

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.01 - МР. 2218 "С" 2021.12.21. 035 ПЗ

Бориско Олександра Михайловича

2023 р.

Н

Н

Н

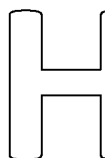
Н

Н

И

П

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



УДК 631.356.2.02

Механіко – технологічний факультет

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан механіко-технологічного факультету

Завідувач кафедри

НУБІП України

Сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

(назва кафедри)

доцент, к.т.н.

НУБІП України

Братішко В.В.

Гуменюк Ю.О.

(підпис)

(ПІБ)

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Обґрунтування параметрів технологічного процесу бурякозбирального агрегату з інтегральним трактором

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

НУБІП України

доктор технічних наук, проф.
(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко В.В.
(ПІБ)

(підпис)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Гуменюк Юрій Олегович

(підпис)

(ПІБ)

НУБІП України

Виконав

Бориско Олександр Михайлович

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

к.т.н., доц.

Гуменюк Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Бориско Олександр Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Обґрунтування параметрів технологічного процесу бурякозбирального агрегату з інтегральним трактором

затверджена наказом ректора НУБіП України від «21» лютого 2021 р. № 2218 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Первинна документація з техніко-експлуатаційними характеристиками, Науково-технічна, нормативне – методична література

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Параметри технологічного процесу бурякозбирального агрегату з інтегральним трактором

2. Технологічна частина

3. Дослідницька частина

4. Охорона праці

5. Розрахунок економічної ефективності

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Гуменюк Ю.О.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до вико

Бориско О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу бурякозбирального агрегату з інтегральним трактором».

Магістерську роботу виконано на .. сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А-4, що містить .. таблиць і .. рисунків, та подано у вигляді презентації з .. слайдів.

НУБІП України

Магістерську роботу присвячено технологічному процесу бурякозбирального агрегату з інтегральним трактором

У першому розділі пояснювальної записки представлено стан і проблеми збирання цукрових буряків.

У другому розділі охарактеризовано дослідження з теоретичних вдосконалень засобів механізації для збору цукрових буряків.

У третьому розділі охарактеризовано опис експериментальних установок та методика досліджень .

У четвертому розділі представлено результати експериментальних

д о У п'ятому розділі розраховано ефективність впровадження у виробництво результатів наукових досліджень .

л Ключові слова: ЦУКРОВІ БУРЯКИ, СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, РОБОЧІ ОРГАНИ, БУРЯКОЗБИРАЛЬНІ МАШИНИ, ЕЛЕКТРИЗОВАЛЬНІ АПАРАТИ.

ж е н б

НУБІП України

н а

НУБІП України

в

л

и

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. СТАН І ПРОБЛЕМИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	9
1.1. Технології виробництва цукрових буряків.....	9
1.2. Технології збирання цукрових буряків.....	12
1.3. Збирання гички цукрових буряків.....	13
1.3.1. Способи збирання гички цукрових буряків.....	13
1.3.2. Технічні засоби для збирання гички цукрових буряків.....	14
1.4. Викопування коренеплодів цукрових буряків.....	23
1.5. Агротехнічні вимоги до збирання цукрових буряків.....	28
1.6. Бурякозбиральні машини.....	30
Висновки до розділу.....	35
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	36
2.1. Підбір оптимальної схеми розташування та конструктивних параметрів машинно-тракторного агрегату для збирання буряків.....	36
2.2. Обґрунтування профілю робочої поверхні копіра.....	41
2.3. Визначення профілю мінімальної енергоємності робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків.....	46
Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	54
3.2. Опис експериментальних установок.....	55
3.2.1. Лабораторні установки.....	55
3.2.2. Установки для проведення лабораторно-польових досліджень.....	58
3.3. Методика проведення експериментальних досліджень.....	59
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	66
4.1. Аналіз впливу схеми розташування та конструктивних параметрів машинно- тракторного агрегату на точність копіювання рядків цукрових буряків.....	66
4.2. Дослідження впливу параметрів копіювального пристрою гичкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів.....	69
4.3. Вплив профілю робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків на величину його тягового опору.....	73
Висновки до розділу.....	78

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У
ВИРОБНИЦТВО РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....80

5.1. Передумови, методика розрахунку і вихідні дані.....80

5.2. Аналіз економічної ефективності зниження енергоємності робочого
процесу дообрізників головок коренеплодів і лемешів коливних
копачів.....85

5.3. Оцінка економічної ефективності при виборі обґрунтованого режиму роботи
бурякозбирального
комбайну.....88

5.4. Економічна ефективність вибору обґрунтованого режиму роботи
бурякозбирального машинно-тракторного агрегату і застосування
експериментальних робочих органів.....90

Висновки до розділу.....91

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....92

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....94

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Цукрові буряки – одна з основних технічних культур. Вони є єдиним вітчизняним видом сировини для виробництва цукру в Україні, а побічна продукція цукрової промисловості - цінним кормом для тваринництва.

НУБІП України

В Україні переважно використовується традиційна технологія вирощування цукрових буряків, яка базується на використанні тракторів МТЗ-80 і Т-70С. Ця технологія відома як українська інтенсивна. Однак, впровадження більш потужних системних (інтегральних) просапних тракторів класу 3, таких як ХТЗ-160, може підвищити ефективність цієї технології.

НУБІП України

Використання високопродуктивних комбінованих ґрунтообробно-посівних машинно-тракторних агрегатів та агрегатів для догляду за посівами дозволяє покращити результати вирощування цукрових буряків.

НУБІП України

Результатом подальшого вдосконалення української інтенсивної технології є введення харківської, або "коліїної" технології вирощування цукрових буряків. В цій технології також використовується трактор ХТЗ-160 та шлейф машин, які утворюють високопродуктивні комбіновані агрегати для виконання всього комплексу робіт з вирощування цукрових буряків. "Коліїна" технологія дозволяє збільшити продуктивність агрегатів завдяки підвищенню робочої швидкості і скороченню часу заїзду в міжряддя, а також зменшити пошкодження рослин.

НУБІП України

НУБІП України

У всіх існуючих технологіях збирання цукрових буряків використовується широкий асортимент бурякозбиральної техніки, яка може бути вітчизняного або зарубіжного виробництва. Ця техніка включає в себе наступні типи машин:

НУБІП України

Самохідні комбайни: це спеціалізовані машини, які можуть самостійно збирати цукрові буряки з полів. Вони мають вбудовані системи для збирання, очищення та транспортування буряків.

НУБІП України

Комплекси машин для роздільного збирання цукрових буряків: ці машини складаються з причіпних і/або самохідних модулів, які виконують різні функції збирання. Наприклад, один модуль може відповідати за видалення гичок, а інший - за збирання коренеплодів.

НУБІП України

Причіпні машини: вони мають гичковидальний і коренезбиральний модулі, розміщені на одній рамі. Ці машини можуть бути агреговані з передньою або задньою начіпною системою трактора (енергетичним модулем),

або вони можуть бути окремими машинами, які агрегуються одночасно на передній і задній начіпних системах трактора (енергетичному модулі)

Ця різноманітність техніки дозволяє вибрати оптимальний варіант для збирання цукрових буряків залежно від потреб та умов вирощування.

Самохідні бурякозбиральні машини, особливо комбайни, із-за високої купівельної вартості, а також значних експлуатаційних затрат, є практично недоступними для переважної більшості бурякозбираючих господарств України. Тому в сучасних умовах фінансового забезпечення сільськогосподарського виробництва актуальним є розвиток вітчизняної причіпної і начіпної бурякозбиральної техніки, яка має в десятки разів меншу, ніж зарубіжна техніка, вартість, а також відносно проста в експлуатації і обслуговуванні, при близьких з зарубіжною технікою продуктивності і якості роботи.

В магістерській кваліфікаційній роботі вирішуються питання вибору раціональної схеми компоновки бурякозбирального агрегату і ширини колії трактора з метою зменшення пошкоджень і втрат коренеплодів під час збирання. Для цього будуються математичні моделі функціонування бурякозбиральних агрегатів, використовуючи методи аналітичної механіки, зокрема рівняння динаміки Лагранжа другого роду у формі систем диференціальних рівнянь. В цих моделях враховуються основні параметри агрегатів, такі як положення центрів мас на їх поздовжніх осях і ширина колії трактора.

Аналіз рішень систем диференціальних рівнянь, а також експериментальна перевірка теоретичних висновків, дозволяють вибрати оптимальну схему компоновки бурякозбирального агрегату і ширину колії трактора, що забезпечує найбільшу точність спрямування агрегату по рядках коренеплодів і, відповідно, зменшення пошкоджень і втрат при збиранні.

Крім того, в роботі також розглядається питання зменшення енергоємності робочих процесів бурякозбиральних машин. Зокрема, використовуються методи зменшення енергоємності робочих процесів гичкорозбиральних і викопуючих робочих органів, таких як копір гичкозрізувального апарата і леміш коливного копача.

Так, питання зменшення енергоємності робочих процесів бурякозбиральних машин вирішується шляхом зменшення енергоємності

робочих процесів гичкорозбиральних і викопуючих робочих органів, зокрема копіра гичкозрізувального апарата і лемеша коливного копача.

Для зменшення енергоємності робочого процесу копіра гичкозрізувального апарата використовується теоретична побудова профілів мінімальної енергоємності його робочої поверхні з використанням прямого методу варіаційного числення. Застосовуються різні варіанти значень параметрів профілю, а потім виготовляються зразки копирів з теоретичними профілями робочої поверхні. Ці зразки піддаються експериментальному дослідженню, а на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень вибирається найменш енергоємний варіант.

Аналогічно, питання зменшення енергоємності робочого процесу лемеша коливного копача вирішується шляхом теоретичної побудови профілю мінімальної енергоємності його робочої поверхні з використанням прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих елементів. Зразки з такими теоретичними профілями робочої поверхні виготовляються і піддаються експериментальній перевірці в лабораторних і польових умовах.

Такий підхід дозволяє зменшити енергоємність робочих процесів бурякозбиральних машин шляхом оптимізації форми і параметрів робочих органів, що веде до більш ефективного використання енергії і зменшення втрат енергії під час виконання роботи.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень – покращення якості роботи і зменшення витрат енергії при збиранні цукрових буряків шляхом удосконалення збиральної техніки.

Для досягнення поставленої мети намічено вирішити такі задачі:

- провести аналіз конструкцій і робочих процесів гичкозрізувальних та викопуючих органів, а також сучасних типів бурякозбиральних машин;
- обґрунтувати аналітично схему компоновки і конструктивні параметри бурякозбирального машинно-тракторного агрегату шляхом розробки математичної моделі його функціонування;
- розробити математичну модель процесу взаємодії копіра гичкозрізувального апарата з коренеплодом цукрових буряків;
- розробити математичну модель процесу взаємодії лемеша коливного копача з ґрунтом;

– перевірити адекватність результатів теоретичних досліджень;
 – обґрунтувати економічну ефективність впровадження у виробництво результатів досліджень.

Об’єкт досліджень. Процеси руху по поверхні поля бурякозбиральних агрегатів з системними тракторами, взаємодії копирів гичкозрізувальних апаратів з коренеплодами цукрових буряків, взаємодії лемешів коливних копачів з ґрунтом.

Предмет досліджень. Вплив схем компоновки і конструктивних параметрів бурякозбиральних агрегатів на величину відхилень їх траєкторій руху від осевої лінії рядків коренеплодів, залежність величини роботи, затраченої на копцювання коренеплодів цукрових буряків при збиранні гички, від профілю робочої поверхні і конструктивних параметрів копіра, величини тягового опору лемеша коливного копача від профілю його робочої поверхні.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження виконувались на основі механіко-математичного моделювання функціонування бурякозбиральних агрегатів, а також застосування прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих елементів. Експериментальні дослідження виконувались за стандартними та розробленими методиками, із застосуванням методу планування багатofакторного експерименту, тензометричних засобів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше розроблені математична модель для обґрунтування раціонального профілю робочої поверхні копіра гичкозрізувального апарата з використанням прямого методу варіаційного числення, а також математична модель для обґрунтування раціонального профілю робочої поверхні лемеша коливного копача з використанням прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих елементів. Одержала подальший розвиток теорія динаміки функціонування бурякозбиральних агрегатів, складених на основі системних тракторів типу ХТЗ-160 з різними схемами компоновки на них збиральних машин.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовані схема компоновки і конструктивні параметри бурякозбирального машинно-

тракторного агрегату, а також профілі робочих поверхонь копіра гичкозрізувального апарата і лемеша коливного копача, досягнуто зменшення енергоємності процесів копіювання коренеплодів та їх викопування на 7...10 % порівняно з серійними робочими органами, зменшення втрат коренеплодів при збиранні до рівня 0,6 %, а також зменшення витрат палива на 1га майже на 8 %.

Бурякозбиральна машина KR-6 з удосконаленими робочими органами впроваджена у копієній технології виробництва цукрових буряків у дослідному господарстві Інституту цукрових буряків „Пархомівське”, Краснокутського району, Харківської області на площі 120 га в 2004 - 2005 роках, з річним

економічним ефектом близько 25 тис. грн. на один агрегат. Результати досліджень також прийняті до впровадження ВАТ „БОРЕКС”, м. Бородянка, Київської області.

Структура та обсяг роботи. Магістерська кваліфікаційна робота містить вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінок. Основний зміст викладений на 93 сторінках друкарського тексту. Список використаних літературних джерел містить 56 найменувань.

РОЗДІЛ 1

НУВІП України

СТАН І ПРОБЛЕМИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

1.1. Технології виробництва цукрових буряків

Технологія виробництва цукрових буряків включає в себе виконання таких основних процесів як підготовка ґрунту в осінній (основний обробіток) і весняний (передпосівний обробіток) періоди, сівба, догляд за посівами і збирання. При цьому для виконання кожного з цих процесів існують чітко визначені і, як правило, стислі в часі, агротехнічні строки, дотримання яких є однією з важливих складових успішного кінцевого результату-високої урожайності коренеплодів. Особливо це відноситься до передпосівного обробітку ґрунту і сівби, стосовно яких відмічається, що передпосівна культивування ґрунту і сівба являються єдиним технологічним процесом, з мінімально можливим часовим проміжком між ними [2, 55]. Виконання всіх технологічних процесів ґрунтується на застосуванні відповідного шлейфу машин, в якому виділяються основні або базові машини.

В технології виробництва цукрових буряків на основі застосування тракторів класу 1(4) і 2 всі операції весняного обробітку ґрунту-розпушення (закриття вологи), вирівнювання поверхні (шлейфування), передпосівний обробіток на глибину заробки насіння, а також сівба, виконуються окремими машинно-тракторними агрегатами у складі трактора МТЗ-80 або Т-70С і відповідних ґрунтообробних і посівних машин. При цьому має місце і відповідна кількість проходів агрегатів по поверхні поля, що безпосередньо пов'язане з проблемою ущільнення ґрунту. Робочі швидкості агрегатів при виконанні операцій з весняного обробітку ґрунту – 6...8 км/год, сівби – 3,5...4,5 км/год, продуктивність посівних агрегатів може становити 1,9...2,1 га/год [64]. Збирання урожаю здійснюється із застосуванням машинно-тракторних агрегатів у складі трактора МТЗ-80 або Т-70С і причіпних гичкозбиральних машини БМ-6 (і послідовних її модифікацій А і Б) або МБН-6 – для збирання гички, і самохідних

коренезбиральних машин РКС-6, МКК-6-02, КС-6, КС-6Б для викопування коренеплодів. Продуктивність бурякозбирального комплексу у складі гичкозбиральної і коренезбиральної машин може становити 1,4...1,6 га/год.

Ця технологія, яка при створенні дістала назву індустріальної, в різних її варіантах, які обумовлені наявністю необхідних машин, застосуванням гербицидів, ручної праці і т. д., застосовується і в сучасних умовах як українська інтенсивна технологія.

Суттєве поліпшення результативності української інтенсивної технології виробництва цукрових буряків досягається у разі застосування нових машин (грунтообробних, посівних, збиральних та ін.) у складі комбінованих агрегатів виробництва Харківського тракторного заводу, на базі системного трактора типу ХТЗ-160 класу 3 т, який має передній і задній начіпні пристрої, задній, передній

і центральний ВВП. Весь комплекс робіт з обробки ґрунту, сівби, догляду за посівами та збирання в цьому випадку здійснюється одним трактором з шлейфом машин, які агрегуються на передньому і задньому начіпних пристроях, і при цьому за один прохід виконується декілька технологічних операцій, наприклад, вирівнювання, розпушування, подрібнення ґрунту та шлейфування або передпосівний обробіток ґрунту і сівба. Використання даних комбінованих

агрегатів, які за продуктивністю значно перевищують агрегати з тракторами МТЗ-80 і Т-70С (наприклад, при передпосівній підготовці ґрунту продуктивність за світловий день досягає 100, а при сівбі без внесення гербицидів – 50 га) дає

змогу зменшити витрати пального, підвищити надійність виконання всіх операцій весняного циклу у задані агротехнічні строки і скоротити ці строки.

Скорочується також і кількість проходів агрегату по полю [33]. Збирання цукрових буряків здійснюється агрегатами у складі трактора ХТЗ-160 і бурякозбиральних машин, які агрегуються на передньому і задньому начіпних пристроях. Викопані коренеплоди при цьому укладаються у валок, який підбирається окремим підбирачем-навантажувачем.

Технологія виробництва цукрових буряків, відома як "колійна" або "харківська" технологія, є подальшим удосконаленням української інтенсивної

технології. Основна особливість цієї технології полягає у використанні спеціального комплексу машин, який дозволяє виконувати всі роботи з вирощування цукрових буряків одним трактором. У "коліній" технології застосовується спеціальний спосіб сівби за допомогою агрегату, який

складається з трактора ХТЗ-160, культиватора АРВ-8,1-02 і сівалки ССТ-18В.

Колеса трактора встановлюються на відповідну колію за допомогою вставок, що дозволяє досягти ширини міжряддя 70 см, замість 45 см при традиційній технології. Секції сівалки розставляються на рамі таким чином, щоб ширина

міжрядь відповідала 70 см, враховуючи розташування коліс

трактора. Застосування "коліної" технології призводить до збільшення продуктивності агрегату на міжрядних обробках до 20%. Це досягається завдяки зменшенню часу на заїзді агрегату в міжряддя та підвищенню робочої швидкості за рахунок руху коліс трактора в збільшених міжряддях.

Використання ширших міжрядь зменшує ймовірність наїзду коліс трактора на рядки і пошкодження рослин, забезпечуючи при цьому відповідну якість виконання робіт в рамках агротехнічних вимог.

Крім того, при збиранні цукрових буряків "колійна" технологія дозволяє підвищити робочу швидкість за рахунок руху агрегату в широких міжряддях, враховуючи технічні можливості трактора ХТЗ-160. При цьому обмеження швидкості встановлюється функціональними можливостями гнчкозбиральної машини і копача-валкоутворювача.

Таким чином, "колійна" технологія виробництва цукрових буряків дозволяє досягти покращення продуктивності і якості виконання робіт шляхом оптимізації міжрядних відстаней та руху агрегату.

Дані порівняльної оцінки ефективності варіантів української технології виробництва цукрових буряків (з розрахунку на 100 га посіву) свідчать [30], що українська інтенсивна технологія, якщо вона базується на застосуванні тракторів ХТЗ-160, а також вітчизняних сільськогосподарських машин, на всіх технологічних операціях є найменш працемісткою, а за показником прямих

затрат, виражених в гривнях – найдешевшою, за однакового рівня врожайності. Затрати праці на 1 тону коренеплодів становлять 1,64 люд.-год, а собівартість 1 тони коренеплодів – 27,1 гривні, порівняно з 1,85 люд.-год і 35,5 гривні при застосуванні традиційного комплексу машин. „Келійна” (харківська) технологія виробництва цукрових буряків, у порівнянні з традиційною із застосуванням тракторів МТЗ-80 і Т-70С, забезпечує на сівбі і догляді за посівами підвищення продуктивності праці на 40% і зменшення витрат пального – до 30%. При цьому один трактор ХТЗ-160 може замінити три трактори МТЗ-80 і Т-70С [75].

1.2. Технології збирання цукрових буряків

При збиранні цукрових буряків виконуються такі технологічні операції: зрізування верхньої частини коренеплодів з гичкою, доочищення коренеплодів від залишків гички, викопування коренеплодів, очищення коренеплодів від ґрунту та завантаження коренеплодів в транспортні засоби.

Вибір технології збирання та типу машин визначається переважно розмірами поля та ґрунтово-кліматичними умовами. В залежності від кількості проходів машин, які застосовуються при виконанні технологічних операцій збирання гички та коренеплодів, існують такі технології збирання цукрових буряків [47]:

1. Однофазна технологія. Всі технологічні операції збирання гички та коренеплодів виконуються за один прохід. Така технологія здійснюється самохідними комбайнами різної рядності і типу.

2. Двофазна технологія. Під час першого проходу виконується збирання гички та викопування коренеплодів і укладання їх у валки. Під час другого проходу виконується підбирання валків, очищення коренеплодів від ґрунту та завантаження їх у транспортні засоби, або у бункер підбирача-навантажувача валків. Можливі інші варіанти двофазної технології. Наприклад, під час першого проходу – збирання гички, а під час другого викопування коренеплодів, їх очищення і завантаження у транспортні засоби. Двофазна технологія дозволяє підвищити показники якості збирання, а саме, знизити вміст домішок і

рослинних решток у воросі зібраних коренеплодів, а також транспортні витрати. Завдяки цьому вона знайшла широке розповсюдження в західноєвропейських країнах (Франція, Німеччина, Великобританія, Данія та ін.) і США.

3. Трифазна технологія. Кожна технологічна операція, а саме збирання гички, викопування коренеплодів і укладання їх у валок, підбирання валків з очищенням коренеплодів від ґрунту та завантаженням їх у транспортні засоби, виконується окремою машиною відповідно гичкозбиральною, коренезбиральною (копачем-валкоутворювачем) та підбирачем-навантажувачем валків. Машини, призначені для здійснення цієї технології, характеризуються більш високими показниками за продуктивністю і якістю виконання робочого процесу, однак потребують більшої кількості робітників та збільшують ущільнення ґрунту.

Дво-трифазні технології збирання цукрових буряків комплексами 6-рядних машин як з укладанням коренеплодів у валки, так і потоково-перевалочні, є більш економічним і альтернативним варіантом комбайнового збирання цукрових буряків [14]. Крім того, у вологих і перезволожених умовах дво-трифазні технології з укладанням вороху коренеплодів у валки залишаються єдиним технологічно спроможним варіантом збирання [18]. Технології збирання цукрових буряків, які передбачають збирання гички і укладання коренеплодів у валки одними агрегатами, а іншими - підбирання їх з валків і завантаження в транспортні засоби, дають змогу забезпечити практично незалежну роботу агрегатів, повніше використати потенційні можливості кожного з них, поліпшити умови для чіткої взаємодії з транспортом [57].

1.3. Збирання гички цукрових буряків

1.3.1. Способи збирання гички цукрових буряків

Сучасні технології збирання цукрових буряків передбачають збирання гички шляхом зрізування верхньої частини коренеплодів з тичкою перед їх викопуванням і доочищення головок коренеплодів від залишків гички.

