

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

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

Рудя Нікити Вікторовича

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.34:632.934

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
(назва кафедри)
к.т.н. доц. каф.

Братішко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Гуменюк Ю.О.

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Обґрунтування параметрів робочих органів машин для
збирання цукрових буряків.

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма: «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми: освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук.

(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Гуменюк Ю.О.

(ПІБ)

Виконав

Рудь Нікіта Вікторович

(підпис)

(ПІБ)

Київ – 2023

Механіко – технологічний факультет

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

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

д.т.н., доцент Гуменюк Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

2023 р.

НУБІП України

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Рудю Нікіті Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

НУБІП України

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 робочих органів машин для збирання цукрових буряків**»

затверджена наказом ректора НУБІП України від 21.12.2021 р. № 2218 «Є»

НУБІП України

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру: 2023.05.16

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: *Звіт про схему компоновки та конструктивні параметри у дослідному господарстві Інституту цукрових буряків «Пархомівське» 2021 – 2022р.*

Перелік питань, які потрібно розробити:

НУБІП України

1. Стан і проблеми збирання цукрових буряків.
2. Теоретичні дослідження з вдосконалення засобів механізації збирання цукрових буряків.
3. Програма і методика експериментальних досліджень.
4. Результати експериментальних досліджень.
5. Економічна ефективність впровадження у виробництво результатів наукових досліджень.

Перелік графічних документів (за потреби)

Дата видачі завдання 7 лютого 2022 р.

НУБІП України

Керівник дипломного проєкту бакалавра

(підпис)

Гуменюк Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Рудь Н.В.

НУБІП України

НУБІП України

Магістерська робота на тему: «Обґрунтування параметрів робочих органів машин для збирання цукрових буряків».

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

Магістерську роботу присвячено впливу схем компоновки та конструктивних значень бурякозбиральних агрегатів на величину відхилень їх траєкторій руху від осевої лінії рядків коренеплодів.

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

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

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

ж

е

н

ь

н

а

в

л

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської роботи.....	3
Реферат.....	4
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕНДЕНЦІЇ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	11
1.1 Технологічні особливості по виробництву цукрових буряків.....	11
1.2 Технічні та технологічні засоби для збирання гички цукрових буряків.....	12
1.3 Технологічні засоби для викопування цукрових буряків.....	16
1.4 Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень процесу викопування коренеплодів цукрових буряків та викопуючих робочих органів.....	20
1.5 Агротехнічні вимоги до збирання цукрових буряків.....	22
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ З ТЕОРЕТИЧНИМИ ВДОСКОНАЛЕННЯМИ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	24
2.1 Вибір ефективної схеми компоновки та конструкції бурякозбирального машинно-тракторного агрегату.....	24
2.2 Обґрунтування профілю робочої поверхні копіра.....	35
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	40
3.2 Опис експериментальних установок.....	41
3.2.1 Лабораторні установки.....	41
3.3 Методика проведення експериментальних досліджень.....	44
3.3.1. Визначення впливу схем компоновки і конструктивних параметрів агрегату на точність копіювання рядків коренеплодів цукрових буряків і якість їх викопування.....	44
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54

4.1 Вплив конструкції та схематичної компоновки параметрів машинно-тракторного агрегату на точність копіювання тракторії рядків цукрових буряків.....	54
4.2 Вплив профілю робочої поверхні копирочно-коризувального апарата на енергетичні показники копіювання коренеплодів.....	58
4.3 Вплив значень копіювального пристрою гичкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів.....	65
РОЗДІЛ 5 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	71
5.1 Передумови, методика розрахунку, вихідні данні	71
5.2 Економічна ефективність зниження енергоємності робочого процесу гичкозрізувальних апаратів і лемешів коливних копачів.....	76
5.3 Економічне обґрунтування ефективності вибору режиму роботи бурякозбирального машинно-тракторного агрегата	79
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	83
ДОДАТКИ.....	89

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Цукрові буряки – одна з технічних культур. Вони є основним видом сировини для виробництва цукру в Україні, а залишкова продукція цукрової промисловості - стає кормом для тваринництва.

