелік листів графічного матеріалу:

Слайд 1. Титульна сторінка.

Слайд 2. Мета роботи та задачі досліджень.

Слайд 3. Класифікація машин.

Слайд 4. Класифікація очисних пристроїв коренезбиральних машин

Слайд 5. Конструктивно-технологічна схема комбінованого очисника.

Слайд 6,7,8. Результати теоретичних досліджень.

Слайд 9,10,11. Результати експериментальних досліджень.

Слайд 12. Економічні показники. Слайд 13. Висновки.

4. Дата видачі завдання 19.09.21

Керівник магістерської роботи _____ Онищенко В.Б.

Завдання прийняв до виконання _____

Колісниченко П.М.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається із вступу, 5 розділів розрахунково-пояснювальної записки, загальних висновків, списку використаних джерел з 115 назв, 2 додатків та 12 слайдів. Основний зміст роботи викладений на 118 сторінках машинописного тексту, містить 34 рисунків і 4 таблиць.

В магістерській роботі проведено аналіз технологічних процесів і робочих органів для очищення вороху цукрових буряків при їх механізованому збиранні. Проведений аналіз дозволив обґрунтувати технологічний процес інтенсифікації розділення компонентів вороху на складові частини та розробити конструктивну схему гвинтово-вальцьового очисника.

На основі теоретичного характеру взаємодії коренеплодів з робочими поверхнями гвинтово-вальцьового очисника обґрунтовано його основні конструктивні і кінематичні параметри, проведено розрахунок кінематичної схеми робочого органу.

Використання розробленого гвинтово-вальцьового очисника коренезбиральних машин дозволить знизити затрати праці при збиранні цукрових буряків приблизно в три рази за рахунок виключення ручної праці на очищенні коренеплодів від домішок.

Ключові слова: ЦУКРОВІ БУРЯКИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОЧИЩЕННЯ, ВОРОХ КОРЕНЕПЛОДІВ, ГВИНТОВО-ВАЛЬЦЬОВИЙ ОЧИСНИК, КОНСТРУКТИВНО-КІНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ.

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ОЧИСНИКІВ ВОРОХУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	9
1.1. Огляд технологічних процесів і аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів.....	9
1.2. Обґрунтування вибору робочого органу та аналіз результатів проведених досліджень.....	31
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	38
2.1. Обґрунтування параметрів жолоба робочих русел очисника.....	38
2.2. Висновки до розділу.....	57
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	59
4.1. Експериментальні польові дослідження комбінованого очисника.....	59
4.1.1. Дослідження продуктивності роботи очисника.....	
4.1.2. Результати дослідження показників якості роботи очисника.....	66
4.1.3. Порівняльні польові дослідження модернізованої КМ.....	66
4.2. Висновки до розділу.....	66
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА.....	71
5.1. Розрахунок показників економічної ефективності використання комбінованого очисника.....	77
5.2. Висновки до розділу.....	79
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	81

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУВБІП УКРАЇНИ

Збільшення обсягів виробництва коренеплодів цукрових буряків пояснюється значним попитом продукції переробки цукрової сировини, який визначається необхідністю забезпечення кормової бази тваринництва України та реалізацією цукру за її межами.

НУВБІП УКРАЇНИ

Підвищення ефективності виробництва та покращення якості продукції вимагає принципово нових підходів до розроблення й впровадження нових прогресивних технологій збирання коренеплодів цукрових буряків. Своєчасне збирання цукрових буряків в оптимальні агротехнічні терміни при мінімальних

НУВБІП УКРАЇНИ

втратах і найменших затратах праці – одне з важливих завдань вирішення якого вимагає створення високопродуктивної збиральної техніки.

НУВБІП УКРАЇНИ

Головною тенденцією розроблення сучасних коренезбиральних машин (КМ) є підвищення їх експлуатаційних показників і показників якості виконання технологічного процесу, які визначають технічний рівень збиральної техніки, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинився.

НУВБІП УКРАЇНИ

Від вибору конструктивно-компонувальних схем очисних робочих органів, їх конструктивно-кінематичних параметрів залежить якість очищення коренеплодів від домішок, їх пошкодження та втрати, що в кінцевому результаті регламентує кількісні показники та показники якості цукросировини.

НУВБІП УКРАЇНИ

Одним із резервів підвищення якості очищення коренеплодів цукрових буряків є подищення технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів шляхом застосування комбінованих очисників, які поєднують у собі систему поперечних шнеків, над якими встановлено горизонтальний вал з очисними пружними елементами. Інтенсифікація процесу відокремлення вільного і налиплиго ґрунту та рослинних домішок відбувається за рахунок значного підвищення динамічності процесу очищення вороху шляхом використання додаткового ефекту одночасної взаємодії очисних пружних елементів з поверхнею тіла коренеплодів.

НУВБІП УКРАЇНИ

Удосконалення існуючих технологічних процесів відокремлення домішок від коренеплодів і створення високоефективних комбінованих очисників КМ

дозволить підвищити показники якості збирання цукрових буряків, зменшити транспортні втрати, пов'язані з перевезенням ґрунту з поля та зберегти його родючість.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення показників якості очищення коренеплодів цукрових буряків шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів комбінованого очисника.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- на основі проведеного аналізу технологічних процесів відокремлення домішок від коренеплодів розробити конструктивно-технологічну схему комбінованого очисника;

- теоретично обґрунтувати основні параметри комбінованого очисника
- провести експериментальні дослідження ефективності процесу відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів цукрових буряків комбінованим очисником;

Об'єкт дослідження – технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів комбінованим очисником, викопаний ворох коренеплодів.

Предмет дослідження – конструктивно-кінематичні параметри та показники якості роботи комбінованого очисника.

**1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕНАРАЦІЇ ТА
КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ОЧИСНИКІВ ВОРОХУ**

ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

НУБІП УКРАЇНИ

1.1. Огляд технологічних процесів і аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів

Удосконалення робочих процесів збирання цукрових буряків в Європі за останні 20 років було спрямовано в двох основних напрямках:

- на підвищення показників якості роботи – покращення обрізування

головок, максимально повного відокремлення рослинних решток, прищільненого й вільного ґрунту від коренеплодів при їх обмеженому пошкодженні;

- на підвищення показників надійності машин – технічної й технологічної

в цілому, які регламентують екологічні вимоги щодо мінімізації вивезення з

полів родючого шару ґрунту разом з рослинними рештками [4].

Проблема підвищення технічного рівня бурякозбиральних машин,

основним критерієм оцінки яких є співвідношення втрат, забрудненості та

пошкоджень коренеплодів до їх зібраної маси, залишається особливо

актуальною у плані подальшого розвитку вітчизняної коренезбиральної техніки

[6, 7, 8]. Значне варіювання умов роботи КМ і недостатнє пристосування

існуючих конструкцій викопувальних і особливо очисних робочих органів до

цих змін умов роботи не дозволяють отримувати стійких агротехнічних

показників, особливо за сухого і вологого ґрунту, забур'яненості поля тощо. При

збільшенні вологості ґрунту до 22...28% якість роботи машин погіршується в 2-

6 разів, а на сухих твердих ґрунтах спостерігається значне (до 20...40 %)

забруднення вороху коренеплодів грудками землі. Тому при збиранні

коренеплодів у таких умовах виникає потреба в ручному очищенні вороху

коренеплодів [9, 10].

Конструктивна та технологічна недосконалість робочих органів машин,

недостатнє обґрунтування розрахунку їх параметрів і взаємозв'язку між собою значною мірою знижує техніко-економічні показники вітчизняних КМ, у той час як переважна більшість зарубіжних машин не пристосована до складних умов збирання цукрових буряків в Україні [12].

Загальна класифікація очисників вороху коренеплодів наведена на рис.

1.1.

За конструктивним виконанням і технологічною схемою оброблення вороху відомо п'ять основних груп очисників: транспортерні (елеваторні), шнекові (вальцові), роторні (турбінні), кулачкові, бітерні (лопатеві). Однак найбільше застосування знайшли транспортерні, шнекові, роторні очисники та різні способи їх поєднання, або комбіновані очисники [17, 18, 19, 20].

Очисники здійснюють "агресивну" дію на ворох у процесі його сепарації, коли від коренеплодів відділяється основна маса ґрунту. При цьому їх, як правило, розташовують безпосередньо за викопувальними робочими органами або в середній частині технологічної схеми КМ.

Комбіновані очисники розташовують у кінці технологічного процесу сепарації вороху, тобто вже безпосередньо перед фазою завантаження коренеплодів в бункер машини або технологічний транспорт. Їх ще називають доочисниками, тому що їх функціональне призначення – кінцеве доочищення вороху коренеплодів і до них висувуються особливі умови, а саме, максимальне відділення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренів.

Відокремлення значної кількості вільного та налиплого на поверхні тіл коренеплодів ґрунту, рослинних домішок (4...8 кг/п.м) [2, 23, 24] є важливим та відповідальним завданням у загальному контексті дотримання агротехнічних вимог до процесу збирання коренеплодів у цілому. Сепарація домішок залежить в основному від механічного складу ґрунту, його вологості, конструкції, геометричних і кінематичних параметрів робочих очисних органів КМ, наявності бур'янів, урожайності буряків і т.п.

ОЧИСНИКИ ВОРОХУ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

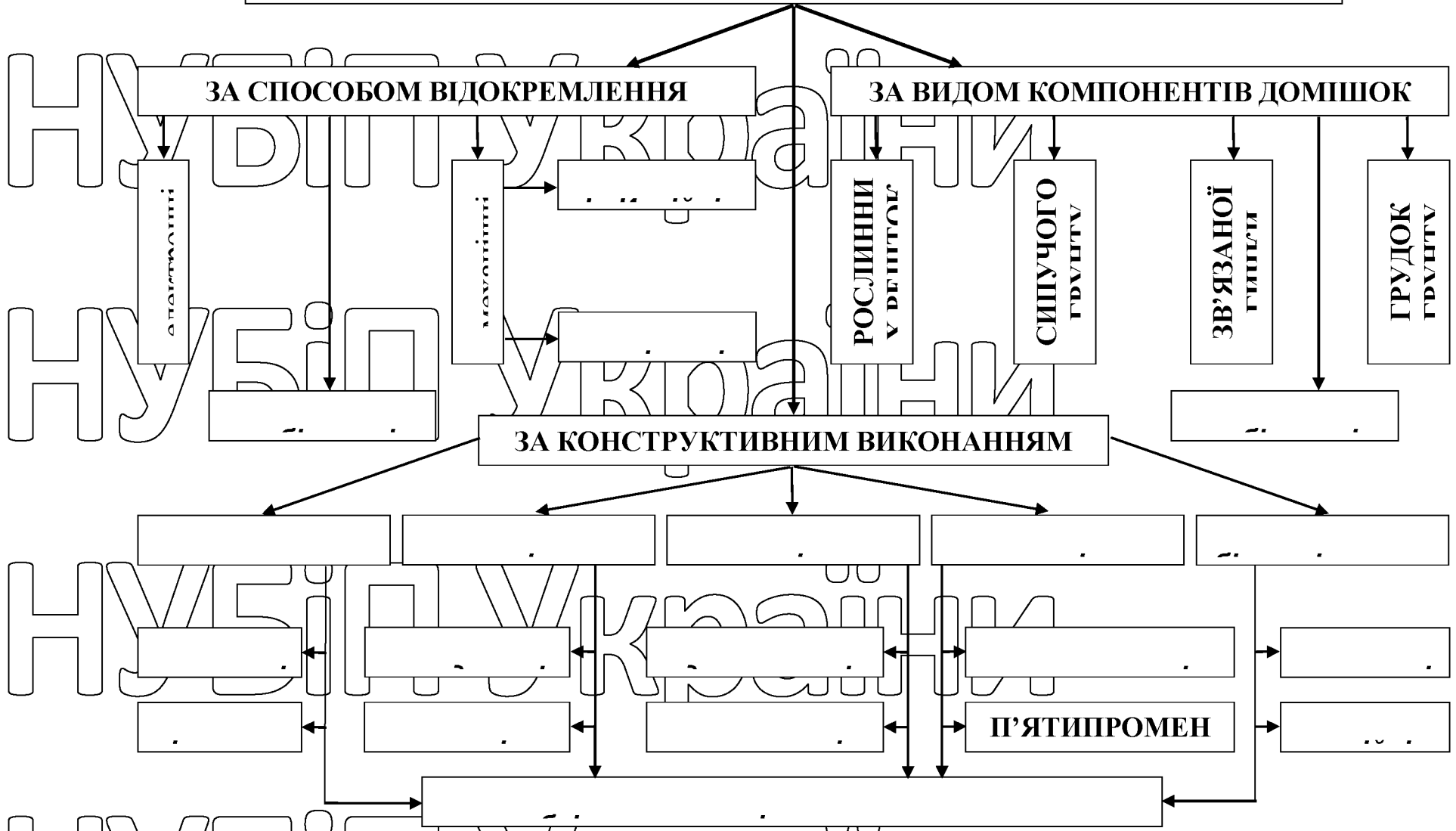


Рис. 1/1. Класифікація очисників вороху

НУБІП України

Для проведення аналізу технологічних процесів і конструктивних схем розглянемо основні відомі типи очисників – транспортерні, роторні, кулачкові,

бітерні і шнекові, якими оснащена більшість збиральних машин та комбінованих очисників вороху коренеплодів, що являють собою різні комбінації очисників, аналіз яких буде наведено в підрозділі 1.2.

НУБІП України

Із наведеної класифікації очисників вороху бачимо, що за способом відокремлення домішок розрізняють два типи очисників: просівальні та фрикційні. Перші працюють за ознакою розділення компонентів вороху “розмір”, другі – на основі різниці коефіцієнтів тертя складових компонентів, які необхідно розподілити [24, 25].

НУБІП України

Очисники просівального типу є різними комбінаціями пруткових транспортерів, притискних вальців, шнеків, кулачків і т.п., розміщених один над одним таким чином, що ворох коренеплодів надходить у зону між рухомими гілками або органами та активно очищається [26, 27].

НУБІП України

Транспортерні очисники, робоче русло яких утворене, як правило, прутковими транспортерами (елеваторами), виготовляють просівального і фрикційного типів. Вони бувають одноконтурними (рис. 1.2а, б) або двоконтурними (рис. 1.2а, в). При цьому верхній контур 3 може бути пасивним (нерухомим) або активним 2, але з дещо різними швидкостями $V_1 > V_2$. За рахунок цього відбувається деяке розосередження вороху коренеплодів, їх відносне переміщення, часткове подрібнення грудок ґрунту та відокремлення налиплого вологого ґрунту від коренеплодів і сепарація домішок через зазори між прутками нижнього контуру транспортера.

НУБІП України

У зв'язку зі збільшенням ширини захвату машин очисники такого типу не часто знаходять своє використання незважаючи, на відносну простоту конструкції [2, 6]. Як правило, в сучасних конструкціях КМ транспортерні очисники виконують з'єднувальні функції транспортування вороху від однієї транспортно-технологічної системи до іншого робочого вузла КМ. Вони

також широко застосовуються в технологічних схемах підбирачів коренеплодів із поздовжніх валків при валковій технології збирання [28].

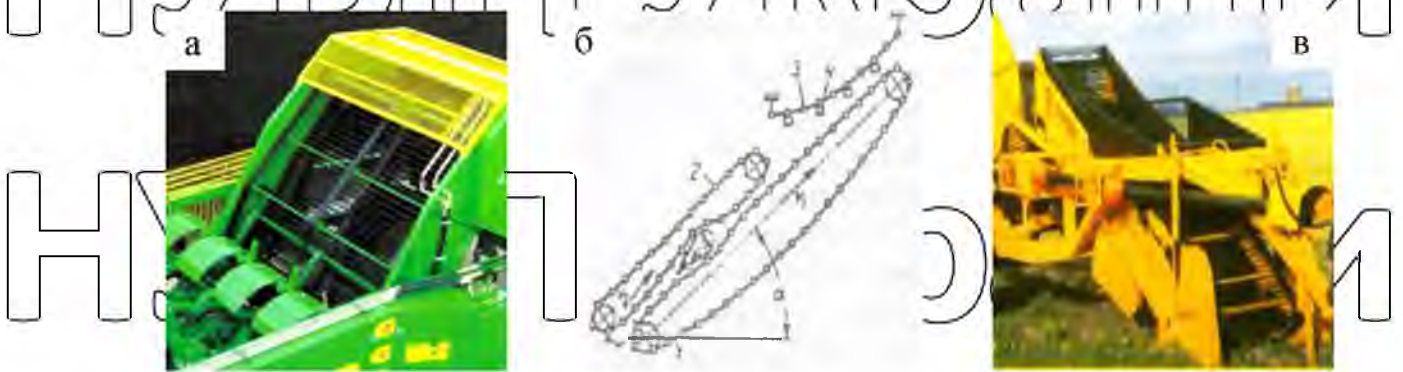


Рис. 1.2. Загальний вигляд (а, в) і конструктивна схема (б)

транспортних очисників. а – одноконтурний; б, в – двоконтурний. Недоліком вказаних очисників є практично відсутнє відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, незадовільний ступінь сепарації рослинних домішок і щільних грудок ґрунту. Для інтенсифікації процесу в даний час застосовуються різні притискні вальці малого діаметра (80...100 мм) для відбору гички, комбіновані гвинтові конвеєри (300...350 мм) [29, 30], роторні очисні щітки [31] тощо, які в комбінації з транспортерами утворюють комбіновані очисні робочі органи.

Оригінальну конструкцію двоконтурного транспортерного очисника застосовано у самохідних комбайнах зарубіжних фірм Thyssen (Швеція) і "ТІМ" (Данія), конструктивна схема якого наведена на рис. 1.26 [2]. Активізація відокремлення домішок і взаємне переміщення складових вороху коренеплодів відбувається у V-подібній камері, яка утворена верхніми гідками пруткового подавального та скребкового завантажувального транспортерів, причому задня частина пруткового транспортера встановлена під деяким регульованим кутом до горизонталі, а нижній кінець завантажувального транспортера встановлено в місці перегину полотна пруткового транспортера. Коренеплоди захвачуються скребками завантажувального транспортера, а домішки просіваються і виносяться прутковим транспортером за межі машини.

У фрикційних очисниках для розділення вороху на складові компоненти вільної землі та гічки, рослинних залишків, коренеплодів тощо, використовується різниця коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок.

Фрикційні очисники в основному являють собою різні комбінації гірок, виконаних у вигляді стрічкових транспортерів. Відомі гірки діляться на дві групи – поздовжні та поперечні [32]. У перших відокремлені фракції рухаються вздовж вороху, що надходить, а у других – одна із фракцій рухається поперек вороху. Поздовжні гірки відомі двох типів – прямопотокові (рух стрічки і вороху односторонній) і зворотнопотокові (стрічка рухається назустріч руху вороху).

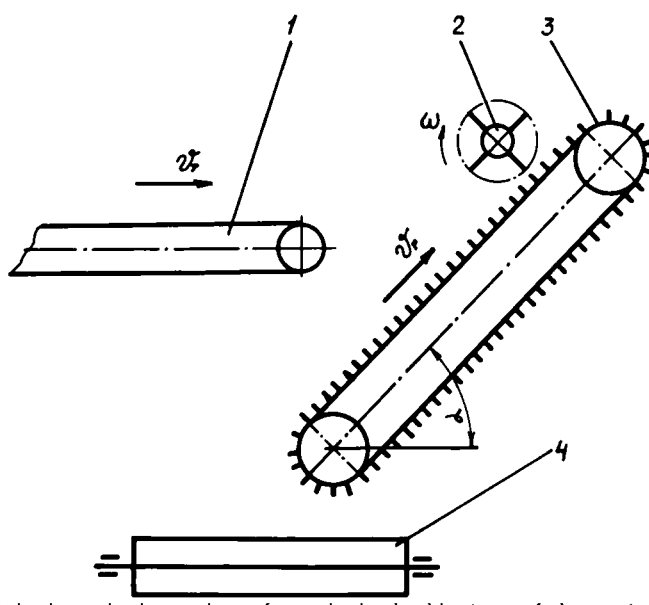


Рис. 1.3. Конструктивна схема розташування гірки в технологічному процесі коренезбиральної машини: 1 – повздовжній транспортер; 2 –

відбійний бітер; 3 – полотно гірки; 4 – приймальний транспортер

Конструктивна схема розташування поздовжньої гірки в технологічному процесі роботи наведена на рис. 1.3. Таке розташування гірки є типовим. Воно

використовується у технологічних схемах більшості КМ. Проте гірки можуть виділяти з вороху, що надходить, переважно плоскі й багатогранні домішки, при цьому їх сепаруюча можливість не перевищує 40%. Це пояснюється тим, що дрібний ґрунт, який постійно знаходиться в зоні сепарації, зменшує

різницю коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок [33].

Таким чином, на транспортерних очисниках можливо практично повне відділення сипучого ґрунту. Недоліки цих пристроїв – так: незадовільна сепарація вологого, важкого ґрунту, великих за розмірами рослинних домішок

і грудок ґрунту. За даними досліджень [34] при вологості ґрунту 25...27,5 % сепарації ґрунту на транспортерних очисниках практично не відбувається.

Роторні очисники застосовуються практично в усіх сучасних західноєвропейських бурякозбиральних машинах (“Tim”, “Thyregot”, Данія; “Kleine”, “Stoll”, “Holmer”, “WKM”, ФРН; “Moreau”, “Hergiau”, “Matrot”, Франція та

ін.), у тому числі й у комбінації зі шнековими очисними та прутковими транспортуючими робочими органами. Це пояснюється тим, що такі очисувачі мають ряд переваг, найсуттєвішими з яких є простота конструкції,

надійність, довговічність і досить висока очисна ефективність, особливо при роботі в умовах підвищеної вологості ґрунту, характерної для Західної Європи.

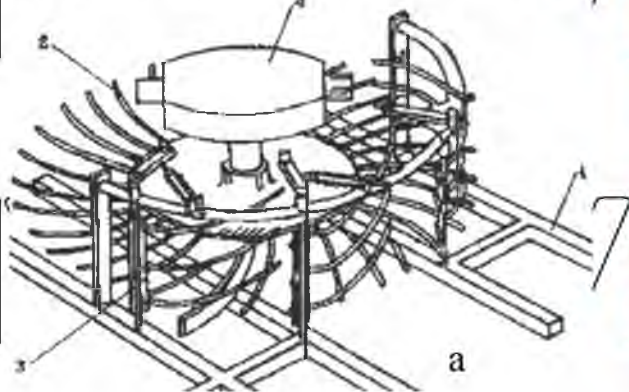


Рис 1.4. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б)

однороторного очисника. 1 – рама; 2 – очисний ротор;
3 – обмежуючі направляючі решітки; 4 – редуктор привода

Робочою поверхнею очисників такого типу є встановлений горизонтально або під деяким кутом диск із розташованими по радіусу диска прутками (рис. 1.4). Для формування потоку вороху і направлення його на наступні робочі органи по зовнішній периферії кола ротора встановлюють пруткові решітки, які закінчуються направляючими гребінками.

Конструктивно-технологічні схеми компоновки машин із використанням очисників роторного типу бувають різні. Очисний ротор виконує функцію як транспортуючого органу, що формує потік коренеплодів відразу після викопуючих робочих органів (рис. 1.5а), так і доочисного (рис.