Виконання цих операцій може здійснюватись однофазним або двофазним способами [53].

Однофазний спосіб передбачає копіювання копіром гичкозрізувального апарата коренеплодів в рядку по висоті їх стояння над поверхнею ґрунту з метою установки ножа гичкозрізувального апарата на задану висоту зрізування, зрізування верхньої частини коренеплодів з гичкою і наступного доочищення головок коренеплодів від залишків гички.

Двофазний спосіб передбачає збирання гички в дві фази і наявність для цього відповідно двох різальних апаратів. Перша фаза-попереднє зрізування основної маси гички на рівні зрізування верхньої частини високостоячих коренеплодів, без копіювання останніх по висоті. При ньому ставиться вимога-видалити максимум гички при прийнятій втраті цукроносної маси в головках [16]. Друга фаза-зрізування верхньої частини з залишками гички у тих

коренеплодів, які залишились необрізаними після першої фази (низькостоячі коренеплоди), з копіюванням коренеплодів в рядку по висоті їх стояння над поверхнею ґрунту і наступним доочищенням головок коренеплодів від залишків гички, як при однофазному способі. При цьому доочищення може здійснюватись як в проміжку між першою і другою фазами, так і після другої фази.

Недоліком однофазного способу збирання є наявність прогарку гички між копіром гичкозрізувального апарата і головками коренеплодів, який, особливо при високоврожайній гичці, робить неможливим безпосередній контакт копіра з головками коренеплодів і встановлення ножа гичкозрізувального апарата на задану висоту зрізування, що призводить до втрат до 10% цукроносної маси.

При двофазному способі збирання, коли основна маса гички попередньо видаляється, зрізування головок коренеплодів здійснюється при їх контакті з копіром, що сприяє підвищенню точності обрізування коренеплодів і зменшенню втрат цукроносної маси.

1.3.2. Технічні засоби для збирання гички цукрових буряків

У більшості сучасних гичкозбиральних машин, як зарубіжного, так і вітчизняного виробництва, для першої фази двофазного збирання гички - попереднього зрізування основної маси гички без копіювання верхньої частини головок - застосовуються ротаційні пристрої. Ці пристрої мають горизонтальний вал з шарнірно закріпленими на ньому ножами і розташовуються перпендикулярно до напрямку руху гичкозбиральної машини.

На рисунку 1.1 показана схематична конструкція ротаційного пристрою. Він складається з горизонтального вала, на якому розташовані ножі. Цей вал може бути приводжений в рух за допомогою механізму з гідроприводом або іншого типу приводу що забезпечує його обертання. При русі гичкозбиральної машини ножі розрізають основну масу гички на рівні верхньої частини головок високостоячих коренецподів, не копіюючи їх.

Використання ротаційного пристрою дозволяє ефективно здійснювати першу фазу збирання гички, попереднє зрізування, забезпечуючи швидке та точне відокремлення верхньої частини головок без пошкодження решти гички. Це дозволяє забезпечити якісне збирання і збереження цукрових буряків під час подальшого процесу збирання та обробки

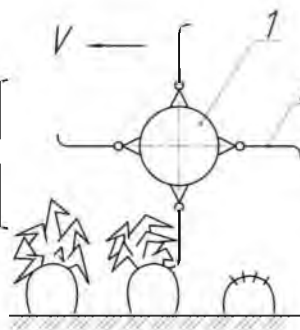


Рис. 1.1. Схема ротаційного пристрою з горизонтальним валом для попереднього зрізування гички 1 – вал; 2 – ніж

Пристрої такого типу застосовуються практично на всіх сучасних гичкозбиральних машинах і модулях провідних фірм-виробників бурякозбиральної техніки, таких як „Holmer” (Німеччина), „Mogean” (Франція), та ін. [50], а також на вітчизняних гичкозбиральних машинах МБП-6 (ВАТ

„Дніпропетровський комбайновий завод”), МГР-6 (ВАТ „Тернопільський комбайновий завод), МГ-6 (ВАТ „Уманьфермаш”).

Для попереднього зрізування гички застосовуються також і пристрої інших типів [10, 46], наприклад косаркового типу з серментно-пальцьовим різальним апаратом, ротаційні з вертикальним і похилим валом, стрічкового типу.

Для зрізування верхньої частини коренеплодів з гичкою, при однофазному способі збирання, або зрізування (дообрізування) верхньої частини коренеплодів із залишками гички, при двофазному способі збирання, застосовуються

гичкозрізувальні апарати різних типів і конструкцій, у складі копіра і ножа, які,

в залежності від типу копіра і ножа, можна розділити на чотири групи [49]: 1-з пасивним копіром і активним ножем (рис. 1.2 а); 2-з пасивним копіром і пасивним ножем (рис. 1.2 б); 3-з активним копіром і пасивним ножем (рис. 1.2 в); 4-з активним копіром і активним ножем (рис. 1.2 г).



Рис. 1.2. Схеми гичкозрізувальних апаратів: а-з пасивним копіром і активним ножем; б-з пасивним копіром і пасивним ножем; в-з активним копіром і пасивним ножем; г-з активним копіром і активним ножем.

НУВБІП УКРАЇНИ

в-з активним копиром і пасивним ножем; г-з активним копиром і активним ножем; 1 – копир, 2 – нир

Гичкозрізувальні апарати першої групи, що використовують пасивний

копир і активний нир, з'явилися в Німеччині на початку 20-х років ХХ століття.

Сучасні машини, які використовують цей тип апаратів, знаходять застосування переважно на вітчизняних гичкозбиральних машинах, наприклад, БМ-6Б. Вибір

такого типу гичкозрізувальних апаратів для вітчизняних машин обумовлюється

особливостями вирощування цукрових буряків в Україні. Велика

нерівномірність висоти стояння коренеплодів над поверхнею ґрунту, включаючи розміщення верхівок з гичкою на рівні поверхні ґрунту, а також значна забур'яненість полів під час збирання - ці фактори впливають на вибір

конкретного типу гичкозрізувального апарату. Гичкозрізувальні апарати

першої групи, що використовують пасивний копир і активний нир, дозволяють

ефективно вирізати гичку із цукрових буряків незалежно від їх висоти стояння над поверхнею ґрунту. Це забезпечує якісне збирання цукрових буряків,

зокрема верхівок з гичкою, і допомагає уникнути пошкодження решти рослини.

Крім того, цей тип апаратів добре працює навіть на забур'янених полях, що є актуальною проблемою в умовах вирощування цукрових буряків.

Таким чином, використання гичкозрізувальних апаратів першої групи з

пасивним копиром і активним ножем на вітчизняних гичкозбиральних машинах

БМ-6Б є обґрунтованим вибором, оскільки вони дозволяють ефективно збирати

цукрові буряки незалежно від їх положення над поверхнею ґрунту і допомагають подолати проблему забур'яненості полів під час збирання

Гичкозрізувальні апарати другої групи, з пасивним копиром і пасивним

ножем, якісно працюють на незабур'янених полях і при відсутності

високоврожайної гички на коренеплодах. Вони знайшли широкі застосування в

конструкціях сучасних бурякозбиральних машин - ними обладнані практично всі гичкозбиральні машини, як зарубіжні, так і вітчизняні, а також гичкозбиральні

модулі бурякозбиральних комбайнів провідних світових фірм-виробників (рис. 1.3 а). Гичкозрізувальні апарати другої групи вигідно вирізняються простотою конструкції і невеликою масою.

Гичкозрізувальні апарати третьої групи, з дисковим активним копіром і пасивним ножем (з прямолінійною або криволінійною формою леза), з-за складності конструкції і значної маси не набули широкого застосування [85, 116]. В конструкціях сучасних гичкозбиральних машин і модулів вони обмежено застосовуються як доборізники, наприклад, в машинах фірм „Holmer”, „Stoll”, „Barigelli” (рис. 1.3 б) [22].



а)



б)

Рис. 1.3. Гичкозбиральні модулі бурякозбирального комбайна Bargaм фірми

„Barigelli” (Італія): а- з гичкозрізувальними апаратами другої групи; б- з гичкозрізувальними апаратами третьої групи

Гичкозрізувальні апарати четвертої групи з-за складності конструкції, великої маси рухомих частин і незадовільного контакту з головками коренеплодів, особливо при високоурожайній гичці, не набули поширення [18].

Гичкозрізувальні апарати сучасних гичкозбиральних модулів бурякозбиральних комбайнів, а також гичкозбиральних машин кріпляться до їх несучих елементів (рами) з допомогою систем кріплення двох типів: 1-повідкової (рис. 1.4) і 2-паралелограмної (рис. 1.5 а, б).

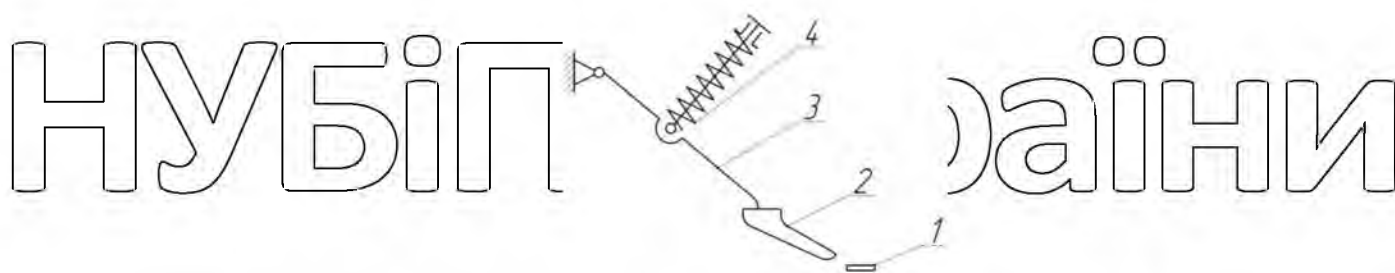


Рис. 1.4. Схема повідкової системи кріплення гичкозрізувальних апаратів другої групи: 1-ніж; 2-копір; 3-повідок; 4-пружина



Рис. 1.5. Схема паралелограмної системи кріплення гичкозрізувальних апаратів: а-першої групи; б-другої групи; 1-ніж; 2-копір; 3-паралелограмний механізм; 4-пружина

Зв'язок між копіром і ножем може бути жорстким, коли вертикальний зазор між ними залишається постійним, або функціональним, коли величина вертикального зазору змінюється.

В процесі розвитку конструкцій гичкозрізувальних апаратів виникло два основних типи пасивних копірів, які застосовуються в конструкціях гичкозрізувальних апаратів як першої, так і другої групи [108, 116]: 1 – полозovidний, 2 – гребінчастий.

Полозovidний копир являє собою плоский, загнутий в нижній частині полозок, який має гладеньку поверхню і встановлюється під певним (регульованим) кутом до поверхні ґрунту. Такі копир мали гичкозрізувальні апарати як першої, так і другої групи машин фірм „Farmhand” (рис. 1.6) і „John Deere” (CIIA).



Рис. 1.6. Гичкозрізувальний апарат фірми „Fagghand” з полозовидним копіром і активним ножем

Недоліками при роботі полозовидних копирів є утворення між їх суцільною плоскою поверхнею і головками коренеплодів прошарку з гички, який перешкоджає точній установці зв'язаного з копіром ножа на задану висоту зрізування, особливо при високоврожайній гичці, а також залипання ґрунтом.

Тому вони не набули подальшого широкого застосування. З сучасних гичкозбиральних машин такі копирі мають гичкозрізувальні апарати другої групи гичкозбиральної машини WTC (США) [46].

Гребінчастий копир є найбільш поширеним типом пасивного копіра в сучасних конструкціях гичкозрізувальних апаратів як першої, так і другої групи.

Він являє собою конструкцію, складену з окремих, вертикально розміщених, сталевих планок, нижні кромки яких утворюють робочу поверхню копіра (рис. 1.7). При копіюванні гребінчастим копіром головок коренеплодів з гичкою при однофазному способі збирання гички, або з залишками гички при двофазному способі збирання, гичка проходить крізь проміжки між планками і не утворює прошарку між робочою поверхнею копіра і головкою коренеплода, внаслідок чого створюються умови для безпосереднього контакту копіра з головками коренеплодів і підвищення точності зрізування.



Рис. 1.7. Схема гребінчастого пасивного копіра: 1 – сталеві планки

Робоча поверхня гребінчастого копіра в переважній більшості конструкцій (рис. 1.8, 1.9) має прямолінійну ділянку, яка утворює деякий кут з поверхнею ґрунту, а також криволінійну і горизонтальну ділянки.



Рис. 1.8. Гребінчастий пасивний копір гичкозрізувального апарата другої групи гичкозбирального модуля бурякозбирального комбайна „Verwaet” (Голандія)

Наявність в робочій поверхні гребінчастого копіра криволінійної ділянки сприяє плавному виходу горизонтальної ділянки на верхівку головки коренеплода, а також постійному (безвідривному) контакту копіра з головою для здійснення зрізування її на заданій висоті.



Рис. 1.9. Гребінчастий пасивний копир гичкозрізувального апарата другої групи гичкозбирального модуля бурякозбирального комбайна „Bargan” (Італія)

Деякі конструкції пасивних гребінчастих копирів мають криволінійну робочу поверхню (рис. 1.10, 1.11).



Рис. 1.10. Гребінчастий пасивний копир гичкозрізувального апарата другої групи гичкозбирального модуля бурякозбирального комбайна „Holmer” (Німеччина)

НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 1.11. Гребінчастий пасивний копір гичкозрізувального апарата другої групи гичкозбирального модуля бурякозбирального комбайна SF-10 „Kleins” (Німеччина)

Ряд конструкцій гребінчастих пасивних копирів, які або застосовуються в сучасних гичкозрізувальних апаратах, або пропонуються до застосування в патентних матеріалах, мають ступінчасту форму робочої поверхні. Прикладами можуть бути конструкція гребінчастого пасивного копіра фірми „Holmer” (Німеччина) (рис. 1.12), а також конструкції копирів, представлені в [7, 8] (рис. 1.13).



Рис. 1.12. Гребінчастий пасивний копір гичкозрізувального апарата другої групи гичкозбирального модуля бурякозбирального комбайна „Holmer” (Німеччина)

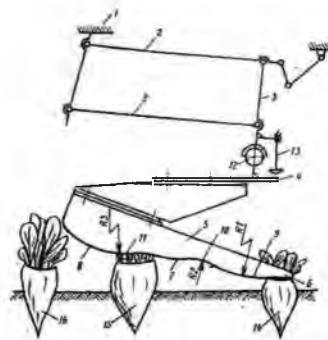


Рис. 1.13 Гребінчастий пасивний копір копіюючого пристрою за А.с.СРСР № 1061739А

Ступінчастий характер профілю робочої поверхні копирів дає можливість краще пристосовуватись до різниці висот над поверхнею ґрунту суміжних коренеплодів, більш плавно, з меншими ударними зусиллями копіювати головки коренеплодів, що зменшує ймовірність вивертання коренеплодів з ґрунту і їх пошкодження, а також покращує умови для зрізування головок на заданій висоті.

1.4. Викопування коренеплодів цукрових буряків

Копачі є важливими робочими органами бурякозбиральних машин, від їх якості роботи значною мірою залежить ефективність всієї машини. Тому до копачів пред'являються численні і жорсткі вимоги. Вилкові та лемішні копачі є найпростішими за конструкцією типами копачів. В залежності від способу кріплення вилкових елементів або лемешів, вони можуть бути замкненими або розімкненими. Незважаючи на їх простоту та невелику масу металу, ці типи копачів мають обмежене застосування через високі енергозатрати та низьку надійність на в'язких ґрунтах.

Викопуючі робочі органи, такі як вилкові та лемішні копачі, вирізають шар ґрунту разом з коренеплодами, руйнують зв'язки між коренеплодами та ґрунтом, витягують їх і передають на очисні робочі органи для подальшої обробки. Однак через їх конструктивні особливості, вони не є оптимальними для використання на в'язких ґрунтах і вимагають значних енергетичних затрат.

Крім вилових та лемішних, існують також дискові та комбіновані копачі, які мають більш складну конструкцію і застосовуються для поліпшення продуктивності та якості викопування на різних типах ґрунту.

Отже, хоча вилові та лемішні копачі є простими за конструкцією, вони мають обмежене застосування через енергетичні затрати та надійність на в'язких ґрунтах. Для досягнення кращої продуктивності і якості роботи, часто використовують більш складні типи копачів, такі як дискові та комбіновані.

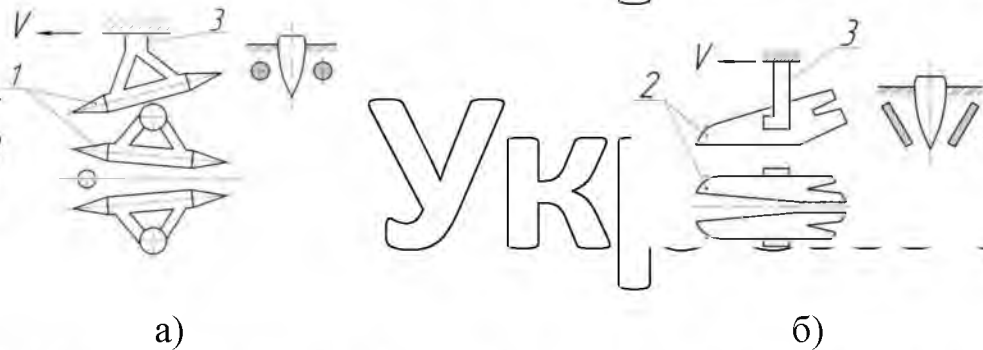


Рис. 1.14. Схеми копачів пасивного типу: а-вилкового; б-лемішного; 1-вилкові елементи; 2-лемеші; 3-стояки

Вилкові активні копачі, що мають два ротаційних конуси (рис. 1.15), які обертаються в протилежні боки, знайшли застосування переважно на вітчизняних коренезбиральних машинах МКК-6-02, РКМ-6 виробництва ВАТ „Дніпропетровський комбайновий завод” і КС-6Б-01, КС-6Б-02 виробництва ВАТ „Тернопільський комбайновий завод”. Такий тип копачів призначений для роботи на легких і середніх за механічним складом ґрунтах, при середній їх вологості і урожайності коренеплодів 300-350 ц/га.

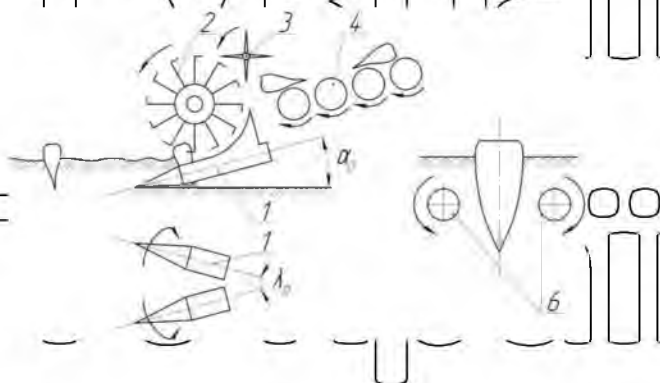


Рис. 1.15. Конструктивно – технологічна схема вилкового активного копача: 1-активний (ротаційний) конус; 2-коренезабірник; 3-б'єтер; 4-рчисні робочі органи

Застосування вилкових активних копачів, незважаючи на їх досить складну будову, виправдане тим, що при сприятливих умовах вони забезпечують якісне, з невисокою енергоємністю, викопування коренеплодів середньої урожайності при мінімальній кількості ґрунтових домішок [16]. Однак у складних умовах роботи (важкі сухі або перезволожені ґрунти) вилкові активні копачі характеризуються значним забрудненням коренеплодів ґрунтом (може досягати 20-40%), якість викопування також різко знижується через забивання копачів ґрунтом при високій його вологості і в'язкості, а висока швидкість руку (понад 1,8 м/с) призводить до обламування хвостової частини коренеплодів [46].

Лемішні коливні копачі знайшли широке застосування в конструкціях бурякозбиральних машин провідних зарубіжних фірм, таких як „Kleine”, „Rora”, „Holmer”, „Stoll” (Німеччина), „Moreau” (Франція), „Bainelli” (Італія) та ін. [22]. Вони є найбільш універсальними відносно діапазону вологості $W^0 \geq 16-28\%$ твердості $P_T = 2,5-3,5$ МПа ґрунту [20]. Принцип їх роботи полягає в розрізанні ґрунту різальною кромкою, яка здійснює коливання з певною амплітудою і частотою, розхитуванні коренеплодів і переміщенні їх вгору у вертикальному напрямку. Лемішні коливні копачі ефективно працюють на золгих ($W^0 \leq 20-30\%$), легких за механічним складом ґрунтах, при врожайності 400-800 ц/га, і дещо гірше – при низькій урожайності 200-300 ц/га, коли втрачаються невеликі за розмірами коренеплоди діаметром 40-60 мм [35]. Схема коливного лемішного копача представлена на рис. 1.16.



Рис. 1.16. Схеми лемішного коливного копача: 1 - леміші; 2 - ексцентрик; 3 - вал

Параметри і режими роботи поширених лемішних коливних копачів досягли в процесі свого удосконалення зони раціональних значень частоти та амплітуди коливань, які обмежуються, з міркувань надійності і одержання прийнятних показників технологічної ефективності, значеннями для частоти $f \geq 10-12$ Гц і амплітуди $S \leq 20$ мм. Перехід у зону вібраційних режимів ($f \geq 40$ Гц, $S \leq 4-8$ мм), при поздовжньому напрямку коливань, характеризується виникненням ефекту віброкипіння, однак не забезпечує суттєвого зниження засміченості коренеплодів ґрунтом [21].

Підвищення динамічної активності лемішних коливних копачів і ефективності робочого процесу викопування коренеплодів, а також зниження тягового зусилля, можна досягти за рахунок застосування протифазного коливання лемешів при технічно доступному рівні інтенсивності коливань (амплітуда $S \leq 20$ мм, частота $f=10$ Гц) [23]. За таким принципом здійснюють робочий процес коливні копачі ряду відомих зарубіжних фірм, таких як „Kleine”, „Holmer”, „Moreau” та ін.

Завдяки випуклій формі робочої поверхні коливних лемешів копача [39] (рис. 1.17 а,б) можна досягти зменшення кількості травмованих коренеплодів, а регулювання відстані між лемешами, в залежності від розмірів коренеплодів, дає можливість зменшити їх втрати, особливо за низької урожайності.

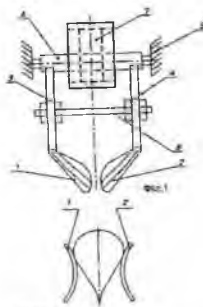


Рис. 1.17. Схеми лемішного коливного копача з випуклою формою робочої поверхні коливних лемешів з регульованою відстанню між

ними: а-загальна схема копача; б-вид робочих поверхонь лемешів; 1,2-лемеші; 3,4-стояки; 5-регулювальна шпилька

Лемеші коливного копача [12] (рис. 1.18) можуть набувати різних за характером коливних рухів, або працювати в пасивному режимі залежно від конкретних умов роботи. Така конструкція технічно більш складна, але, разом з тим, і більш універсальна по відношенню до різноманітних умов збирання цукрових буряків.