Вирощування цукрових буряків на території України відбувається за традиційною технологією, яка базується на використанні тракторів типу УТЗ-ЕХ804 і МТЗ-82. Ця технологія відома як українська інтенсивна. Застосування в цій технології нових, потужніших (інтегральних) просапних тракторів класу 3 типу ХТЗ-160У дозволяє підвищити її продуктивність шляхом впровадження більш продуктивних комбінованих ґрунтообробно-посівних та машинно-тракторних агрегатів і комбінованих агрегатів для догляду за посівами.

Як результат подальшого вдосконалення української інтенсивної технології стала поява нової – Харківської, або „коліїної” технології по виробництву цукрових буряків, яка агрегується до трактора типу ХТЗ-160У та ряду машин, з яких складаються високоефективні комбіновані агрегати які виконують всі види роботи з вирощування цукрових буряків. „Коліїна” технологія дає можливість збільшити продуктивність агрегатів за рахунок збільшення робочої швидкості і зменшення часу заїзду в міжряддя, а також зменшити затоптування рослин.

Для збору цукрових буряків в усіх існуючих технологіях використовується широкий асортимент бурякозбиральної техніки, яка включає як вітчизняні, так і сучасні моделі. Це включає самохідні комбайни, комплекси машин для роздільного збирання цукрових буряків, які складаються з причіпних і самохідних машин, а також причіпні машини, що об'єднують модулі для гичковидалення та збирання коренеплодів які використовуються разом на одній рамі, а машина агрегується як для передньої або задньої начіпної системи трактора або використовуються як

інші агрегати, які встановлюються як для переднього і заднього начіпного модуля трактора.

Самохідні бурякозбиральні агрегати, переважно комбайни, через високу купівельну вартість, а також значних експлуатаційних витрат, стають практично важкодоступними для переважної більшості бурякосіючих господарств та підприємств України. Як наслідок в сучасних умовах фінансового забезпечення сільськогосподарського виробництва перевагою є розвиток вітчизняної причіпної і начіпної бурякозбиральної техніки, в якій у десятки разів менша, ніж сучасна техніка, вартість, а також доволі простий в експлуатації і обслуговуванні, наближенні з зарубіжною технікою продуктивності і якості роботи.

Розвиток високопродуктивної, з більш якісними показниками роботи, причіпної і начіпної вітчизняної бурякозбиральної техніки потребує вирішення ряду важливих задач. Особливо, можна виділити такі:

- покращення якості роботи бурякозбиральних машин, особливо зменшення пошкоджень і втрат коренеплодів при збиранні;

- зменшення енергоємності робочих процесів бурякозбиральних агрегатів.

Перша задача - зменшення енергоємності робочих процесів бурякозбиральних машин, увесь час була актуальною в галузі сільськогосподарської техніки, переважно з огляду на те, що збирання цукрових буряків завжди один з найбільш енервотратних процесів в рослинництві, а правильність її вирішення сьогодні ще зростає в зв'язку з утвердженням ринкових відносин, відсутністю в Україні власних поширених джерел енергоносіїв і необхідністю вирішення загальнодержавної проблеми зменшення енергоємності всіх галузей господарського комплексу, в тому числі сільського господарства, де використання праці і енергії в 3-4 рази перевищують рівень таких країн, як Сполучені Штати, Німеччина та Франція [78].

Наступна задача переважно пов'язана з підвищенням точності спрямування бурякозбиральних машинно-тракторних агрегатів по рядкам цукрових буряків. Тому під час впровадження у виробництво нових системних

тракторів та вже існуючих різних схемах компоновки бурякозбиральних агрегатів (тягово-штовхаючої, при якій окремі гичко-збиральна і корене-

збиральна машина розміщуються як для передньої так і задньої начіпної системи трактора, або штовхаючої, під час якої бурякозбиральна машина агрегується, як приклад, на задню начіпну систему трактора, а трактор при

цьому рухається заднім ходом, працюючи у реверсному режимі) з

відповідними для них режимами роботи, а також можливості при цьому роботи трактора для ширини колії 1800 або 2950 мм, особливо в колійній технології виробництва цукрових буряків, визначення найбільш прийнятних,

з точки зору зниження пошкоджень і втрат коренеплодів під час збирання,

схеми компоновки бурякозбирального агрегату і ширини колії його трактора є також актуальним.