1.5б), або ці функції поєднуються транспортно-доочисним робочим органом (рис. 1.5в). Завдяки великій площі просіювання очисного ротора 1 (рис. 1.4а) й обмежувальній боковій решітці 2, динамічній дії прутків на елементи вороху і створенню відцентрових сил, що притискають коренеплоди до периферійних прутків решітки, роторні очисники задовільно відокремлюють вільні домішки, частково очищують коренеплоди від налиплого ґрунту. Цьому сприяє те, що центр тяжіння коренеплоду розташований ближче до його головки і коренеплоди при русі під дією відцентрових сил контактують з прутками частіше головою, аніж хвостовою частиною. Максимальний очисний ефект досягається, якщо центральний кут обтікання очисного ротора ворохом коренеплодів не менше 150° [2].



Рис. 1.5 Загальний вигляд транспортного (а), доочисного (б) конструктивно-технологічна схема (в) транспортно-очисного роторного очисника

Для зміни напрямку технологічного потоку над диском у робочому просторі очисника можуть використовуватися шнек або інший робочий орган з активною граничною поверхнею. Дана схема компоновання роторного очисника реалізована в 6-рядному коначі коренеплодів [35], де звуження потоку

валка вирішується поєднанням роторного очисника і гвинта (рис. 1.6а). Він включає копачі 1 і два решітчасті диски 2 і 5, які обертаються зустрічно один одному. Диски мають конусність, вершина якої направлена вгору. Лівий диск 5 виконаний меншого діаметра і трохи зміщений назад відносно правого диска 2. Над дисками розташовано гвинт 4, вісь обертання якого проходить через центр лівого диска. Гвинт встановлено під кутом до напрямку руху копача, а вихідний кінець його розміщується над краєм правого диска. При зустрічі вороху з гвинтом він змінює напрямок руху вороху, при цьому спільна дія поверхонь дисків і гвинта на корені інтенсифікує процес їх очищення.

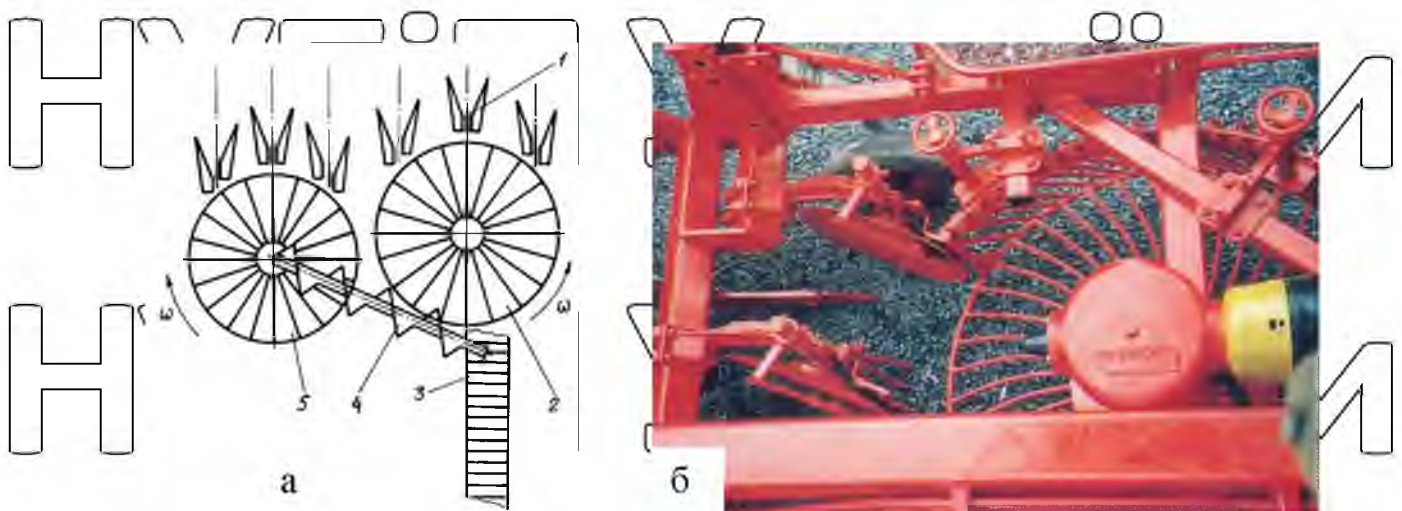


Рис. 1.6. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) копача коренеплодів з роторним очисником: 1 – лемішні копачі, 2, 5 – решітні роторні диски, 3 – утворений валок коренеплодів, 4 – гвинт

У більшості випадків двороторні очисники компонують з пасивними підкопувальними робочими органами і переважно застосовуються в шестирядних бурякозбиральних машинах (рис. 1.6б та 1.7а). Крім того, може також встановлюватися і третій додатковий диск меншого діаметра, який доповнює очищення коренеплодів (рис. 1.8б).

Жорсткі вимоги до чистоти вороху коренеплодів змушують західні фірми обладнувати комбайни складною системою очисних роторів, число яких іноді досягає 5 або навіть 8 [36], а також знаходити різні способи

інтенсифікації відокремлення домішок за рахунок установлення додаткових роторних активаторів, збільшення робочого шляху потоку вороху, установлення гірок, щіток на вивантажувальному транспорті тощо [37]. Для підвищення сепаруючої можливості використовується робочий орган, який містить компоновану схему із п'ятьох роторних дисків (рис. 1.8), де коренеплоди спочатку надходять на першу пару сепаруючих дисків, а потім переміщуються по S-подібній траєкторії на інші сепаруючі диски, які обертаються в протилежному напрямку один відносно другого.

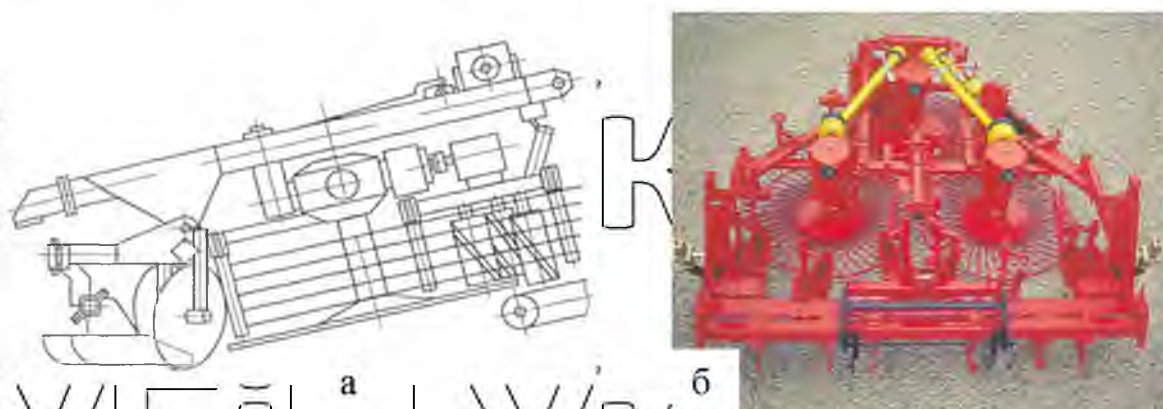


Рис 1.7. Конструктивна схема двороторного (а) і загальний вигляд трироторного (б) очисників з пасивними підкопувальними дисками

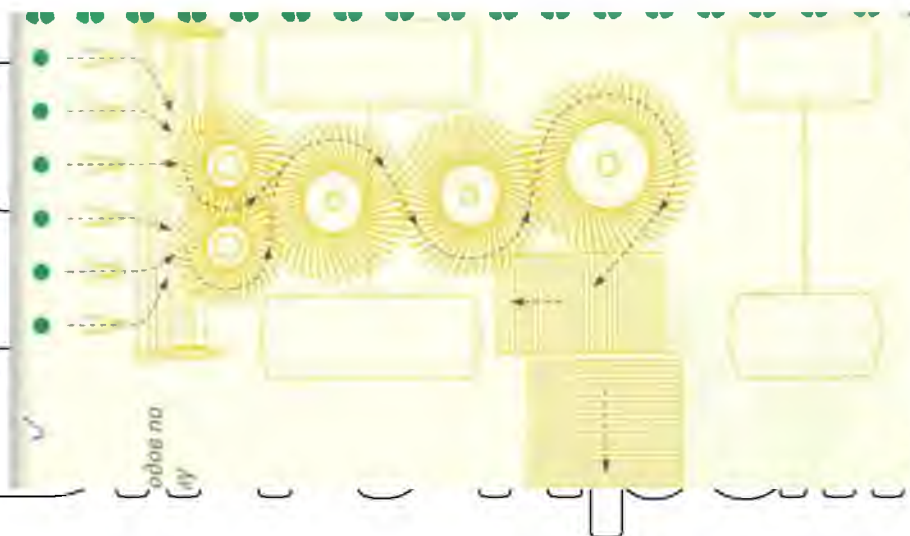


Рис. 1.8. Компоновальна схема п'ятироторного очисника вороху

Застосування знакозмінного напрямку транспортування вороху коренеплодів, а також поєднаного розташування роторів підвищує сепаруючі здатності такої машини. Однак основним її недоліком є конструктивна й

технологічна складність виготовлення такого компоновання.

Вибір схеми розташування роторів, їх кількості, напрямку обертання залежить від компоновки бурякозбиральної машини, типу викопувальних робочих органів, ґрунтово-кліматичних умов, а також технології використання цукрових буряків. Сепаруючий ефект у роторних очисниках досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска і направляючих бокових решіток, а також під впливом відцентрових сил, що діють на ворох. Роторні очисники серед існуючих типів вважаються найбільш агресивними з точки зору їх дії на коренеплоди.

Очисники роторного типу характеризуються простотою і незначною матеріаломісткістю, однак мають ряд недоліків. Із-за наявності зазору в зоні переходу вороху з одного диска на другий спостерігаються втрати коренеплодів унаслідок вмивання їх у розпушений ґрунт, а також звантаження маси при сходженні потоків, які надходять з двох дисків. Крім того, роторні очисники травмують коренеплоди при переході їх з одного диска на другий в основному внаслідок зламу їх хвостової частини [38] і ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків (турбін), що значно обмежує їх застосування [39, 40]. Окрім суттєвого пошкодження коренеплодів ротори мають велику енергоємність [2] і створюють значні навантаження на вузли привода та опори, у яких обертаються вали, а тому до даних робочих органів висуваються жорсткі вимоги стосовно дотримання технології виготовлення та складання [4, 28].

Кулачкові очищувачі, розроблені ще на початку 30-го століття, виконують сепаруючу та транспортуючу функції. Наприклад, однорядний комбайн "Жан Миро", який застосовувався в 1960-і роки у ряді вітчизняних дворядних комбайнах (СКН-2А та ін.), кулачковий очищувач являв собою ряд валів 1 (рис. 1.9а) зі встановленими на них зірчочкоподібними кулачками 2. У процесі роботи вали обертаються в одному напрямі і, ударяючи лопатями кулачків 2 по коренеплодах, транспортують їх і очищають від налиплого

грунту, а також від вільних ґрунтових і рослинних домішок, які просіваються через просвіти між кулачками. Під впливом кулачків відбувається також руйнування не дуже міцних ґрунтових грудок. Сепаруюча здатність очисника залежить від розмірів просвітів між кулачками, частоти обертання валів і кута

установки всього очисника до горизонту. Частоту обертання суміжних валів встановлюють різною за ходом просування вороху і його очищення. Вали розташовують так, щоб кулачки перекривали один одного, а швидкість переміщення вороху збільшувалася. Максимальні зазори між кінцями лопатей

і валами встановлюють такими, щоб уникнути втрат коренеплодів діаметром понад 50 мм.



Рис. 1.9 Конструктивна схема сепаруючого (а) і грудкоподрібнюючого (б) та загальний вигляд (в) кулачкового очисників

Трикулачкові очисники-грудкоподрібнювачі мають вигляд паралельно розташованих кулачкових валів (рис. 1.9б, в), які обертаються в одному напрямку.

Умова ефективної роботи кулачкового очисника-грудкоподрібнювача має вигляд $2d_c < \alpha < 2d_n$, де d_c і d_n – максимальний кут защемлення відповідно коренеплодів і грудок ґрунту. Відомо, що грудки ґрунту защемлюються при $\alpha < 53^\circ$, а для попередження пошкодження коренеплодів $\alpha > 40^\circ$ [7, 41].

Основними недоліками кулачкових очисників є пошкодження коренеплодів [7, 42] і намотування бур'янів на елементи конструкції які обертаються з кутовою швидкістю ω при роботі на ділянках зі підвищеною забур'яненістю і невеликий очисний ефект який при цьому виникає [43], та жорстка залежність лінійних розмірів кулачків від розмірних характеристик

коренеплодів і грудок ґрунту. За даними досліджень [44] при збільшенні 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.

Найбільшого поширення набули шнекові очисники вороху коренеплодів завдяки їх активності та універсальності. Основними їх перевагами є: порівняльна простота конструкції, надійність і довговічність, активна дія на ворох коренеплодів і його ефективне очищення від вільних і зв'язаних домішок, поєднання в одному робочому органі функцій очищувачів і транспортерів коренеплодів з широкими можливостями варіювання траєкторією потоків коренеплодів за рахунок відповідного розташування очисних вальців, напрямів їх обертання, висоти і напрямів навивки. Шнекові очисники мають деяку здатність відокремлювати частину налиплого на коренеплоди ґрунту, вільну гичку і бур'яни завдяки дії витків навивки по дотичних до коренеплодів і грудок, проте мають меншу просіювальну здатність у порівнянні з роторними очисниками. При довжині шляху 2 м

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

шнекові очишувачі зменшують уміст ґрунту на коренеплодах у середньому приблизно на 40...50% [2].

У загальному випадку класифікація шнекових очисників бороху коренеплодів наведена на рис. 1.10, а основні схеми очисників – у додатку

А.2.1. Із різних варіантів конструкцій шнекових очисників можна виділити два основних – з поперечним і поперечним рухом бороху коренеплодів. У цьому

ШНЕКОВІ ОЧИСНИКИ БОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

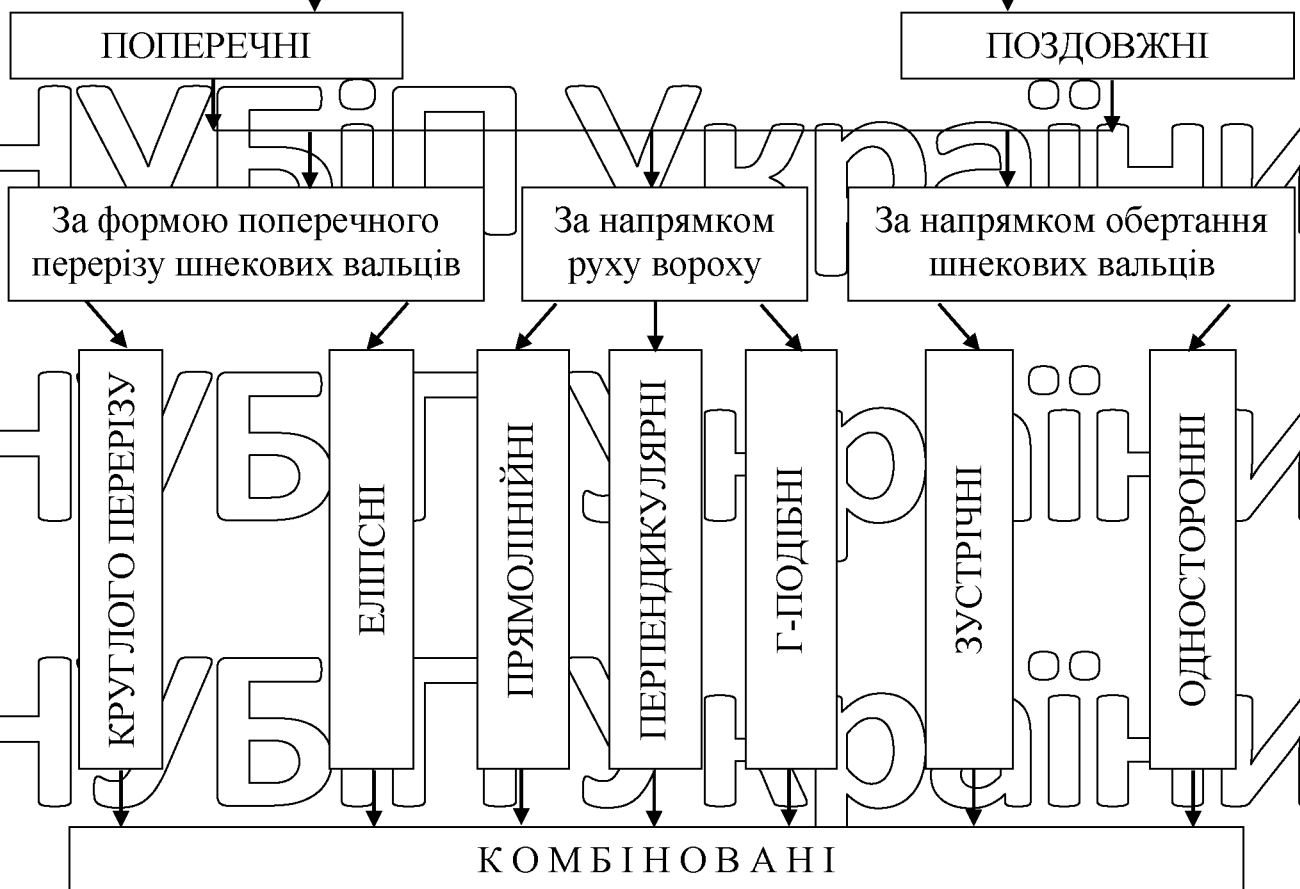


Рис. 1.10. Класифікація шнекових очисників бороху коренеплодів технологічно-конструктивному аспекті розрізняють очисники із зустрічним і одностороннім напрямком обертання очисних валів шнеків [45].

Шнекові очисники бурякозбиральних машин працюють за принципом розділення "розмір". Очищення відбувається за рахунок підкидання коренеплодів і зскрібання частинки ґрунту виступами спіралей шнеків. З метою забез-

печення кращої сепарації очисні вали шнеків обертаються з різними кутовими

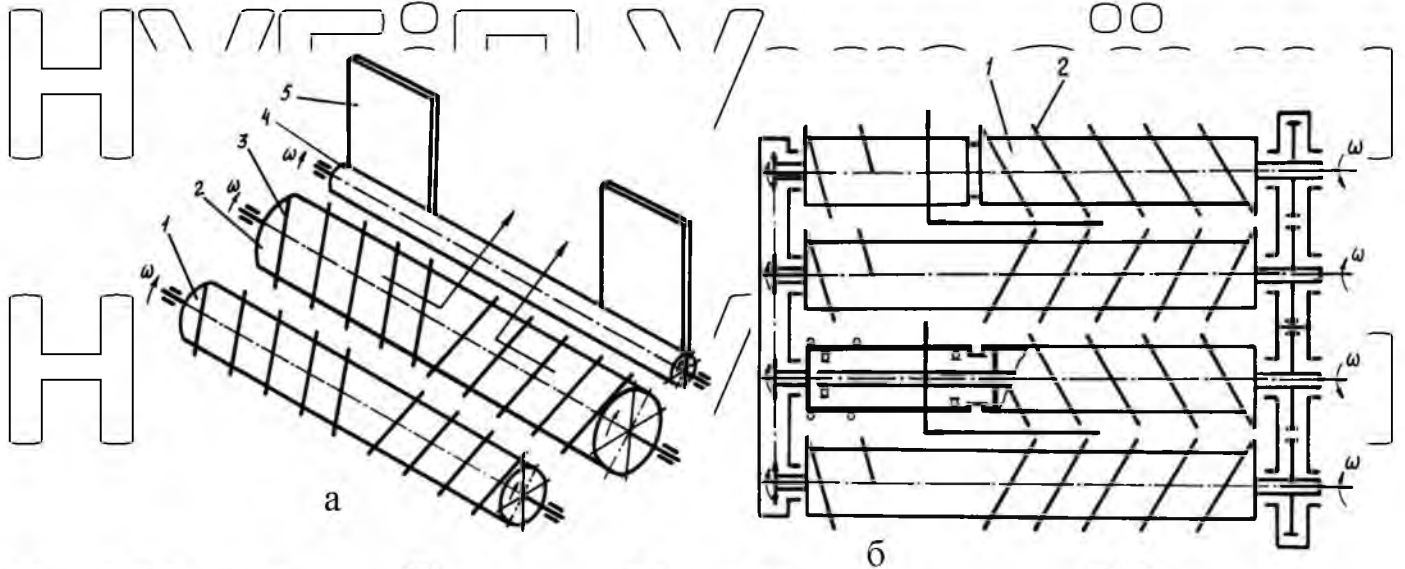


Рис. 1.11. Конструктивні схеми поперечних шнекових очисників.

а – очисник звуження потоку вороху коренеплодів. 1, 2 – спіральні

шнеки; 3 – виток шнека; 4 – гладкий валець; 5 – щиток; б – очисник з Г-

подібним напрямком руху вороху коренеплодів: 1 – барабан спірального

щвидкостями.

Поперечні шнекові очисники, як правило, застосовуються в багаторядних бурякозбиральних машинах (чотири-, шестирядних) [46, 47]. Їх особливістю є те, що вали обертаються в одному напрямку, а спіралі виготовляються з різним напрямком навівання. Шнеки, які розташовані біля копача, забезпечують розведення вороху до периферії валів, а задній блок шнеків зводить потік буряків у зону вивантаження.

Із робочих органів, які працюють за принципом розділення "розмір" заслуговує на увагу шнековий очисник вороху коренеплодів (рис. 1.11а), в якому звуження й очищення вороху від домішок відбувається при догосмізці двох валів 1 і 2 (шнеків) зі спіральними зустрічно направленими витками 3,

гладкого вальця 4, що утворюють разом з щитками 5 вхідне вікно для проходження коренів. При його роботі ворох коренеплодів з викопуючих робочих органів надходить на вали 1, 2 і 4, які обертаються в одному напрямку.

Грунтові та рослинні домішки інтенсивно просіюються в зазор між валами, а коренеплоди гвинтовими виступами витків 3 зміщуються уздовж осі обертання валів у напрямку від кінців валів до їх середньої частини. Два потоки коренеплодів зустрічаються проти вікна в щитку 5 і, повернувшись на 90° , направляються через вікно в щитках на наступний робочий орган.

Основна маса сипкого ґрунту при обробці вороху на спіральних очисниках виділяється в передній частині, далі за рахунок взаємодії з вальцями коренеплоди звільняються від налиплої землі, яка також просіюється. З метою збільшення дії вальців на коренеплоди, для ефективного очищення їх від налиплого ґрунту, в Німеччині розроблено спіральний очисник з кроком спіралі, який збільшується за ходом очищувального вороху [48]. В очисниках зі зустрічним напрямком руху очищувального вороху, що мають Г-подібний вихід у середній частині вальців, біля виходу збирається велика кількість коренеплодів. Для збільшення сепарувальної можливості очисника такої конструкції запропоновано спіральну навивку виконувати з розривами, а вальці встановлювати ексцентрично і геометричну вісь кожного вальця розташовувати під кутом до осі його обертання з перехрещенням останньої у вивантажувальній частині [49]. У ФРН, США запропоновані спіральні очисники з Г-подібним направленням переміщення оброблюваного вороху, які забезпечують звуження потоку при передачі його на наступні робочі органи [50, 51]. Таке виконання очисника досягнуто за рахунок випотворення одного зі зустрічно-обертаючих вальців з двох частин, одна з яких має напрямок обертання, протилежний напрямку обертання другої і збігається з напрямком обертання другого вальця (рис. 1.116).