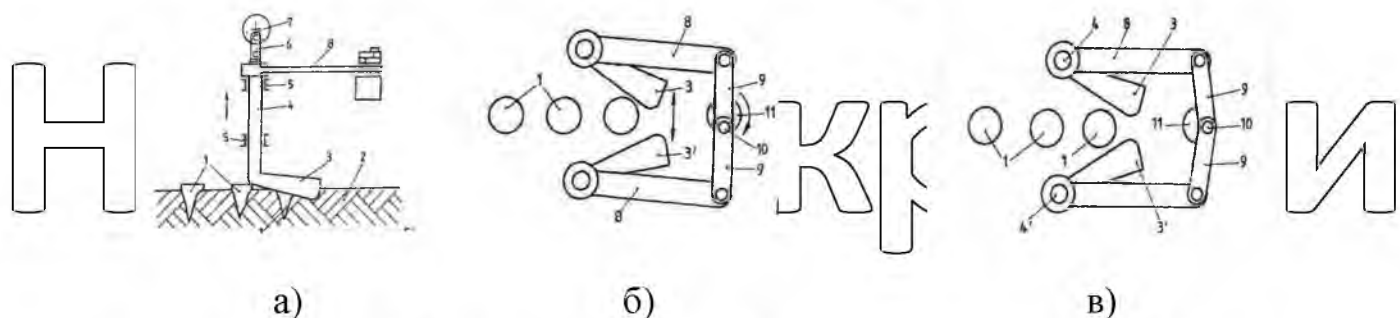


Рис. 1.18. Схема багаторежимного лемішного копача коренеплодів:

а-активний режим роботи з вертикальним коливанням лемешів;
б-активний режим роботи з поперечним коливанням лемешів; в-пасивний режим роботи

Дискові (ротарійні) копачі є надійними у виконанні технологічного процесу в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Вони мають деякі особливості і

параметри, які можна описати за допомогою теоретичних розрахунків та

характеристик, які представлені в відповідних джерелах. Для прикладу,

конструкція вітчизняної коренезбиральної машини КС-6Б може мати дисковий копач з одним активним диском.

Проте, дискові копачі мають певні недоліки, зокрема великі втрати

коренеплодів і пошкодження при збиранні. Це може бути пов'язано з

особливостями їх конструкції і використанням ротарійного руху дисків. Для

підвищення ефективності та зменшення втрат, можуть застосовуватись

спеціальні технологічні рішення, наприклад, використання додаткових очисних систем або комбінованих копачів, які поєднують у собі різні типи робочих органів.

Загалом, дискові копачі є популярними і ефективними, але їх ефективність

може залежати від різних факторів, включаючи умови росту цукрових буряків, властивості ґрунту та технологічні особливості конкретної машини.

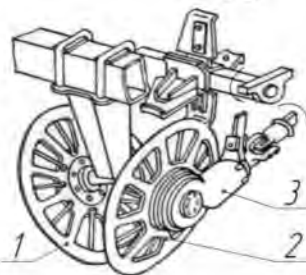


Рис. 1.19. Схема дискового копача з одним активним диском: 1- пасивний диск; 2- активний диск; 3- редуктор привода диска

Прикладом комбінованого копача може служити копач типу „євродиск” у складі пасивного сферичного диска 1 (рис. 1.20), встановленого під кутом 40° до напрямку руху, і полозка 2 [42]. Копач типу „євродиск” призначений для роботи на легких і середніх за механічним складом ґрунтах і незадовільно працює на сухих і твердих ґрунтах, обламуючи хвостову частину коренеплодів, забруднюючи ворох коренеплодів грудками ґрунту.

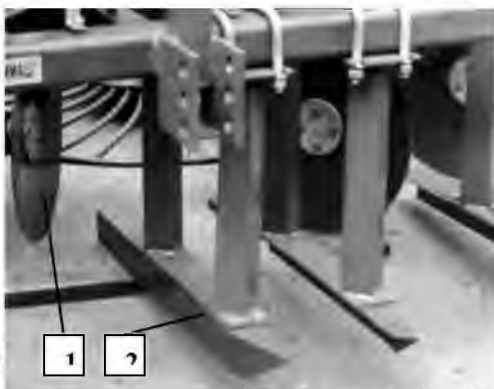


Рис. 1.20. Комбінований копач типу „євродиск”: 1- сферичний диск; 2- полозок

Він має низьку чутливість до відхилень коренеплодів від осі рядка і похибок керування [118].

1.5. Агротехнічні вимоги до збирання цукрових буряків
 Згідно ДСТУ 2258-93 „Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови.” значення показників якості при збиранні цукрових буряків є такими (табл. 1.1) [56]:

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 1.1

Показники якості збирання цукрових буряків за ДСТУ 2258-93

Назва показника	Значення показника
1. Наявність ґрунту у купі гички,%, не більше*	0,5
2. Кількість зв'язаної гички на коренеплодах, %, не більше	2,0
3. Нормально зрізані коренеплоди, %, не менше**	75
4. Низько зрізані коренеплоди, %, не більше	10
5. Втрати коренеплодів у ґрунті (незворотні), %, не більше	1,5
6. Загальна забрудненість купи коренеплодів, %, не більше	9,0
7. Сильні механічні пошкодження коренеплодів згідно ГОСТ 17241, % за масою, не більше	5,0

* Показник вимірюється на не підгорнутих цукрових буряках.

** Площина зрізу повинна проходити не нижче рівня основи зелених черенців і не вище 2 см від верхівки голівки коренеплоду.

Вимоги до якості збирання цукрових буряків застосовуються для різних робочих органів бурякозбиральних машин, таких як гичкозрізувальні апарати, копачі, валкоутворювачі та підбирачі-навантажувачі. Нормативні вимоги визначають різні параметри, що включають втрати коренеплодів, пошкодження, забрудненість ґрунтом і зеленою масою.

Для гичкозрізувальних апаратів бурякозбиральних машин, головними вимогами є зріз гички на коренеплодах таким чином, щоб їх можна було здавати на цукровий завод без ручного доочищення, з обмеженою забрудненістю вороху коренеплодів зеленою масою не більше 3%. Втрати маси головок коренеплодів під час зрізування гички не повинні перевищувати 5%, з них втрати на поверхні ґрунту повинні бути до 1%. Кількість коренеплодів, які вибиті робочими органами, не повинна перевищувати 0,5%. Кількість ґрунту в гичці не повинна перевищувати 0,5% її маси. Загальні втрати зеленої маси гички, включаючи втрати на високообрізаних і необрізаних коренеплодах, не повинні перевищувати 10% її врожайності.

Для коренезбиральних машин загальні вимоги полягають у повному викопуванні коренеплодів, очищенні їх від ґрунту і рослинних решток, та навантаженні у транспортні засоби. Втрати коренеплодів, які залишилися у

грунті і на поверхні, не повинні перевищувати 1,5% за масою. Кількість пошкоджених коренеплодів не повинна перевищувати 20%, з них сильно пошкоджених – до 5% від збіраної маси.

При трьохфазному збиранні цукрових буряків, з укладанням коренеплодів у валок копачем-валкоутворювачем, загальна забрудненість вороха коренеплодів у валку не повинна перевищувати 20%, зеленою масою - не більше 3%. Кількість коренеплодів, які не викопані з ґрунту і втрачені на поверхні, не повинна перевищувати 1,5% за масою. Загальна кількість пошкоджених коренеплодів не повинна перевищувати 10%, з сильними пошкодженнями - до 5% за масою. При підбиранні коренеплодів з валка підбирачем-навантажувачем кількість непідібраних коренеплодів не повинна перевищувати 1%. Загальна кількість пошкоджених коренеплодів не повинна перевищувати 10%, з сильними пошкодженнями - до 4% за масою.

Кількість зв'язаного з коренеплодами і вільного ґрунту у воросі після їх підбирання і навантаження не повинна перевищувати 5%, а загальна кількість гички, включаючи вільну і зв'язану з коренеплодами, не більше 1,5% від чистої маси коренеплодів.

1.6. Бурякозбиральні машини

Однофазна технологія збирання цукрових буряків здійснюється за допомогою самохідних бункерних бурякозбиральних комбайнів (рис. 1.21), які є найбільш потужними і високопродуктивними з бурякозбиральних машин. Ці машини набувають все більшого поширення в європейських країнах [20, 50].



Рис. 1.21. Самохідний 6-рядний бункерний бурякозбиральний комбайн SF-20 (Kleine, Німеччина)

Маса сучасних бункерних бурякозбиральних комбайнів знаходиться в межах від 14-16 т для 6-рядних машин (WKM-9000, SE-10-2) до 30-33 т для 9-12-рядних машин (Beet Eater, Neha 12/12S), місткість бункера від 7 (LECTRA V 2) до 40 м³ (Euro-TIGER, Beet Eater), потужність двигуна від 230 (WKM-9000) до 440 кВт (Neha 12/12S) [49]. При застосуванні самохідних бурякозбиральних комбайнів скорочується число проходів по полю, економиться 30-40% палива, зменшується ущільнення ґрунту ходовими системами і в 3-4 рази знижуються затрати праці механізаторів на одиницю виробленої продукції [47].

До негативних чинників застосування потужних самохідних бурякозбиральних комбайнів слід віднести відносно велику їх вартість, збільшення матеріалоемності збирального процесу, а також приведені затрати порівняно з іншими типами бурякозбиральних машин. Не можна не відмітити також складність і громіздкість самохідних бурякозбиральних комбайнів. Так довжина їх сягає від 10 у WKM-9000 до 14 м у Euro-TIGER, при висоті в 4 м.

Потенційні можливості самохідних бункерних бурякозбиральних комбайнів за продуктивністю (1,8-2,0 га/год) вичерпуються у 6-рядних машин при місткості бункера 40 м³ і потужності двигуна 300-330 кВт. Зростання продуктивності можна забезпечити лише черговим розділенням процесів збирання гички та викопування коренеплодів, збільшенням ширини захвату гички і коренезбиральних машин і використання потужних підбирачів-накопичувачів.

При трьохфазній технології збирання цукрових буряків кожна операція (збирання гички, викопування коренеплодів і укладання їх у вадок, підбирання валка і завантаження коренеплодів у транспортні засоби) виконується окремим машинно-тракторним агрегатом з відповідно гичкозбиральною машиною, копачем-валкоутворювачем і підбирачем – навантажувачем у складі. Такий розподілення створює передумови для підвищення робочих швидкостей збиральних машин, а самі машини при цьому є порівняно недорогими [43]. Прикладом комплексу машин для здійснення 3-фазного способу збирання може бути комплекс машин фірми „Franquet” (Франція) (рис. 1.22). До його складу

входять гичкозбиральна машина Saiga 2, копач-валкоутворювач TE 2 і підбирач-навантажувач CDN 2000. Машини для збирання цукрових буряків за 3-фазною технологією виробляються також фірмами „Kleine” (Німеччина), „Moreau”, „Matrot” (Франція), „Fontani” (Італія), „Gilles” (Бельгія), Азовським оптико-механічним заводом (Росія) та ін. [73, 92, 93], а також вітчизняними підприємствами – ВАТ „Борекс” і ВАТ „Уманьфермаш”.



а)



б)



в)

Рис. 1.22. Комплекс машин для 3-фазного збирання цукрових буряків фірми „Franquet” (Франція): а-гичкозбиральна машина Saiga 2; б-копач-

валкоутворювач TE 2; в-підбирач-навантажувач CDN 2000

При двофазній технології збирання, у варіанті з викопуванням коренеплодів і укладанням їх у валок з послідовним його підбиранням, операції збирання гички та викопування і укладання у валок коренеплодів виконуються бурякозбиральними машинно-тракторними агрегатами з двома варіантами компоновки. В першому варіанті операції збирання гички та викопування і укладання у валок коренеплодів виконуються однією машиною. Прикладом такої машини є бурякозбиральна машина KR-6 фірми „Kleine” (Німеччина), яка

може агрегатуватись як на передній [23], так і на задній начіпних системах трактора. Наприклад, при агрегуванні з трактором типу ХТЗ-160 машина КР-6 начіплюється на задню начіпну систему трактора, а трактор рухається у реверсивному режимі, заднім ходом.

Аналогічні схеми компоновки мають і бурякозбиральні машини MRB-6 фірми „Stoll” і МДТГ-6 фірми „Faise” (Німеччина) [23]. В другому варіанті збирання пички та викопування і укладання у валок коренеплодів здійснюється окремими машинами – гичкозбиральною та копачем-валкоутворювачем, які агрегуються відповідно на передній і задній начіпних системах трактора або

енергозасобу. Прикладом такого агрегату є бурякозбиральний агрегат у складі трактора і передньоначіпної гичкозбиральної машини та задньоначіпного копача-валкоутворювача фірми „Franquet” (Франція) (рис. 1.23). За аналогічною схемою, з використанням енергонасиченого трактора типу ХТЗ-160, можуть агрегатуватись і вітчизняні комплекси машин виробництва ВАТ „Борекс” і ВАТ

„Уманьфермаш”



Рис. 1.23. Бурякозбиральний агрегат для 2-фазного збирання цукрових

буряків з передньоначіпною гичкозбиральною машиною і задньоначіпним копачем-валкоутворювачем фірми „Franquet”

Двофазна технологія збирання цукрових буряків у варіанті з викопуванням коренеплодів, очищенням їх від ґрунту і завантаженням у транспортні засоби,

здійснюється як вітчизняними комплексами машин у складі причіпних гичкозбиральних машин БМ-6Б (ТКЗ) та МБП-6 (ДКЗ), та самохідних РКМ-6, МКК-6-02 (ДКЗ), КС-6Б, КС-6Б-02, КБ-6 (ТКЗ), і причіпних МКП-6 і МКП-4

(ТКЗ) коренезбиральних машин [34], так і зарубіжними, наприклад, комплексом WIC виробництва компанії „Amiti technology” (США) у складі напівпрічпних гичкозбиральної і бункерної коренезбиральної машини [16]. При двофазній технології збирання цукрових буряків, порівняно з трьохфазною, зменшується необхідна кількість агрегатів (з 3 до 2), трудомісткість (зменшується кількість механізаторів), а також ущільнення ґрунту [33].

Конструктивними особливостями машинно-тракторного агрегату є також його схема компоновки (розміщення машини на задній начіпній системі трактора, на передній, або одночасно на задній і передній начіпних системах) і

ширина колії трактора. Але однозначні висновки стосовно впливу цих конструктивних особливостей на ступінь точності спрямування бурякозбиральних агрегатів по рядках відсутні, хоча наявність таких висновків

і на їх основі практичних рекомендацій з ефективних способів агрегування

начіпних бурякозбиральних машин, зокрема з впровадженням у виробництво нових енергонасичених моделей тракторів ХТЗ, а також „колійної” технології виробництва цукрових буряків, яка допускає використання бурякозбиральних агрегатів на базі нових енергонасичених моделей тракторів ХТЗ з

широкопрофільними шинами з різною колією (1800 і 2950 мм), є особливо актуальною.

Висновки

НУБІП України

1. Серед українських технологій виробництва цукрових буряків найбільш перспективною, за результатами виробничого впровадження, є „колійна” технологія на основі застосування нового комплексу базових машин вітчизняного виробництва – трактора типу ХТЗ-160, шлейфу 18-рядних ґрунтообробних і посівних машин, а також машин для 2-фазного збирання цукрових буряків.

НУБІП України

2. Аналіз конструкцій копирів і процесу їх роботи показав, що сьогодні найбільш широке застосування на бурякозбиральних машинах вітчизняного і закордонного виробництва має пасивний копір гребінчастого типу. Криволінійний профіль гребінчастих копирів дає можливість з меншими зусиллями копіювати головки коренеплодів і тим самим зменшує ймовірність вивертання їх з ґрунту і пошкодження, а також покращує умови для зрізування гички.

НУБІП України

3. Для викопування коренеплодів в Україні найбільш широкого застосування набули вилкові ротаційні, дискові активні і лемішні коливні копачі, а також, хоча і не так широко застосовувані, копачі типу „євродиск”. Кожен з вказаних типів копачів найкращим чином пристосований до конкретних ґрунтово-кліматичних умов збирального періоду, типу ґрунту, вологості, забур’яненості тощо. На сьогодні ще не створено універсального типу копачів, які б виконували свої функції у відповідності з агротехнічними вимогами за різноманітних ґрунтово-кліматичних умов. З наведених типів копачів найбільш універсальним відносно діапазону вологості і твердості ґрунту є лемішні коливні копачі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. У бурякозбиральних агрегатів, складених на основі трактора, відсутні пристрої для забезпечення їх спрямування по рядках коренеплодів, що призводить до погіршення якості виконання технологічних процесів. Тому визначення впливу параметрів агрегатів і схем їх компоновки на ступінь точності копіювання рядків сьогодні є актуальним.

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЗАСОБІВ
МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**2.1. Підбір оптимальної схеми розташування та конструкторських параметрів машинно-тракторного агрегату для збирання буряків .**

Так, для збирання цукрових буряків можна використовувати машинно-тракторні агрегати з різними схемами компоновки. У тягово-штовхаючій схемі компоновки гичкозбиральна машина розташовується на передній начіпній системі трактора, а копач-валкоутворювач - на задній начіпній системі. Така схема використовується, наприклад, у складі трактора ХТЗ-16131, гичкозбиральної машини БМ-01 і копача-валкоутворювача КВІВ-1,2.

У штовхаючій схемі компоновки бурякозбиральна машина розташовується на задній начіпній системі трактора і має гичкозбиральну частину та копач-валкоутворювач. Трактор при такій схемі рухається заднім ходом і працює в режимі штовхання. Прикладом такої схеми може бути бурякозбиральна машина типу КР-6 "Kleine".

Обидві схеми компоновки використовуються для ефективного збирання цукрових буряків і мають свої переваги залежно від умов роботи та вимог до збирання. Вибір конкретної схеми компоновки може залежати від фірми-виробника, типу машин і умов використання на конкретному господарстві.

Агрегати на базі трактора ХТЗ-160 з різними схемами компоновки можуть застосовуватись для збирання цукрових буряків як в типовій технології їх виробництва, яка базується на застосуванні тракторів класу 1,4 або 2 (МТЗ-80, Т-70С) і 12-рядного комплексу машин, так і в „коліній” технології, яка базується на застосуванні трактора класу 3 (ХТЗ-160) і 18-рядного комплексу машин.

Відмінністю в роботі агрегатів на базі трактора ХТЗ-160 з тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами компоновки при збиранні цукрових буряків в типовій технології є те, що копач-валкоутворювач КВІВ-1,2 агрегується в тяговому

режимі, а машина KR-6 – в штовхаючому. Ширина колії трактора в обох випадках становить 1800 мм

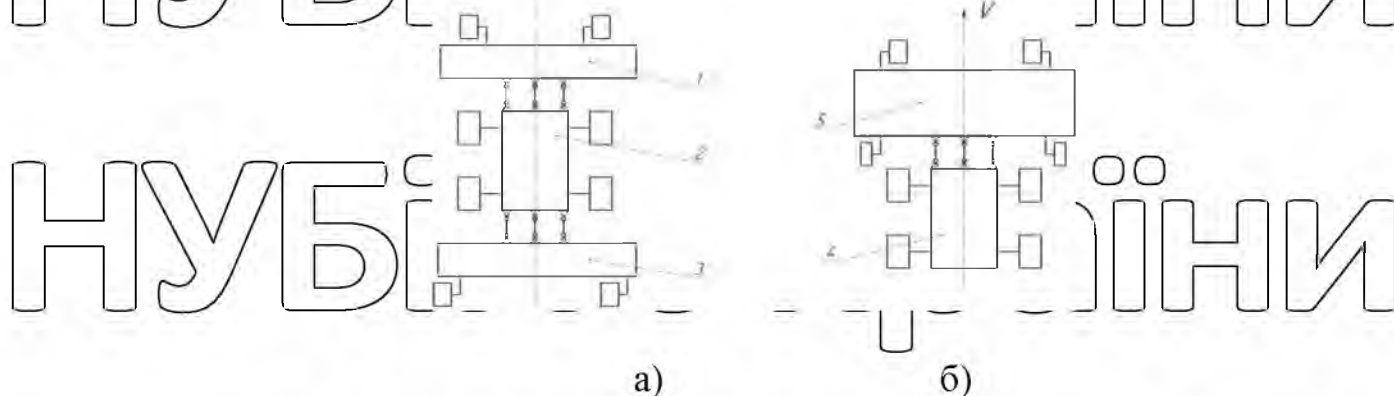


Рис. 2.1. Схеми компоновки бурякозбиральних машинно-тракторних агрегатів: а) тягово-штовхаюча; б) штовхаюча; 1 – напінна гичкозбиральна машина; 2,4 – трактор ХТЗ-16131; 3 – копач-валкоутворювач; 5 – бурякозбиральна машина KR-6

При тягово-штовхаючому режимі агрегування колеса трактора рухаються в міжряддях цукрових буряків, з яких попередньо зрізана гичка. На колеса трактора встановлюються вузькопрофільні шини. Викопування коренеплодів і укладання їх у валок відбувається в зоні позаду трактора. При

штовхаючому режимі агрегування викопування і укладання коренеплодів у валок відбувається в зоні попереду трактора, а колеса трактора в цьому випадку рухаються по виїзній від коренеплодів поверхні поля. При відсутності рядків

коренеплодів ширина колії трактора в межах ширини захвату може бути довільною. Але колеса трактора при цьому не повинні рухатись по розпушеній копачами зоні рядків, щоб уникнути підвищеного буксування, погіршення керування агрегатом і, як наслідок, зниження продуктивності агрегату, перевитрати пального і зниження показників якості збирання. При цьому на колеса трактора можуть встановлюватись як вузькопрофільні, так і серійні шини.

При застосуванні бурякозбиральних агрегатів в „колійній” технології, ширина колії трактора також може становити, як і в типовій технології, 1800 мм. В цьому випадку на трактор в агрегаті з тягово-штовхаючою схемою компоновки

встановлюються вузькопрофільні шини для роботи в міжряддях 45 см. В другому варіанті застосування агрегатів в „колійній” технології, на тракторі встановлюється ширина колії 2950 мм, і колеса трактора рухаються в широких міжряддях (коліях) шириною 70 см, які утворюються при сівбі відповідною розстановкою посівних секцій сівалки. При роботі з шириною колії 2950 мм на тракторі можливе застосування як вузькопрофільних, так і серійних шин. Але з огляду на те, що при такій колії колеса трактора двічі проходять по одному злиду (при прямому й зворотньому русі в загінках), для зменшення ущільнюючої дії на ґрунт доцільно застосувати серійні шини.

При можливості застосування в „колійній” технології виробництва цукрових буряків трактора ХТЗ-16131 з шириною колії 1800 і 2950 мм постає питання точності копіювання робочими органами бурякозбиральних машин рядків цукрових буряків, що має суттєвий вплив на показники якості збирання, зокрема на якість обрізування коренеплодів при збиранні (видаленні) гички, повноту викопування коренеплодів і їх пошкодження. Питання точності копіювання рядків цукрових буряків робочими органами бурякозбиральних машин постає і при роботі агрегатів в різних режимах, а саме тягово-штовхаючому і штовхаючому, які можуть мати місце як в типовій, так і в „колійній” технологіях. Тому задачею досліджень динаміки бурякозбиральних агрегатів є визначення впливу їх конструктивних параметрів і режимів роботи на точність копіювання рядків цукрових буряків з метою підвищення якості процесу збирання.