В цій роботі при виборі оптимальної схеми розташування

бурякозбирального агрегату та ширини колії трактора, головною метою є зниженням пошкоджень і втрат коренеплодів під час збирання, вирішується

шляхом створення і проведення досліджень математичних моделей

функціонування бурякозбиральних агрегатів залежно від різних схем

компоновання може бути здійснено за допомогою систем диференційних

рівнянь, побудованих на основі методів аналітичної механіки, зокрема рівнянь

динаміки Лагранжа другого роду. При цьому математичні моделі включають в

себе головні параметри агрегатів, а саме положення центрів мас на їх

поздовжніх осях і ширину колії трактора. Аналіз рішень систем

диференційних рівнянь, з поступовою експериментальною перевіркою

теоретичних заключень, надає можливість вибору схеми компоновки

бурякозбирального агрегату та ширини колії трактора може бути здійснений з

урахуванням прагнення до досягнення високої точності спрямування трактора

по рядках коренеплодів і відповідно, зниження їх пошкоджень і втрат під час збирання.

Щоб знизити енергоємність робочих процесів буржезбиральних машин, потрібно переглянути енергоємність робочих процесів гичкорозбиральних і викопуючих робочих органів, зокрема зменшити енергоємність робочого процесу копіра гичкозрізувального апарата і лемеша коливного копача. Питання зниження енергоємності робочого процесу копіра

гичко-зрізувального апарата вирішується шляхом відносної побудови профілів мінімальної енергоємності його робочої поверхні на базі

застосування методу варіаційних числень, при різних його значеннях її параметрів, вироблення зразків копирів з теоретичним профілем робочої поверхні, проведення експериментів над цими зразками, і в результаті

теоретичного і експериментального досліджень, встановлення найменш енергоємного варіанту. Питання по зниженню витрати енергії робочого процесу лемеша коливного (вібраційного) копача можна вирішити шляхом

теоретичної конструкції профілю меншої енергоємності його робочої поверхні з додаванням прямого методу варіаційного числення і методу кінцевих

елементів, з експериментальною перевіркою в експериментальних і польових

умовах виготовлених за теоретичними розрахунками зразків.

РОЗДІЛ 1

ТЕНДЕНЦІЇ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

1.1. Технологічні особливості по виробництву цукрових буряків

Технологія виробництва цукрових буряків включає такі важливі процеси, як поліпшення ґрунту, посів, догляд та збирання врожаю восени (основний обробіток) та навесні (передпосівний обробіток). Кожен з цих процесів має чітко визначену, коротку агрономічну термінологію, дотримання якої є одним з ключових факторів у досягненні високих врожаїв коренеплодів.

Особливо це стосується передпосівного обробітку ґрунту та сівби, де зазначається, що передпосівний обробіток ґрунту та сівба є єдиним технічним процесом, з максимально коротким часовим інтервалом між ними [2,55,139].

Виконання всіх технологічних процесів базується на використанні відповідних машинних агрегатів, з яких виділяють головну або базову машину.

В Україні, у результаті подальшого вдосконалення інтенсивних технологій, з'явилася ще одна варіація - харківська або "колійна" технологія вирощування цукрових буряків. Ця технологія передбачає використання одного трактора ХТЗ-160У разом з відповідним комплексом машин для виконання всього циклу робіт, починаючи з оранки і закінчуючи збиранням.

Колійна технологія характеризується посівним агрегатом у складі трактора ХТЗ-160У, культиватора КПА-8-01 і сівалки ССТ-18В, за яким колеса трактора зі стандартними колесами не встановлюють без допомоги спеціальних вставок на колію 2950 мм, а кожну секцію на сівалці розставляють на рамі так. Таким чином ширина міжрядь становила 70 см, порівняно з 45 см при звичайній технології. За допомогою "колійної" технології вирощування цукрових буряків, продуктивність агрегату при міжрядньому обробітку може збільшуватись до 20%. Це досягається завдяки скороченню часу, необхідного для переміщення агрегату між рядками, і підвищенню робочої швидкості

підляхом розширення міжряддя до 70 см (з дотриманням агротехнічних вимог до якості робіт). Крім того, застосування такої технології також знижує ризик наїзду колес трактора на рядки і пошкодження рослин. При збиранні цукрових буряків у широких міжряддях з використанням трактора ХТЗ-160У, технічні

можливості цього трактора дозволяють збільшити робочу швидкість. Величина робочої швидкості обмежується функціональними можливостями

гичкозбиральної машини та копача-валкоутворювача. Тобто, швидкість руху агрегату може бути підвищена до максимально можливого рівня, який

залежить від характеристик цих робочих органів.