Шнекові сепаратори очищають і транспортують коренеплоди в напрямку осі обертання або перпендикулярно до неї. До переваг таких робочих органів можна віднести простоту конструкції, можливість суміщення

в одному робочому органі функції очищення й транспортування, задовільна якість сепарації коренеплодів. 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%). Із підвищенням вологості до 28% очисники втрачають працездатність [52, 53].

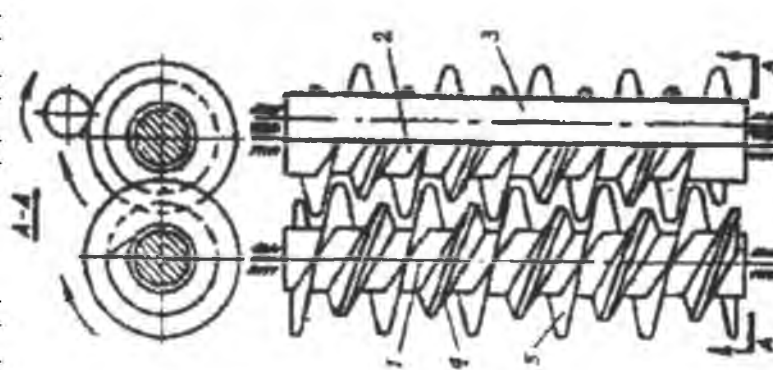


Рис. 1.12. Шнековий багатозахідний очисник: 1, 2 – шнекові очисники;

3 – гладкий вал; 4, 5 – багатозахідні шнекові гвинтові спіралі

При збільшенні часу перебування в робочому руслі ступінь сепарації коренеплодів підвищується, але одночасно збільшується ймовірність їх проходження. Ступінь “агресивності” шнеків визначається висотою і чистотою навівання рифів, а час перебування на них вороку коренеплодів обмежується.

Для самоочищення спіралей від налиплого ґрунту, а також підвищення інтенсивності обертання коренеплодів при їх сепарації розроблено шнекові очисники, в яких застосовані спіралі круглого поперечного перетину [54, 55, 56]. Вони характеризуються незначним пошкодженням коренеплодів, однак за інтенсивністю сепарувального ефекту такі робочі органи значно поступаються

шнекам з ребристими навивками. Їх застосовують при роботі машини на грунтах, уміст "фізичної" глини яких не перевищує 50%.

Відомий гвинтовий очисник вороху коренеплодів [57], активні шнеки якого виконані двозахідними і різної висоти спіральних витків (рис. 1.12). Така форма спіральних витків дозволяє відокремлювати ворох коренеплодів на фракції: вільний ґрунт і рослинні домішки транспортуються витками меншої висоти, а коренеплоди – гвинтовими спіралями більшої висоти.

Недоліками даної конструкції очисника є висока матеріаломісткість, складність у виготовленні та значне травмування коренеплодів. З метою запобігання процесу травмування коренеплодів на робочу поверхню рифів шнеків "одягають" еластичні елементи.

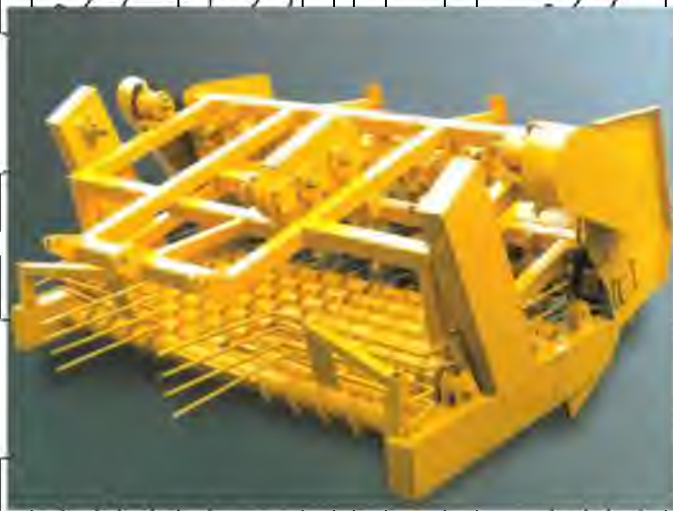


Рис. 1.13. Поперечний шнековий очисник валкоутворювача KR-6-II



Рис. 1.14. Поздовжній шнековий очисник фірми "Garford Victor"

Для зменшення ступеня пошкодження тіла коренеплодів шляхом зниження контактних напружень при їх ударних взаємодіях зі сепаруючими елементами останні можуть виконувати або суцільними з еластичного матеріалу [58], або з окремих гумових сегментів [59].

При суттєвому зменшенні ступеня пошкоджень коренеплодів такий напрямок виконання робочих органів не отримав широкого застосування на

практиці, оскільки гумові поверхні швидко зношуються в процесі експлуатації.

Поперечними шнековими очисниками укомплектовані вітчизняні КМ КС-6Б, КС-6В, РКМ-6, РКС-6, МКП-6, а також машини провідних зарубіжних фірм KR-6-II “Kleine” (рис. 1.13), “Stoll” (ФРН) тощо.

Характерною особливістю блока звідних поперечних шнеків є розташування в зоні завантаження вороху поздовжнього транспортера обмежувальних пластин або консольних гвинтових валів [4]. У першому випадку [60] (при зустрічно направленому потоці), коренеплоди, взаємодіючи з жорсткими пластинами, сильно травмуються, а при підвищеній податливості пластин випадають на зібрану частину поля.

Поздовжні шнекові сепаратори забезпечують очищення та транспортування коренеплодів у напрямку осі обертання й характеризуються протилежним напрямком навивання та обертання спіралей (машини фірм “Heath”, “Garford-Victor” Англія). Робочі органи такого типу в основному виконують транспортувальні функції з невеликим очисним ефектом і, як правило, застосовуються замість стрічкових елеваторів.

На рис. 1.14 наведено загальний вигляд поздовжнього шнекового очисника причіпної КМ фірми “Garford-Victor” (Англія).

Конструктивна складність розташування підшипникових опор таких робочих органів і, як наслідок, виникнення “мертвих зон” на шляху транспортування вороху обмежило широке застосування поздовжніх шнекових очисників у бурякозбиральних машинах. Крім того, при роботі на кам’янистих ґрунтах відбувається заклинювання каменів між вальцями, внаслідок чого порушується хід технологічного процесу роботи коренезбиральної машини.

Із проведеного огляду конструктивних схем очисників можна констатувати, що основним завданням роботи очисників є забезпечення високого ступеня відділення ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів при їх мінімальних пошкодженнях. Проблема додаткової сепарації коренеплодів є актуальною і дедалі частіше у конструкціях вітчизняних і

зарубіжних машинах застосовуються додаткові доочисні робочі органи.

В одних випадках сепарація є інтенсивною (тинкові, роторні очисники), що призводить до суттєвих пошкоджень коренеплодів, а в інших – виконанням еластичних поверхонь домагаються мінімальних пошкоджень коренів, що призводить до збільшення шляху та часу їх переміщення в технологічному руслі очищення. Шляхами вирішення радикальних напрямків підвищення технологічної та експлуатаційної ефективності роботи КМ необхідно надавати питанням подальшої інтенсифікації технологічних процесів роботи очисників.

1.2. Обґрунтування вибору комбінованого робочого органу

Розглянуті типи і конструкції очисників вороху коренеплодів переважно розташовуються за викопуючими робочими органами і відносяться до так званих “агресивних” сепараторів [3]. Водночас доочисні робочі органи знаходяться в середині або в кінці технологічного русла машини і їх дія на коренеплоди характеризується значно меншим ступенем агресивності, що зумовлює їх широке впровадження в конструктивно-технологічні схеми бурякозбиральних машин для забезпечення показників якості очищення вороху, які регламентовані вихідними вимогами до КМ [61, 62].

Тому останнім часом у компоновальних схемах бурякозбиральних машин знаходять застосування комбіновані очисники вороху коренеплодів, які сприяють покращенню їх очищення при менш агресивній дії робочих поверхонь на продукт обробки. Зменшення агресивності впливу робочих органів на коренеплоди в напрямку руху потоку вороху від копача при їх очищенні зумовлене тим, що зростає ймовірність безпосередньої взаємодії робочих органів з чистою поверхнею коренеплодів, де пошкодження будуть максимальними.

Для інтенсифікації процесу розділення компонентів вороху коренеплодів застосовують комбіновані очисні системи [63, 64], конструктивні схеми яких зображені на рис. 1.15, 1.16.

Очисний пристрій (рис. 1.15) є поєднанням завантажувального транспортера 1 і очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею, яка містить ведений 3 і ведучий 4 вали, що виконана з окремих транспортуючих контурів 5, розміщених під різним кутом до горизонту. У нижній частині очисної гірки 2 розміщені транспортуючо-очисні органи, виконані у вигляді системи шнеків 6 осі яких знаходяться на нижній віссі еліпса, більша вісь якого менша за суму внутрішніх діаметрів чотирьох шнеків, а менша вісь – дорівнює внутрішньому діаметру шнека, чи в два рази більша за нього, що забезпечує створення активного русла. Шнеки 6 виконані круглого перерізу.

Недоліками даної очисної системи є незадовільна якість очищення бороху коренеплодів з умов надмірної вологості ґрунту – шнеки залипають вологим ґрунтом і втрачають свою працездатність.

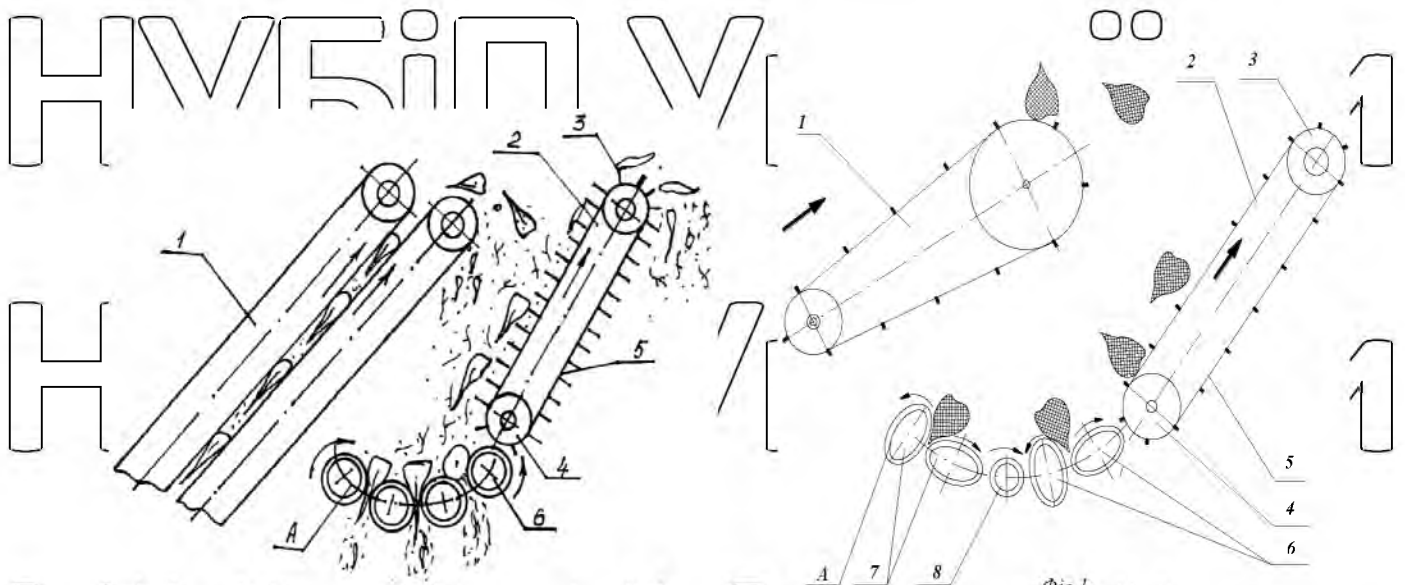


Рис. 1.15. Очисна система бороху коренеплодів з шнеками круглого перерізу

Рис. 1.16. Очисна система бороху коренеплодів з еліптичними шнеками

Комбінована очисна система бороху коренеплодів (рис. 1.16) складається із завантажувального транспортера 1, за яким під кутом до

горизонту встановлена очисна пальчикова гірка 2, яка являє собою контур замкненого 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 у 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. У центральній нижній частині між правою 6 та лівою 7 системами шнеків встановлено гладкий циліндричний

валець 8 з зазором до сусідніх шнеків, що дрівнює величину зазору між суміжними еліпсними шнеками, вісь обертання якого також розташована на нижній вітці еліпса А.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

За рахунок надання вороху вертикального осцилюючого руху при його поздовжньому переміщенні над еліптичними валами відбувається значна інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів, але основним недоліком даної очисної системи є незадовільне відокремлення налиплого ґрунту з поверхні тіла коренеплодів і значне пошкодження коренеплодів за рахунок затягування їх хвостової частини між гладеньким і еліптичним вальцями відповідної системи шнеків.

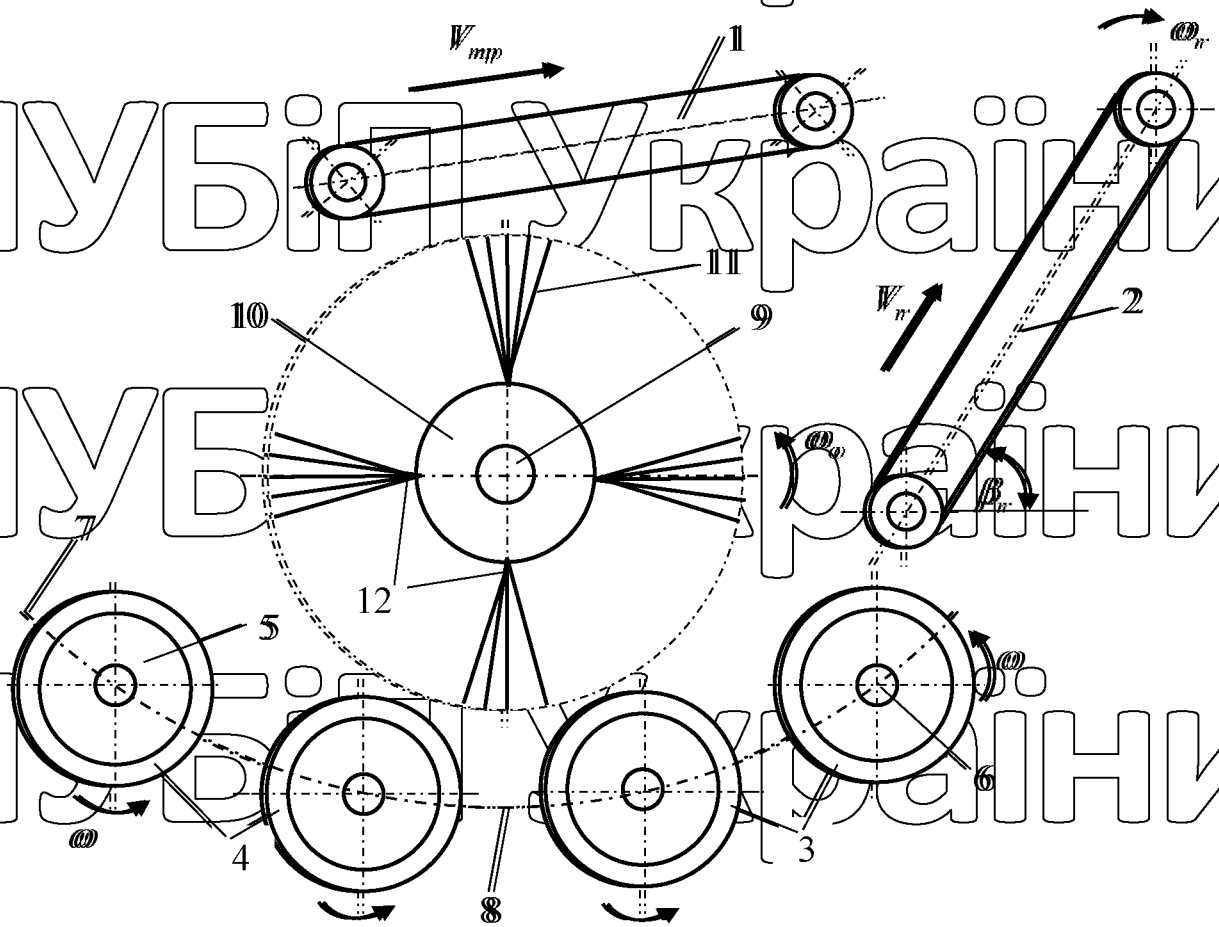


Рис. 1.17. Конструктивна схема комбінованого очисника вороху коренеплодів, вигляд збоку

Для усунення цього недоліку нами запропонований комбінований очисник вороху коренеплодів цукрових буряків [65, 66, 67], конструктивну схему якого наведено на рис. 1.17, 1.18, а технічна новизна захищена 3 патентами України на винаходи (додаток А.3.2, додатки Д.2.2, Д.2.3).

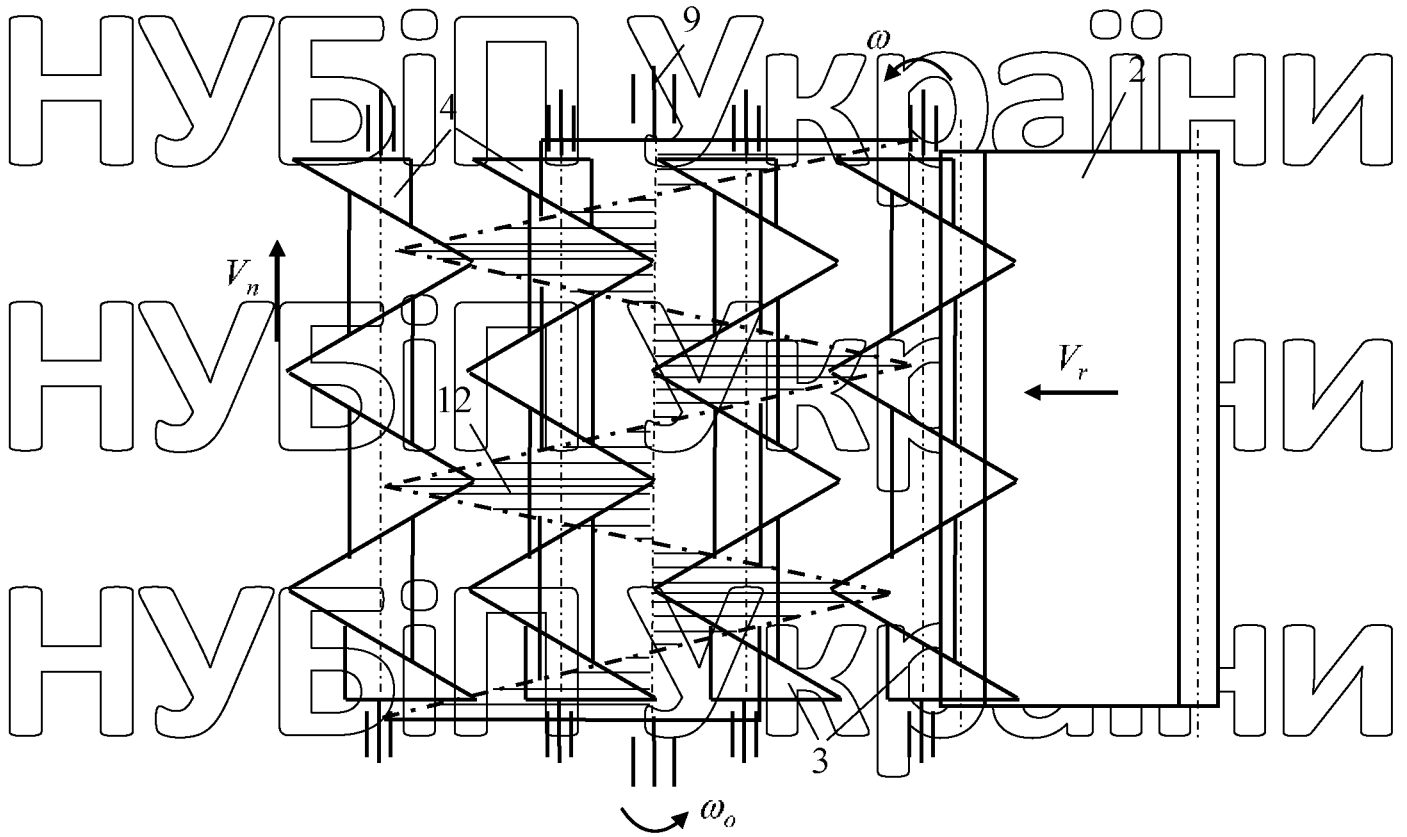


Рис. 1.18. Конструктивна схема комбінованого очисника бороху коренеплодів, вигляд зверху

В основу розробки поставлено завдання підвищення інтенсивності відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів, шляхом виконання комбінованого очисника бороху коренеплодів, який складається із завантажувального транспортера 1, очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею, встановленою під кутом α до горизонту. У нижній частині сходу очисної гірки розміщені транспортуючо-очисні органи, виконані у вигляді правої 3 та лівої 4 системи шнеків 5 круглого перерізу, осі 6 обертання яких знаходяться на нижній ділі еліпса 7 та утворюють жолоб робочого русла 8. Шнеки встановлені консольно на своїх опорах. Очисна гірка встановлена вздовж осей обертання шнеків круглого перерізу відповідної правої або лівої системи шнеків. У просторі жолоба робочого русла вздовж правої і лівої систем шнеків круглого перерізу та зверху над шнеками горизонтально встановлено вал 9, на барабані 10 якого розміщено очисні

пружні елементи 11, набрані з пучків ворсу 12. Очисні пружні елементи розміщені на барабані вала по гвинтовій лінії, причому напрямок навивання гвинтової лінії протилежний напрямку осевого переміщення вороху коренеплодів уздовж жолоба робочого русла.

Комбінований очисник вороху коренеплодів працює таким чином.

Викопаний ворох коренеплодів подається завантажувальним транспортером 1 на очисну гірку 2, де відбувається попереднє часткове відділення вільної землі і рослинних залишків. Недоочищений ворох

коренеплодів з нижньої частини сходу очисної гірки надходить у простір жолоба робочого русла 8, тобто на праву 3 та ліву 4 системи очисних шнеків 5 круглого перерізу. При цьому домішки проходять у зазор між робочою поверхнею шнеків і нижнім торцем очисних пружних елементів 11.

Коренеплоди, переміщуючись уздовж осей 6 обертання шнеків, за рахунок контакту з очисними пружними елементами 11 очищуються від налиплого на їх поверхні ґрунту за рахунок обертальних рухів приводного горизонтального вала 9 і шнеків. Частина домішок просіюється в зазор між шнеками, а інша непросіяна частина домішок, за рахунок розміщення очисних пружних елементів по гвинтовій лінії, напрямком навивання якої протилежний напрямку

осевого переміщення коренеплодів, виноситься гвинтовою навивкою приводного вала вздовж жолоба робочого русла за межі очисника. Очищені коренеплоди шнеками 3 подаються далі на наступні ТТС КМ.

Таким чином, за рахунок встановлення горизонтального вала 9 з очисними пружними елементами 11 відбувається інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

Використання в комбінованому очиснику ефекту пригальмування вороху над шнеками круглого перерізу, а також безперервне взаємно протилежне пересування коренеплодів і домішок над зазором між шнеками забезпечує інтенсивне відокремлення землі та рослинних домішок як при оптимальній, так і при надмірній або низькій вологості ґрунту.

Виходячи із аналізу стану питання, можна зробити такі висновки.