Приймаємо бурякозбиральний агрегат у складі трактора ХТЗ-16131 і приєднаних до нього гичкозбиральної машини і копача-валкоутворювача (рис.2.1а) або бурякозбиральної машини (рис.2.1б) як матеріальну систему, що являє собою тверде тіло [26], яке здійснює рух по поверхні поля. При цьому на характер його руху будуть спричиняти вплив реакції ґрунту на колеса ходової системи трактора і опорні колеса машин, сумарний опір копачів і гичкозрізувальних апаратів [15].

Для оцінки точності копіювання робочими органами гичкозбиральної машини і копча-валкоутворювача траєкторії рядків цукрових буряків розглядаємо рух агрегату в горизонтальній площині, тобто плоско-паралельний рух, при якому всі його точки переміщуються тільки в площинах, паралельних горизонтальній площині. Для опису руху агрегату застосовується рівняння динаміки Лагранжа другого роду [3, 25, 26, 38, 69, 79, 80]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i \quad (2.1)$$

де T – кінетична енергія агрегату, q_i – узагальнені координати;
 Q_i – узагальнені сили для відповідних узагальнених координат; $i = 1, 2, \dots, n$.

Кількість таких рівнянь дорівнює кількості незалежних координат, які визначають положення агрегату.

Проаналізуємо процес роботи бурякозбирального агрегату при схемах компоновки, представлених на рис. 2.1, і відповідних їм режимах роботи з точки зору точності копіювання рядків цукрових буряків.

Для складання рівнянь, які описують плоско-паралельний рух по поверхні поля бурякозбирального агрегату, що комплектується за схемою на рис. 2.1а, необхідно побудувати його еквівалентну схему. Для цього приймаємо, що рух агрегату – твердого тіла, здійснюється в нерухомих декартових координатах OXYZ (рис. 2.2), осі OX і OY яких лежать в горизонтальній площині, вісь OZ направлена вертикально вгору, а напрямок руху агрегату співпадає з напрямком осі OX.

При складанні еквівалентної схеми вводимо такі позначення:

– R_{or_1} , R_{or_2} – реакції ґрунту відповідно на ліве і праве опорні колеса

гичкозбиральної машини;

$R_{TX_1}, R_{TX_2}, \dots, R_{TX_n}, R_{TY_1}, R_{TY_2}, \dots, R_{TY_n}$ – складові результуючих реакцій коренеплодів на гнчкозрізувальні апарати;

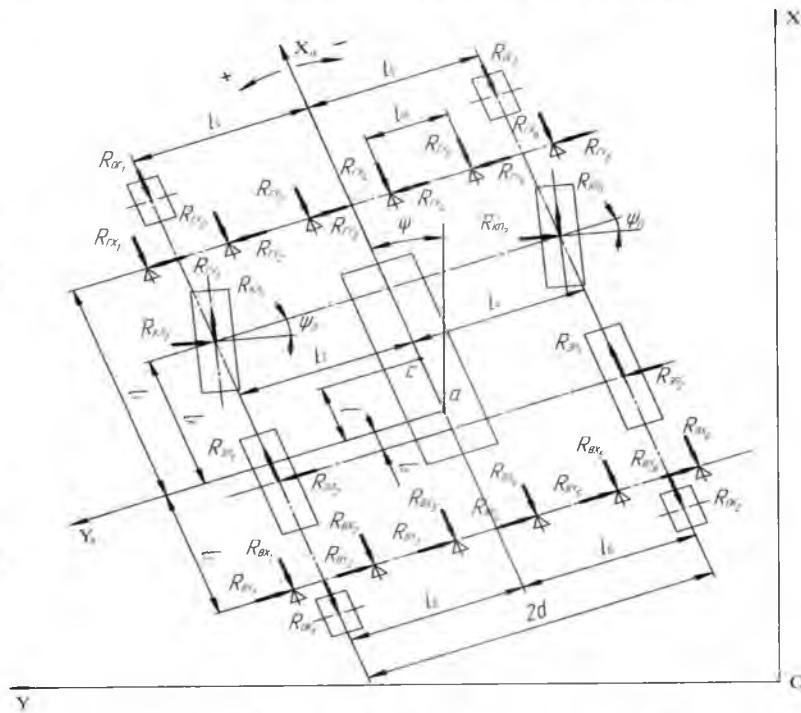


Рис. 2.2. Кінематична схема бурякозбирального машинно-тракторного агрегату з тягово-штовхаючим режимом роботи

$R_{КЛ_1}, R_{КЛ_2}$ і $R_{КП_1}, R_{КП_2}$ – складові результуючих реакцій ґрунту на напрямні, відповідно ліве і праве,

$R_{ЗЛ_1}, R_{ЗЛ_2}$ і $R_{ЗП_1}, R_{ЗП_2}$ – складові результуючих реакцій ґрунту на задні, відповідно ліве і праве, колеса трактора;

$R_{ВХ_1}, R_{ВХ_2}, \dots, R_{ВХ_6}$ і $R_{ВУ_1}, R_{ВУ_2}, \dots, R_{ВУ_6}$ – складові результуючих реакцій ґрунту на викопуючі робочі органи;

$R_{ОК_1}, R_{ОК_2}$ – реакції ґрунту відповідно на ліве і праве опорні колеса копача-валкоутворювача;

l_i – ширина міжрядь цукрових буряків;

C – центр мас машинно-тракторного агрегату;

– a – полюс-фіксована точка агрегату;

– l_1 – відстань від полюса до лінії реакцій R_{LX_i} і R_{LY_i} ;

– l_2 – відстань від полюса до лінії дії реакцій R_{BX_i} і R_{BY_i} ;

– l_3 і l_4 – відстань від осьової лінії агрегату до точок прикладання реакцій ґрунту відповідно до лівого і правого напрямних коліс трактора;

– l_5 – половина міжосьової відстані опорних коліс гичкозбиральної машини;

– l_6 – половина міжосьової відстані опорних коліс копача-валкоутворювача;

– l_K – відстань від полюса до осі напрямних коліс трактора;

– l_a – відстань від полюса до осі задніх коліс трактора;

– l – відстань від центра мас агрегату до полюса;

– $2d$ – міжосьова відстань задніх коліс трактора (ширина колії);

– ψ – курсовий кут – кут відхилення осьової лінії машинно-тракторного агрегату від прямолінійного напрямку руху вздовж осі Ox ;

– ψ_L і ψ_P – кути повороту відповідно лівого і правого напрямних коліс трактора.

З агрегатом пов'язуємо рухомі декартові координати $aX_0Y_0Z_0$. Вісь aZ_0 направлена вертикально вгору, вісь aX_0 співпадає з осьовою лінією агрегату і направлена по напрямку його руху, вісь aY_0 паралельна осі задніх коліс трактора і направлена вліво по напрямку руху агрегату.

2.2. Обґрунтування профілю робочої поверхні копіра

Для вирішення задачі зниження енергоємності процесу копіювання головок коренеплодів цукрових буряків і вивертання з ґрунту необхідно розробити математичну модель процесу взаємодії робочої поверхні копіра з коренеплодом.

Гичкозрізувальні апарати, які використовуються в сучасних вітчизняних гичкозбиральних машинах, наприклад, гичкозбиральна машина БМ-6Б, оснащені пасивними гребінчастими копірами. Робоча поверхня такого копіра складається з прямолінійної ділянки OB , криволінійної ділянки BC і прямолінійної горизонтальної ділянки CD , профілі кожної з яких разом утворюють профіль робочої поверхні копіра.

Ділянки OB і BC складають ділянку OC , яка відповідає ділянці підйому, де відбувається підйом копіра на головку коренеплода. Ділянка CD , при виході точки C на верхівку головки коренеплода, відповідає горизонтальному руху копіра.

Для розробки математичної моделі процесу взаємодії робочої поверхні копіра з коренеплодом необхідно провести аналіз фізичних параметрів і властивостей цих елементів. При цьому враховуються геометрія копіра, механічні властивості коренеплодів, вплив ґрунту та інші фактори. На основі цього аналізу можна розробити математичну модель, яка описуватиме процес копіювання головок коренеплодів і дозволить встановити оптимальний профіль робочої поверхні копіра для зниження енергоємності процесу, а також для зменшення ймовірності травмування і вивертання буряків.

Розробка такої математичної моделі може включати експериментальні дослідження, обробку отриманих даних, використання методів математичного моделювання та оптимізації, а також перевірку отриманих результатів на практиці. Цей процес може вимагати співпраці між фахівцями з сільськогосподарської техніки, механіки, математики та інших відповідних галузей.

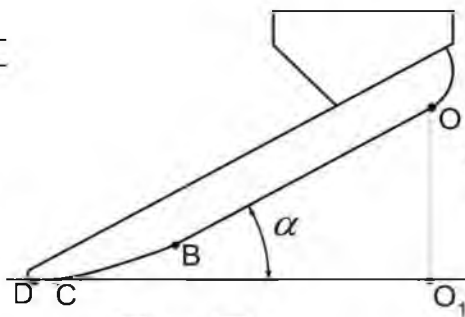


Рис. 2.3. Схема пасивного гребінчастого копіра

Оскільки основний обсяг взаємодії копіра з коренеплодом, як в силовому вимірі, так і за довжиною шляху контакту, припадає на ділянку підйому ОС, яка складає близько 95% довжини робочої поверхні копіра ОВ, то визначення профілю робочої поверхні копіра, при якому досягається б зниження енергоємності процесу копіювання, практично зводиться до визначення профілю його ділянки підйому. Показником енергоємності процесу копіювання в цьому випадку може бути величина роботи, яку необхідно виконати на шляху O_1C (рис. 2.3, 2.4), на якому здійснюється підйом копіра на коренеплід, для переміщення копіювального пристрою.

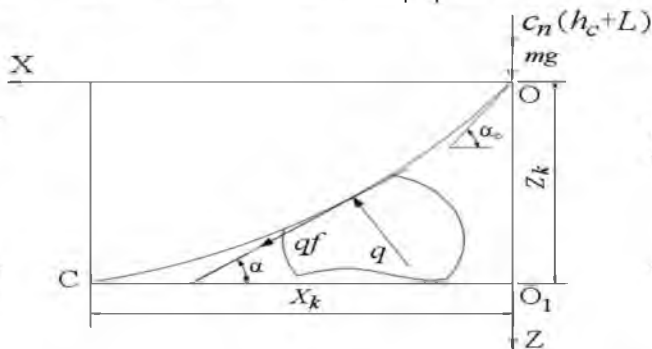


Рис. 2.4. Схема ділянки підйому робочої поверхні копіра

Визначимо профіль ділянки підйому робочої поверхні копіра, для якої величина роботи на шляху O_1C була б мінімальною, тобто визначимо профіль мінімальної енергоємності ділянки підйому, шляхом розробки математичної моделі процесу взаємодії копіра гнчкозрізувального апарата з коренеплодами цукрових буряків, використовуючи при цьому прямий метод варіаційного числення Рітца, а також методику його застосування при визначенні профілів

робочих органів ґрунтообробних машин [14]. Приймаємо, що досліджувана ділянка підйому, профіль якої визначається, лежить у вертикальній площині і обмежена точками: верхньою O (конструктивною) – початковою точкою контакту копіра з коренеплодом, нижньою C – початковою точкою горизонтальної ділянки робочої поверхні копіра.

Вибираємо рухому систему координат XOZ (рис. 2.4) з вертикальним положенням її площини. Розглянемо в цій системі координат досліджувану ділянку підйому OC робочої поверхні копіра з прикладеними силами.

Введемо позначення:

q – сила тиску коренеплода на робочу поверхню копіра;

qf – сила тертя робочої поверхні рухомого копіра по коренеплоду;

f – коефіцієнт тертя металевої робочої поверхні копіра по коренеплоду;

α – кут між дотичною до профілю ділянки підйому в точці прикладання

зусилля q і горизонталлю;

α_0 – кут між дотичною до профілю ділянки підйому в початковій точці прикладання зусилля q і горизонталлю;

c_n – жорсткість пружини копіючого пристрою;

h_c – попередній натяг пружини;

L – робочий натяг пружини при підйомі копіра на коренеплід в процесі копіювання;

m – маса рухомих частин копіювального пристрою;

g – прискорення вільного падіння.

Для переміщення копіювального пристрою на елементарному шляху dx необхідно виконати елементарну роботу dA_x , яку визначаємо за формулою

$$dA_x = (q \sin \alpha + qf \cos \alpha) dx. \quad (2.2)$$

Підставивши в (2.2) $q = c_n(h_c + L) + mg$, а також враховуючи те, що

$$\sin \alpha = \frac{z'}{\sqrt{1+z'^2}}, \quad \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+z'^2}},$$

будемо мати:

Звідси отримаємо вираз для визначення роботи на шляху $O_1C = x_k$ у вигляді функціонала, який являє собою математичну модель процесу взаємодії

копіра гичкозрізувального апарата з коренеплодом цукрового буряка:

$$A_x = \int_0^{x_k} [c_n(h_c + L) + mg] \frac{z' + f}{\sqrt{1+z'^2}} dx. \quad (2.3)$$

Для знаходження екстремуму функціонала (2.3) використовуємо прямий метод варіаційного числення Рітца [14]. Постановка варіаційної задачі при цьому формулюється так: серед множини кривих, що проходять через точки $O(x=0; z=0)$ і $C(x=x_k; z=z_k)$ при заданому куті α_0 ($\tan \alpha_0 = z'_0$) знайти таку криву, рівняння якої опише профіль мінімальної енергоємності ділянки підйому.

Представимо рівняння кривої, яке задовольняє умови постановки задачі, у вигляді многочлена [14]:

$$z = z'_0 x + \frac{x^2}{x_k^2} (z_k - z'_0 x_k) + (x - x_k)(C_1 x^2 + C_2 x^3), \quad (2.4)$$

де C_1 і C_2 – коефіцієнти, які визначають профіль робочої поверхні копіра.

Після підстановки рівняння (2.26) в функціонал (2.25) задача зводиться до дослідження функції на екстремум, тобто визначення коефіцієнтів C_1 і C_2 . Отже маємо:

$$\frac{\partial A_x}{\partial C_i} = \int_0^{x_k} \left\{ c_n \frac{\partial z}{\partial C_i} \frac{z' + f}{\sqrt{1+z'^2}} + [c_n(h_c + L) + mg] \times \frac{\partial z}{\partial C_i} \sqrt{1+z'^2} - (z' + f) \frac{1}{2} (1+z'^2)^{-3/2} 2z' \frac{\partial z'}{\partial C_i} \right\} dx = 0, \quad (2.5)$$

де $i = 1; 2$

Або в остаточному вигляді:

$$\frac{\partial A(x)}{\partial C_i} = \int_0^{x_k} \left\{ \frac{c_n}{\sqrt{1+z'^2}} + [c_n(h_c + L) + mg] \frac{z' + f}{(1+z'^2)^{3/2}} - z'(z' + f) \right\} \frac{\partial z'}{\partial C_i} dx = 0, \quad (2.26)$$

$$\text{де } z' = \frac{2x(z_k + z_0 x_k)}{x_k^2} + (C_1 x^2 + C_2 x^3) + (x - x_k)(2C_1 x + 3C_2 x^2);$$

$$\frac{\partial z'}{\partial C_1} = (x - x_k)x^2; \quad \frac{\partial z'}{\partial C_2} = (x - x_k)x^3;$$

$$\frac{\partial z'}{\partial C_1} = x^2 + 2x(x - x_k); \quad \frac{\partial z'}{\partial C_2} = x^3 + 3x^2(x - x_k).$$

Розв'язавши з допомогою персонального комп'ютера і програмного забезпечення ХНАУ ім. В.В. Докучаєва систему інтегральних рівнянь (2.26),

визначимо коефіцієнти C_1 і C_2 .

Одержану математичну модель для обґрунтування раціонального профілю робочої поверхні копіра використовуємо для проведення досліджень з вивчення

впливу його початкового кута нахилу і довжини, яка визначається значенням

кінцевої координати x_k , на енергоємність процесу копіювання. У дослідженнях

значення початкового кута нахилу копіра і кінцевої координати вибирали

такими, як і у серійного копіра, рівними відповідно 22° і 0,3 м. Затрати енергії

визначали також для копіїв з початковим кутом 46° і кінцевими координатами,

рівними 0,3 і 0,15 м. З метою проведення аналізу роботи копіїв з теоретичними

профілями робочих поверхонь, математична модель також була використана для

визначення енергозатрат при функціонуванні копіра серійної гичкозбирацької

машини БМ-6Б.

2.3. Визначення профілю мінімальної енергоємності робочої поверхні лемеша ковзного копача цукрових буряків

Визначення профілю робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків, при якому досяглося б зниження енергоємності процесу викопування коренеплодів, є актуальним питанням при удосконаленні існуючих і створенні нових викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин. Для вирішення цієї задачі необхідно розробити математичну модель процесу взаємодії лемеша з ґрунтом при викопуванні коренеплодів з метою визначення профілю мінімальної енергоємності його робочої поверхні.

Розробку математичної моделі процесу взаємодії лемеша з ґрунтом виконаємо на основі прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих елементів [12], а також методики їх застосування при визначенні профілів робочих органів ґрунтообробних машин [14].

В процесі руху і коливань лемеша змінюється глибина його ходу і, відповідно, тяговий опір. Найбільший тяговий опір виникає при максимальному заглибленні лемеша у ґрунт. Тому для вирішення задачі з визначення профілю мінімальної енергоємності робочої поверхні, лемеш з робочою поверхнею OABC розглядаємо у рухомій системі координат OXYZ (рис. 2.5) у момент його максимального заглиблення у ґрунт, приймаючи, що лезо лемеша OC лежить в площині XOY.

На поверхні лемеша виділимо елементарну площадку, на яку діють питомий тиск ґрунту q і сила тертя q' , де f – коефіцієнт тертя ґрунту по матеріалу лемеша. При цьому приймаємо, що величина q не змінюється з часом, а елементарна сила тертя направлена по дотичній до поверхні, під кутом θ до лінії перетину елементарної площадки з площиною, паралельною площині XOZ.

Тоді елементарна сила опору руху лемеша в ґрунті визначається за формулою

$$dR_x = q_x dx dy + dF_x \quad (2.7)$$

де q_x , dF_x – проекції нормального питомого тиску ґрунту на елементарну площадку і елементарної сили тертя на напрямок руху.

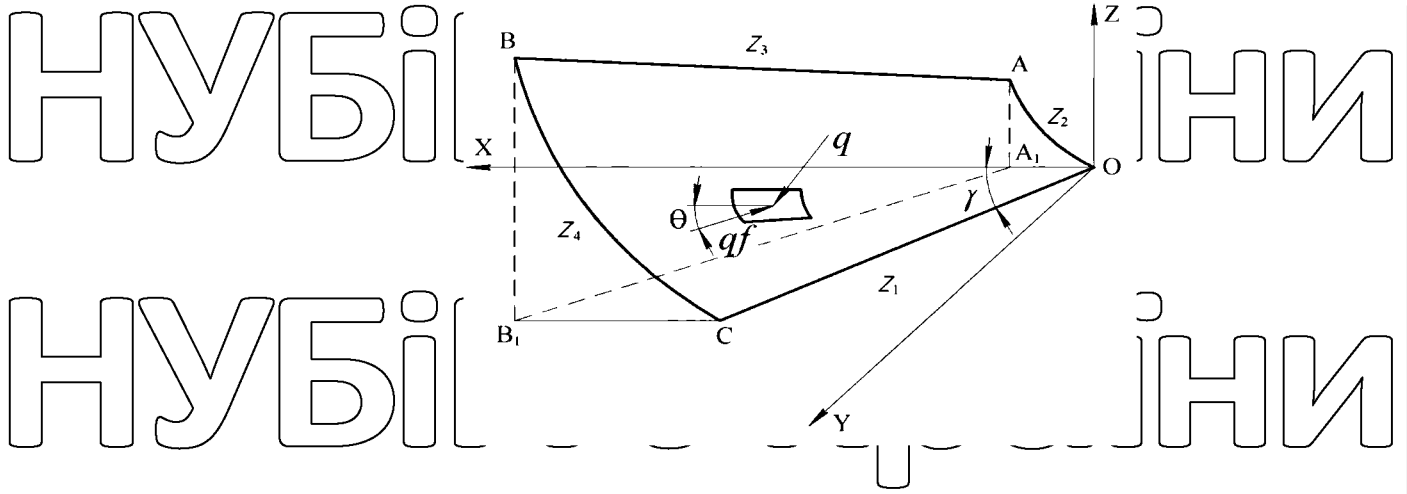


Рис. 2.5. Схема розміщення лемеша коливного копача в рухомій системі координат OXYZ

Для знаходження загального опору руху лемеша в ґрунті спроектуємо його робочу поверхню, профіль якої необхідно визначити і яка в загальному вигляді описується рівнянням $z = f(x; y)$, на площину XOZ (рис. 2.6).

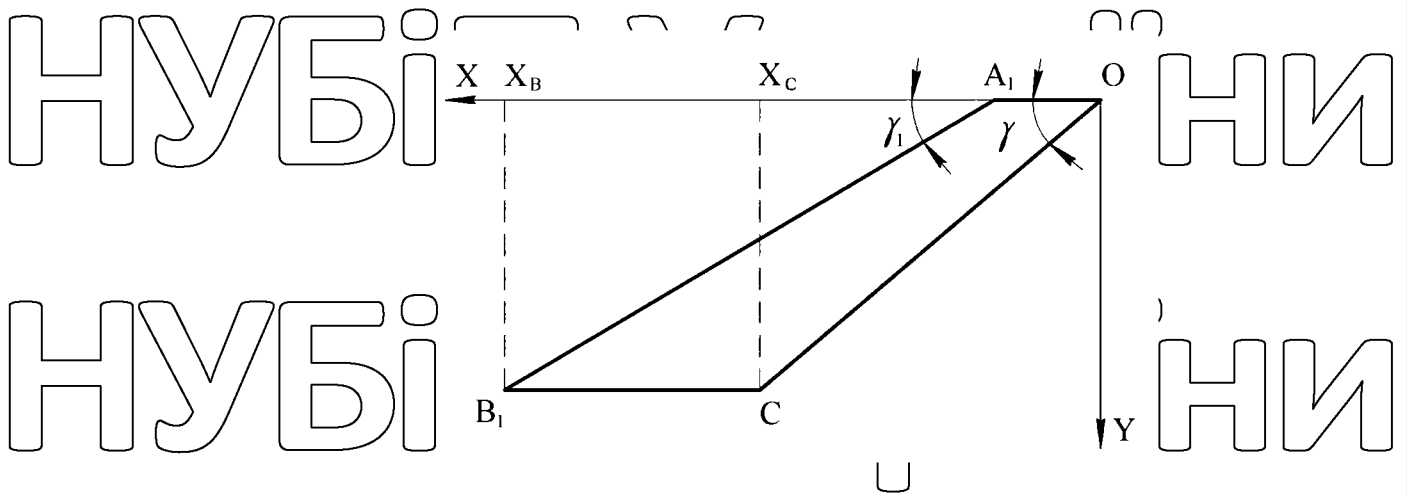


Рис. 2.6. Проекція робочої поверхні лемеша на площину XOY

Рівняння ліній OC, OA1, A1B1, і B1C, які обмежують область проєкції поверхні лемеша, відповідно будуть

$$y = xt \operatorname{tg} \gamma \tag{2.8}$$

$$y = 0 \tag{2.9}$$

$$y = -x_A + xt \operatorname{tg} \gamma_1 \tag{2.10}$$

$$y = y_0 \quad (2.11)$$

де γ і γ_1 – кути між віссю Ox і відповідно лініями OC і AB_1 .