1.2 Технічні та технологічні засоби для збирання гички цукрових буряків

Для проведення першого етапу двофазного збирання гички – попереднього зрізування основної маси гички на рівні верхньої частини головок високостоячих коренеплодів, без їх копіювання, більша частина конструкцій сучасних гичкозбиральних сучасних машин, так і вітчизняного виробництва, застосовуються ротаційні пристрої (рис.1.1) у вигляді горизонтального вала з шарнірно закріпленими на ньому ножами, який закріплений перпендикулярно до напрямку руху гичкозбиральної машини.

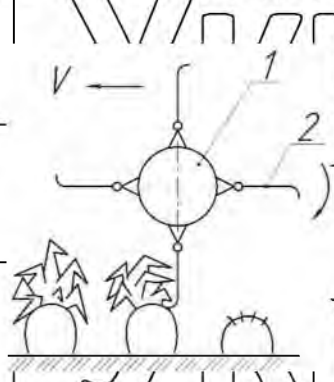


Рис. 1.1. Схема ротаційного пристрою з горизонтальним валом для попереднього зрізування гички: 1 – вал; 2 – ніж

Даний тип обладнання застосовується практично на всіх сучасних гичкозбиральних машинах і модулях провідних виробників бурякозбиральної

техніки, таких як "Holmer" (Німеччина), "Moreau" (Франція) та інші [50]. Також це обладнання використовується на вітчизняних гичкозбиральних машинах МБП-6 (ВАТ "Дніпропетровський комбайновий завод"), МГР-6 (ВАТ "Тернопільський комбайновий завод") та МГ-6 (ВАТ "Уманьферммаш").

Для зрізання гички коренеплодів при однофазному або двофазному способі збирання застосовуються різні типи і конструкції гичкозрізувальних апаратів, які складаються з копіра і ножа. В залежності від типу копіра і ножа, гичкозрізувальні апарати можна розділити на чотири групи [89, 90, 116]: 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).