1. Технологічний процес очищення бороху коренеплодів із застосуванням традиційних спіральних і роторних очисників не забезпечує ефективної сепарації домішок і не відповідає вихідним вимогам. При вискій вологості ґрунту шнеки залипають землею і втрачають працездатність. Роторні очисники ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків, що значно обмежує їх застосування у конструктивних схемах КМ.

2. Подальше вдосконалення технологічного процесу сепарації домішок без розроблення нових конструктивних схем і визначення функціональних параметрів практично вичерпало себе у плані підвищення якості очищення коренеплодів.

3. Підвищення агротехнічних показників якості відокремлення домішок від коренеплодів доцільно здійснювати зі застосуванням комбінованої очисної системи, виконаної у вигляді системи шнеків круглого перерізу, осі яких розташовані на нижній вітці еліпса та встановленим над шнеками приводного вала з пружними очисними елементами, виконаними у вигляді набраних пучків ворсу з обґрунтованими конструктивно-кінематичними параметрами.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА БОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

2.1. Обґрунтування параметрів жолоба робочих русел очисника

Ефективне очищення коренеплодів від землі та рослинних залишків, або інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів цукрових буряків забезпечується за рахунок утворення жолоба активних робочих русел

транспортування вороху вздовж шнеків очисника [3, 17, 75, 114]. Основні конструктивно-кінематичні параметри комбінованого очисника вороху та їх взаємозв'язок регламентований критеріями значень основних показників якості та показниками технологічно-експлуатаційної стабільності його роботи [2, 115].

З метою формалізації процесу сепарації вороху об'єктом дослідження та для подальшого обґрунтування параметрів комбінованого очисника розглянемо його складену розрахункову схему жолоба активних робочих русел, яку наведено на рис. 2.1, і технологічний процес роботи очисника.

Жолоб активних русел очисника утворений двома парами 1 і 2 поздовжніх шнеків, осі O_1 , O_2 , O_3 і O_4 центрів обертання яких розміщені на лінії дуги O_1CO_4 , утвореної радіусом R_o . Шнеки, встановлені з зазором c_d між своїми валами, обертаються з кутовою швидкістю ω , причому кожна пара шнеків і шнеки однієї пари мають одностороннє обертання відносно одна до одної або один до одного. Шнеки кожної пари мають однакові конструктивні розміри: зовнішній діаметр шнеків – D ; діаметр труби – d .

Секундна подача вороху в кількості W_c із нижнього сходу очисної гірки 2 (рис. 1.17) надходить на поздовжні пари 1, 2 шнеків (рис. 2.5) очисника, заповнюючи простір жолоба активних робочих русел. При цьому під час руху вороху вздовж робочих русел із середньою швидкістю V , основна частина сипкого ґрунту, дрібних ґрунтових грудок і рослинних домішок сепарується через зазор c_d між валами шнеків, а коренеплоди інтенсивно очищуються очисними пружними елементами 3 від налиплого на їх поверхні ґрунту і переміщуються шнеками до наступних ТТС КМ.

Для формалізації процесу роботи очисника приймаємо такі припущення:

- жолоб активних робочих русел очисника утворений контуром просторової фігури, поперечний переріз якої обмежений січенням вертикальної площини ABO_4CO_1A ;
- ворох коренеплодів розташовується на шнеках в один ряд [7] уздовж їх

осей обертання;

– нехтуємо, як незначним, об'ємом спіральних витків і очисних елементів, який вони займають в об'ємі жолоба робочих русел.

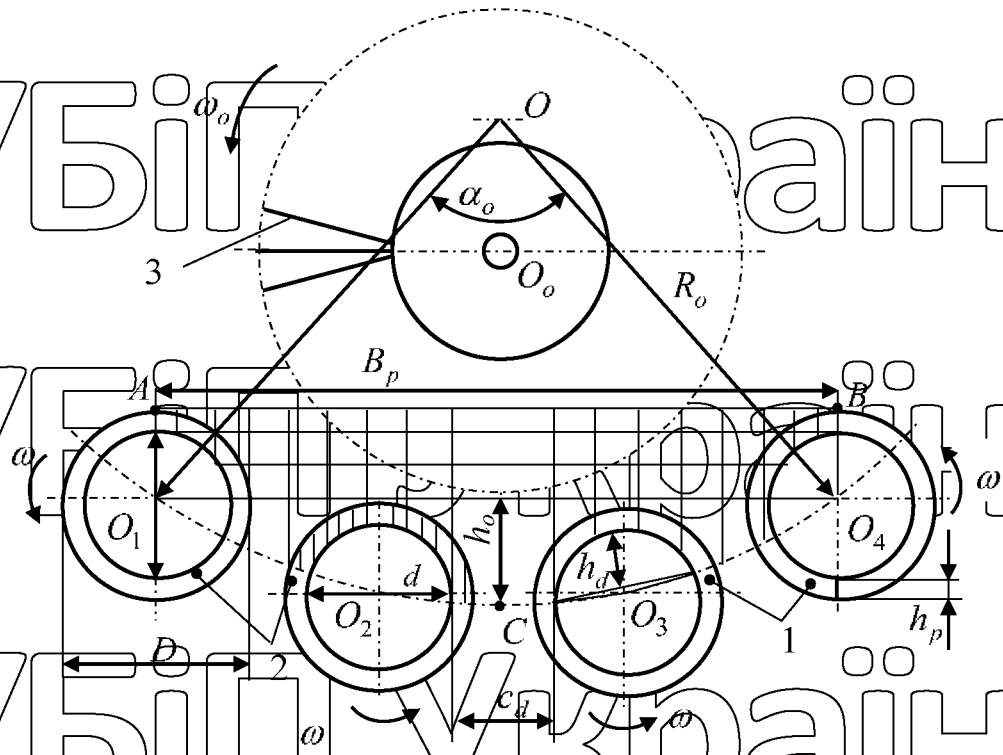


Рис. 2.1. Схема до розрахунку параметрів жолоба очисника:

1, 2 – пари поздовжніх шнеків; 3 – очисні елементи

Обґрунтування параметрів шнеків та утвореного ними жолоба активних русел проведемо на основі аналізу руху технологічної маси поверхнями основного елемента конструкції очисника, тобто шнека. Взаємозв'язок між конструктивними та кінематичними параметрами шнеків і розмірними характеристиками жолоба, утвореного робочими руслами шнеків, встановимо на основі аналітичного аналізу необхідної пропускної здатності очисника W_o або розрахункової продуктивності шнеків Q_o [93, 94].

У загальному випадку транспортування вантажів для визначення продуктивності робочих органів Q_M (кг/с) використовують залежність [17,

116]

$$Q_M = \gamma_G F V_c = Q_o, \quad (2.1)$$

де γ_G – об'ємна маса вантажу, кг/м³;

F – площа поперечного перерізу потоку (вантаж), м²;

V_c – середня швидкість переміщення потоку, м/с.

У нашому випадку, для гвинтових конвеєрів площу поперечного перерізу потоку F визначають через площу прохідного перерізу жолоба F_n очисника та загального коефіцієнта заповнення простору жолоба ϕ_k [97, 117, 118], а середня швидкість переміщення потоку V_c буде адекватна поздовжній швидкості переміщення коренеплодів згідно з прийнятим припущенням, або швидкості транспортування коренеплодів V_n [32] по робочих руслах очисника.

Згідно з [2, 91, 100] для забезпечення необхідної пропускної здатності очисника W_o та необхідного очищення вороху коренеплодів від домішок середня швидкість переміщення потоку V_c повинна узгоджуватися з продуктивністю КМ або секундною подачею вороху до очисника W_c .

Швидкість транспортування коренеплодів V_n по робочих руслах, утворених парами шнеків, визначаємо за залежністю [2.1]

$$V_n = \frac{W_c}{B_p q} = \frac{W_c}{kq(D + c_d)^2} \quad (2.2)$$

де B_p – ширина робочого русла, м;

q – маса вороху коренеплодів, розміщених в один шар на площі 1 м², кг/м²;

k – кількість робочих русел очисника;

D – діаметр шнека, м;

c_d – зазор між валами шнеків, м.

Застосувати складову $B_p = k(D + c_d)$ залежності (2.2) для подальшого аналізу в нашому випадку неможливо, тому що за даним виразом визначається ширина робочого русла для шнекових валів, які розташовані горизонтально, а їх осі обертання знаходяться в одній площині.

Крім того, частина домішок вороху коренеплодів інтенсивно сепарується через завори c_d між валами шнеків, значення якої врахуємо через поправочний коефіцієнт сепарації домішок λ_o [96 - 100].

Тоді згідно з (2.1), (2.2) і припущення, що часткова участь домішок в об'ємній масі вантажу γ_G незначна, тобто вона складається тільки з питомої маси коренеплодів, або $\gamma_G \cong \rho_1$, залежність (2.1) запишемо у вигляді [119]

$$W_o = Q_o \geq \lambda_o \frac{W_c F_n \rho_1 \phi_k}{B_p q}, \quad (2.3)$$

де Q_o – продуктивність очисника, кг/с;

λ_o – коефіцієнт сепарації домішок очисником;

F_n – площа прохідного перерізу жолоба, м²;

ρ_1 – питома маса коренеплодів, кг/м³; ϕ_k – коефіцієнт заповнення жолоба.

Площа прохідного перерізу F_n жолоба ABO_4CO_1A складається з суми площ прямокутника ABO_4O_1 та сегмента $O_1O_4CO_1$ за вилученням із них сумарної площі, яку займають сектори валів i -их шнеків у площі F_n , тобто

$$F_n = F_{np} + F_c - (F_{c.d_1} + F_{c.d_2} + \dots + F_{c.d_n}) = F_{np} + F_c - \sum_{i=1}^n F_{c.d_i}, \quad (2.4)$$

де F_{np} , F_c – відповідно площа прямокутника ABO_4O_1 і сегмента $O_1O_4CO_1$, м²;

$\sum_{i=1}^n F_{c.d_i}$ – сумарна площа секторів валів i -их шнеків, м²;

$F_{c.d_1}, F_{c.d_2}, \dots, F_{c.d_n}$ – площа сектора труби вала i -го шнека, м²;

$i = 1, 2, \dots, n$ – кількість шнеків жолоба робочого русла, шт.

Площу прямокутника ABO_4O_1 визначаємо

$$F_{np} = 0,5DB_p, \quad (2.5)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м.

Згідно з [105] площа поперечного перерізу сегмента F_c та довжина

хорди, або робоча ширина жолоба B_p , дорівнюють

$$F_c = 0,5R_o^2 \left[\left(\pi \alpha_o / 180 \right) - \sin \alpha_o \right]; \quad B_p = 2R_o \sin(\alpha_o / 2), \quad (2.6)$$

де R_o – радіус дуги ACD , м;

α_o – центральний кут, який стягує дугу ACD , град.

Крім того, згідно з [105] виразимо $\sin(\alpha_o / 2)$ і ширину жолоба B_p

$$\sin(\alpha_o / 2) = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha_o}{2}}; \quad B_p = 2\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}, \quad (2.7)$$

де h_o – висота сегмента $O_1O_4CO_5$, м.

Тоді, визначивши центральний кут $\alpha_o = \arccos[(2R_o^2 - B_p^2)/2R_o^2]$ із другого рівняння залежностей (2.6) і першого рівняння (2.38) та підставивши

значення α_o і значення B_p із другого рівняння (2.6) у перше рівняння (2.6)

отримаємо залежність для визначення площі поперечного перерізу F_c сегмента $O_1O_4CO_5$

$$F_c = 0,5R_o^2 \left[\frac{\pi}{180} \arccos \left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2} \right) - \sin \arccos \left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2} \right) \right] \quad (2.8)$$

Площу сектора труби вала кожного i -го шнека, яка займає відповідну площу в площі F_c сегмента $O_1O_4CO_5$, виразимо через площу поперечного перерізу труби вала шнека та відповідного коефіцієнта пропорційності k_{d_i} ,

фізичну суть якого визначимо як відношення відповідної площі сектора труби вала кожного i -го шнека до площі поперечного перерізу труби вала шнека,

тобто $k_{d_i} = F_{c,d_i} / F_d$, де F_d – площа поперечного перерізу труби вала шнека,

м².

Тоді, сумарну площу секторів $\sum_{i=1}^n F_{c,d_i}$ валів шнеків визначимо через площу поперечного перерізу труби вала шнека F_d та сумарного коефіцієнта пропорційності суми площ секторів, які утворені поперечними перерізами валів шнеків і займають відповідну площу в площі F_c сегмента $O_1O_4CO_1$ поперечного прохідного перерізу F_n жолоба ABO_4CO_4 , утвореного руслами шнеків, тобто

$$\sum_{i=1}^n F_{c,d_i} = F_d \sum_{i=1}^n k_{d_i}, \quad (2.9)$$

де $\sum_{i=1}^n k_{d_i}$ – сумарний коефіцієнт пропорційності, який характеризує числову кратність, або відповідність кількості площ труби вала шнека, що займають площу F_c сегмента $O_1O_4CO_1$.

Значення коефіцієнта пропорційності k_{d_i} визначимо згідно зі співвідношень рівнянь площі сектора труби вала шнека $F_{c,d}$ і площі труби вала шнека F_d , а значення сумарного коефіцієнта пропорційності $\sum_{i=1}^n k_{d_i}$ – з

урахуванням конструктивних особливостей комбінованого очисника.

Площа сектора труби вала шнека $F_{c,d} = \pi r^2 \alpha_d / 360$, де r – радіус труби вала шнека (м); α_d – центральний кут (град.) відрізняється від площі поперечного перерізу труби вала шнека $F_d = \pi r^2$ [105] значенням складової $\alpha_d / 360$, тобто в нашому випадку вираз $\alpha_d / 360$ і буде адекватним коефіцієнтом пропорційності k_{d_i} , тобто

$$\left. \begin{aligned} k_{d_i} &= \frac{\pi r^2 \alpha_d / 360}{\pi r^2} = \frac{\alpha_d}{360}; \quad \sum_{i=1}^n k_{d_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{d_i}}{360}; \\ \sum_{i=1}^n F_{c,d_i} &= F_d \sum_{i=1}^n k_{d_i} = 0,25 \pi d^2 \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{d_i}}{360} \end{aligned} \right\} (2.10)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Центральний кут α_d визначимо згідно з положеннями [105], при цьому

$$h_d = r[1 - \cos(\alpha_d/2)], \quad \alpha_d/2 = \arccos\left(\frac{h_d}{r} - 1\right), \quad \alpha_d = 2 \arccos\left(\frac{2h_d}{d} - 1\right), \quad (2.11)$$

де h_d – висота сегмента сектора, утвореного центральним кутом α_d , м;

d – діаметр труби вала шнека, м.

НУБІП УКРАЇНИ

Сумарна площа секторів $\sum_i^n F_{c.d_i}$ валів шнеків згідно з (2.10), (2.11) буде

$$\sum_{i=1}^n F_{c.d_i} = 0,25\pi d^2 \sum_{i=1}^n \frac{\arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right)}{180} \quad (2.12)$$

Тоді, підставивши значення (2.6), (2.9), (2.12) у формулу (2.4), одержимо

рівняння для визначення площі поперечного перерізу F_n прохідного жолоба

АВО₁СО₁А, утвореного руслами шнеків

$$F_n = D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left[0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + R_o^2 Z \right] \quad (2.13)$$

$$\text{де } Z = \left[\arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) - \frac{\pi}{180} \sin \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) \right]$$

Таким чином, кінцева залежність для визначення пропускної здатності очисника W_o з врахуванням (2.3), (2.13) має вигляд [120]

$$W_o \geq \frac{\lambda_o W_c \rho_k \left\{ D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left[0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + R_o^2 Z \right] \right\}}{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}} \quad (2.14)$$

або з урахуванням залежності (2.12)

НУБІП УКРАЇНИ

$$W_o \geq n \lambda_p \lambda \rho_2 V_k \left\{ \frac{\pi D_k^2 N}{12} \left(\frac{\rho_1 k_k (h + D_k)}{\lambda_p \lambda \rho_2} - 1 \right) + [a + 2(l \sin \alpha + h \operatorname{tg} \beta)] \right\} \times \left[h \left(1 - \frac{h \operatorname{tg} \beta}{[a + 2(l \sin \alpha + h \operatorname{tg} \beta)]} \right) + 0,1 \left[(U_g + 1) \lambda_p + \frac{0,08 U_g}{\lambda} \right] \right\}.$$

$$\left\{ \frac{\lambda_o \rho_1 \rho_k}{2 q \sqrt{2 h_o R_o - h_o^2}} \left[D \sqrt{2 h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left(0,5 d^2 \sum_{i=1}^n \arccos \left(\frac{2 h_{d_i}}{d} - 1 \right) + R_o^2 Z \right) \right] \right\} \quad (2.15)$$

Отримані теоретичні залежності (2.14), (2.15) є розрахунковими математичними моделями, які характеризують взаємозв'язок необхідної пропускної здатності W_o комбінованого очисника та секундної подачі викопаного вороху W_c або зміну W_o залежно від умов і швидкості руху КМ, конструктивних параметрів робочих органів вібраційного копача і жолоба очисника та агротехнічних характеристик коренеплодів цукрових буряків.

Дані математичні моделі регламентують технологічну працездатність роботи комбінованого очисника вороху коренеплодів, умова якої полягає у забезпеченні обробки вороху, що надходить на очисник без його «звантаження» на поздовжніх шнеках, або забезпечення умови $W_o \geq W_c$.

Даний постулат, або технологічну працездатність очисника виразимо через введений нами коефіцієнт технологічної працездатності очисника η_o , фізичну суть якого запишемо через відношення секундної подачі вороху W_c до необхідної пропускної здатності комбінованого очисника W_o . При цьому згідно з умовою $W_o \geq W_c$ коефіцієнту технологічної працездатності очисника $\eta_o \leq 1$.

Тоді згідно з (2.45) й умовою $W_o \geq W_c$ можна записати [121]

$$\eta_o = \frac{W_o}{W_o} = \frac{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}}{D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left\{ 0,5d^2 \sum_{j=1}^n \arccos \frac{2h_o}{d} - 1 + 0,5R_o^2 Z \right\}} \leq 1, \quad (2.16)$$

де η_o – коефіцієнт технологічної працездатності очисника.

Аналіз залежності (2.16) показує, що числове значення коефіцієнта технологічної працездатності очисника η_o залежить від багатьох складових конструктивних параметрів жолоба робочих русел очисника. Для проведення аналізу η_o необхідно встановити межі зміни наявних конструктивних параметрів жолоба робочого русла очисника. Висота рифа h_p шнека (рис.

2.1) визначається із умови переміщення коренеплоду вздовж осей обертання шнеків під дією сил тертя в точці його

контакту з рифом. Збільшення висоти рифа h_p забезпечує задовільне переміщення великих коренеплодів [52, 79], однак при цьому збільшується зазор c_d між валами, що може призвести до втрати дрібних коренеплодів.

Крім того, коренеплоди пукрових буряків при знаходженні на спіральних

(щнекових) вальцях займають положення, коли центр їх має знаходитися в нижньому положенні, тоді згідно з [2, 3, 7, 10] для забезпечення транспортування матеріалу рифами вальців необхідна умова, щоб висота рифа була не менше $1/3$ усередненого діаметра голівки коренеплоду D_k , тобто

$$h_p \geq 1/3 D_k. \text{ Згідно з даними [62, 69, 70, 73] } D_k \cong 0,08 \dots 0,1 \text{ м.}$$

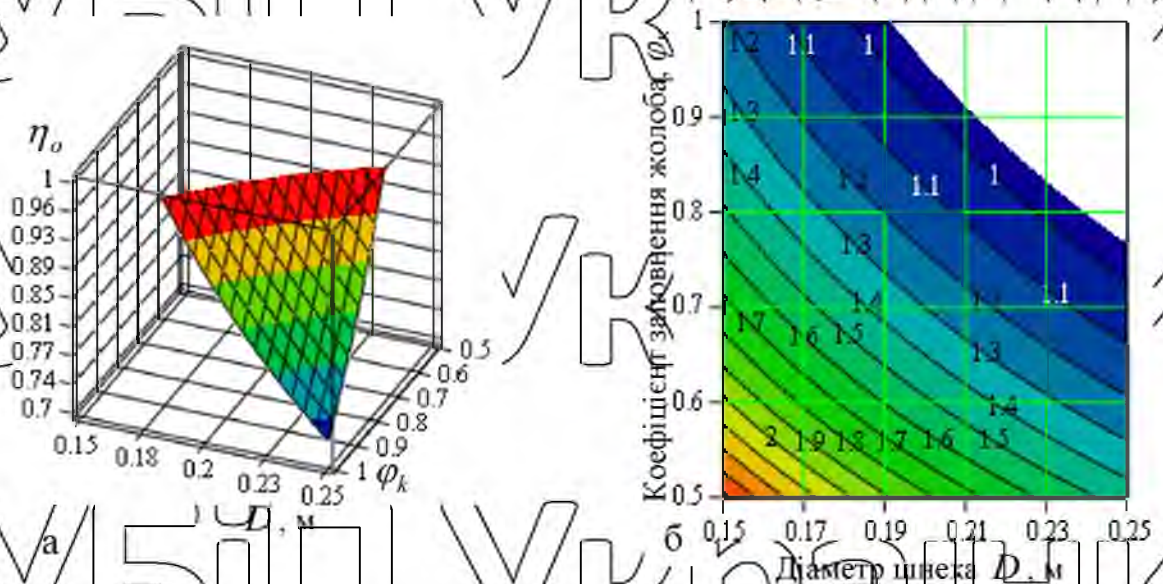


Рис. 2.2. Залежності коефіцієнта технологічної працездатності очисника

$\eta_0 = f(D, \varphi_k) \leq 1$: а – поверхня залежності; б – двомірний переріз поверхні

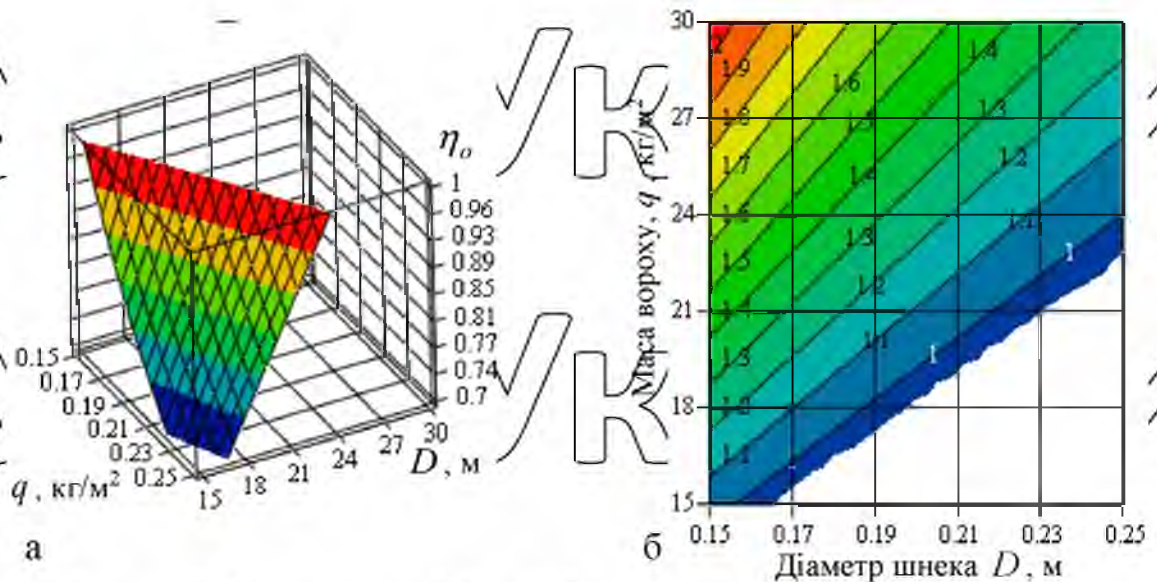


Рис. 2.3. Залежності коефіцієнта технологічної працездатності очисника

$\eta_0 = f(D, q) \leq 1$: а – поверхня залежності; б – двомірний переріз поверхні

Тоді приймаємо висоту рифа шнека $h_p = 0,03$ м.