Тоді функціонал для визначення тягового опору лемеша буде мати вигляд:

$$R_x = \int_0^{x_C} \int_{\theta}^{y_C} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_A}^{x_B} \int_0^{y_C} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_A}^{x_B} \int_{\theta}^{y_C} (q_x + dF_x) dx dy \quad (2.12)$$

Значення проєкцій q_x і dF_x визначаються за формулами [14]

$$q_x = b\rho V^2 \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{z_x'^4}{(1+z_x'^2)(1+z_x'^2+z_y'^2)^{1/2}}, \quad (2.13)$$

$$dF_x = fb\rho V^2 \cos\theta \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{z_x'^3}{(1+z_x'^2)^{3/2}}, \quad (2.14)$$

де ρ – щільність ґрунту, кг/м^3 ; V – швидкість руху, м/с ; b – ширина захвату лемеша, м ; H – глибина ходу лемеша, м .

Постановка варіаційної задачі формулюється так: з множини поверхонь $z = f(x; y)$, які проходять через лінії OC і AB , знайти таку поверхню, яка забезпечить екстремальне значення функціоналу (2.12).

Розділимо проєкцію робочої поверхні лемеша на площину XOY (рис.2.7), яка є областю інтегрування функціонала, рівномірним кроком на прості (кінцеві) елементи у вигляді трикутників (рис. 2.8). Отримаємо 24 елементи і 20 вузлових точок-вузлів.

НУБІП України

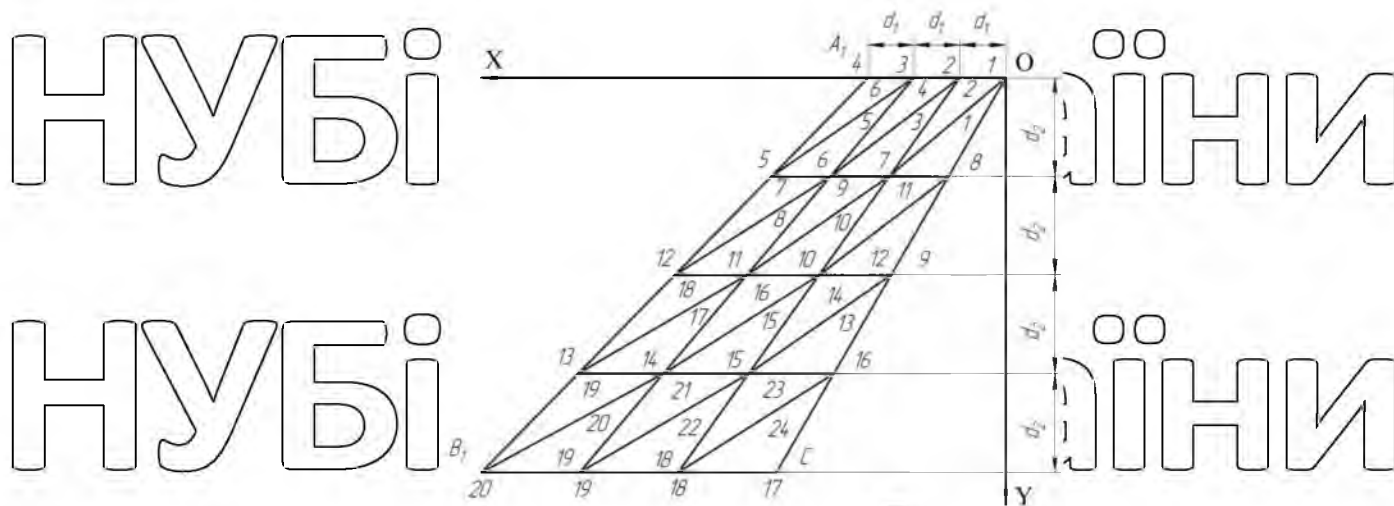


Рис. 2.7. Схема розділення проекції робочої поверхні лемеша на кінцеві елементи

Тоді кусково-лінійна апроксимація поверхні, яку необхідно визначити, може бути представлена лінійною комбінацією базисних функцій

$$z = \sum_{k=1}^{20} C_k \varphi_k \tag{2.15}$$

де C_k - постійні коефіцієнти, φ_k - базисні функції.

При цьому вона повинна задовольняти граничним умовам, які вибрані відповідно до параметрів серійного лемеша:

$$C_1 \varphi_1 = C_8 \varphi_8 = C_9 \varphi_9 = C_{16} \varphi_{16} = C_{17} \varphi_{17} = 0; C_4 \varphi_4 = 0,06 м; \\ C_5 \varphi_5 = 0,080 м; C_{12} \varphi_{12} = 0,099 м; C_{13} \varphi_{13} = 0,118 м; C_{20} \varphi_{20} = 0,137 м.$$

Кожна базисна функція повинна бути лінійною, кусково-безпервною, дорівнювати одиниці у вузлах в середині області визначення і нулю за її межами. Базисні функції повинні бути визначені для всіх m елементів, які мають зв'язок з вузлом K , тобто

$$\varphi_k = \sum_{j=1}^m \varphi_k^{e_j} \tag{2.16}$$

Позначасмо номери вузлів i, j, k при строгому збереженні для кожного елемента порядку прямування проти годинникової стрілки вказаних індексів. Складемо систему функцій форми

$$\varphi_i^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_j)(y_k-y_j) - (y-y_j)(x_k-x_j)]; & (x; y) \in e_0; \\ 0; & (x; y) \notin e_0; \end{cases}$$

$$\varphi_j^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_k)(y_i-y_k) - (y-y_k)(x_i-x_k)]; & (x; y) \in e_0; \\ 0; & (x; y) \notin e_0; \end{cases} \quad (2.17)$$

$$\varphi_k^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_i)(y_j-y_i) - (y-y_i)(x_j-x_i)]; & (x; y) \in e_0; \\ 0; & (x; y) \notin e_0; \end{cases}$$

де S – площа трикутника, яка обчислюється за допомогою визначника

$$2S = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix}. \quad (2.18)$$

Диференціюючи по x рівняння, одержимо:

$$z'_x = \sum_{k=1}^{20} C_k \varphi'_{kx}, \quad (2.19)$$

$$\text{де } \varphi'_{kx} = \sum_{j=1}^n \varphi_{kx}^{e_j}. \quad (2.20)$$

$$\varphi_{ix}^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} (y_k - y_j); & (x; y) \in e_0; \\ 0; & (x; y) \notin e_0; \end{cases}$$

$$\varphi_{yx}^{e_0} = \begin{cases} \frac{1}{2S} (y_i - y_k); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0; \end{cases} \quad (2.21)$$

$$\varphi_{kx}^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} (y_j - y_i); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0. \end{cases}$$

Диференціюючи по у рівняння, одержимо:

$$z_y = \sum_{k=1}^{20} C_k \varphi'_{ky}, \quad (2.22)$$

$$\text{де } \varphi'_{ky} = \sum_{j=1}^m \varphi_{ky}^{e_j}; \quad (2.23)$$

$$\varphi_{iy}^{e_0} = \begin{cases} \frac{1}{2S} (x_k - x_j); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0; \end{cases}$$

$$\varphi_{jy}^{e_0} = \begin{cases} \frac{1}{2S} (x_i - x_k); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0; \end{cases} \quad (2.24)$$

$$\varphi_{ky}^{e_0} = \begin{cases} \frac{1}{2S} (x_j - x_i); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0. \end{cases}$$

За результатами розрахунків, з врахуванням параметрів існуючого лемеша, будемо теоретичний профіль мінімальної енергоємності робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків (рис. 2.16).

$$\varphi_{ky}^{e_0} = \begin{cases} \frac{1}{2S} (x_j - x_i); (x; y) \in e_0; \\ 0; (x; y) \notin e_0. \end{cases}$$

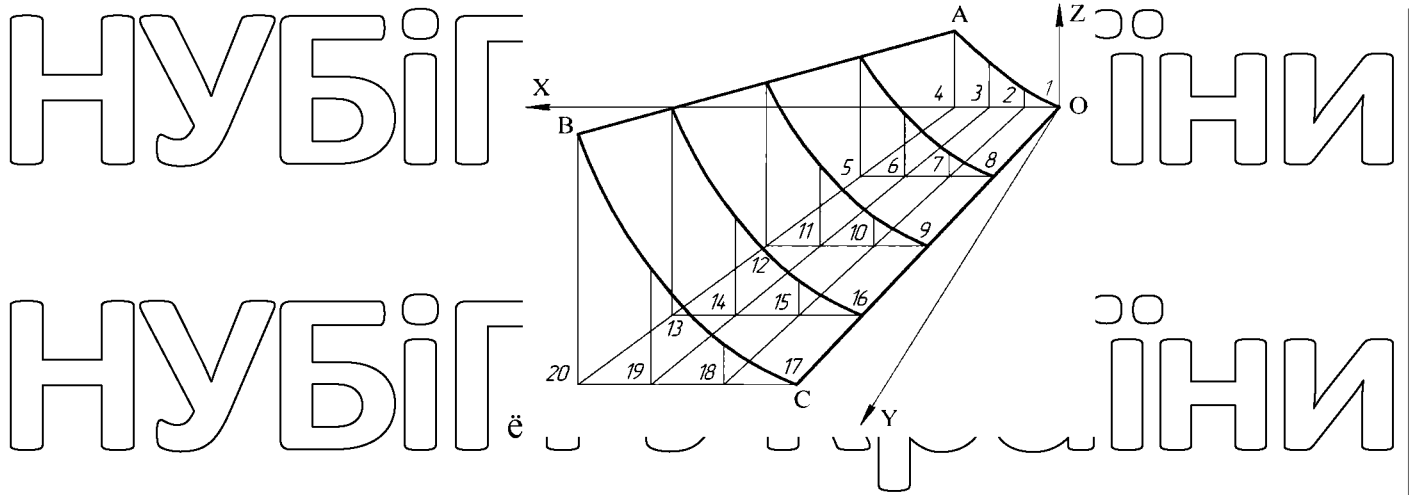


Рис. 2.16. Теоретичний профіль мінімальної енергоємності робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Висновки

1. Аналіз рішень систем диференціальних рівнянь показує, що штовхаюча схема компоновки бурякозбирального агрегату забезпечує меншу, порівняно з тягово-штовхаючою схемою, величину поперечного відносно напрямку руху зміщення y як при зміні маси, так і при зміні положення центра мас агрегату, відповідно на 33% і на 34%.

2. Збільшення ширини колії трактора як при тягово-штовхаючій, так і при штовхаючій схемі компоновки агрегату призводить до збільшення значень як курсового кута ψ , так і поперечного зміщення y . При цьому значення курсового

кута ψ і при тягово-штовхаючій, і при штовхаючій схемі компоновки із збільшенням ширини колії з 1,35 до 2,95 м збільшуються практично на однакову величину, відповідно на 12,9 і 12,5%. Величина поперечного зміщення y із збільшенням ширини колії з 1,35 до 2,95 м при тягово-штовхаючій схемі компоновки збільшується на 8,1, а при штовхаючій-на 13,5%.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ**3.1. Програма експериментальних досліджень**

Для вирішення поставлених задач були проведені наступні експериментальні дослідження:

Польові дослідження: В цих дослідженнях було вивчено вплив схеми компоновки і конструктивних параметрів бурякозбирального машинно-тракторного агрегату на точність копіювання рядків цукрових буряків і показники якості процесу збирання. Експерименти проводилися в реальних польових умовах. Показником точності копіювання було відхилення траєкторії руху агрегату від осрової лінії рядків цукрових буряків, а якісним показником була кількість втрат коренеплодів під час їх викопування.

Лабораторні дослідження: В цих дослідженнях проводилися експерименти з метою визначення впливу профілю робочої поверхні копіра і конструктивних параметрів копіювального пристрою гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів. Енергетичним показником була робота, необхідна для переміщення копіювального пристрою під час копіювання головок коренеплодів.

Лабораторні і польові дослідження: В цих дослідженнях було вивчено вплив профілю лемеша колісного копака цукрових буряків на енергетичні показники його роботи. Експерименти проводилися як в контрольованих лабораторних умовах, так і в реальних польових умовах. Енергетичними показниками були тяговий опір лемеша при переміщенні в ґрунті і витрати палива на 1 гектар для бурякозбирального агрегата.

Усі ці дослідження дозволяють отримати емпіричні дані та оцінити вплив різних факторів на роботу та ефективність бурякозбиральних машин.

Результати досліджень можуть бути використані для удосконалення конструкцій та оптимізації робочих процесів таких машин з метою зниження їх енергоємності та покращення якості збирання цукрових буряків.

3.2. Опис експериментальних установок

3.2.1. Лабораторні установки

Лабораторна установка (рис. 3.1) включала в себе рухомий візок 5 з встановленим на ньому копіювальним пристроєм 6. Візок приводився в рух мотор-редуктором 2 з частотою обертання вихідного вала $\omega = 40 \text{ хв}^{-1}$

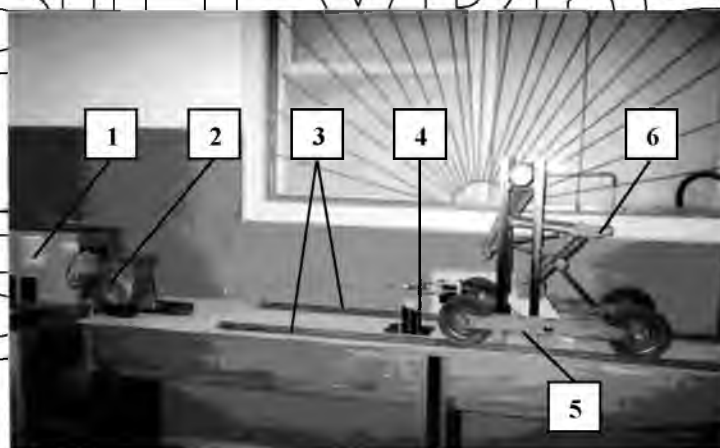


Рис. 3.1. Лабораторна установка: 1-пульт керування; 2-мотор-редуктор; 3-направляючі; 4-тримач коренеплодів; 5-рухомий візок; 6-копіювальний пристрій і переміщувався по направляючих.

3. На шляху руху візка з копіювальним пристроєм встановлювався тримач 4 для розміщення коренеплодів цукрових буряків. Керування рухом візка здійснювалось за допомогою пульта керування 1. Зміна параметрів ділянки підйому робочої поверхні копіра (α_0, x_k, y_k) здійснювалась шляхом установки відповідного зразка копіра.

При проведенні досліджень застосовувався комплекс вимірювальної і реєструючої апаратури фірми Bruel & Kjaer (Бельгія), до складу якого входять: датчик сили (тип 8200); підсилювач заряду (тип 2635); магнітофон (тип 7005);

аналізатор (тип 2031); самописець (тип 2307). За допомогою датчика сили 2 (рис. 3.2), блоку живлення 1, підсилювача заряду 4, магнітофона 3 здійснювались вимірювання і реєстрація тягового зусилля, необхідного для переміщення візка при копіюванні копіром копіювального пристрою гичкозрізувального апарата головки закріпленого в тримачі коренеплода.

Переведення записів, здійснених під час проведення експерименту, в електронну форму і їх візуалізація виконувались з допомогою комплексу апаратури у складі комп'ютера Notebook з програмним забезпеченням Catman і підсилювача Spider-8 фірми Hottinger Baldwin Messtechnik (Німеччина).

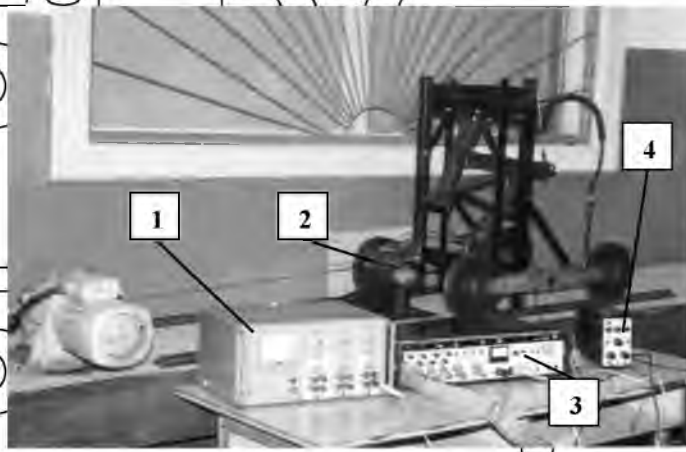


Рис. 3.2. Комплект вимірювальної і реєструючої апаратури: 1-блок

живлення, 2-датчик сили, 3-магнітофон, 4-підсилювач заряду

Експериментальна установка, зображена на рисунках 3.1 і 3.2, використовувалась для досліджень з визначення впливу параметрів

копіювального пристрою на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів за допомогою методу планування багатфакторного експерименту.

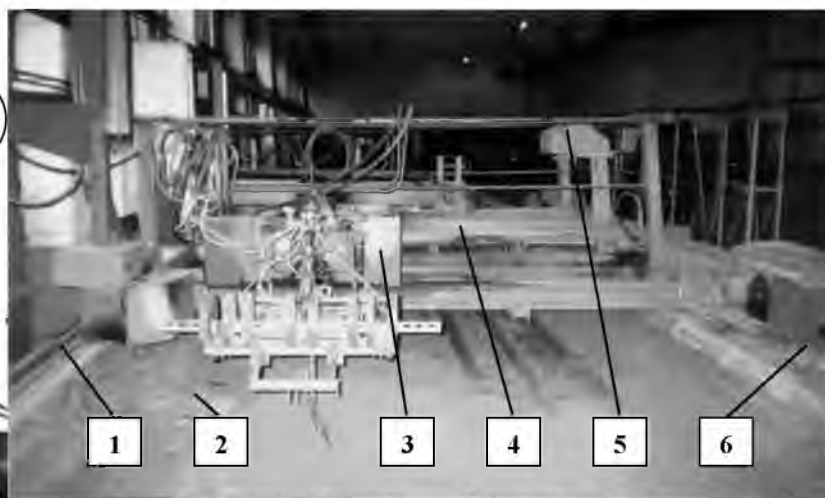
Установка включає комплект вимірювальної і реєструючої апаратури, яка дозволяє фіксувати необхідні параметри під час експериментів.

Для проведення лабораторних досліджень також використовувався ґрунтовий канал Науково-Навчального Центру "Інститут машинознавства ім. О.О. Морозова" Української академії аграрних наук. Ґрунтовий канал (показаний на

рисунку 3.3а) має візок (4), який переміщується вздовж каналу по рейках (1 і 6), розташованих по обидва його боки. На візку встановлений рухомий блок (3), який має гідравлічний націпний пристрій (7), що дозволяє приєднувати та агрегатувати досліджувані зразки. У даному випадку, зразок лемеша (8) був встановлений на тензометричній рамці (9), яка розташована на стояку блоку.

Ці установки дозволяють проводити контрольовані експерименти для вимірювання та аналізу енергетичних показників та інших параметрів процесу копіювання коренеплодів та роботи бурякозбиральних машин.

а)



б)

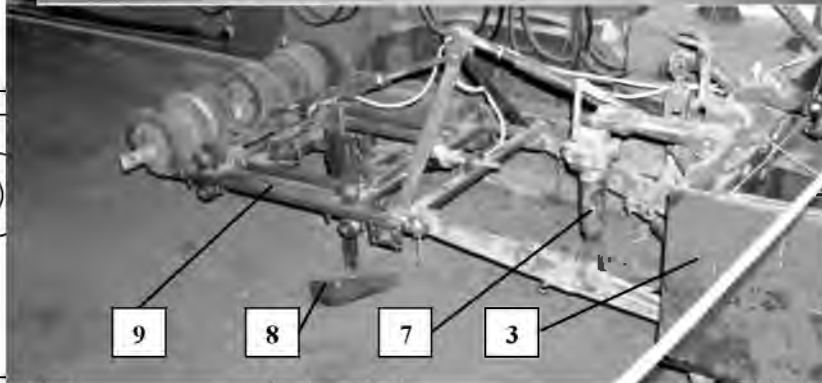


Рис. 3.3. Грунтовий канал ННЦ ІМЕСГ: а - загальний вигляд; б - рухомий блок з гідравлічним націпним пристроєм; 1,6 - рейки; 2 - ґрунтовий канал; 3 - рухомий блок; 4 - візок; 5-пересувний пульта керування; 7- гідравлічний націпний пристрій; 8 - зразок лемеша; 9- тензометрична рамка

Візок приводився в рух з допомогою приводної станції. Керування рухом візка, рухомого блока і роботою гідравлічного напісного пристрою здійснювалось як за допомогою пересувного пульта керування 5 (рис. 3.3а), який встановлений на візку, так і за допомогою стаціонарного пульта керування. Для визначення тягового зусилля зразків лемешів коливного копача застосовувався комплект вимірювальної і реєструючої апаратури.

3.2.2. Установки для проведення лабораторно-польових досліджень

Для проведення досліджень з визначення впливу схеми компоновки і конструктивних параметрів бурякозбирального машинно-тракторного агрегату на точність копіювання траєкторії рядків цукрових буряків і якісні показники процесу збирання, використовувались дві експериментальні установки - машинно-тракторні агрегати з тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами компоновки, які працювали відповідно у тягово-штовхаючому і штовхаючому режимах роботи.

Рис. 3.4. Бурякозбиральні машинно-тракторні агрегати: а) з тягово-



штовхаючою схемою компоновки; б) з штовхаючою схемою компоновки

Машинно-тракторний агрегат з тягово-штовхаючою схемою компоновки складався з трактора ХТЗ-16131, напісної гнучкозбиральної машини БМ-01 і напісного копача-валкоутворювача КВЦБ-1,2 (рис. 3.4 а), які приєднувались відповідно до передньої і задньої напісних системи трактора. Трактор при цьому рухався переднім ходом, а агрегат працював у тягово-штовхаючому режимі. При цьому за траєкторію руху агрегату приймалась кромка сліду спорного колеса копача-валкоутворювача.

Машинно-тракторний агрегат з штовхаючою схемою компоновки складався з трактора ХТЗ-16131 і бурякозбиральної машини КР-6 (рис. 3.4 б), яка приєднувалась до задньої начіпної системи трактора. Трактор при цьому рухався заднім ходом, а агрегат працював у штовхаючому режимі. За траєкторію руху агрегату приймалась кромка сліду заднього опорного колеса бурякозбиральної машини.

3.3. Методика проведення експериментальних досліджень

При проведенні досліджень вимірювались і визначались:

- відхилення траєкторії руху машинно-тракторного агрегату від осової лінії рядків коренеплодів цукрових буряків;
- кількість втрат коренеплодів при їх викопуванні.

Дослідження проводились в польових умовах в агротехнічні строки збирання цукрових буряків. Характеристика бурякозбиральних агрегатів, що використовувались для проведення досліджень, наведена в табл. 3.1. Підготовка до роботи і комплектування агрегатів здійснювались згідно з інструкціями підприємств-виробників з експлуатації машин.

Таблиця 3.1

Характеристика бурякозбиральних агрегатів з тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами компоновки

Склад машинно-тракторного агрегату	Ширина колії трактора, мм	Схема компоновки
1. ХТЗ-16131 + КР-6	1800	ШТОВХАЮЧА
2. ХТЗ-16131+БМ-01+КВЦБ-1,2	1800	ТЯГОВО-ШТОВХАЮЧА
3. ХТЗ-16131+БМ-01+КВЦБ-1,2	2950	ТЯГОВО-ШТОВХАЮЧА

Для проведення досліджень вибиралась ділянка поля з горизонтальною поверхнею, яка не мала похилів з кутом більше 2° в будь-якому напрямку.

Характер розміщення коренеплодів цукрових буряків в рядках на дослідній ділянці відповідав середнім умовам на полі.

Результати вимірювань і обчислень заносились в таблицю відповідної форми (табл. 3.2). Значення вимірювань, які суттєво відрізнялись від інших, перевірялись за правилом 3σ на можливість виключення з подальших розрахунків. Точність копіювання рядків коренеплодів цукрових буряків бурякозбиральним агрегатом при різних схемах компоновки і ширині колії трактора оцінювалась середнім значенням відхилень траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків y_{CP} , а також їх дисперсією σ_B^2 .

Таблиця 3.2

Форма таблиці для занесення результатів вимірювань і обчислень параметрів траєкторії руху бурякозбирального агрегату

Відстань від контрольної лінії до осьової лінії рядка, L_1 , мм	Відстань від контрольної лінії до траєкторії руху агрегату, L_2 , мм	Відстань від траєкторії руху агрегату до осьової лінії рядка, $L_3 = L_1 - L_2$, мм	Відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядка, $y = L_3 - L_3_{CP}$, мм (+) - вліво (-) - вправо
1. L_{11}	L_{21}	L_{31}	$\pm y_1$
2. L_{12}	L_{22}	L_{32}	$\pm y_2$
⋮	⋮	⋮	⋮
N. L_{1N}	L_{2N}	L_{3N}	$\pm y_N$
Середнє		L_{3CP}	y_{CP}
Дисперсія		-	σ_B^2

Оцінка суттєвості відмінностей між значеннями відхилень траєкторії руху машинно-тракторного агрегату від осьових ліній рядків для визначення впливу його схеми компоновки і ширини колії трактора здійснювалась за допомогою

методики статистичної перевірки гіпотез, зокрема методу порівняння середніх двох сукупностей та їх дисперсій.

У цій методиці висувається гіпотеза, що середні значення (y_1_{CP} та y_2_{CP}) двох сукупностей з різною кількістю значень (N_1 та N_2) та дисперсіями (σ_1^2 та σ_2^2) рівні між собою (нульова гіпотеза $H_0: y_{CP1} = y_{CP2}$). При малих обсягах даних перевірка нульової гіпотези здійснюється за допомогою критерію t , де розрахункове значення порівнюється з табличним значенням.

Оцінка якості викопування коренеплодів цукрових буряків здійснювалась за показником втрат коренеплодів для бурякозбиральних агрегатів з різними схемами компоновки. Урожайність і втрати коренеплодів при викопуванні визначались за стандартною методикою [27]. Деталі цієї методики не надані у ващому повідомленні, але можна припустити, що для оцінки якості викопування використовувались вимірювання втрат коренеплодів за певний період часу та їх порівняння з загальною урожайністю.

Фізико-механічні властивості ґрунту під час проведення експериментальних досліджень, а саме вологість і твердість, визначались за загальноприйнятою методикою [29].

Швидкість руху агрегату в загінках визначалась шляхом вимірювання часу

Обробка експериментальних даних здійснювалась з допомогою комп'ютерної програми електронних таблиць Excel.

За результатами обробки експериментальних даних в повторностях складалась узагальнююча таблиця за формою табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Форма таблиці для занесення результатів обробки записів процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків зразками копіїв з теоретичними профілями робочих поверхонь

Зразок копіра	Номер повторності	Робота A_x на заліковому шляху, Нм	Середнє по повторностям A_x ср, Нм
------------------	----------------------	--	--

Серійний	1	A_{xC1}	A_{xCcp}
	2	A_{xC2}	
	3	A_{xC3}	
Експериментальний 1	1	A_{xE11}	A_{xE1cp}
	2	A_{xE12}	
	3	A_{xE13}	
Експериментальний 2	1	A_{xE21}	A_{xE2cp}
	2	A_{xE22}	
	3	A_{xE23}	
Експериментальний 3	1	A_{xE31}	A_{xE3cp}
	2	A_{xE32}	
	3	A_{xE33}	

При проведенні досліджень вимірювались і визначались:

- поточні значення тягового опору для досліджуваних зразків лемешів;
- середнє значення тягового опору для кожного зразка лемеша.

Досліджувались два зразки лемешів: зразок 1- серійний леміш копача бурякозбиральної машини KR-6; зразок 2- експериментальний зразок лемеша з розрахунковим профілем робочої поверхні.

Дослідження проводились при однакових для обох зразків лемешів умовах і режимах роботи, а саме: швидкості руху, глибині ходу, ґрунтових умовах, кутах установки до напрямку руху, до горизонтальної площини, до вертикальної площини. Кількість повторностей при вимірюванні тягового опору для кожного зразка лемеша - три. Глибина ходу в ґрунті для обох зразків в усіх повторностях

- 0,1 м, швидкість руху-1,17 м/с. Довжина контрольних відрізків шляху в ґрунтовому каналі для вимірювання тягового опору складала 8-10 м. Порядок проведення дослідів рандомізовано.

Підготовка ґрунту в ґрунтовому каналі здійснювалась шляхом поливу і перемішування його верхнього шару глибиною 18-20 см до набуття ним однорідного за вологістю і структурним складом стану як по глибині, так і за напрямком руху візка. Ущільнення розпушеного шару ґрунту здійснювалось гладким котком за його „фізичної стиглості”, до досягнення ним стану, що відповідає стану ґрунту в польових умовах під час збирання цукрових буряків, за вологості 18..25 %.

Підготовка комплексу вимірювальної і реєструючої апаратури до роботи, а також обробка записів (осцилограм) тягового опору досліджуваних зразків лемешів при їх русі в ґрунті здійснювалась за загальноприйнятими методиками. Зокрема, обробка осцилограм здійснювалась методом ординат [43], з інтервалами часу між вимірами $\Delta t = 0,5$ с.

Значення тягового опору для серійного P_{ci} і експериментального P_{ei} зразків лемешів в повторностях, одержаних в результаті обробки осцилограм, заносились до таблиці результатів обробки осцилограм відповідної форми (табл. 3.4). Значення тягового опору, що різко виділялись, перевірялись за правилом 3σ на можливість виключення з подальших розрахунків.

Таблиця 3.4

Форма таблиці для занесення результатів обробки запису величини тягового опору лемеша коливного копача цукрових буряків

Назва зразка лемеша	№ повторності	№ досліджу	Значення тягового опору, Н							
			№ п/п	1	2	...	i	...	n-1	n
			$P, Н$	P_1	P_2	...	P_i	...	P_{n-1}	P_n

За результатами обробки запису величин тягового опору лемешів складався статистичний комплекс у вигляді таблиці для двох зразків - серійного і експериментального, яка включає суму значень величин тягового опору P_{ci} і P_{ei} з трьох повторностей для кожного зразка лемеша (табл. 3.5).

За даними табл. 3.5 визначався показник точності досліду, а також проводилась оцінка суттєвості відмінностей між значеннями тягового опору досліджуваних зразків лемешів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.5

Форма таблиці статистичного комплексу за результатами визначення тягового опору лемешів-коливних копачів цукрових буряків

Значення тягового опору P_i, H			
Назва зразка лемеша			
Серійний		Серійний	
1.	P_{c1}	1.	P_{c1}
2.	P_{c2}	2.	P_{c2}
...
$i.$	P_{ci}	$i.$	P_{ci}
...
$N_c-1.$	P_{cN-1}	$N_c-1.$	P_{cN-1}
$N_c.$	P_{cN}	$N_c.$	P_{cN}
Сума P_{ci}, H		Сума P_{ci}, H	
Середнє значення $P_{cср}, H$		Середнє значення $P_{cср}, H$	
Середнє квадратичне відхилення σ_c, H		Середнє квадратичне відхилення σ_c, H	

Лабораторні дослідження проводились в ґрунтовому каналі ННЦ ІМЕСГ (с.мт. Глеваха, Київська обл.)

При проведенні лабораторно-польових досліджень досліджувався бурякозбиральний агрегат у складі трактора ХТЗ-16131 і бурякозбиральної машини КР-6 з штовхаючою схемою компоновки і двома комплектами лемешів (по 12 шт.) копачів: один комплект – серійні лемеші виробництва фірми "Kleins", другий комплект – експериментальні лемеші з розрахунковим профілем робочої поверхні.

Тяговий опір агрегату для кожного комплекту лемешів можна визначати шляхом застосування тензометричного обладнання або тягового динамометра, а витрату палива на 1 га - шляхом визначення фактичної витрати. В зв'язку з складністю проведення таких досліджень, тяговий опір, а також витрата палива на 1 га для кожного комплекту лемешів визначались за тяговою характеристикою трактора [28] в залежності від визначеної швидкості руху агрегату для кожного комплекту лемешів, при їх робочому положенні.

При проведенні досліджень вимірювались і визначались.

- час проходження контрольних відрізків довжиною $L=20$ м буряко-збиральним агрегатом ХТЗ-16131 + КР-6 при роботі з кожним з досліджуваних комплектів лемешів, при їх робочому положенні;

- швидкість руху агрегату при роботі з кожним з досліджуваних комплектів лемешів.

Для проведення досліджень вибиралась ділянка поля з горизонтальною поверхнею, яка не мала ухилів з кутом більше 2° в будь-якому напрямку.

Кількість повторностей для визначення часу t при робочих проходах агрегату - три. Вимірювання часу здійснювалось електронним секундоміром з точністю до

сотих часток секунди. Результати вимірювань і обчислень заносились в таблицю відповідної форми (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Форма таблиці для занесення результатів вимірювань і обчислень

швидкості руху машинно-тракторного агрегата

Назва показника	Повторності			Середнє значення
	1	2	3	
Час t , сек.	t_1	t_2	t_3	t_{cp}
Швидкість руху агрегату V , км/год	V_1	V_2	V_3	V_{cp}

Лабораторно-польові дослідження проводились на полі дослідного господарства ІЦБ УААН „Пархомівське” (с. Пархомівка, Краснокутський район, Харківська область).

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Аналіз впливу схеми розташування та конструктивних параметрів машинно-тракторного агрегату на точність копіювання рядків цукрових буряків

Згідно проведених експериментальних досліджень з впливу схеми компоновки і конструктивних параметрів бурякозбирального машинно-тракторного агрегату на точність копіювання рядків цукрових буряків, використовувалися агрегати з тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами компоновки. Для агрегату з тягово-штовхаючою схемою встановлювалися ширини колії 1800 і 2950 мм, при чому остання ширина досягалась за допомогою додаткових дисків. Дослідження проводилися на підмерзлому ґрунті зі швидкістю руху агрегату 4,15 км/год.

У табл. 4.1 представлені середні значення відхилень (y) траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків, значення дисперсій та відсоткове співвідношення для бурякозбирального машинно-тракторного агрегату з тягово-штовхаючим і штовхаючим режимами роботи.

Аналіз отриманих даних з табл. 4.1 показує, що режим роботи агрегату в режимі штовхання забезпечує вищу точність копіювання рядків цукрових буряків.

Таблиця 4.1

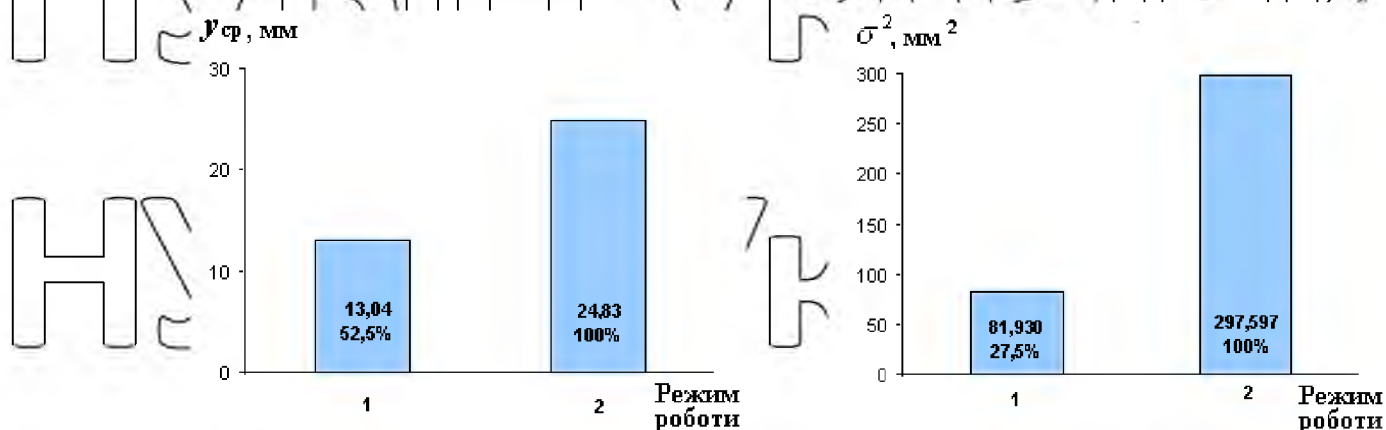
Показники точності копіювання рядків коренеплодів

бурякозбиральним агрегатом при різних режимах роботи

№ п/п	Найменування показника	Режим роботи агрегату		
		штовхаючий		1
1	Середнє відхилення, мм	13,04	1	Середнє відхилення, мм
2	Дисперсія, мм ²	81,93	1	Дисперсія, мм ²

Графічне зображення даних табл. 4.1 наведено на рис. 4.1

Рис. 4.1. Середні відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії



рядків і дисперсії поточних значень відхилень при штовхаючому і тягово-штовхаючому режимах роботи: а) середні відхилення; б) дисперсії; 1-штовхаючий режим; 2- тягово-штовхаючий режим

Результати оцінки якості викопування коренеплодів цукрових буряків також підтверджують вищу точність копування при роботі бурякозбиральних агрегатів в режимі штовхання порівняно з тягово-штовхаючим режимом роботи.

Це відображено у результаті таблиці 4.2, де наведені втрати коренеплодів при роботі з різними режимами.

Для визначення втрат коренеплодів, проводилося перемолування вже зібраних рядків і зважування коренеплодів та їх частин, які залишилися в ґрунті або на його поверхні після проходження агрегату. Отримані дані показують, що режим роботи агрегату в штовхаючому режимі сприяє зменшенню втрат коренеплодів під час викопування цукрових буряків

Таблиця 4.2

Результати оцінки якості збирання коренеплодів цукрових буряків за показником їх втрат при різних режимах роботи бурякозбирального агрегату

Показники	Режим роботи агрегату	
	штовхаючий	штовхаючий
Урожайність біологічна, т/га	27,8	27,8
Втрати урожаю при збиранні, %	0,6	3,8
Урожайність фактична, т/га	27,63	26,74

Дані табл. 4.2 достовірні з ймовірністю 95 %.

За даними табл. 4.2, при штовхаючому режимі роботи агрегату досягається більша на 3,2 % повнота збирання коренеплодів, ніж при тягово-штовхаючому (втрати складають відповідно 0,6 і 3,8 %), що, в свою чергу, сприяє підвищенню фактичної урожайності на 0,89 т/га - з 26,74 т/га при тягово-штовхаючому до 27,63 т/га при штовхаючому режимі роботи агрегату.

Для бурякозбирального агрегату з шириною колії трактора 1800 і 2950 мм середні значення відхилень траєкторії руху від осрової лінії рядків, значення дисперсій, а також їх відсоткове співвідношення, наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Показники точності копіювання бурякозбиральним агрегатом рядків коренеплодів при різній ширині колії трактора

№ п/п	Найменування показника	Ширина колії, мм		
		1800	2950	% до 2950
1	Середнє відхилення, мм	23,35	29,49	79,2
2	Дисперсія, мм ²	313,29	584,141	53,6

Графічне зображення даних табл. 4.3 наведено на рис. 4.2.

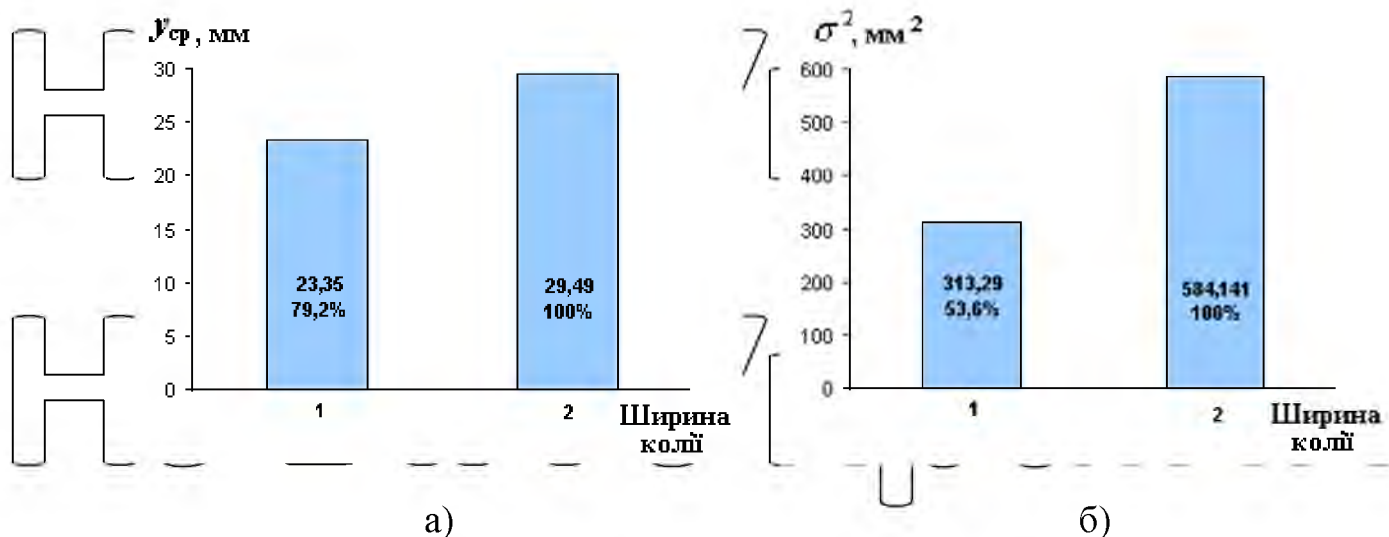


Рис. 4.2. Середні відхилення тракторії руху агрегату від осьової лінії рядків і дисперсії поточних значень відхилень при різній ширині колії трактора: а) середні відхилення, б) дисперсії; 1- ширина колії 1800 мм; 2- ширина колії 2950 мм

Аналіз даних табл. 4.3 показує, що копіювання агрегатом рядків цукрових буряків при збільшенні ширини колії трактора погіршується. Так при ширині колії трактора 2950 мм, порівняно з шириною 1800 мм, маємо збільшення середнього значення відхилень тракторії руху агрегату від осьової лінії рядків більш ніж на 20 %, а дисперсії-майже у 2/рази, що також є підтвердженням достовірності результатів теоретичних досліджень.

4.2. Дослідження впливу параметрів копіювального пристрою гичкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів

Для визначення впливу параметрів копіювального пристрою гичкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків було проведено експериментальні лабораторні дослідження з використанням методики планування багатofакторного експерименту. Діючими факторами у цих дослідженнях були

X1 - довжина важелів паралелограмного пристрою.

X2 - профіль робочої поверхні копіра.

X3 - жорсткість пружини.

X4 - попередній натяг пружини.

Для проведення цих досліджень були виготовлені додаткові важелі паралелограмного механізму, які мали більшу довжину порівняно з важелями копіювального пристрою гичкозбиральної машини БМ-6Б. Це дозволило варіювати довжину важелів як один з факторів дослідження і встановлювати різні значення для впливу на енергетичні показники процесу копіювання.



Рис. 4.3. Паралелограмний механізм копіювального пристрою гичкозрізувального апарата: а – гичкозбиральної машини БМ-6Б; б – експериментального; 1, 2 – змінні важелі

Зміна початкового натягу пружини у копіювального пристрою гичкозбиральної машини БМ-6Б здійснювалась за допомогою натяжного кронштейна 2 (рис. 4.4а), який встановлювався на місці кріплення основного кронштейна 1. При встановленні важелів паралелограмного механізму більшої довжини, на стояку з копіром встановлювались додаткові основний 3 (рис. 4.4б) і натяжний 4 кронштейни для кріплення пружини, завдяки яким початкове положення і робочий натяг пружини залишались незмінними для обох варіантів довжини важелів.

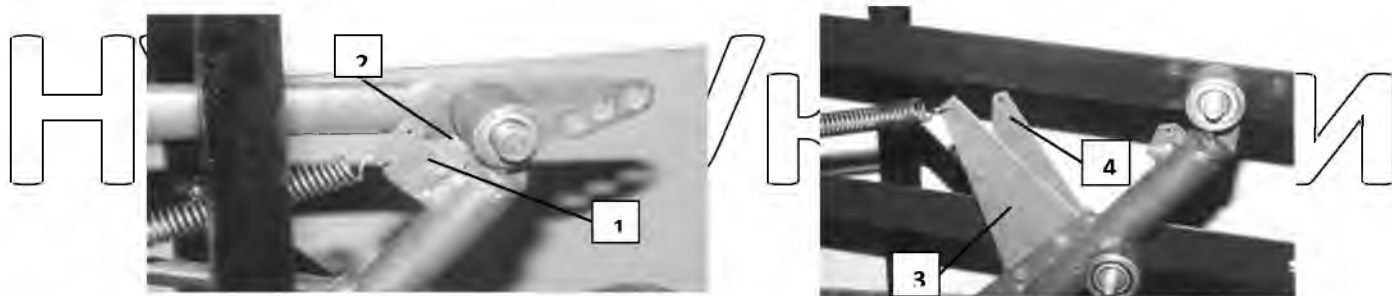


Рис. 4.4. Пристосування для зміни початкового натягу пружини копіювального пристрою гичкозрізувального апарата:

а - гичкозбиральної машини БМ-6Б; б-експериментального; 1-

основний кронштейн; 2- натяжний кронштейн; 3 - додатковий основний кронштейн; 4- додатковий натяжний кронштейн

Під час проведення експерименту пружина копіювального пристрою гичкозбиральної машини БМ-6Б замінювалась на пружину більшої жорсткості з такою ж кількістю витків. Жорсткість пружин визначалась з допомогою випробувальної машини FM-500 (Німеччина) (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Механічна випробувальна машина FM-500

Для проведення експериментальних досліджень з планування багатофакторного експерименту використовувалась лабораторна установка (див. рис. 3.2). У відповідності з матрицею планування (дробовою напізрешлікою 2^{4-1}) копіювальний пристрій гичкозрізувального апарата серійної гичкозбиральної

машини БМ-6Б переобладнувався шляхом установки змінних елементів - важелів паралелограмного механізму, копирів, пружин, кронштейнів для натягу пружин (рис. 4.4а,б). Числові значення параметрів елементів копіювального пристрою наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Фактори	Позначення	Характеристика діючих факторів			
		Рівні факторів		Рівні факторів	
		нижній		верхній	
		знак	числове значення	знак	числове значення
Довжина важелів паралелограмного механізму, м	X_1	-	0,26	0	0,39
Профіль робочої поверхні копіра	X_2	-	за рівнянням 2,31	+	серійний
Жорсткість пружини, Н/м	X_3	-	1000	+	1700
Попередній натяг пружини*, м	X_4	-	0,125	+	0,150

Для експериментальних досліджень з впливу параметрів копіювального пристрою гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків, була проведена зміна довжини пружин і профілю робочої поверхні копіра. Ось деякі деталі:

Довжина пружин копіювального пристрою в існуючій конфігурації, взятій з машини БМ-6Б, мала жорсткість 1000 Н/м і складала 0,108 м в нерозтягнутому положенні.