Діаметр труби вала шнека d приймаємо з конструктивних міркувань за умови ненамотування рослинних решток на його поверхню, при цьому згідно з дослідженнями [75, 122] $d \geq 0,12$ (м). Тоді мінімальне значення діаметра

шнека комбінованого очисника повинно становити $D = 0,12 + 2 \cdot 0,03 = 0,18$ (м).

Для визначення R_o скористаємося таблицями, які наведені в [105].

Згідно з ними R_o можна визначити залежно від числового значення довжини

$l_{O_1CO_4}$ дуги O_1CO_4 сегмента $O_1O_4CO_1$, яка змінюється залежно від діаметра шнеків D , зазору c_d між валами суміжних шнеків і кількості робочих русел k . При цьому в першому наближенні можна записати, що довжина дуги $l_{O_1CO_4} \cong k(D + c_d)$.

Зазор c_d , як правило, обмежують умовою $c_d \leq 50$ (мм), враховуючи, що коренеплоди цукрових буряків $D_k \leq 50$ (мм) є некондиційними [2, 7] і можуть бути втрачені на очиснику, тобто приймаємо $c_d = 0,05$ м. Тоді для умови, що $k = 3$ (рис. 2.4) $l_{O_1CO_4} \cong 0,69$ м. За таблицями [105] знаходимо, що $R_o \cong 0,75$ м;

$h_p \cong 0,1$ м.

На рис. 2.2 наведено поверхню та двомірний переріз поверхні залежності коефіцієнта технологічної працездатності очисника η_o від зміни діаметра шнека D та коефіцієнта заповнення жолоба русел φ_k очисника як функції

$\eta_o = f(D, \varphi_k) \leq 1$ при $\lambda_o = 0,5$ [2]; $q = 25$ кг/м² [100], на рис. 2.7 – від зміни діаметра шнека D та маси вороху q як функції $\eta_o = f(D, q) \leq 1$ при $\lambda_o = 0,5$; $\varphi_k = 0,7$. Просторові діаграмні графіки зміни залежностей $\eta_o = f(D, \varphi_k) \leq 1$ і

$\eta_o = f(D, q) \leq 1$ наведено на рис. 2.8. На рис. 1.Б.4.2, 2.Б.4.2 додатка Б.4.2

наведено поверхні та двомірні перерізи поверхонь залежностей $\eta_o = f(D, \varphi_k)$ і $\eta_o = f(D, q)$, тобто без обмеження числового значення коефіцієнта

технологічної працездатності умовою $\eta_o \leq 1$ комбінованого очисника. На рис. 3.Б.4.2 додатка Б.4.2 наведено просторові діаграми графіки зміни коефіцієнта технологічної працездатності η_o комбінованого очисника вороху коренеплодів як функції $\eta_o = f(D, \lambda_o)$.

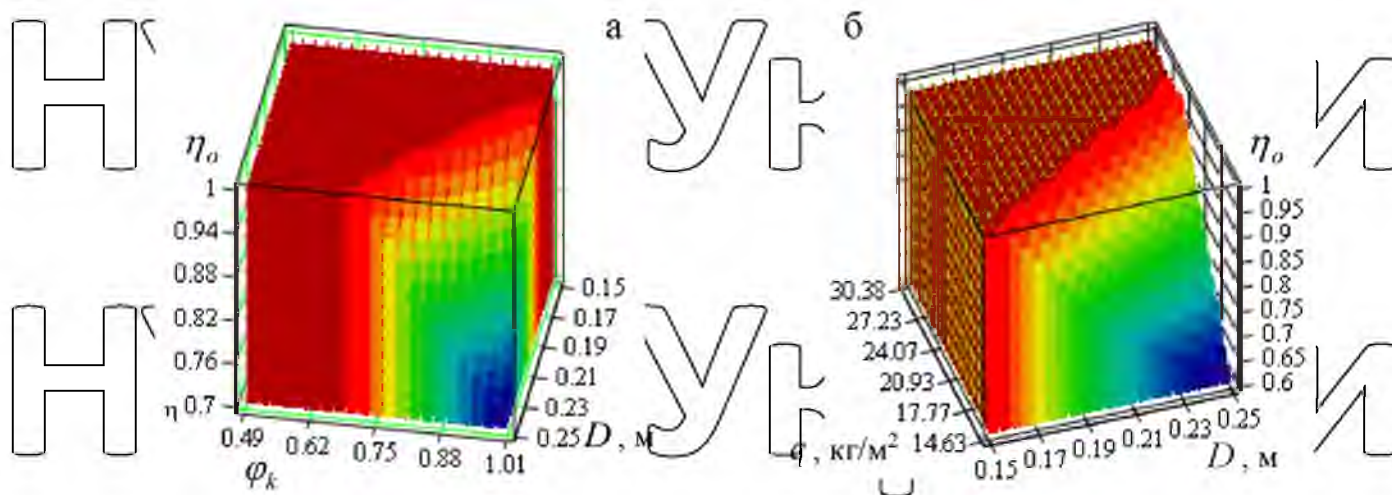


Рис. 2.4. Діаграма залежності коефіцієнта технологічної працездатності

очисника: а $\eta_o = f(D, \varphi_k) \leq 1$; б $\eta_o = f(D, q) \leq 1$

Аналіз поверхонь та їх двовірних перерізів (рис. 2.2) показує, що умова $\eta_o \leq 1$ забезпечується для зміни діаметра шнека в межах $0,18 \leq D \leq 0,25$ (м) і відповідних їм межах зміни коефіцієнта заповнення простору жолоба русла комбінованого очисника $0,75 \leq \varphi_k \leq 1,0$ та значення коефіцієнта сепарації домішок очисником $\lambda_o = 0,5$ і питомої маси вороху коренеплодів $q = 25$ кг/м², що також підтверджується аналізом залежностей, які наведено на рис. 2.8а та на рис. 2.9а (криві $\eta_6(D)$, $\eta_7(D)$), а також просторовою діаграмою, яку наведено на рис. 3.Б.

Зміна η_o залежно від коефіцієнта сепарації домішок очисником λ_o має характер зворотно пропорційної функції, а умова критерію $\eta_o \leq 1$ забезпечується при $\lambda_o \geq 0,5$ для $D \geq 0,19$ м.

Залежно від зміни маси вороху коренеплодів q , розміщених в один шар, умова критерію $\eta_o \leq 1$ (рис. 2.3) виконується для $0,15 \leq D \leq 0,25$ (м) та відповідних значень $15 \leq q \leq 23$ (кг/м²), що також підтверджується аналізом

залежностей, які наведено на рис. 2.46 та на рис. 2.56 (криві $\eta^7(D) - \eta^9(D)$),

Таким чином, для встановленого згідно з конструктивними міркуваннями мінімального допустимого діаметра шнека комбінованого

очисника вороху коренеплодів на рівні $D = 0,18$ м умова $\eta_o \leq 1$ (забезпечення

технологічної протездатності роботи комбінованого очисника) виконується

для $\varphi_k \geq 0,9$; $\lambda_o \geq 0,5$ при $q \leq 18$ (кг/м²).

Продуктивність одного гвинтового конвеєра Q_k згідно з (2.1) та [17, 116]

визначається за залежністю

$$Q_k = 0,25\pi\varphi_k V_{nc} \gamma_G (D^2 - d^2). \quad (2.17)$$

Середню швидкість V_{nc} осьового переміщення вантажу шнеками

доцільно визначати через поправочний коефіцієнт, який враховує зниження

теоретичної швидкості осьового переміщення рифів шнека [75, 117, 118, 123],

тобто у даному випадку, враховуючи прийняте раніше припущення, що

$\gamma_G \cong \rho_1$, продуктивність комбінованого очисника вороху Q_o будемо визначати

$$Q_o = 0,25\pi\varphi_k V_m k_v \rho_1 K (D^2 - d^2), \quad (2.18)$$

де V_m – теоретична швидкість осьового переміщення рифів шнека, м/с;

k_v – коефіцієнт, який враховує зниження швидкості осьового переміщення вороху відносно теоретичної;

Підставивши значення $V_m = T\omega/2\pi$ [117], де T – крок шнека, м; ω – кутова швидкість шнека (рад/с), при цьому $\omega = d\varphi/dt$, де φ – кут повороту шнека (рад) у залежність (2.18), одержано [124]

$$\begin{aligned}
 & \frac{dQ_o}{dt} - \frac{dW_c}{dt} - 0,125\varphi_k T k_V \rho_1 k (D^2 - d^2) \left(\frac{d\varphi}{dt} \right) - \\
 & \left. \left[\frac{\pi}{12} D_k^2 N \left(\frac{\rho_1 k_k (h + D_k)}{\lambda_\rho \lambda \rho_2} - 1 \right) + [a + 2(l \sin \alpha + htg \beta)] \times \right. \right. \\
 & \left. \left. - n_k \lambda_\rho \lambda \rho_2 \left(\frac{dS}{dt} \right) \right] \times \left[h \left(1 - \frac{htg \beta}{[a + 2(l \sin \alpha + htg \beta)]} \right) + 0,1 (U_g + 1) \lambda_\rho \left(\frac{0,08 U_g}{\lambda} \right) \right] \geq 0, \right. \\
 & \left. (2.19) \right.
 \end{aligned}$$

або у спрощеному вигляді для практичного використання

$$0,125\varphi_k T k_V \rho_1 k (D^2 - d^2) \left(\frac{d\varphi}{dt} \right) - W_c \geq 0. \quad (2.20)$$

Одержана залежність (2.19) є розрахунковою математичною моделлю,

яка характеризує взаємозв'язок технологічної подачі виконаного вореху коренеплодів до шнеків комбінованого очисника, зокрема зміни пропускної здатності очисника з необхідною продуктивністю жолоба робочих русел залежно від конструктивних параметрів лемешів вібраційного копача, агробіологічних характеристик насаджень коренеплодів, експлуатаційних умов роботи КМ та конструктивно-кінематичних параметрів очисника.

Тоді мінімальна межа кутової швидкості шнека $d\varphi_{min}/dt$, яка забезпечує необхідну продуктивність жолоба робочих русел комбінованого очисника, буде визначатися за залежністю

$$n_{\min} \geq \frac{4W_c}{\pi D \varphi_k k_V \rho_k \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\alpha_k) k (D^2 - d^2)} \quad (2.21)$$

де $T = \pi D t g \beta_n$, β_n – кут підймання гвинтової лінії спіральної навивки рифів шнека, град.

$\beta_n = 45^\circ - 0,5\alpha_k$, α_k – кут тертя ковзання матеріалу по гвинтовій поверхні рифа шнека, град.

Для практичного використання доцільно кутову швидкість ω виразити через частоту обертання шнека.

Враховуючи, що $\omega = \pi n / 30$ [18], де n – частота обертання шнека (об/хв), мінімальна межа частоти обертання шнека n_{\min} , яка забезпечує

необхідну продуктивність жолоба робочих русел, визначається за залежністю

$$n_{\min} \geq \frac{120W_c}{\pi^2 D \varphi_k k_V \rho_k \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\alpha_k) k (D^2 - d^2)} \quad (2.22)$$

Підставивши визначені вище значення V_p у залежність (2.18) одержано залежність для визначення необхідної продуктивності жолоба робочих русел комбінованого очисника

$$Q_o = 0,125 \pi^2 D \varphi_k \frac{n}{30} k_V k \rho_k \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\alpha_k) (D^2 - d^2) \geq W_c \quad (2.23)$$

Згідно з (2.22) побудовано поверхню та її двомірний переріз залежності зміни мінімальної частоти обертання шнека комбінованого очисника як функціонала $n_{\min} = f(D, W_c)$ (рис. 2.10) при $\alpha_k = 35,2$ град [125], коефіцієнта заповнення простору жолоба робочих русел очисника $\varphi_k = 1$ [126], $k_V = 0,7$

[117], $k=2$, $V_k=1,6$ м/с. Зміна мінімальної частоти обертання шнека n_{min} залежить від секундної подачі вороху коренеплодів W_c описується лінійною функцією та носить прямо пропорційний характер (рис. 2.5а). Основні значення n_{min} знаходяться в межах $n_{min} = 130...450$ об/хв для відповідної зміни

секундної подачі вороху коренеплодів $W_c = 70...160$ кг/с, а задана необхідна

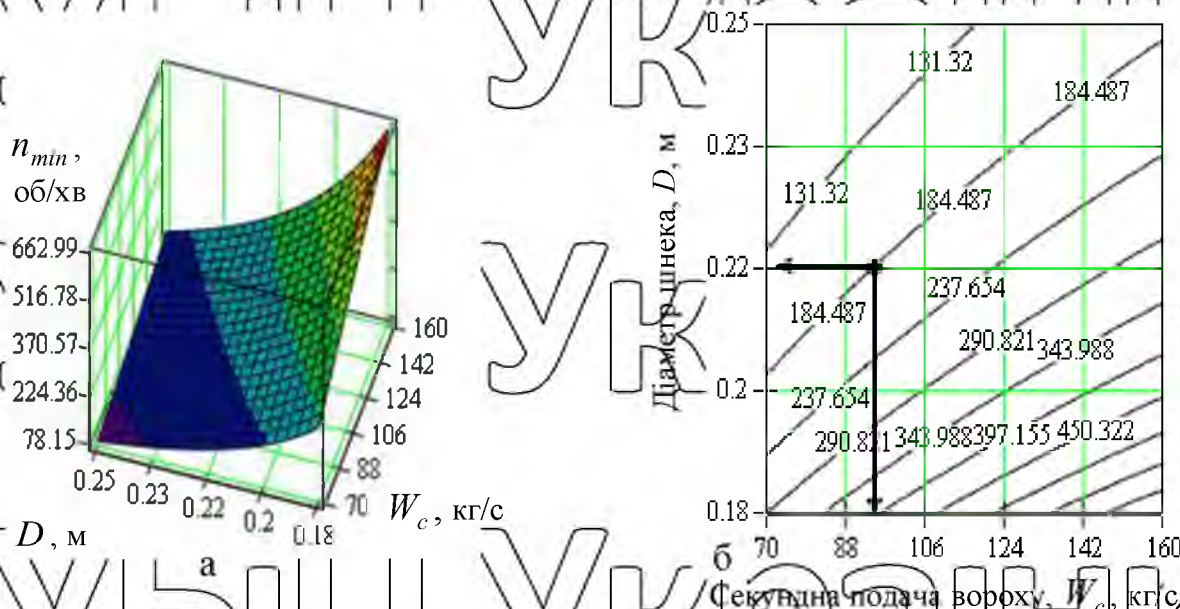


Рис. 2.5. Залежність частоти обертання шнека очисника $n_{min} = f(D, W_c)$:

а – поверхня залежності; б – двомірний переріз поверхні

пропускна здатність очисника, наприклад $W_c = 95$ кг/с, забезпечується при значенні $n_{min} = 185$ об/хв для $D = 0,22$ м (рис. 2.6б).

Для визначення необхідної продуктивності комбінованого очисника

згідно з (2.23) побудовано поверхню залежності зміни продуктивності

комбінованого очисника за умови $Q_a \geq 30$ кг/с від діаметра шнека D та частоти обертання шнека n межі зміни яких встановлено згідно з проведеним

аналізом відповідних залежностей (2.16) і (2.22) при $k=2$, $k_V = 0,7$ [117], α_k

$= 35,2$ град. [125].

Аналіз наведених поверхонь показує, що продуктивність комбінованого

очисника Q_o змінюється від 30 до 150 (кг/с) залежно від коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника ϕ_k та забезпечує мінімальну секундну подачу вороху $W_c = 50$ кг/с при таких конструктивно-кінематичних параметрах шнека:

- для значення коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника $\phi_k = 0,5$ при $D \geq 0,22$ м і $n \geq 440$ об/хв;

- для значення коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника $\phi_k = 0,7$ при $D \geq 0,21$ м і $n \geq 320$ об/хв;

- для значення коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника $\phi_k = 1,0$ при $D \geq 0,19$ м і $n \geq 210$ об/хв.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

На рис. 2.6 наведено номограму для визначення частоти обертання та діаметра шнека комбінованого очисника згідно з умовою $Q_o \geq 50$ кг/с.

Використовують номограму таким чином.

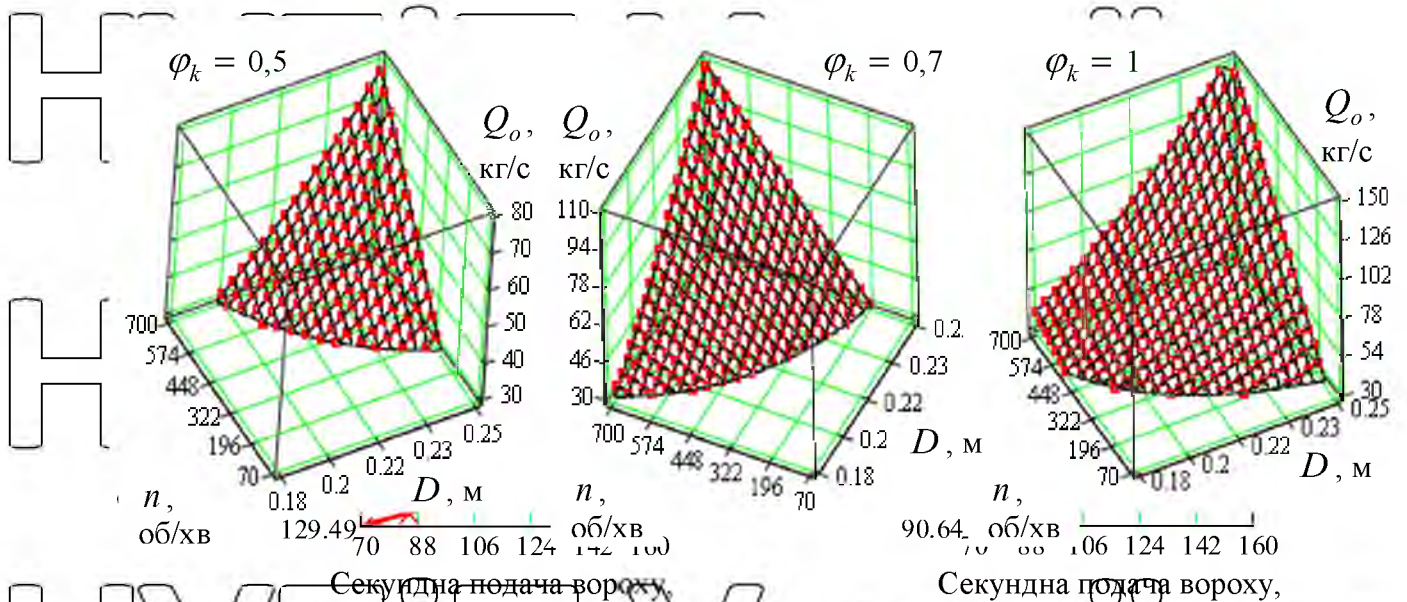


Рис. 2.6. Поверхня залежності продуктивності комбінованого очисника від діаметра шнека та частоти обертання шнека при різних значеннях коефіцієнта заповнення φ_k .

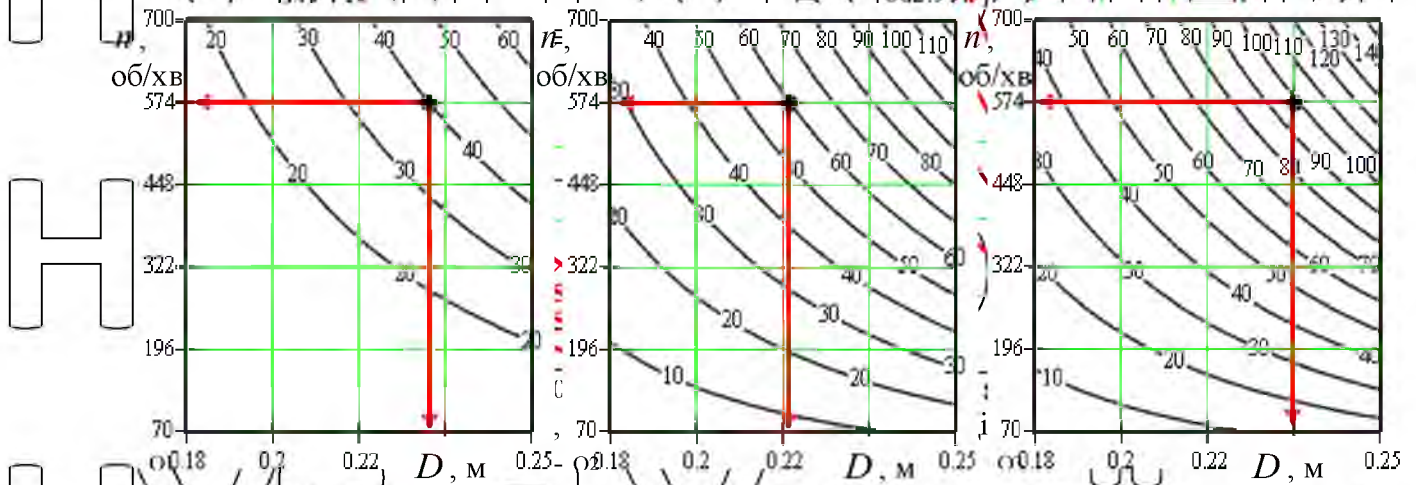


Рис. 2.1. Залежність частоти обертання шнека очисника від діаметра шнека при різних значеннях продуктивності комбінованого очисника W_c .

а - $n_{min} = f(W_c)$; 1, 2, 3, 4 - при $D = 0,18; 0,2; 0,22; 0,24$ (м),

б - $n_{min} = f(D)$; 1, 2, 3, 4 - при $W_c = 70; 100; 130; 160$ (кг/с)

НУБІП України

При заданій секундній подачі вороху коренеплодів до комбінованого очисника, наприклад $W_c = 40$ кг/с та значенні коефіцієнта заповнення

простору жолоба русла очисника $\varphi_k = 0,5$, діаметр шнека становить $D = 0,23$ м, а частота обертання шнека – $n = 574$ об/хв. При $\varphi_k = 0,7$ і $W_c = 60$ кг/с параметри шнека повинні бути такими: $D = 0,22$ м; $n = 574$ об/хв, а при $\varphi_k =$

$1,0$ і $W_c = 100$ кг/с $D = 0,23$ м, $n = 574$ об/хв.

Загальна тенденція зміни продуктивності комбінованого очисника Q_o від діаметра шнека D при встановлених межах зміни мінімальної частоти обертання шнека n_{min} характеризується графічними залежностями (рис. 2.8).