Для стану конструктивного попереднього натягу, який відповідає машині БМ-6Б, довжина обох пружин становила 0,233 м.

В експериментальному стані попереднього натягу, який здійснювався з використанням натяжних кронштейнів, довжина обох пружин складала 0,258 м.

Нижній рівень фактора "Попередній натяг пружини" становив 0,125 м, а верхній рівень - 0,150 м.

Зміна профілю робочої поверхні копіра здійснювалась шляхом установки відповідного зразка копіра на гнчкозрізувальний апарат.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4.3. Вплив профілю робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків на величину його тягового опору

Експериментальні дослідження з впливу профілю робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків на величину його тягового опору проводились згідно викладеної методики у два етапи. На першому етапі, в лабораторних умовах, визначались тягові опори серійного і експериментального зразків лемешів (рис. 4.6).

На другому етапі, в польових умовах, визначались енергетичні показники агрегату з серійними і експериментальними зразками лемешів.

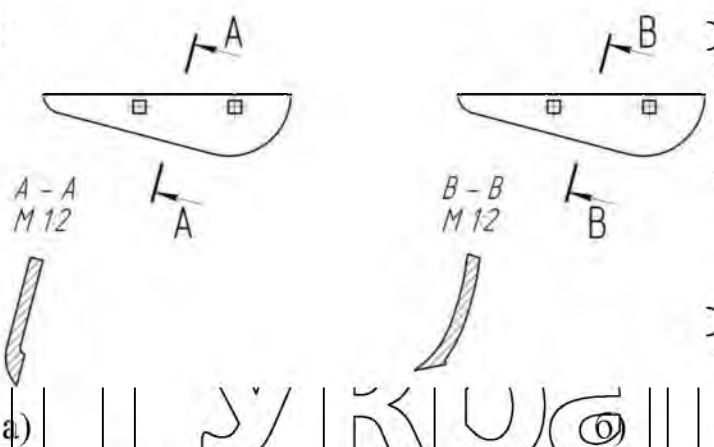


Рис. 4.6. Зразки лемешів коливного копача цукрових буряків: а - леміш

копача бурякозбиральної машини KR-6; б - експериментальний зразок з

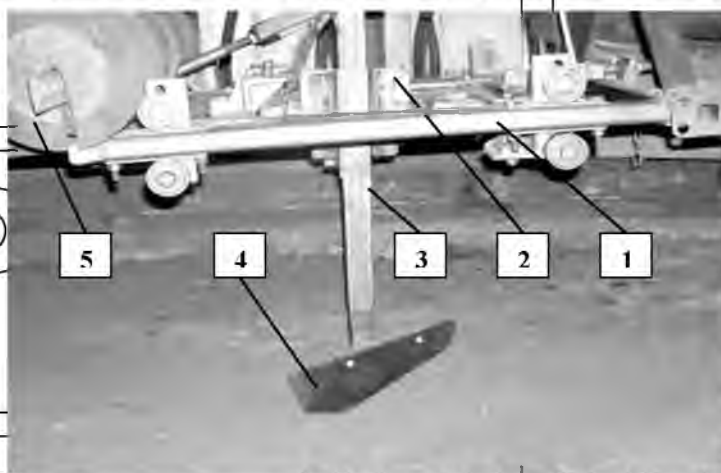
розрахунковим профілем робочої поверхні

Для визначення тягового опору зразків лемешів коливного копача

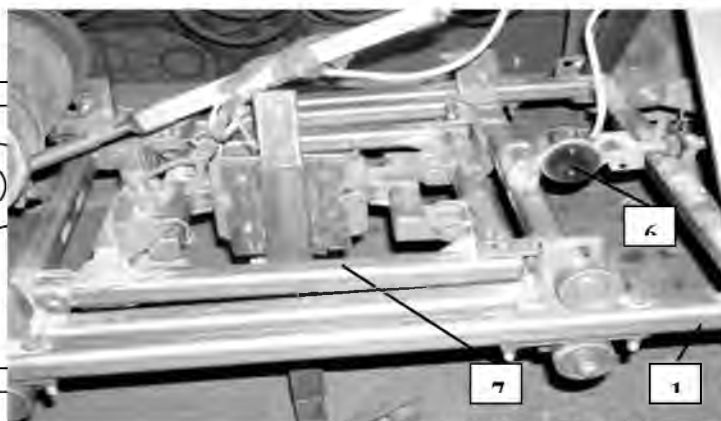
застосовувався комплект вимірювальної і реєструючої апаратури, до складу якого входила тензометрична рамка (рис. 4.6 а,б) конструкції ННЦ ІМЕСГ, реєструючий пристрій ЭМА-ПМ 4 (рис. 4.8), магніто-електричний осцилограф К 12-22 (12-канальний) 5, пристрій для визначення швидкості руху візка у складі вимірювача швидкості руху (тахометра) ТЦ-3М 2 і датчика обертів колеса візка (встановлюється на візку), джерело живлення постійного струму ЛІПС-35 (2 шт.) 3, 6, динамометр ДНУ-05-20, пульт керування 1.

Тензометрична рамка (рис. 4.7 а,б) призначена для сприйняття різних за характером механічних зусиль і перетворення їх в електричні сигнали для

послідуючої їх реєстрації і запису. Вона має нерухому частину 1, рухому частину 7 з тримачем 2, в якому закріплений стовп 3 з досліджуваним зразком лемеша 4, а також тензометричну ланку 6. Довантажувальні диски 5, які націплюються на задній брус тензометричної рамки і мають загальну масу 90 кг, призначені для запобігання зменшенню встановленої глибини ходу досліджуваного робочого органа під дією вертикальної складової реакції ґрунту.



а)



б)

Рис. 4.7. Тензометрична рамка: а - загальний вигляд; б - рухома частина з тензометричною ланкою; 1- нерухома частина; 2-тримач; 3-стовп; 4-зразок лемеша; 5 - довантажувальні диски; 6 - тензометрична ланка; 7 - рухома частина

На час проведення досліджень всі прилади пройшли періодичну перевірку на точність вимірювань і мали допуск до роботи.

Результати вимірювань тягового опору серійного лемеша коливної копач бурякозбиральної машини KR-6. Дослідження проводились при вологості ґрунту $\omega_a = 22,2\%$, твердості 1,3 МПа і швидкості руху лабораторної установки $V_y = 1,17$ м/с.

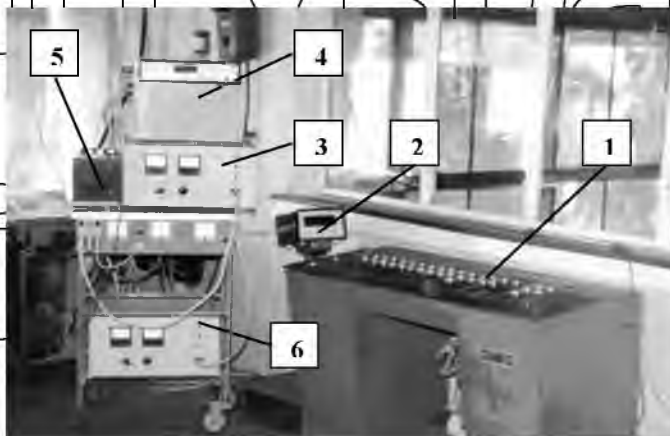


Рис. 4.8. Пульта керування роботою візка ґрунтового каналу з комплектом вимірювальної і реєструючої апаратури:

1 - пульт керування; 2 - вимірювач швидкості руху візка (тахометр) ТЦ-3М; 3, 6 - джерело живлення постійного струму ЛІПС-35; 4 - реєструючий пристрій ЗМА-ІМ; 5 - магніто-електричний осцилограф К 12-22

Порівняльна оцінка результатів вимірювань здійснювалась за даними повторностей для лемеша коливної копач бурякозбиральної машини KR 6 (табл. 3.1 – 3.3), а також повторностей для експериментального зразка лемеша (табл. 3.4-3.6) як двох груп експериментальних даних (табл. 3.7 Додатків) з кількістю значень тягового опору, відповідно $N_s = 122$ і $N_e = 96$, середніми значеннями тягового опору $P_{ср} = 752,910$ і $P_{ср} = 702,656$ Н, середніми

квадратичними відхиленнями $\sigma_s = 164,31$ і $\sigma_e = 144,096$ Н. При цьому показник точності досіду для даних серійного лемеша $\varepsilon_s = 1,98\%$ і виконувалась умова $\varepsilon_s \leq 0,05P_{ср}$, тобто $0,0198 \leq 37,646$; для даних експериментального лемеша

показник точності дослідження $\epsilon = 2,09\%$ і виконувалась умова $\epsilon \leq 0,05P_{\text{еср}}$, тобто $0,0209 \leq 35,133$.

Графічне зображення даних табл. 3.7 наведено на рис. 4.9

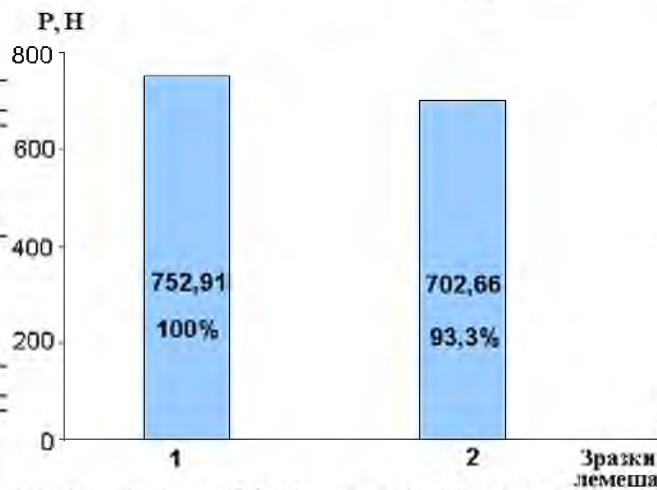


Рис. 4.9. Середні значення тягового опору досліджуваних зразків

лемешів: 1 -серійний; 2- експериментальний

Для порівняльної оцінки середніх значень тягового опору лемеша колісного копача бурякозбиральної машини КР-6 і експериментального зразка лемеша приймаємо нульову гіпотезу про рівність середніх значень для обох груп експериментальних даних. Перевірку нульової гіпотези виконуємо згідно методики, наведеної в 3 розділі, за критерієм z , розрахункове значення якого дорівнює $z = 2,413$. Критичне табличне значення критерію z_T при рівні значимості $\alpha = 0,05$ становить 1,96 [42]. Отже маємо $z = 2,413 > z_T = 1,96$. В цьому випадку нульова гіпотеза про рівність середніх значень тягового опору для обох зразків/лемешів відкидається, тобто середні значення тягового опору лемеша колісного копача бурякозбиральної машини КР-6 і експериментального зразка лемеша суттєво відрізняються між собою.

Порівняльна оцінка дисперсій σ_c^2 і σ_e^2 здійснюється за критерієм F [39], розрахункове значення якого дорівнює $F = 1,3$. Табличне значення критерію F_T при рівні значимості $\alpha = 0,05$ і кількості ступенів вільності $k_1 = 121$ і $k_2 = 95$

становить $F_{T,0,05}=1,41$ [142]. Отже $F=1,3 < F_{T,0,05}=1,41$, що вказує на несуттєвість відмінностей дисперсій σ_c^2 і σ_e^2 .

Таким чином, тяговий опір експериментального зразка лемеша коливного копача бурякозбиральної машини KR-6 з теоретично обґрунтованим профілем робочої поверхні майже на 7 % менший тягового опору серійного лемеша, що підтверджує достовірність результатів теоретичних досліджень.

Експериментальні дослідження з впливу профілю робочої поверхні лемеша коливного копача цукрових буряків на енергетичні показники роботи бурякозбирального машинно-тракторного агрегату проводились згідно методики, викладеної в п. 3.3.4, в польових умовах. Вологість ґрунту під час проведення досліджень складала 13,1 %, твердість - 2,3 МПа.

За тяговою характеристикою трактора, відповідно до визначених швидкостей руху при проходженні контрольних відрізків шляху бурякозбиральним агрегатом з досліджуваними зразками лемешів-серійними і експериментальними, визначені енергетичні показники роботи бурякозбирального агрегату (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Енергетичні показники роботи бурякозбирального агрегату при роботі з серійними і експериментальними зразками лемешів

Назва показника	Назва зразка лемеша		% до серійного
	серійний	експериментальний	
1	2	3	4
Тяговий опір, кН	35,6	32,0	89,9
Тягова потужність, кВт	40,21	37,6	93,5
Витрати палива за годину, кг	18,1	16,9	93,4
Витрати палива на 1 га, кг	26,2	23,8	90,8

Графічне зображення даних табл. 4.5 наведено на рис. 4.10.

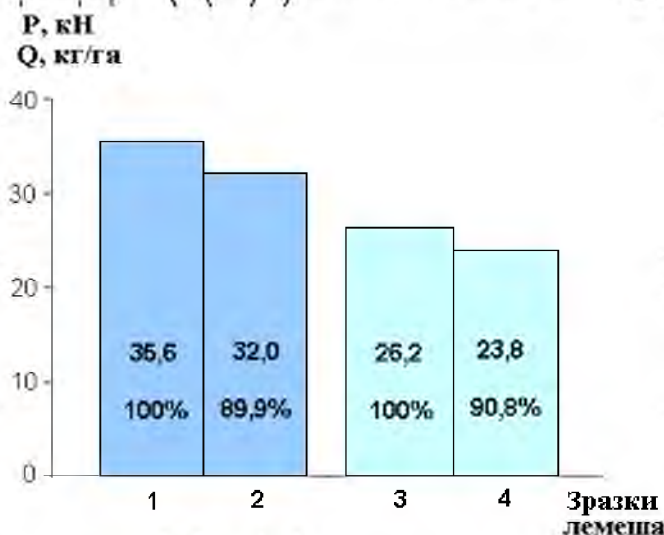


Рис. 4.10. Енергетичні показники роботи бурякозбирального агрегату: 1,2- знання тягового опору при встановленні на бурякозбиральну машину відповідно серійних і експериментальних зразків лемешів; 3,4- витрати палива на 1 га при встановленні на бурякозбиральну машину відповідно серійних експериментальних зразків лемешів

Аналіз даних табл. 4.10 показує, що заміна на бурякозбиральній машині KR-6 серійних лемешів коливних копачів на експериментальні, з теоретично обґрунтованим профілем робочої поверхні, дозволяє зменшити енергетичні витрати майже на 10 %.

Висновки

1. Збільшення ширини колії трактора, який працює з бурякозбиральними машинами, призводить до погіршення копіювання тракторії рядків цукрових буряків. Порівняння точності копіювання тракторії рядків бурякозбиральними агрегатами, які працюють у режимі тяги-штовхання і штовхання, показує, що останній має кращі показники роботи.

2. Збільшення початкового кута нахилу копіра по відношенню до відповідного параметра копіра серійної гичкозбиральної машини БМ-6Б не

призводить до суттєвого зменшення енергоємності виконання ним технологічного процесу. Зменшення робочої довжини копіра сприяє збільшенню роботи на копіювання коренеплодів. Таким чином, результати експериментів підтвердили те, що граничні умови профілю робочої поверхні серійного копіра є раціональними.

3. Результати експериментів підтвердили достовірність математичної моделі обґрунтування раціонального профілю робочої поверхні копіра. Так, обґрунтований профіль робочої поверхні копіра забезпечує зниження майже на 7 % затрат енергії на копіювання коренеплодів у порівнянні з копіром серійної

гичкозбиральної машини.

4. Результати експериментальних досліджень підтвердили достовірність математичної моделі обґрунтування раціонального профілю робочої поверхні лемеша коливного копача. Заміна серійних лемешів бурякозбиральної машини KR-6 на лемеші з обґрунтованим профілем дозволяє зменшити енергетичні витрати майже на 10 %.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У
ВИРОБНИЦТВО РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Передумови, методика розрахунку і вихідні дані

Для розрахунку економічної ефективності результатів досліджень проводиться порівняльна оцінка різних бурякозбиральних машинно-тракторних агрегатів та їх комплектуючих. Об'єктами порівняння були такі варіанти:

I - бурякозбиральний агрегат, який складається з трактора ХТЗ-16331, гичкозбиральної машини БМ-01 на передній націпній системі трактора та копача-валкоутворювача КВЦБ-1,2 на задній націпній системі трактора; робочі органи машин є серійними.

II - бурякозбиральний агрегат, який складається з трактора ХТЗ-16331 і аналога бурякозбиральної машини KR-6 з серійними гичкозбиральними і виконуючими робочими органами.

III - бурякозбиральний агрегат, який складається з трактора ХТЗ-16331 і аналога бурякозбиральної машини KR-6 з експериментальними копірами і серійними лемешами.

IV - бурякозбиральний агрегат, який складається з трактора ХТЗ-16331 і аналога бурякозбиральної машини KR-6 з серійними копірами і експериментальними лемешами.

V - бурякозбиральний агрегат, який складається з трактора ХТЗ-16331 і аналога бурякозбиральної машини KR-6 з експериментальними копірами і експериментальними лемешами.

Ці об'єкти піддавалися порівняльній оцінці з метою визначення ефективності їх впровадження у виробництво. Для розрахунку економічної ефективності були враховані різні показники та параметри, які включали в себе вартість, продуктивність, якість роботи та інші відповідні фактори.

Режим роботи агрегату I - тягово-штовхаючий, агрегатів II, III, IV, V - штовхаючий.

Основними факторами при оцінці бурякозбиральних агрегатів, що впливають з результатів досліджень, були:

- зменшення втрат урожаю за рахунок вибору режиму роботи агрегату, який забезпечує підвищення точності копіювання рядків коренеплодів при їх викопуванні;

- зниження енергоємності робочого процесу бурякозбирального агрегату за рахунок зниження енергоємності робочого процесу копирів дообрізишків головок коренеплодів;

- зниження енергоємності робочого процесу бурякозбирального агрегату за рахунок зниження енергоємності робочого процесу лемешів коливних копачів.

Річний економічний ефект від експлуатації удосконаленого варіанту бурякозбирального агрегату визначається за формулою

$$E_p = [(P_B - P_U) + E_D] \cdot Q_p, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де P_B, P_U - приведені експлуатаційні затрати базового і удосконаленого варіанту бурякозбирального агрегату, грн/га; E_D - додатковий ефект від

зменшення втрат коренеплодів при збиранні, грн/га; Q_p - річне напрацювання агрегату, га.

Приведені експлуатаційні затрати, що виникають при роботі агрегату, визначаються за формулою

$$P = C + eK, \text{ грн/га,} \quad (5.2)$$

де C - прямі експлуатаційні затрати на одиницю виконаної агрегатом роботи, грн/га; K - величина питомих капітальних вкладень, грн/га; e - коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($e = 0,15$).

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виконаної агрегатом роботи визначаються за формулою

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га,} \quad (5.3)$$

де C_1 - затрати на оплату праці обслуговуючого агрегатного персоналу, грн/га;
 C_2 - вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 -
 відрахування на амортизацію енергетичного засобу (трактора) і машин, що
 входять до складу агрегату, грн/га; C_4 - відрахування на поточний ремонт і
 технічне обслуговування, грн/га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого агрегатного персоналу визначаються
 за формулою

$$C_1 = \frac{\sum m_i \tau_i k}{W_3}, \quad (5.4)$$

де m_i - чисельність робітників і-го виробничого персоналу, чол.; τ_i -
 годинна тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу за і-м розрядом,
 грн/люд.-год [44]; k - коефіцієнт, що враховує доплати за класність, стаж роботи,
 кваліфікацію, оплату премій та відпусток і-го виробничого персоналу [44]; W_3 -
 продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів визначаються за
 формулою

$$C_2 = C_K G, \quad (5.5)$$

де C_K - комплексна ціна одного кілограма палива, грн; G - витрата палива,
 кг/га.

Відрахування на амортизацію енергетичного засобу (трактора) і машин,
 що входять до складу агрегату, визначаються за формулою

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{100 W_3 t_T} + \frac{B_M a_M}{100 W_3 t_M}, \quad (5.6)$$

де B_T і B_M - балансова вартість відповідно трактора і машини, грн; a_T і a_M -
 норма відрахувань на амортизацію відповідно трактора і машини, % [60]; t_T і

t_M - нормативне річне завантаження відповідно трактора і машини, год [126];
 W_3 - продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування

визначаються за формулою

$$C_4 = \frac{B_T p_T}{100 W_{3T}} + \frac{B_M p_M}{100 W_{3M}} \quad (5.7)$$

де p_T і p_M - норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування відповідно трактора і машини, % [60].

Величина питомих капітальних вкладень визначаються за формулою

$$K = \frac{B_T}{W_{3T}} + \frac{B_M}{W_{3M}} \quad (5.8)$$

Додатковий ефект від зменшення втрат коренеплодів при збиранні становить

$$E_D = (B_Y - B_B) C_3 \quad (5.9)$$

де B_B і B_Y - фактична врожайність коренеплодів при їх збиранні відповідно базовим і удосконаленим варіантами бурякозбирального машинно-тракторного агрегату, т/га, C_3 - закупівельна ціна однієї тони коренеплодів, грн/т.