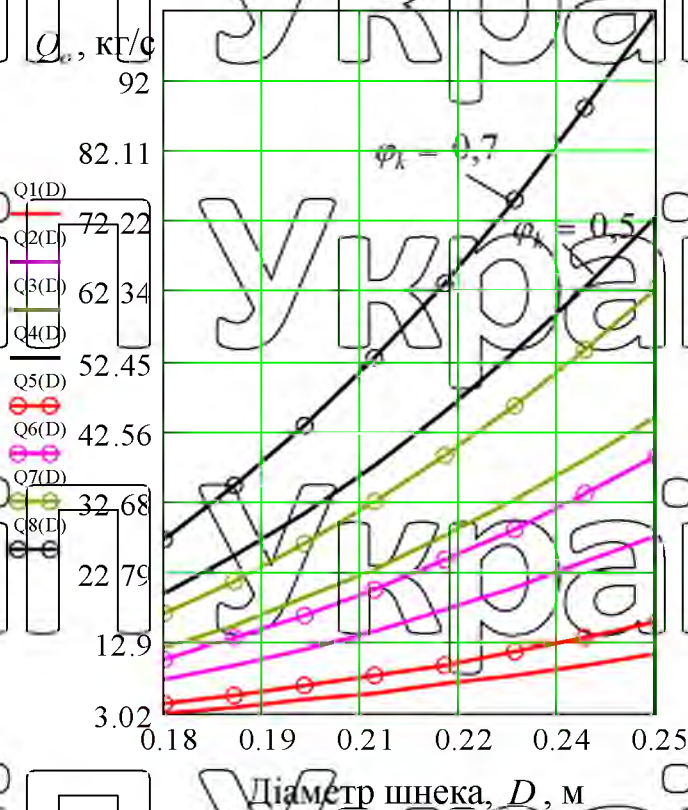


Рис. 2.8. Залежності зміни продуктивності очисника Q_o від діаметра шнека: $Q_1(D)$ і $Q_5(D)$, $Q_2(D)$ і $Q_6(D)$, $Q_3(D)$ і $Q_7(D)$, $Q_4(D)$ і $Q_8(D)$ –

відповідно при $n_{min} = 100, 250, 400, 650$ об/хв

Таким чином, на основі проведеного теоретичного аналізу можна констатувати, що для проведення експериментальних досліджень очисника

приймаємо такі значення конструктивно-кінематичних параметрів: діаметр шнека $D = 0,18 \dots 0,24$ м; частота обертання шнека $n = 150 \dots 650$ об/хв і встановлених раніше інших параметрів жолоба робочого русла очисника.

2.2. Висновки до розділу

Виходячи з проведеного теоретичного аналізу, необхідно констатувати:

2.2.1. Технологічна працездатність роботи очисника характеризується коефіцієнтом технологічної працездатності за умови $\eta_o \leq 1$ та забезпечується для діаметра шнека в межах $0,18 \leq D \leq 0,25$ (м) і відповідних їм межах зміни коефіцієнта заповнення простору жолоба русла очисника $0,75 \leq \phi_k \leq 1,0$ та значення коефіцієнта сепарації домішок очисником $\lambda_o = 0,5$ і маси вороху коренеплодів, розміщених в один шар на площі 1 м^2 $q = 25 \text{ кг/м}^2$. Зміна η_o залежно від λ_o має характер зворотно пропорційної функції, а умова критерію $\eta_o \leq 1$ забезпечується при $\lambda_o \geq 0,5$ для $D \geq 0,19$ м. Залежно від q умова критерію $\eta_o \leq 1$ виконується для $0,15 \leq D \leq 0,25$ (м) та значень $15 \leq q \leq 23$ (кг/м²).

2.2.2. Зміна мінімальної частоти обертання шнека n_{min} залежно від секундної подачі вороху коренеплодів W_c описується лінійною функцією та носить прямопропорційний характер. Основні значення n_{min} знаходяться в межах $n_{min} = 150 \dots 500$ об/хв для відповідної зміни $W_c = 70 \dots 160$ кг/с.

2.2.3. Максимальна продуктивність очисника Q_o становить від 50 до 150 (кг/с) залежно від коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника ϕ_k та забезпечує мінімальну секундну подачу вороху $W_c = 50$ кг/с при таких параметрах шнека: для $\phi_k = 0,5; 0,7; 1,0$ і, відповідно, $D \geq 0,22$ м і $n \geq 440$ об/хв; $D \geq 0,21$ м і $n \geq 320$ об/хв; $D \geq 0,19$ м і $n \geq 210$ об/хв.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

НУБІП України

3.1. Експериментальні польові дослідження комбінованого очисника

3.1.1. Дослідження продуктивності роботи очисника

НУБІП України

Для встановлення адекватності побудованих теоретичних моделей, які характеризують продуктивність комбінованого очисника залежно його від параметрів провели експериментальні дослідження процесу викопування цукрових буряків модернізованою КМ МКП-4 на основі побудови

багатофакторного експерименту типу ПФЕ 2³ згідно з методикою розділу 3.

НУБІП України

Загальний вигляд агрегату для збирання коренеплодів цукрових буряків у роботі рис. 3.1.

НУБІП України

Межі зміни частоти обертання шнека n жолоба робочого русла очисника встановлювали на рівні 400 та 600 об/хв згідно з одержаними результатами дослідження мінімальної і максимальної допустимих нижньої n_{min} та верхньої n_{max} меж частоти обертання шнека.

Для побудови емпіричної математичної моделі, яка характеризує залежність зміни продуктивності комбінованого очисника Q_o^e від його основних параметрів і швидкості руху КМ V_k провели обробку одержаного експериментального масиву даних за методикою згідно з [44].

Експериментальні значення масиву даних наведено у додатку.

На першому етапі математичну модель, яка функціонально характеризує зміну продуктивності Q_o^e комбінованого очисника в натуральних величинах, описували у вигляді лінійної залежності

$Q_o^e = f(V_k, n, D)$ або [124]

$$Q_o^e = b_0 + b_1 V_k + b_2 D + b_3 n. \quad (3.1)$$

Числові значення коефіцієнтів рівняння регресії наведено у табл. 4.1.

Статистичну значущість коефіцієнтів b_i рівняння регресії проводили за t -критерієм Стюдента.

Перевірку адекватності емпіричної моделі, або відповідності

отриманого теоретичного розподілу випадкових величин рівняння регресії реальному процесу, проводили за F -критерієм Фішера.

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнтів рівняння регресії

	b_0	b_1	b_2	b_3
$Q_o^e = f(V_k, n, D)$	-144	65	577	0,08

Тоді загальний вигляд рівняння регресії залежності зміни продуктивності комбінованого очисника Q_o^e від швидкості руху КМ V_k ,

діаметра шнека D і частоти обертання шнека n за результатами проведених ПФЕ 2⁴ у натуральних величинах буде

$$Q_o^e = -144 + 65V_k + 317,7D + 0,08n. \quad (3.2)$$

За одержаним рівнянням регресії (4.2) побудовано поверхню відгуку залежності зміни продуктивності очисника Q_o^e від одночасної зміни двох

факторів при постійному третьому: від швидкості руху КМ V_k та діаметра

шнека D при $n = const = 600$ об/хв – рис. 3.1а; від швидкості руху КМ V_k та

частоти

обертання шнека n при $D = const = 0,24$ м – рис. 4.1б; від діаметра шнека

D і частоти обертання шнека n при $V_k = const = 1,6$ м/с –

Аналіз рівняння регресії (3.1) та побудованих поверхонь відгуку

параметра оптимізації показує, що зміна Q_o^e має прямо пропорційний

характер – зі збільшенням факторів V_k , D і n у межах їх зміни, відповідно,

$1,3 \leq V_k \leq 1,6$ (м/с), $0,21 \leq D \leq 0,24$ (м), $400 \leq n \leq 600$ (об/хв) числові

значення продуктивності очисника зростають. У даних межах зміни діючих

факторів Q_o^e збільшується в середньому від 40 до 75 (кг/с), що характерно

також аналізу рис. 4.2.

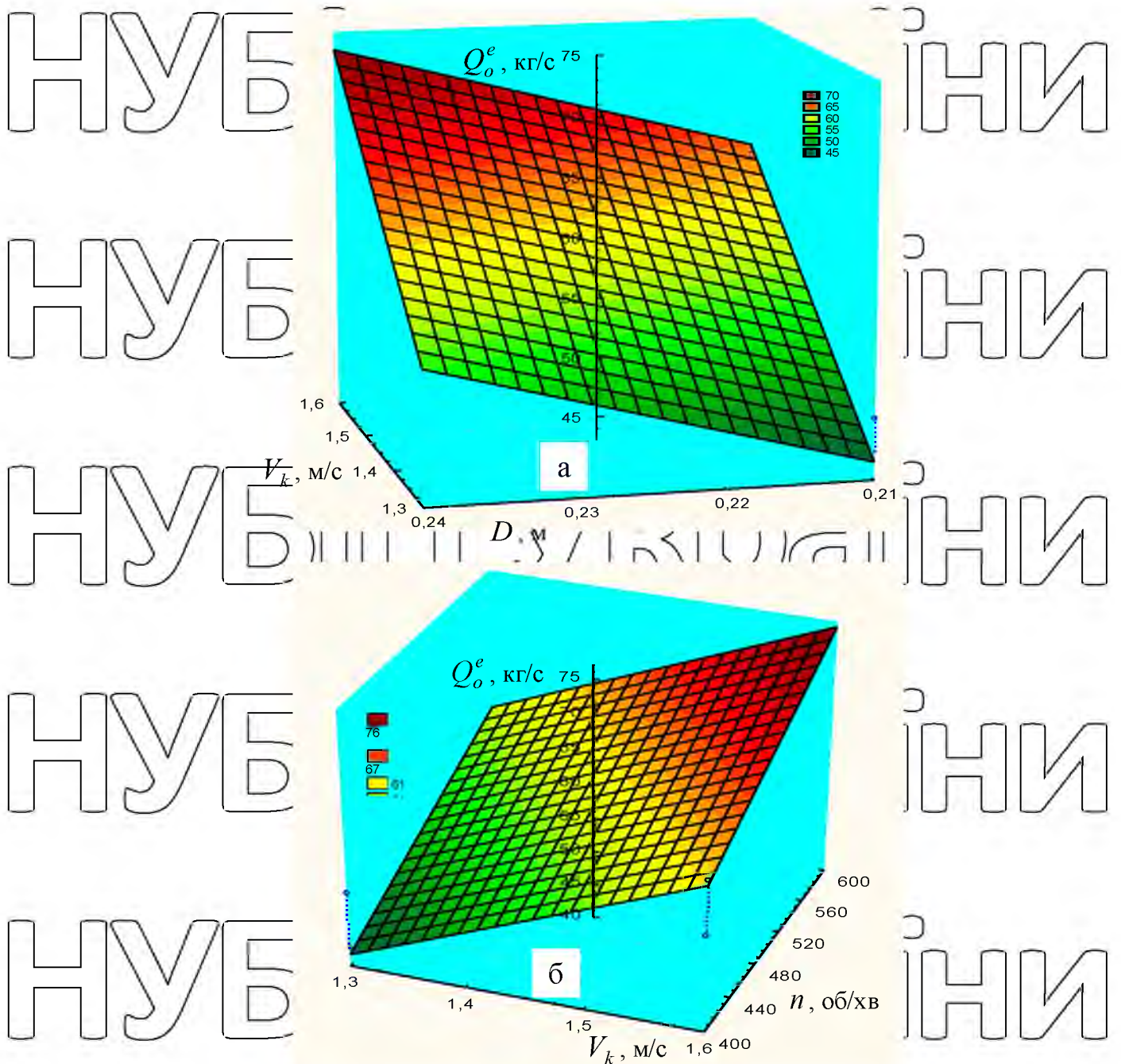


Рис. 3.1. Поверхня відгуку залежності зміни продуктивності очисника:

а – як функціонала $Q_o^e = f(V_k, D)$ при $n = 600$ об/хв; б – як функціонала

$$Q_o^e = f(V_k, n) \text{ при } D = 0,24 \text{ м}$$

Аналіз побудованих теоретичної пропускної здатності W_o очисника, яка забезпечує необхідну продуктивність Q_o очисника та експериментальної залежностей (згідно з (3.1) зміни продуктивності Q_o^e очисника показує, що

розбіжність значень Q_o , отриманих теоретично (прямі $Q11$, $Q23$, рис. 3.2а; $Q33$, $Q44$, рис. 3.2б) та експериментально Q_o^e (відповідні прямі $Q1$, $Q2$, рис. 3.2а; $Q3$, $Q4$, рис. 3.2б) знаходиться приблизно у межах від 8,9 до 12 %, а усереднене значення розбіжності становить близько 12 %.

Крім того, безпосереднє порівняння теоретичних значень графічних залежностей зміни продуктивності очисника Q_o , які побудовані згідно з (2.23), з експериментальними значеннями Q_o^e (рис. 3.1) також показує, що в деяких випадках розбіжність становить до 25 %.

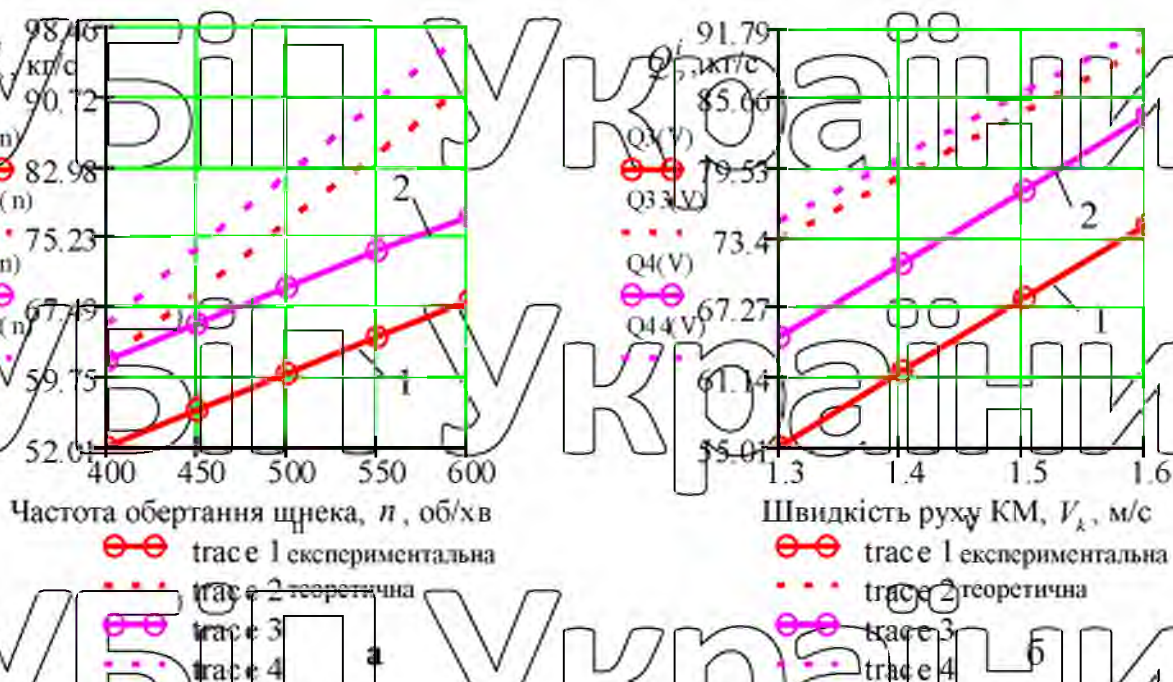


Рис. 3.2. Залежність продуктивності комбінованого очисника:

а – від частоти обертання шнека, n , об/хв при $V_k = 1,6$ м/с;

б – від швидкості руху КМ, V_k , м/с при $n = 600$ об/хв;

1, 2 – відповідно при $D = 0,21; 0,24$ (м)

На основі цього можна констатувати, що загальна теоретична модель

(2.17) та її похідні формули (2.38), (2.23) у загальному адекватно, або в повній

мірі описують реальний процес зміни Q_o^e . Значення розбіжності 25 % (в деяких випадках) показує, що для більш точних розрахунків необхідні ретельніші і повні дослідження на основі введення інтегральних коефіцієнтів

заповнення φ_k простору робочого жолоба та коефіцієнта кількості робочих русел k , який враховує кількість робочих русел шнеків, утвореного ними жолоба. В першому випадку це дозволить збалансовувати (регулювати) зміну

коефіцієнта заповнення φ_k простору робочого жолоба та враховувати

непостійну (змінну за часом) секундну подачу W_c вороху до очисника з

попередніх транспортних систем КМ за рядом причин нестабілізованого процесу виконання коренеплодів, наприклад, непостійних швидкості руху

КМ V_k і глибини руху копача, вологості ґрунту, урожайності ділянки поля

тощо). У другому випадку інтегрований коефіцієнт k дозволить точніше

встановити його пріоритетне значення та відмінності впливу загального

балансу тих відмінностей, які розрізняють процес транспортування шнековими механізмами дрібних сипких матеріалів і доволі крупних

коренеплодів.

Вказані інтегровані коефіцієнти φ_k і k повинні бути визначені на основі

проведення глибоких і ґрунтовніших теоретичних (реальніша формалізація об'єкта дослідження) та експериментальних досліджень продуктивності

роботи відповідно комбінованого очисника та модернізованої КМ.

3.1.2. Результати дослідження показників якості роботи очисника

Відповідно до програми експериментальних робіт та з урахуванням

умов і режимів роботи експериментальної установки провели дослідження

залежності зміни загального забруднення вороху коренеплодів домішками z_d

, забруднення вороху коренеплодів рослинними домішками z_p , загального

пошкодження коренеплодів P_k і маси налиплого ґрунту на бічній поверхні

тіла коренеплодів z_n у двох випадках – без застосування очисного вала та із

застосуванням пружних очисних елементів.

Змінними факторами експериментів типу ПФЕ 2³ та ПФЕ 2⁴ у першому

випадку приймали швидкість руху КМ V_k , діаметр шнека D , частоту обертання шнека n . У другому випадку, окрім вказаних попередніх факторів, вводили ще й частоту обертання очисного вала n_o з очисними елементами.

тобто досліджували залежності зміни параметрів оптимізації від параметрів

очисника, або функціонали $z_{1d}; z_{1p}; z_{1n}; P_k = f(V_k, D, n)$ і

$z_{2d}; z_{2p}; z_{2n}; P_k = f(V_k, D, n, n_o)$.

Апроксимуючу функцію загальної забрудненості вороху коренеплодів

домішками z_d , загальних пошкоджень коренеплодів z_p і маси налиплого

грунту на бічній поверхні тіла коренеплодів z_n у двох випадках знаходили у вигляді математичної моделі лінійної функції

У результаті обробки експериментальних даних і після перевірок адекватності вибраної математичної моделі та значущості визначених

коефіцієнтів отримали кінцеві рівняння регресії z_d, z_p, z_n (%) у натуральних

величинах для двох випадків [145]. При цьому коефіцієнти $b_2 = 0,0002; 0,0007$,

фактора $X_2 = D$ рівнянь регресії z_{1d}, z_{1n} є незначущими і ними знехтували.

$$z_{1d} = 8,83 + 0,67V_k - 0,0005n;$$

$$z_{2d} = 5,77 + 0,96V_k - 3,75D + 0,0004n - 0,77n_o;$$

$$z_{1p} = -0,82 + 0,67V_k + 6,67D + 0,02n;$$

$$z_{2p} = -0,05 + 0,67V_k + 5D + 0,001n - 0,006n_o;$$

$$z_{1n} = 4,73 + 0,67V_k - 0,0005n;$$

$$z_{2n} = 10,34 + 0,5V_k - 3,33D + 0,0005n - 0,06n_o$$

Одержані рівняння регресії (3.2) можуть бути використані для визначення z_d, z_p і z_n від зміни параметрів комбінованого очисника та

секундної подачі вороху у межах $1,3 \leq V_k \leq 1,6$ (м/с); $0,21 \leq D \leq 0,24$ (м); 400

$\leq n \leq 600$ (об/хв), $90 \leq n_o \leq 130$ (об/хв).

На рис. 3.3, 3.4, 3.5 наведено відповідно поверхню відгуку і домірний

переріз поверхні від уку залежності загальної забрудненості коренеплодів z_{2d} , забруднення бороху коренеплодів рослинними домішками z_{2p} і маси нагного ґрунту на бічній поверхні тіла коренеплодів z_{2n} від швидкості руху КМ V_k та частоти обертання очисного вала n_o , які побудовано згідно з

регресійними рівняннями (4.2). Функціонали параметрів оптимізації

$z_{2d}; z_{2p}; z_{2n} = f(D, n_o)$, $z_{2d}; z_{2p}; z_{2n} = f(n, n_o)$ наведено в додатках.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

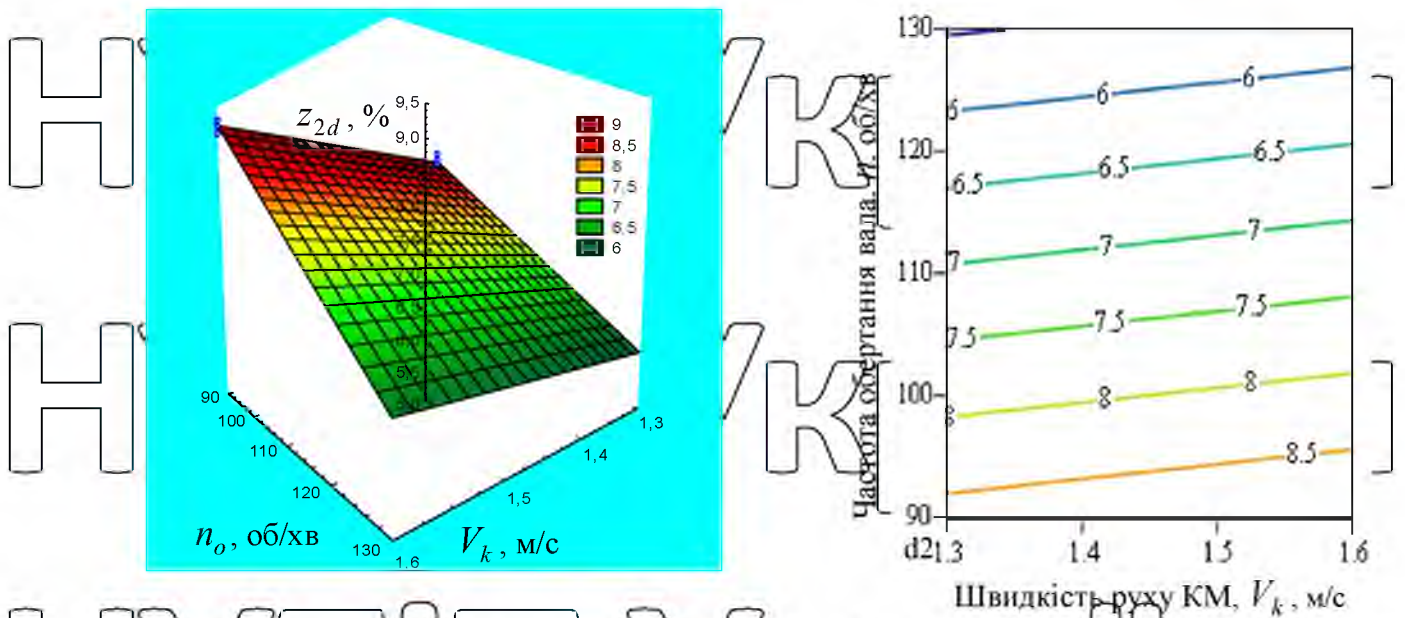


Рис. 3.3. Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності $Z_{2d} = f(V_k; n_0)$ для $D = 0,24$ м і $n \in 600$ об/хв

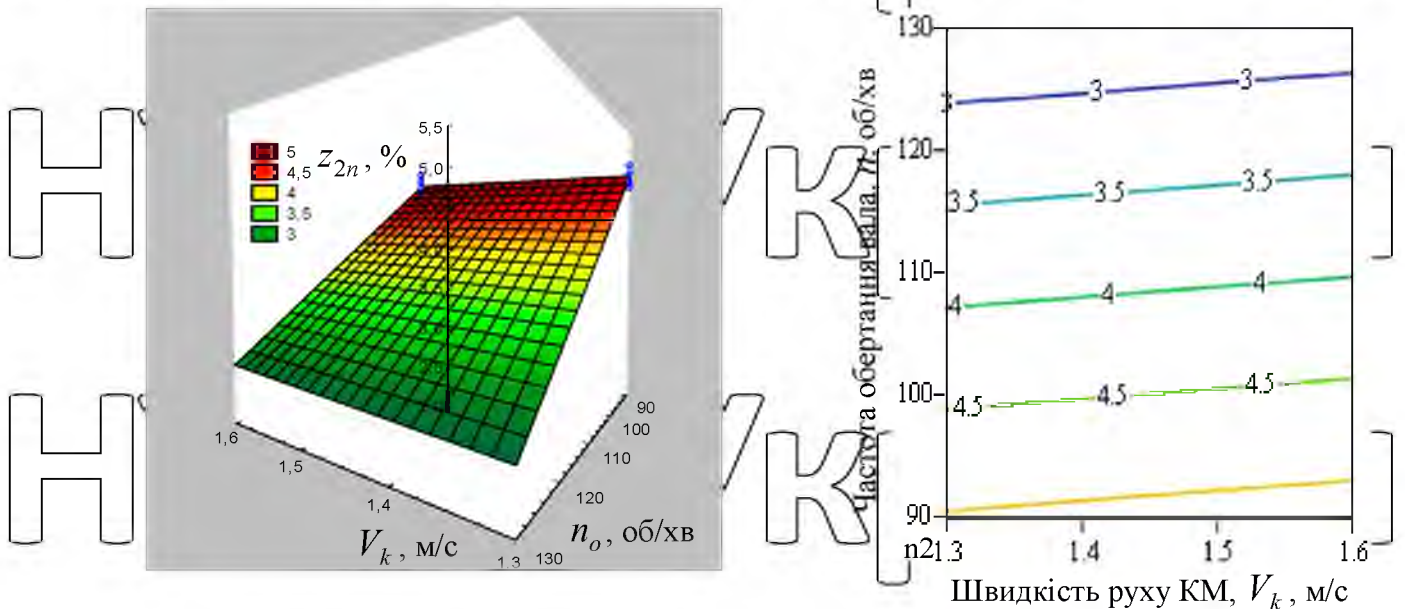


Рис. 3.4. Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності $Z_{2n} = f(V_k; n_0)$ для $D = 0,24$ м і $n = 600$ об/хв

Аналіз рівнянь регресії (3.2) та відповідних графічних залежностей

показує, що функціональна зміна параметра оптимізації Z_{2d} , Z_{2p} і Z_{2n}

залежно від кожного фактора протікає по-різному: залежно від зміни V_k (рис. 3.3-3.5) має прямо пропорційний характер – зі збільшенням V_k у межах

від 1,3... 1,6 (м/с) показники z_{2d} , z_{2p} , z_{2n} зростають, але не в значних межах, приблизно на 0,2%; залежно від зміни n_o (рис. 3.3–3.5 має зворотно пропорційний характер – зі збільшенням n_o у межах 90... 130 об/хв

показники z_{2d} , z_{2p} і z_{2n} значно зменшуються, відповідно, від 9, 5 і 2,5 до 5,

2,5 і 1,4 (%), тобто в середньому в 1,8 раза; зміна z_{2d} , z_{2p} , z_{2n} залежно від D і n збільшується прямо пропорційно збільшенню факторів, але приріст параметра оптимізації незначний і становить у середньому 0,15... 0,3 (%),

що обґрунтовується за рахунок збільшення швидкості переміщення вороху

вдоль осі обертання шнека та, відповідно, зменшення часу його

знаходження в жолобі робочого русла комбінованого очисника. Особливо

дана закономірність спостерігається відносно маси налиплих елементів z_{2n} .

При цьому зі збільшенням n у межах від 400 до 600 (об/хв) z_{2n} зростає на 0,3

% за рахунок зменшення часу контакту очисних елементів з поверхнею коренеплодів.

За результатами проведених досліджень показників якості роботи

комбінованого очисника можна зробити висновок, що застосування очисного

вала з очисними елементами значно підвищує основні показники роботи КМ.

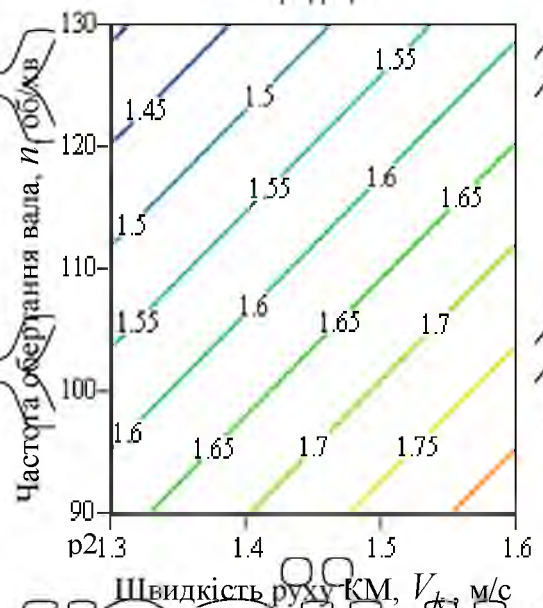
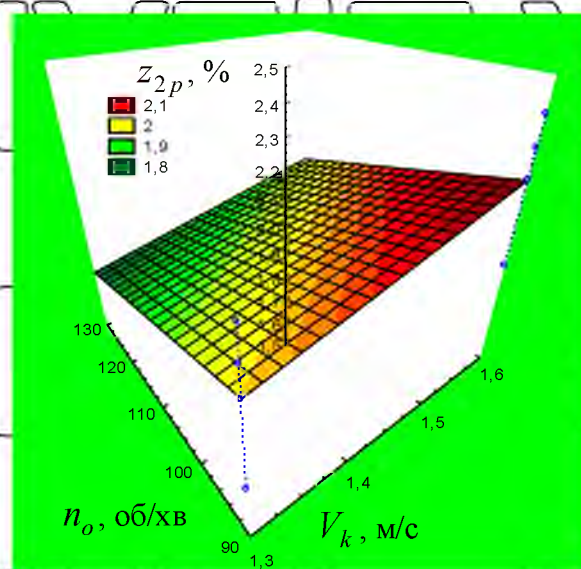


Рис. 3.5. Поверхня відгуку та її двовірний переріз залежності $z_{2p} = f(V_k; n_o)$ для $D = 0,24$ м і $n = 600$ об/хв

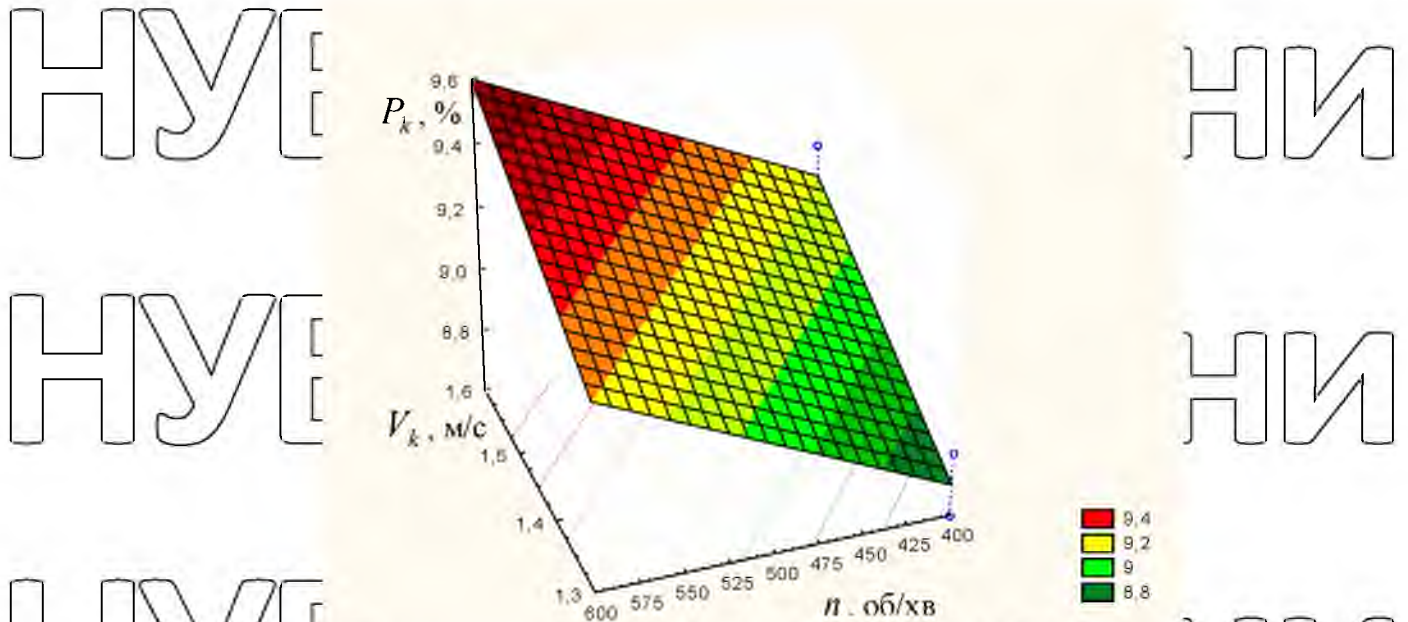


Рис. 3.6. Поверхня залежності $P_k = f(V_k; n)$ для $D = 0,24$ м

Зниження показників z_{2d} , z_{2p} , z_{2n} відносно аналогічних значень z_{1d} ,

z_{1p} , z_{1n} є такими: загальні домішки z_{2d} зменшуються в середньому в 1,8 рази, налипший ґрунту на коренеплодах – в 2,0 рази, рослинні домішки – в 1,2 рази.

У результаті обробки експериментальних даних і після перевірок адекватності вибраної математичної моделі та значущості визначених коефіцієнтів отримали кінцеві рівняння регресії загальних пошкоджень коренеплодів P_k (%) у натуральних величинах, при цьому $b_4 = 0,0000001$

фактора $X_4 = n_0$ є незначущими і ним знехтували

$$P_{1k} = P_{2k} = 4,74 + 1,33V_k + 6,67D + 0,003n \quad (3.3)$$

Було встановлено, що пошкодження коренеплодів ідентичні для обох випадків, при цьому залежність зміни загальних пошкоджень коренеплодів

P_k від швидкості руку КМ V_k і частоти обертання шнека n наведено на рис. 4.16. Для підтвердження незначного впливу частоти обертання чисного вала

на показник загальних пошкоджень було побудовано поверхню відгуку P_{2k} як функціонала $P_{2k} = f(n; n_o)$.

3.1.3. Порівняльні польові дослідження модернізованої КМ

Порівняльні польові дослідження модернізованої КМ МКП-4 проводили з метою встановлення технологічної ефективності роботи комбінованого очисника в цілому порівняно з показниками базової КМ [45].

Польові дослідження серійної (базової) та удосконаленої КМ МКП-4 проводили в однакових умовах.

Визначали агротехнічні показники якості роботи КМ і на основі порівняльної характеристики показників удосконаленої і серійної КМ визначали загальну технологічну ефективність комбінованого очисника.

Модернізація конструктивної схеми КМ МКП-4 полягає в тому, що замість традиційного (класичного) повздовжнього пруткового транспортера було встановлено комбінований очисник.

Модернізація технологічного процесу очисної системи полягає в тому, що ворох коренеплодів після сходу з очисної гірки попадає на очисник.

Переміщуючись уздовж робочого русла, утвореного конструктивним розміщенням центрів очисних шнеків, коренеплоди інтенсивно очищуються від ґрунту та рослинних домішок пружними очисними елементами.

На основі проведеного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень вибрані раціональні конструктивно-кінематичні параметри розробленого комбінованого очисника, які були застосовані при його виготовленні та компонуванні з серійною КМ МКП-4: частота обертання шнека – 450 об/хв, діаметр шнека – 0,22 м, крок рифа шнека – 0,35 м, висота рифа – 0,05 м; зазор між валами – 0,05 м; радіус дуги – 0,75 м; довжина очисних валів – 1,14 м.

Інші показники технічної характеристики конструктивно-кінематичних параметрів модернізованої машини відповідали технічним показникам

серійної КМ МКП-4. Результати показників якості виконання технологічного процесу порівняльних польових досліджень наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.2

Показники якості виконання технологічного процесу

модернізованої та серійної КМ МКП-4

Найменування показників	Значення показників*		
	Модернізована машина	Серійна машина	АТВ
Робоча швидкість руху машини, м/с	1,5	1,5	до 1,5
Продуктивність за годину основного часу, га/год.	1,1	1,1	до 1,4
Глибина підкопування:			
- середня, см	8,7	8,7	
- середньоквадратичне відхилення, ± см	0,93	0,93	
Якість підкопування і підбору коренеплодів, %:			
- зібрано машиною	98,8	98,8	98,5
- втрати, всього	1,2	1,2	1,5
в тому числі:			
- не викопаних коренеплодів	0,4	0,4	0,5
- на поверхні ґрунту	0,3	0,7	-
- присипаних ґрунтом	0,3	0,1	-
Склад вороху зібраних коренеплодів, %:			
- коренеплоди	94,8	91,2	-
- домішки, всього	5,2	8,8	8,0
в тому числі:			
- вільного ґрунту	1,3	3,1	1,5
- налиплого ґрунту на коренеплодах	1,5	2,9	-
- рослинних решток	2,5	2,8	5,5
Пошкодження коренеплодів, %:			
- усього	9,6	9,4	20,0
в тому числі сильно пошкоджених	3,5	3,5	5,0

* - показники якості виконання технологічного процесу визначені відносно маси коренеплодів; АТВ – агротехнічні вимоги до КМ

Загальна кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів цукрових буряків зменшується приблизно в 1,7 раза – від 8,8 % у серійної до 5,2 % в удосконаленій. При цьому кількість налиплого ґрунту на бічній поверхні

коренеплодів зменшується майже у 2 рази, що відбувається за рахунок додаткової інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів пружними очисними елементами комбінованого очисника.

Також позитивні показники порівняння загальної кількості рослинних домішок та вільного ґрунту. Вони, відповідно, зменшуються майже в 1,2 і 2,6 рази порівняно з показниками серійної машини, що досягається за рахунок пригальмування компонентів вороху над шнеками пружними очисними елементами та збільшення часу їх знаходження в жолобі русла комбінованого очисника. Показники втрат і пошкодження коренеплодів однакові.

Із порівняльного аналізу показників якості виконання технологічного процесу (табл. 3.2) бачимо, що застосування розробленого комбінованого очисника дозволяє значно підвищити агротехнічні показники якості виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків відносно показників серійної машини.

3.2. Висновки до розділу

За результатами проведених польових експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

3.2.1. Зміна продуктивності очисника Q_o^e має прямо пропорційний характер – зі збільшенням факторів V_k , D і n у межах їх зміни числові значення продуктивності очисника зростають. У даних межах зміни діючих факторів Q_o^e збільшується в середньому від 40 до 75 (кг/с).

3.2.2. Аналіз побудованих теоретичної пропускної здатності W_o очисника, яка забезпечує необхідну продуктивність Q_o очисника, та експериментальної залежності зміни продуктивності Q_o^e очисника показує, що розбіжність значень W_o , отриманих теоретично та експериментально знаходиться приблизно у межах: від 8,0 до 25,0 %, а усереднене значення

розбіжності становить близько 16 %.

3.2.3. Можна констатувати, що загальна теоретична модель (2.17) та її похідні формули (2.18), (2.23) у загальному адекватно описують реальний процес зміни Q_o^e . Значення розбіжності 25 % (в деяких випадках) показує, що

для більш точних розрахунків необхідні ретельніші і повні дослідження на основі введення інтегральних коефіцієнтів заповнення φ_k простору робочого жолоба та коефіцієнта кількості робочих русел k .

Вказані інтегровані коефіцієнти φ_k і k повинні бути визначені на основі проведення більш глибоких і ґрунтовних теоретичних (більш реальна формалізація об'єкта дослідження) та експериментальних досліджень продуктивності роботи, відповідно, комбінованого очисника та модернізованої КМ.

3.2.4. Зниження показників z_{2d} , z_{2p} , z_{2n} відносно аналогічних значень

z_{1d} , z_{1p} , z_{1n} є наступними: загальні домішки z_{2d} зменшуються в середньому в 1,8 рази, налиплий ґрунту на коренеплодах – в 2,0 рази; рослинні домішки – в 1,2 рази.

3.2.5. Загальна кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів цукрових буряків зменшується приблизно в 1,7 рази – від 8,8 % у серійної до 5,2 % у вдосконаленій. При цьому кількість налиплого ґрунту на бічній поверхні коренеплодів зменшується майже у 2 рази.

4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА

4.1. Розрахунок показників економічної ефективності використання очисника

При роботі різних конструктивно-технологічних схем однотипної сільськогосподарської техніки, розрахунок показників їх економічної ефективності необхідно проводити комплексно з урахуванням функціональних показників якості роботи [43].

За базу при проведенні порівняльних досліджень приймають одержані в процесі порівняльних досліджень показники аналога та модернізованого технічного засобу [41].

У нашому випадку за базовий аналог приймемо існуючу конструкцію КМ МКП-4, при цьому порівняльні машини виконують однотипні операції, мають подібну схему агрегування з енергетичним засобом, але мають різні показники забрудненості вороху коренеплодів домішками. У цьому випадку, згідно з положеннями і рекомендаціями [43], такий розрахунок економічної ефективності проводять виключно за функціональними показниками.

Застосування удосконаленого комбінованого очисника в конструктивно-технологічній схемі модернізованої КМ, на відміну від базової, дало змогу значно підвищити, порівняно з базовою серійною машиною, показники якості виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків (табл. 4.4). Використання удосконаленого очисника дозволило зменшити загальну забрудненість вороху цукрових буряків порівняно з аналогом у 1,7 раза.

Тоді розрахунок показників економічної ефективності застосування комбінованого очисника проведемо згідно з висказаннями [42,44].

Вихідні дані для проведення порівняльної економічної оцінки удосконаленого очисника за його функціональними показниками наведено у таблиці додатка Д 1.1 згідно з результатами порівняльних досліджень базової та модернізованої КМ МКП-4 (табл. 3/ 4).

Підрахунок економічних показників проводили з урахуванням однотипних операцій процесу збирання цукрових буряків на площі 300 га та транспортування їх до пункту переробки на відстань 15 км.

Розрахунок економічних показників проведено з визначенням економічного ефекту від зниження загальної забрудненості вороху коренеплодів після процесу його очищення, а також з урахуванням затрат на транспортування очищеного вороху коренеплодів до бурякопункту.

Економічний ефект, який створює модернізована машина, у першу чергу, пов'язаний зі зменшенням видатків на транспортування викопаного вороху до місця реалізації коренеплодів. Функціональні показники роботи модернізованої машини забезпечують перевезення більш чистого вороху, що сприяє зниженню транспортних видатків, а також витрат на додаткове ручне доочищення коренеплодів та зворотне вивезення ґрунту з бурякопунктів у поле.

Загальний економічний ефект E_p (грн) за один рік експлуатації удосконаленої машини на зібраній площі згідно з [42, 43] становить

$$\dot{A}_p = \dot{A}_B + \dot{A}_V + E_M, \quad (4.1)$$

де E_B – економічний ефект від зниження витрат, грн;

E_V – економічний ефект від зниження фабричної забрудненості, грн;

E_M – економічний ефект від зниження пошкоджень коренеплодів, грн.

У нашому випадку економічний ефект E_p (грн.) за один рік експлуатації удосконаленої машини на зібраній площі буде визначатися лише від E_V .

Оскільки основні витрати пов'язані з перевезенням вільного ґрунту в складі вороху із поля на бурякоприймальний пункт (цукровий завод) і в зворотному напрямку, то розрахунок економічної ефективності від зниження загальної забрудненості вороху проводимо відносно зменшення видатків на його транспортування.

Продуктивність транспортних машин W_T (т/год.) на відвезенні цукрових буряків від кореневибиральної машини до бурякоприймального пункту (заводу) за одну годину змінного часу визначаємо за формулою

$$W_T = B / T_z, \quad (4.2)$$

де B – вантажомісткість причепа, т;

\hat{O}_z – час одного циклу при відвезенні вороху коренеплодів, год.

Вантажомісткість причепа B у тоннах чистої продукції коренеплодів

$$\hat{A} = \frac{q}{100} M_k, \quad (4.2)$$

де q – паспортна вантажомісткість причепа, т;

M_k – чистота вороху при збиранні базовою і модернізованою машинами, т.

Оскільки у таблиці додатка Д 1.1 забрудненість коренеплодів наведена у відсотках, то чисті коренеплоди становитимуть $100\% - q_k$, де q_k – забрудненість вороху коренеплодів, %.

Крім того, вважаємо, що перевезення вороху здійснюється трактором

МТЗ-82 з причепом 2ПТС-4, паспортна вантажомісткість якого $q = 4$ т [48].

Тоді згідно з (4.2) отримаємо

$$B_c = 4 \cdot (100 - 8,8) / 100 = 3,65 \text{ (т)}; \hat{A}_M = 4 \cdot (100 - 52) / 100 = 3,79 \text{ (т)}.$$

Час одного циклу \hat{O}_z (год.) при відвезенні коренеплодів визначається

$$T_z = T_H + T_P + T_B + T_{XP}, \quad (4.3)$$

де T_H – час навантаження транспортного засобу, год;

T_P – час перевезення коренеплодів до місця їх призначення, год;

T_B – час вивантаження коренеплодів, год;

T_{XP} – час холостого переїзду, год.

Час навантаження T_H (год) транспортного засобу

$$T_H = \frac{A}{Y_k \cdot W_k} \quad (4.4)$$

$$T_{HC} = 3,65 / (25,0 \cdot 0,9) = 0,16 \text{ (год.)},$$

$$T_{HM} = 3,79 / (25,0 \cdot 0,9) = 0,17 \text{ (год.)}.$$

Вважаємо, що середня транспортна швидкість трактора з причепом при перевезенні коренеплодів до місця призначення $V_p = 15,0$ км/год, а швидкість холостого переїзду $V_{xp} = 20,0$ км/год.