Для розрахунку продуктивності агрегату з різними режимами роботи і варіантами комплектації робочими органами, а також річного напрацювання при нормативному завантаженні, використовувались дані з тягового опору агрегату, одержані за результатами досліджень (табл. 5.1). При цьому робоча швидкість руху базового агрегату, з серійними копірами дообрізників головок коренеплодів

і лемешами колісних копачів, приймалась згідно технічної характеристики серійної бурякозбиральної машини KR-6, а значення робочої швидкості руху агрегату з експериментальними копірами і лемешами для різних варіантів

комплектації одержані з пропорційної залежності між величиною його тягового опору і швидкістю руху.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 5.1

Результати розрахунку продуктивності бурякозбирального агрегату

Показники	Бурякозбиральна машина КР-6			
	з серійними копірами і лемешами	з експериментальними копірами	з експериментальними лемешами	з експериментальними копірами і лемешами
Тяговий опір, Н	31400	31200	28380	28300
Робоча швидкість руху, км/год	6,83	6,85	7,02	7,04
Продуктивність за годину змінного часу, га	1,106	1,110	1,137	1,140
Змінна продуктивність, га	7,742	7,70	7,959	7,98

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування агрегата з експериментальними робочими органами і штовхаючим режимом роботи, з врахуванням даних табл. 5.1, наведено в табл. 5.2.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 5.2

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження

Бурякозбиральний агрегат

Показники	Базовий з серійними робочими органами		Базовий з серійними робочими органами		
	(I) ХТЗ-16131+ +БМ-01+ КВЦБ-1,2	(II) ХТЗ-16131 +аналог KR-6	(III) копіра ми	(IV) леме шамп	(V) копірами леме шамп
I	2	3	4	5	6
Вартість трактора, тис. грн	162	150	150	150	150
Вартість машин, тис. грн	75	75	75	75	75
Амортизаційні відрахування, % трактора машин	15 15	15 15	15 15	15 15	15 15
Відрахування на ремонт і ТО, % трактора машини	11,5 12	11,5 12	11,5 12	11,5 12	11,5 12
Нормативне річне завантаження, год трактора машини	1350 180	1350 180	1350 180	1350 180	1350 180
Продуктивність за годину змінного часу, га	1,106	1,106	1,110	1,137	1,140
Річне напрацювання при нормативному завантаженні, га	199,08	199,08	199,44	204,84	205,20
Витрата палива, кг/га	18,9	18,9	18,86	17,50	17,46
Комплексна ціна 1 кг палива, грн	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70
Годинна оплата праці, грн/люд.-год	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4

5.2. Дослідження впливу параметрів копіювального пристрою гичкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів

Для розрахунку економічної ефективності зниження енергоємності робочого процесу копирів дообрізників головок коренеплодів і лемешів коливних копачів було порівняно два бурякозбиральних агрегати. Базовим агрегатом був агрегат II, який складався з трактора ХТЗ-16131 та аналога бурякозбиральної машини KR-6 з серійними робочими органами. Агрегати III, IV і V мали

Продуктивність за годину змінного часу, га	1,106	1,110	100,4	1,137	102,8	1,14	103,1
Затрати праці, люд-год/га	0,904	0,901	99,7	0,889	97,3	0,877	97,0
Затрати на оплату праці, грн/га	6,69	6,67	99,7	6,51	97,3	6,49	97,0
Вартість палива, грн/га	69,93	69,78	99,8	64,75	92,6	64,60	92,4
Відрахування на амортизацію, грн/га	0,72	0,71	98,6	0,70	97,2	0,70	97,2
Відрахування на поточний ремонт і ТО, грн/га	0,57	0,57	100,0	0,55	96,5	0,55	90,8
Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	77,91	77,83	99,9	72,61	93,2	72,46	93,0
Питомі капітальні вкладення, грн/га	477,19	475,48	99,6	464,18	97,3	462,97	97,0
Приведені експлуатаційні затрати, грн/га	149,49	149,05	99,7	142,14	95,3	14,79	94,8
Річний економічний ефект на одну машину від впровадження експериментальних копіїв і лемешів за нормативного річного завантаження, грн	37867,16						

Порівняння показників економічної ефективності між бурякозбиральною машиною з серійними робочими органами (копіями і лемешами) і машиною з експериментальними робочими органами показує такі результати: затрати праці зменшуються на 3% (з 0,904 до 0,877 люд-год/га), погектарні витрати палива і, відповідно, його вартість зменшуються майже на 8% (з 69,93 до 64,6 грн/га), а приведені експлуатаційні затрати, які включають витрати на паливо та оплату праці механізаторів, зменшуються на 5,2% (з 149,49 до 141,79 грн/га).

Річний економічний ефект при використанні бурякозбиральної машини аналога KR-6 з експериментальними копіями і лемешами порівняно з машиною з серійними робочими органами становить приблизно 38 000 грн. Цей

розрахунок проводився на основі напрацювання обох агрегатів, що відповідає нормативному річному завантаженню в 180 годин, з урахуванням збільшення кількості зібраних коренеплодів за рахунок збільшення робочої швидкості агрегата з експериментальними робочими органами. Розрахункове збільшення становить 6 га зібраної площі (згідно з таблицею 5.1).

5.3. Оцінка економічної ефективності при виборі обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального комбайну.

Розрахунок економічної ефективності вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату і застосування експериментальних робочих органів, або впровадження результатів наукових досліджень в цілому, проводиться на основі порівняння двох агрегатів - базового ХТЗ-16131 + БМ-01 + КВЦБ-1,2 з серійними робочими органами і тягово-штовхаючим режимом роботи і ХТЗ-16131+ аналог КР-6 з серійними робочими органами і штовхаючим режимом роботи.

При розрахунку економічної ефективності вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату потрібно враховувати два аспекти. По-перше, зменшення втрат коренеплодів при збиранні агрегатом з штовхаючим режимом роботи завдяки підвищенню точності спрямування його робочих органів по рядкам. Це може призвести до збільшення збору коренеплодів, і, відповідно, до економічного ефекту. По-друге, враховується необхідність додаткового комплексу вузькопрофільних шин для роботи агрегату в міжряддях при тягово-штовхаючому режимі.

Результати розрахунку економічної ефективності вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату при напрацюванні 199,08 га, що відповідає нормативному річному завантаженню бурякозбиральної машини в 180 годин (згідно з таблицею 5.2), при закупівельній ціні коренеплодів 220 грн/т, наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Результати розрахунку економічної ефективності

вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату

Показники	Бурякозбиральний агрегат	
	режим роботи	
	тягово-штовхаючий	штовхаючий
	ХТЗ-16131 + БМ-01 + КВЦБ-1,2	ХТЗ-16131+ аналог КР-6 з серійними робочими органами
Продуктивність за годину змінного часу, га	1,106	1,106
Затрати праці, люд.-год/га	0,904	0,904
Затрати на оплату праці, грн/га	6,69	6,69
Вартість палива, грн/га	69,93	69,93
Відрахування на амортизацію, грн/га	0,73	0,72
Відрахування на поточний ремонт і ТО, грн/га	0,57	0,57
Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	77,92	77,91
Питомі капітальні вкладення, грн/га	485,23	477,19
Приведені експлуатаційні затрати, грн/га	150,70	149,49
Річний економічний ефект на одну машину від вибору обґрунтованого режиму роботи, грн	39220,75	

Згідно цих результатів, річний економічний ефект від вибору штовхаючого режиму роботи бурякозбирального агрегату, обчислений за формулою (5.1),

складає 39220,75 грн на одну машину в рік і досягається практично за рахунок зменшення втрат коренеплодів, оскільки економічний ефект від відсутності необхідності додаткового комплексу вузькопрофільних шин для агрегату з штовхаючим режимом роботи становить лише 240,89 грн, або 0,6 % в загальній сумі річного економічного ефекту.

5.4. Економічна ефективність вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального машинно-тракторного агрегату і застосування експериментальних робочих органів

Розрахунок економічної ефективності вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального машинно-тракторного агрегата і застосування експериментальних робочих органів, або впровадження результатів наукових досліджень в цілому, проводиться на основі порівняння двох машинно-тракторних агрегатів - базового ХТЗ-16131 + БМ-01 + КВЦБ-1,2 з серійними робочими органами і тягово-штовхаючим режимом роботи (табл. 5.4) і ХТЗ-16131+аналог КР-6 з експериментальними робочими органами і штовхаючим режимом роботи (табл. 5.3). Річний економічний ефект від впровадження результатів досліджень, обчислений на основі економічних показників машинно-тракторних агрегатів, які порівнюються, при нормативному річному завантаженні обох агрегатів в 180 год і зібраній кожним агрегатом площі, відповідно 109,08 і 205,2 га, становить 77089,85 грн. Складовими річного економічного ефекту є збільшення кількості зібраних коренеплодів і зменшення експлуатаційних затрат. При цьому частка річного економічного ефекту від зменшення втрат коренеплодів при штовхаючому режимі роботи агрегата становить 76183,8 грн, або 98,8 % його загальної суми.

Висновки

1. Збільшення продуктивності бурякозбирального комбайна KR-6 і зменшення поточних витрат палива майже на 8 % досягається заміною серійних копирів і лемешів на обґрунтовані дослідженнями.

2. Впровадження у виробництво бурякозбиральної машини - аналога KR-6, з удосконаленими копірами і лемешами, забезпечує одержання річного економічного ефекту, при 180 год нормативного річного завантаження і відповідного йому напрацювання 205,2 га, близько 38000 грн. на одну машину.

3. Проведення модернізації комплексу машин виробництва ВАТ „БОРЕКС” для збирання цукрових буряків у напрямку їх використання в штовхаючому режимі роботи забезпечить зменшення втрат коренеплодів при збиранні з 3,8 % при тягово-штовхаючому режимі роботи до 0,6 %, а у поєднанні із застосуванням експериментальних робочих органів - копирів і лемешів - одержання річного економічного ефекту, при нормативному річному завантаженні в 180 год, понад 70 тис. грн. на одну машину.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

НУВБІП України

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішена задача покращення якості роботи і зменшення витрат енергії при збиранні цукрових буряків агрегатами з системним трактором шляхом розвитку динаміки функціонування бурякозбиральних агрегатів та обґрунтування параметрів їх робочих органів.

НУВБІП України

1. Застосування потужних самохідних бурякозбиральних комбайнів забезпечує скорочення кількості проходів агрегатів по полю, економію на 30 ...

40 % палива та підвищення продуктивності праці. Але по відношенню до

НУВБІП України

збиральних агрегатів, які складені на базі тракторів, самохідні комбайни мають значно більшу вартість, складність, громіздкість і тому для більшості виробників сьогодні вони є недоступними.

Тракторні збиральні агрегати не мають автоматичних пристроїв для забезпечення їх спрямування по рядкам коренеплодів, що призводить до погіршення якості виконання технологічних процесів, мають відносно велику енергоємність, і на сьогоднішній день відсутні результати досліджень з вибору раціональної схеми агрегування бурякозбиральних машин з сучасними системними тракторами.

НУВБІП України

2. Встановлено, що заміна тягово-штовхаючої схеми компоновки бурякозбирального агрегату на штовхаючу забезпечує покращення копіювання рядків цукрових буряків і, як наслідок, сприяє зменшенню на 3,2 % втрат урожаю при збиранні.

НУВБІП України

3. Копіювання рядків цукрових буряків покращується при зменшенні ширини колії трактора, про що свідчить зменшення більш ніж на 20 % середнього значення відхилень тракторії руху агрегату від осьової лінії рядків, а також майже вдвічі - дисперсії відхилень при зменшенні ширини колії з 2950 до 1800 мм. При цьому питання зменшення ширини колії трактора краще

НУВБІП України

вирішується при роботі агрегату у штовхаючому режимі, так як при цьому колеса трактора переміщуються по зібраній площі.

НУВБІП України

4. Зменшення на 6...7% енергоємності процесу копіювання коренеплодів, а відповідно і гравмування та вивертання їх з ґрунту, забезпечується удосконаленням геометричного профілю копіра серійної гичкозбиральної машини з використанням прямого методу варіаційного числення. Раціональний профіль копіра описується рівнянням (2.30).

5. Встановлено, що удосконалення у трьохмірному просторі профілю лемеша бурякозбиральної машини KR-6 з допомогою прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих елементів, дозволило на 10% зменшити енергетичні витрати. Раціональний профіль лемеша описується рівняннями (2.38), (2.41) і (2.42).

6. Заміна серійних копирів і лемешів на обґрунтовані дослідженнями робочі органи призводить до збільшення продуктивності бурякозбиральної машини KR-6 і зниження погектарних витрат палива майже на 8%. Економічний ефект від модернізації машини і обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату складає понад 70 тис. грн. на одну машину в рік при нормативному річному завантаженні.

7. Бурякозбиральна машина KR-6 з удосконаленими робочими органами була впроваджена у "коліній" технології виробництва цукрових буряків у дослідному господарстві Інституту цукрових буряків "Пархомівське" в Краснокутському районі Харківської області на площі 120 га у 2004-2005 роках. Річний економічний ефект склав близько 25 тис. грн. на один агрегат. Результати цих досліджень також були впроваджені в ВАТ "БОРЕКС" в м. Бородянка,

Київській області

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Головач І. В. Теорія ударної взаємодії вібраційного викопувального робочого органу з коренеплодом цукрового буряка, закріпленим у ґрунті. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. ННЦ «ІМЕСГ» УААН. 2008. Вип. № 97. С. 26–42.
2. Барановський В. М. Механіко-технологічні основи розробки адаптованих коренезбиральних машин. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук. Тернопіль. 2013. 44 с.
3. Булгаков В. М., Головач І. В., Ігнат'єв Є. І. Теорія взаємодії плоского копіра із залишками гички цукрового буряка. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха (ННЦ «ІМЕСГ»). 2017. Випуск №5 (104). 2017. С. 35-54.
4. Булгаков В. М., Головач і. В. Теорія вібраційного викопування коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва. Київ. НАУ. 2003. Т. XIV. С 34–86.
5. Булгаков В. М., Головач І. В. Теорія поперечних коливань коренеплоду при вібраційному викопуванні. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2004. Вип. 18. С. 8–24.
6. Буряк цукровий. Аграрний сектор України. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-7/c-22/info/cag-40/>
7. Буряки цукрові. Збирання. Показники якості та методи їх визначання. ДСТУ 7062:2009. [Чинний від 2009-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2008. 9 с. (Національний стандарт України).
8. Буряки цукрові. Сівба. Показники якості та методи їх контролювання: ДСТУ 6054:2008. [Чинний від 2008-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2007. 12 с. (Національний стандарт України).
9. Буряки цукрові. Методи визначення густоти стояння рослин та врожайності. ДСТУ 4982:2008. [Чинний від 2008-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2007. 12 с. (Національний стандарт України).

10. Вовк Я. Ю., Сало Я. М., Думич В. В., Курило В. Л., Волоха М. П. Впровадження нової бурякозбиральної техніки шлях підвищення рентабельності виробництва. Цукрові буряки. 2005. № 6 (48). С. 17–19.

11. Войтюк П., Кремсал В. Вплив основного обробітку ґрунту на врожайність цукрових буряків. Цукрові буряки. 2010. № 1. С. 8–11

12. Волоха М. П. Вплив ширини міжрядь на фотосинтетичну продуктивність буряків цукрових. Цукрові буряки. 2016. № 1 (109). С. 13–15.

13. Волоха М. П. Моделювання технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до сівби цукрових буряків. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. КНТУ. 2013. Вип. 43. Ч. 1. С. 246–252.

14. Волоха М. П., Болдирєва Л. В. Моделювання процесу розпушування ґрунту ребром дискового робочого органу. Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта VII Міжнародна науково-практична конференція. 3–6 травня 2011 р. Ужгород–Київ. КНУБА. 2011. Вип. 87. С. 94–98.

15. Волоха М. П. Модернізація комплексу серійних машин для виробництва буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь. Вісник Інженерної академії України. 2016. № 2. С. 33–36.

16. Вплив рівня техніко-технологічного забезпечення на ефективність виробництва цукрових буряків / М. І. Грицишин, М. Г. Цибуля, Н. М. Коньок, Г. М. Бражевська. Вісник аграрної науки. 2011. № 9. С. 37–40.

17. Головач І. В. Теорія безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків. ХНТУСГ. Вип. 44. Т. 2. 2006. С. 77–100.

18. Гречкосій В. Д. Сучасні технології і техніка для збирання цукрових буряків. Аграрний сектор України. URL: http://agroua.net/news/news_47907.html.

19. Гречкосій В. Д., Гаркуша Ю. М. Комплексна механізація вирощування та збирання цукрових буряків. Науковий вісник Національного

університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 145. С. 281–290.

20. Дерев'янюк Д. А., Сукманюк О. М., Дерев'янюк О. Д. Вплив механічних навантажень на травмування насіння. Сучасні проблеми землеробської механіки. 18-та Міжнародна наукова конференція. Тернопіль. Крок. 2017. С. 77–79.

21. Динаміка формування листкового апарату, маси коренеплодів та накопичення цукру різних біологічних форм буряків цукрових / Л. М. Карпук, О. В. Крикунова, М. М. Кикало, В. В. Поліщук. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква, 2015. Вип. 1. С. 59–62.

22. Долінський В. Європейські стандарти вирощування цукрового буряку: за і проти. URL: <http://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=evropejskistandarti-virosuvanna-cukrovogo-buraku-za-i-proti>.

23. ДСТУ 2153:2006 Буряки цукрові. Терміни та визначення понять. [Чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 61 с.

24. ДСТУ 2391:2010. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2010-12-09]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 39 с.

25. ДСТУ 2960-94. Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Київ: Держстандарт України, 1996. 48 с.

26. ДСТУ 4327:2004. Коренеплоди цукрових буряків для промислового перероблення. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 181 с. (Національні стандарти України). 37. ДСТУ 4397:2005

Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування [Чинний від 2006-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2006. 19 с.

27. ДСТУ 4778:2007. Буряки цукрові. Методи визначення якості коренеплодів. [Чинний від 2009-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 18 с.

28. ДСТУ 4982:2008. Буряки цукрові. Методи визначання густоти стояння рослин та врожайності. [Чинний від 2009-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 11 с.

29. ДСТУ 4983:2008. Буряки цукрові. Експрес-методи визначання технологічних показників якості коренеплодів. [Чинний від 2009-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 11 с. 41. ДСТУ 7062:2009. Буряки цукрові.

Збирання. Показники якості та методи їх визначання. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 12 с.

30. Дуганець В. І., Пукас В. Л., Луб П. М. Агротехнологічно зумовлений фонд часу на виконання технологічних процесів збирання цукрових буряків. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 8, т. 1. С 15–23.

31. Дуганець В. І., Пукас В. Л., Луб П. М. Обґрунтування сезонного навантаження бурякозбирального комбайна СКС-624 «Палессе BS624-1» за різного часу початку збиральних робіт. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2019. Вип. 9 (108). С. 200–209.

32. Збиранню цукрових буряків – високу якість. В. Л. Курило, В. М. Сінченко, В. Т. Пиркін та ін. Цукрові буряки. 2012. № 4. С. 6–8.

33. Карпук Л. М. Рівномірність розміщення та ріст і розвиток рослин цукрового буряку залежно від якості насіння. Теорія і практика технологій вирощування та оздоровлення насіння і садивного матеріалу в конкурентоздатних умовах європейського ринку. III Міжнародна науковопрактична конференція. 2-4 червня 2012 року. К. 2012. С. 140–142.

34. Карпук Л. М. Фотосинтетична продуктивність цукрових буряків залежно від агротехнічних прийомів вирощування. Київ. ІБСЦ НААН. 2014. Вип. 21. С. 84–92.

35. Карпук Л. М., Поліщук В. В. Особливості росту і розвитку рослин цукрових буряків залежно від якості насіння. ІВКІЦБ НААН. Київ. 2014. Вип. 22. С. 67–71.

36. Коренеплоди цукрового буряка для промислового перероблення. Технічні умови: ДСТУ 4327:2013. [Чинний від 2014-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2013. 9 с. (Національний стандарт України).

37. Курило В. Л., Войтюк П. О., Пачевський І. А. Якісна сівба – запорука високого врожаю цукрових буряків. Цукрові буряки. 2008. № 1. С. 18–20.

38. Курило В. Л., Волоха М. П., Войтюк П. О. Удосконалення технологій вирощування і збирання цукрових буряків. Цукрові буряки. 2005. № 5 (47). С. 20–21.

39. Машина бурякозбиральні. Загальні технічні умови: ДСТУ 2285-93 (ГОСТ 7496-93). [Чинний від 1995. 01. 01]. Київ. Держспоживстандарт України. 1995. 28 с. (Національний стандарт України).

40. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних цукрових буряків [В. Л. Курило, О. М. Ганженко, О. Б. Хіврич та ін.]. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД». 2014. 32 с.

41. Методики проведення досліджень у буряківництві. Під заг. ред. академіка НААН М. В. Роїка та член-кореспондента НААН Ю. Г. Гізбулліна. Київ. ФОП Корзун Д. Ю. 2014. 374 с.

42. Мороз О. В., Горобець А. М., Смірних В. М. Оптимальні строки збирання і вивезення цукрових буряків – резерв високого врожаю. Цукрові буряки. 2012. № 5 (89). С. 4–5

43. Погребняк С. П., Волоха М. П., Маковецький О. А., Полушкін О. В. Енергозощаджуюча технологія виробництва цукрового буряку. Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок УААН «Аграрна наука – виробництву». Київ. Аграрна наука. 1999. № 2 (8). С. 8.

44. Рекомендації з технології весняного обробітку ґрунту, сівби та догляду за посівами цукрових буряків в умовах 2012 року. Київ. ІВКІЦБ. 2012. 40 с.

45. Роїк М. В., Волоха М. П., Войтюк П. О., Фурса А. В. Ефективність механізованих технологій вирощування та збирання цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2000. № 4. С. 43–46.

46. Роїк М. В., Іващенко О. О., Пиркін В. І. та ін. Високоєфективна технологія виробництва цукрових буряків. Київ. ІЦБ НААН України. Глобус Прес. 2010. 166 с.

47. Сінченко В. М., Пиркін В. І. Управління процесами біоадаптивної технології виробництва цукрових буряків. Цукрові буряки. 2013. № 3. С. 6–13

48. Сінченко В. М. Управління формуванням продуктивності цукрових буряків. Київ. ТОВ «Нілан-ЛТД». 2012. 582 с.

49. Сучасна вітчизняна альтернативна технологія збирання цукрових буряків. [М. Роїк, Я. Гуков, А. Мазуренко та ін.]. Пропозиція. 2006. № 9. С. 79

81

50. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання). За ред. Д. Шпаара. Київ. ННЦ ІАЕ. 2005. 340 с.

51. Цукрові буряки: біологія, насінництво, агротехніка, технологія. [В. М. Балан, Л. М. Карпук, О. В. Балагура, С. П. Вахній]. Біла Церква. 2013. 336 с.

52. Encyclopedia of measurement and statistics. Edited by N. J. Salkind. SAGE Publications 2007. 1219 p

53. Márquez L. Maquinaria para la recolección de la remolacha. Agrotécnica. 2007. Abril. P. 42–46. Julio. P. 32–39. Agosto. P. 24–31. Septiembre. P. 2–11.

54. Modeling and Simulation Body of Knowledge (M&SBoK) [електронний ресурс] <http://www.site.uottawa.ca/~oren/MSBOK/MSBOKindex.pdf>

55. Volokha M. P. Дослідження показників розміщення сходів цукрових буряків за висіву насіння механічними і пневматичними сівалками. Науковий журнал «Техніка та енергетика». [S.l.]. v. 9. n. 3. p. 153–158. січ. 2019. ISSN 2663-1342. Доступно за адресою:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnika/article/view/12237>.

56. Volokha Mykola Tillage Tool Modeling for Soil Loosening Before Sugar Beet Seeding. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України