Тоді

$$T_{PC} = T_{PM} = 15,0 / 15,0 = 1,0 \text{ (год.)}; T_{XPC} = T_{XPM} = 15,0 / 20,0 = 0,75 \text{ (год.)}.$$

Час вивантаження коренеплодів T_B приймаємо згідно з [43], при цьому

$$T_{BC} = T_{BM} = 0,15 \text{ (год.)}.$$

Час одного циклу при відвезенні коренеплодів згідно з (4.3) становить

$$\dot{O}_{zC} = 0,16 + 1,0 + 0,15 + 0,75 = 2,06 \text{ (год.)};$$

$$\dot{O}_{zM} = 0,17 + 1,0 + 0,15 + 0,75 = 2,07 \text{ (год.)}.$$

Продуктивність транспортних машин на відвезенні коренеплодів за годину змінного часу згідно з (4.2) становить

$$W_{TC} = 3,65 / 2,06 = 1,78 \text{ (т/год.)};$$

$$W_{TM} = 3,79 / 2,07 = 1,83 \text{ (т/год.)}.$$

Необхідну кількість транспортних засобів N (шт.) для вивезення коренеплодів з площі 1 га визначаємо за залежністю

$$N = Y_k / B \quad (4.5)$$

$$N_C = 25,0 / 3,65 = 6,9 \text{ (шт.)}; N_M = 25,0 / 3,79 = 6,5 \text{ (шт.)}.$$

Заробітну плату працівників P_p (грн/га) на операції вивезення

коренеплодів з площі 1 га визначаємо за формулою

$$P_p = (\sum E_j \cdot r_j) / (T_z \cdot E_T) \quad (4.6)$$

де K – кількість механізаторів, які зайняті на вивезенні, чол.;

r – погодинна ставка механізатора, грн/год;

\hat{E}_T – коефіцієнт використання експлуатаційного часу

Кількість механізаторів K приймаємо згідно з необхідною кількістю

транспортних засобів N , погодинну ставку механізатора $r = 3,8$ грн/га та

коефіцієнт використання експлуатаційного часу $\hat{E}_T = 0,7$ згідно з даними

[149]

$$P_{PC} = (6,9 \cdot 3,8) / (2,06 \cdot 0,7) = 18,18 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{PM} = (6,5 \cdot 3,8) / (2,07 \cdot 0,7) = 17,04 \text{ (грн/га).}$$

Питомі витрати на реновацію транспортних засобів P_T (грн/га)

$$P_T = \frac{V_{m.a} \cdot a_P \cdot Y_k}{T_{p.mp} \cdot W_T}, \quad (4.7)$$

де $V_{m.a}$ – балансова вартість транспортного агрегату, грн;

a_P – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію;

$T_{p.mp}$ – нормативне річне завантаження трактора на перевезенні, год.

Балансову вартість агрегату МТЗ-82 + 2ПТС-4 $V_{m.a} = 68000$ грн прий-

маємо згідно з [50], а нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на

реновацію $a_P = 0,16$ і нормативне річне завантаження трактора на перевезенні

вороху коренеплодів $T_{p.mp} = 1000$ год – згідно з даними [42].

$$P_{TC} = 68000 \cdot 0,16 \cdot 25,0 / 1000 \cdot 1,78 = 152,81 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{TM} = 68000 \cdot 0,16 \cdot 25,0 / 1000 \cdot 1,83 = 148,63 \text{ (грн/га).}$$

Питомі відрахування P_k (грн/га) на капітальний і поточний

ремонт та планове технічне обслуговування

$$P_k = \frac{V_{m.a} (R_k + R_n) \cdot Y_k}{T_{p.mp} \cdot W_T}, \quad (4.8)$$

де R_k – нормативний коефіцієнт щорічних відрахувань на капітальний ремонт;

R_n – нормативний коефіцієнт щорічних відрахувань на поточний ремонт.

Суму нормативних коефіцієнтів щорічних відрахувань на капітальний і поточний ремонти приймаємо згідно з даними [42] $(R_k + R_n) = 0,34$.

Тоді

$$P_{kC} = 68000 \cdot 0,34 \cdot 25,0 / 1000 \cdot 1,78 = 324,72 \text{ (грн/га);}$$

$$D_{KM} = 68000 \cdot 0,34 \cdot 25,0 / 1000 \cdot 1,83 = 315,85 \text{ (грн/га).}$$

Питомі затрати на паливно-мастильні матеріали P_U (грн/га)

$$P_U = \frac{N_{mp} \cdot q_d \cdot A_d \cdot a_n \cdot N \cdot \dot{O}_z}{100}, \quad (4.9)$$

де N_{mp} – номінальна потужність двигуна трактора, кВт;

q_d – питомі витрати пального, кг/год;

A_d – вартість дизельного пального, грн/кг;

a_n – середній відсоток використання потужності трактора, %.

Номінальну потужність двигуна трактора МТЗ-82 ($N_{mp} = 51,5$ кВт),

питомі витрати пального ($q_d = 0,252$ кг/год.) і середній відсоток використання

потужності трактора ($a_n = 80$ %) приймаємо згідно з даними [52], а вартість

дизельного пального ($A_d = 16,4$ грн/кг) приймаємо станом на 1. 09. 2014 р.

Тоді отримуємо

$$P_{UC} = 51,5 \cdot 0,252 \cdot 8,4 \cdot 80 \cdot 6,9 \cdot 2,06 / 100 = 1239,63 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{UM} = 51,5 \cdot 0,252 \cdot 8,4 \cdot 80 \cdot 6,5 \cdot 2,07 / 100 = 1173,44 \text{ (грн/га).}$$

Прямі експлуатаційні видатки B_n (грн/га) складуть:

$$\hat{A}_i = P_P + P_T + D_k + P_U, \quad (4.10)$$

$$B_{nC} = 18,18 + 152,81 + 324,72 + 1239,63 = 1735,34 \text{ (грн/га);}$$

$$B_{nM} = 17,04 + 148,63 + 315,85 + 1173,44 = 1654,63 \text{ (грн/га).}$$

Питомі капіталовкладення \hat{B}_i (грн/га) будуть дорівнювати:

$$\hat{E}_t = V_{m.a} \cdot Y_k / W_k \cdot T_{p.mp} \quad (4.11)$$

$$E_{tC} = 68000 \cdot 25,0 / 1,78 \cdot 1000 = 955,06 \text{ (грн./га);}$$

$$K_{iM} = 68000 \cdot 25,0 / 1,83 \cdot 1000 = 928,96 \text{ (грн./га).}$$

Питомі приведені витрати на 1 га зібраної площі P_{B1} (грн./га) складають

$$P_{B1} = K_e \cdot K_n + \hat{A}_t, \quad (4.12)$$

де K_e – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Таблиця 4.1

Показники розрахунку економічної ефективності

Показник	Значення показника		Ступінь зміни показника, %
	Базова	Модерн.	
Продуктивність за 1 год змінного часу на вивезенні коренеплодів, т/год	1,78	1,83	+2,8
Кількість транспортних засобів для вивезення коренеплодів з 1 га, шт	7	6	-16,7
Заробітна плата працівників на вивезенні коренеплодів з 1 га, грн	18,8	17,04	-9,4
Питомі витрати на реновацію транспортних засобів, грн/га	152,81	148,63	-2,8
Питомі відрахування на капітальний ремонт і технічне обслуговування, грн/га	324,72	315,85	-2,7
Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га	619,82	586,72	-5,3
Прямі експлуатаційні видатки, грн/га	1115,53	1068,24	-4,2
Питомі капіталовкладення, грн/га	1878,6	1793,97	-2,8
Приведені витрати на 1 га, грн/га	1258,79	1207,58	-4,1
Економічний ефект від зниження забрудненості на 1 га, грн/га	-	84,63	-
Річний економічний ефект від зниження забрудненості, грн	-	22850,1	-

Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($K_e = 0,15$)

приймаємо згідно з [42], тоді

$$P_{B,C} = 0,15 \cdot 955,06 + 1735,34 = 1878,6 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{B,M} = 0,15 \cdot 928,96 + 1654,63 = 1793,97 \text{ (грн/га)}.$$

Економічний ефект \dot{A}_{V1} (грн/га) від зниження забрудненості вороху цукрових буряків на площі 1 га складає

$$E_{V1} = P_{B1C} - P_{B1M}, \quad (4.13)$$

$$E_{V1} = 1878,6 - 1793,97 = 84,63 \text{ (грн/га)}.$$

Річний економічний ефект \dot{A}_V (грн) від зменшення фабричної

забрудненості вороху цукрових буряків складає:

$$\dot{A}_V = \dot{A}_{V1} \cdot W_k \cdot \dot{O}_{\delta,k}, \quad (4.14)$$

$$E_V = 84,63 \cdot 0,9 \cdot 300 = 22850,1 \text{ (грн)}.$$

Загальний економічний ефект на 1 га зібраної площі \dot{A}_{P1} (грн/га)

$$\dot{A}_{P1} = \dot{A}_V / W_k \cdot \dot{O}_{\delta,k}, \quad (5.15)$$

$$E_{P1} = 22850,1 / 0,9 \cdot 300 = 84,63 \text{ (грн/га)}.$$

Результати розрахунку економічних показників зведені у табл.4.5.1.

За результатами проведених розрахунків і на їх основі можна стверджувати, що застосування модернізованої коренезбиральної машини, обладнаної комбінованим дрочисником порівняно з базовою машиною є доцільним та економічно ефективним.

4.2. Виновки до розділу

4.2.1. Подальше підвищення показників якості роботи очисників вороху коренеплодів можливе за рахунок інтенсифікації динамічної дії робочих поверхонь на компоненти вороху шляхом конструктивного удосконалення очисного вала комбінованого очисника.

4.2.2. Результати розрахунку економічної ефективності розробленої

конструкції комбінованого очисника свідчать про доцільність його практичного використання, при цьому загальний економічний ефект за рік експлуатації машини від підвищення її функціональних показників становить 22850,1 грн, або 84,6 грн на 1 га.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Технологічний процес очищення врожу коренеплодів із застосуванням традиційних спіральних і роторних очисників не забезпечує ефективної сепарації домішок і не відповідає вихідним вимогам. При високій вологості ґрунту шнеки залипають землею і втрачають працездатність. Роторні очисники ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків, що значно обмежує їх застосування у конструктивних схемах КМ.

2. Подальше вдосконалення технологічного процесу сепарації домішок

без розроблення нових конструктивних схем і визначення функціональних параметрів практично вичерпало себе у плані підвищення якості очищення коренеплодів.

3. Підвищення агротехнічних показників якості відокремлення домішок від коренеплодів доцільно здійснювати зі застосуванням комбінованої очисної системи, виконаної у вигляді системи шнеків круглого перерізу, осі яких розташовані на нижній вітці еліпса та встановленим над шнеками приводного вала з пружними очисними елементами, виконаними у вигляді набраних пучків ворсу з обґрунтованими конструктивно-кінематичними параметрами.

4. Технологічна працездатність роботи очисника характеризується коефіцієнтом технологічної працездатності за умови $\eta_o \leq 1$ та забезпечується для діаметра шнека в межах $0,18 \leq D \leq 0,25$ (м) і відповідних їм межах зміни коефіцієнта заповнення простору жолоба русла очисника $0,75 \leq \varphi_k \leq 1,0$ та значення коефіцієнта сепарації домішок очисником $\lambda_o = 0,5$ і маси вороху коренеплодів, розміщених в один шар на площі 1 м^2 $q = 25 \text{ кг/м}^2$. Зміна η_o залежно від λ_o має характер зворотно пропорційної функції, а умова критерію $\eta_o \leq 1$ забезпечується при $\lambda_o \geq 0,5$ для $D \geq 0,19$ м. Залежно від q умова критерію $\eta_o \leq 1$ виконується для $0,15 \leq D \leq 0,25$ (м) та значень $15 \leq q \leq 23$ (кг/м²).

5. Зміна мінімальної частоти обертання шнека n_{min} залежно від секундної подачі вороху коренеплодів W_c описується лінійною функцією та носить прямопропорційний характер. Основні значення n_{min} знаходяться в межах $n_{min} = 150 \dots 500$ об/хв для відповідної зміни $W_c = 70 \dots 160$ кг/с.

6. Максимальна продуктивність очисника Q_o становить від 50 до 150 (кг/с) залежно від коефіцієнта заповнення простору жолоба робочого русла очисника φ_k та забезпечує мінімальну секундну подачу вороху $W_c = 50$ кг/с при таких параметрах шнека: для $\varphi_k = 0,5; 0,7; 1,0$ і, відповідно, $D \geq 0,22$ м і $n \geq 440$ об/хв; $D \geq 0,21$ м і $n \geq 320$ об/хв; $D \geq 0,19$ м і $n \geq 210$ об/хв.

7. Зміна продуктивності очисника Q_o^e має прямо пропорційний характер – зі збільшенням факторів V_k , D і n у межах їх зміни числові значення продуктивності очисника зростають. У даних межах зміни даних факторів Q_o^e збільшується в середньому від 40 до 75 (кг/с).

8. Аналіз побудованих теоретичної пропускної здатності W_o очисника, яка забезпечує необхідну продуктивність Q_o^e очисника, та експериментальної залежності зміни продуктивності Q_o^e очисника показує, що розбіжність значень W_o , отриманих теоретично та експериментально знаходиться приблизно у межах: від 8,0 до 25,0 %, а усереднене значення розбіжності становить близько 16 %.

9. Можна констатувати, що загальна теоретична модель (2.17) та її похідні формули (2.18), (2.23) у загальному адекватно описують реальний процес зміни Q_o^e . Значення розбіжності 25 % (в деяких випадках) показує, що для більш точних розрахунків необхідні ретельніші і повні дослідження на основі введення інтегральних коефіцієнтів заповнення φ_k простору робочого жолоба та коефіцієнта кількості робочих русел k .

Вказані інтегровані коефіцієнти φ_n і k повинні бути визначені на основі проведення більш глибоких і ґрунтовних теоретичних (більш реальна формалізація об'єкта дослідження) та експериментальних досліджень продуктивності роботи, відповідно, комбінованого очисника та модернізованої КМ.

10. Зниження показників z_{2d} , z_{2p} , z_{2n} відносно аналогічних значень z_{1d} , z_{1p} , z_{1n} є наступними: загальні домішки z_{2d} зменшуються в середньому в 1,8 рази, налиплий ґрунту на коренеплодах – в 2,0 рази, рослинні домішки – в 1,2 рази.

11. Загальна кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів цукрових буряків зменшується приблизно в 1,7 рази – від 8,8 % у серійної до 5,2 % у вдосконаленої. При цьому кількість налиплого ґрунту на бічній поверхні

коренеплодів зменшується майже у 2 рази.

12. Результати розрахунку економічної ефективності розробленої конструкції комбінованого очисника свідчать про доцільність його практичного використання, при цьому загальний економічний ефект за рік експлуатації машини від підвищення її функціональних показників становить 22850,1 грн, або 84,6 грн на 1 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / В.М. Барановський, М.Р. Паньків // 36. наук. праць 1-ої міжн. наук.-практ. конф. "Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин". – Тернопіль, 2004. – С. 192–198.
2. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна. – К. : Феникс, 2004. – 232 с.
3. Барановський В. Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин / Віктор Барановський // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2006. – Т. 11, № 2. – С. 67–75.

4. Напрямки вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин / В.М. Барановський, В.Б. Онищенко, В.О. Соломка [та ін.] // Механізація сільськогосподарського виробництва. – Т. XII. – 2002. – С. 31–42.

5. Погорелый Л.В. Испытания сельскохозяйственной техники: научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин / Л.В. Погорелый, В.Я. Анилович. – К.: Феникс, 2004. – 208 с.

6. Гурченко О. П., Барановський В.М., Кобець А. С. Конструювання універсальної коренезбиральної машини / О. П. Гурченко, В.М. Барановський, А. С. Кобець // Вісник ХДТУСГ. Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. – 2001. – Т.2. – Вип.8. – С. 63–68.

7. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптації транспортно-очисного комбінованого робочого органа коренезбиральних машин / В.М. Барановський // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : ЛДТУ, 2005. – Вип. 13. – С. 18–24.

8. Паньків М.Р. Експериментальні дослідження сепарації вороху коренеплодів кулачково-вальцьовим очисником / М.Р.Паньків, І.Б. Гевко // Науковий вісник НАУ. – К. : НАУ, 2002. – Вип. 80. – С. 253–262.

9. Пат. № 28465 Україна. МПК А01D/33.08. Очисна система вороху коренеплодів / Паньків М.Р., Барановський В.М., Дубчак Н.А., Олійник О.Ф.; заявник і патентовласник Тернопільський державн. техніч. університет ім. І. Пулюя. – № u 200708888 ; заявл. 01.08.2007 ; опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20.

9. Паньків М.Р. Очисна система вороху коренеплодів / М.Р. Паньків, Н.А. Дубчак, В.М. Барановський, // Вісник ХДТУСГ. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – 2007. – Т. 1 – Вип. 59. – С. 33–36.

10. Проспект фірми «Моро»: «MOREAU Sugar beet harvester. Share Lifter.

11. Bunkerkopffoder V202-V100 von Grund aufneu // Проспект фірми “Stoll” (ФРН).

12. Напрямки вдосконалення шнекових очисників вороху / В.М.

Барановський, О.В. Барановський, О.М. Постол [та ін.] // Науковий вісник НАУ. – Вип. 80, ч. 1 – 2005. – С. 249–255.

13. Mindin R.D. Calculation of mass descriptions of root crops / R.D. Mindin // Proc. First. at. Cong. Appl. Mech. Chicago. – 2003. – p. 25–30.

14. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.

15. Погорілий Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління / Л.В. Погорілий // Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків, 2003. – Вип. 20. – С. 10–26.

16. Методика оцінки ступеня пошкодження коренеплодів коренезбиральною машиною / В.М. Булгаков, О.Б. Павелчак, Р.Б. Гевко [та ін.] // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К. : НАУ, 2000. – Т. 7. – С. 14–19.

17. Визначення кутової швидкості обертання гвинта очисника коренеплодів / В.М. Барановський, В.Б. Онищенко, Н.А. Дубчак [та ін.] // Науковий вісник НАУ. – 2006 – Вип. 95, частина 1. – С. 278–283.

18. Дубчак Н. Експериментальні дослідження співудару коренеплодів із гвинтовим конвеєром / Наталія Дубчак, Віктор Барановський, Володимир Онищенко // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2010. – № 5. – С. 44–48.

19. Результати дослідження імпульсу сили удару та кута відбивання коренеплодів / В.М. Барановський, В.Б. Онищенко, Н.А. Дубчак [та ін.] // Вісник ХНТУСГ. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». – 2005. – Вип. 39. – С. 299–307.

20. Саржанов О.А. Обґрунтування параметрів високопродуктивного конвеєра та технологічного процесу очищення коренеплодів від ґрунту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / О.А.

Саржанов, – Харків, 2002. – 19 с.

21. Дослідження продуктивності транспортерно-гвинтового доочисника / В.М. Барановський, Д.Г. Войтюк, М.Р. Паньків [та ін.] // Науковий вісник НАУ. – К. : НАУ, 2005. – Вип. 2, ч. 2. – С. 407–416.

22. Барановський В.М. Енергетична оцінка очисної системи машин вороху коренеплодів / В.М. Барановський, М.І. Цилипець, М.Р. Паньків // Вісник ТДГУ. – Тернопіль, 2006. – Т. 11, № 1. – С. 57–60.

23. Гандзюк М.О. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів доочисника коренеплодів: дис... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Гандзюк Микола Олександрович. – Луцьк, 2002. – 163 с.

24. Виговський А.Ю. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів комбінованого очисника вороху кормових буряків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / А. Ю. Виговський. – Вінниця, 2006. – 20 с.

25. Влас Н.Є. Обґрунтування параметрів гвинтового циліндричного сепаратора з радіально зміщеними геометричними осями шнеків: дис... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Влас Наталія Євгенівна. – Тернопіль, 2004. – 182 с.

26. Паньків М.Р. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гвинтово-еліптичного очисника коренезбиральних машин: дис... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Паньків Марія Романівна. – Тернопіль, 2003. – 160 с.

27. Булгаков В.М. Теория свеклоборочных машин : Монография. / Булгаков В.М., Черновол М.И., Свирень Н.А. – Кировоград : «КОД», 2009. – 256 с.

28. Барановський В.М. Оптимізаційні математичні моделі процесу викопування вороху коренеплодів пасивним сферичним диском / В.М. Барановський, В.Ю. Рамш // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – 2008. – № 12(2). – С. 337–346.

29. Барановський В.М. Розрахунок масових характеристик коренеплодів

/В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : ЛДТУ, 2007. – Вип. 15. – С. 30–43.

30. Технологічний розрахунок подачі вороху до очисника / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.І. Підгурський [та ін.] // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2011. – № 9. – С. 54–61.

31. Рамш В.Ю. Теоретичні дослідження загальної секундної подачі вороху коренеплодів вібраційним копачем / В.Ю. Рамш. Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні : міжн. наук.-техн. конф., 16 травня 2011 р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 70–71.

32. Ямков О.В. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів бурякозбирального агрегату з системним трактором: дис... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Ямков Олександр Володимирович. – Київ, 2007. – 200 с.

33. Гевко І.Б. Обґрунтування конструктивних і силових параметрів секційних елементів гвинтових конвеєрів / І.Б. Гевко, І.В. Новосад // Вісник ТДТУ. – Тернопіль: ТДТУ, 2007. – Т. 12. – № 1. – С. 65–70.

34. Обґрунтування коефіцієнта технологічної працездатності комбінованого очисника / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.І. Підгурський [та ін.] // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – № 10. – Т. 2 (59). – С. 69–75.

35. Рамш В.Ю. Коефіцієнт кінематичної взаємодії коренеплоду з рифом еліпсного шнека / В.Ю. Рамш // Перша міжн. наук.-техн. конф. ф-ту переробних і харчових виробництв, 19 травня 2011 р. : тези доп. – Тернопіль: ТДТУ, 2011. – С. 38.

36. Рамш В.Ю. Дослідження продуктивності комбінованого очисника вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків : ХНТУСТ, 2012. – Вип. 121. – С. 102–109.

37. Ярошенко В.Ф. Уточнення коефіцієнта заповнення міжвиткового

простору горизонтального гвинтового транспортера / В.Ф. Ярешенко, В.М. Білоножко, В.В. Петровський // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2002. – Вип. 49. – С. 380–384.

38. Рамш В.Ю. Аналіз взаємодії коренеплоду з рифом шнека / В.Ю.

Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Науковий вісник НУБіПУ. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., НУБіПУ. – Вип. 144. – Част. 5. – 2010. – С. 157–163.

39. Методика та результати експериментальних досліджень комбінованого очисника вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛДТУ, 2011. – Вип. 35. – С. 146–152.

40. Рамш В.Ю. Результати експериментальних досліджень показників якості роботи очисника / В.Ю.Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків // 36. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 255–259.

41. Гевко Р.Б. Система машин і механізмів АПК / Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. – Тернопіль, 2002. – 264 с.

42. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій / Гевко Р.Б., Гладич Б.Б., Павх І.І., Кириленко Т.О. – Тернопіль., 2003. – С. 138–144.

43. Гаркавий А. Оцінка техніки і технологій на конкурентоспроможність / Анатолій Гаркавий, Тарас Івашків, Роман Гевко // Вісник Тернопільської академії народного господарства. – 2002. – № 6. – С. 23–30.

44. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки : [навч.-метод. посібник для студентів економічних спеціальностей] / [М.Г. Данильченко, Б.Б. Гладич, Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко. – Тернопіль : Економічна думка, 2001. – 267 с.

45. Сельскохозяйственные машины и основы эксплуатации машинно-тракторного парка / [Четыркин Б.Н., Воцкий З.И., Поликутин Н.Г. и др.] – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Агрпромиздат, 2001. – 336 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого
очисника вороху цукрових буряків машин для збирання
коренеплодів в ННЦ ІМЕСІ НААН України Київської обл.**

Васильківський р-н, смт Глеваха

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПІСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

01.01.МР-189 "С" 02.01.21.037

Колісниченко Павло Миколайович

2021

НУБІП України

Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованого
очисника вороху цукрових буряків машин для збирання
коренеплодів в ННЦ ІМЕСГ НААН України Київської обл.

Васильківського р-ну, смт Глеваха

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПІСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

01.01.МР 189 “С” 02.01.21.037

Колісниченко Павло Миколайович

2021