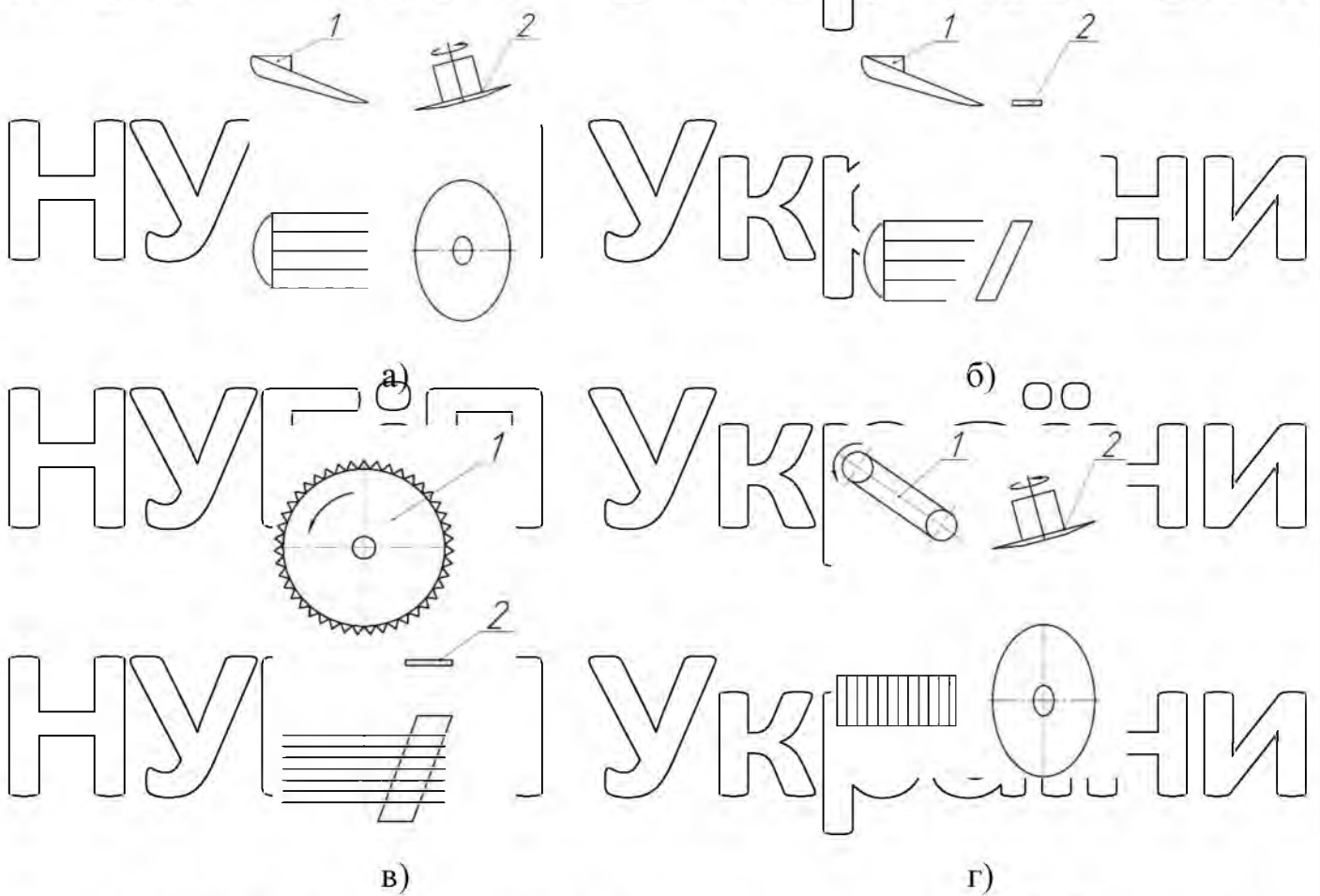


Рис. 1.2. Схеми гичкозрізувальних апаратів: а-з пасивним копіром і активним ножем; б-з пасивним копіром і пасивним ножем;

в-з активним копіром і пасивним ножем; г-з активним копіром і активним ножем; 1 – копір; 2 – ніж

НУБІП УКРАЇНИ

Перша група гичкозбиральних машин, які мають пасивний копір і активний ніж, були розроблені в Німеччині на початку 20-х років ХХ століття.

НУБІП УКРАЇНИ

Сучасні машини цієї групи використовуються переважно на вітчизняних гичкозбиральних машинах БМ-6Б. Вибір цього типу гичкозрізувальних апаратів обумовлювався особливостями вирощування цукрових буряків в країні. В Україні було характерною значна нерівномірність висоти стояння коренеплодів над поверхнею ґрунту, включаючи значну кількість коренеплодів з гичкою що розташовувалися на рівні поверхні ґрунту. Крім того, на полях під час збирання велика кількість було бур'янів. У зв'язку з цим, гичкозрізувальні апарати з пасивним копіром і активним ножем були

НУБІП УКРАЇНИ

вибраними, оскільки вони забезпечували ефективне збирання цих особливих умов. [116]. Третя група гичкорізувальних машин, з дисковим активним копіром і пасивним ножем (з прямолінійною або криволінійною формою леза), не набула широкого застосування через складну конструкцію і велику вагу [85, 116]. У сучасних конструкціях гичкозбиральних машин і модулів, гичкозрізувальні апарати з пасивним копіром і активним ножем використовуються обмежено, переважно в якості дообрізників. Наприклад, такі апарати застосовуються в машинах відомих фірм "Holmer", "Stoll", "Barigelli" і т.д. (рис. 1.3 б) [122].



НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Рис. 1.3. Гичкозбиральні модулі бурякозбирального комбайна Vargem

фірми „Varigelli” (Італія): а- з гичкозрізувальними апаратами

НУБІП України

другої групи, б- з гичкозрізувальними апаратами

третьої групи

Четверта група гичкорізальних машин, через надмірну конструкцію, великої маси рухомих частин і негативного контакту з головками

коренеплодів, особливо при високій гичці, не набули поширення [8, 16].

НУБІП України

Гичкозрізувальні апарати сьгоднішніх гичкозбиральних модулів бурякозбиральних комбайнів, а також гичкозбиральних агрегатів монтуються до їх конструктивно несучих елементів (рами) з використанням системи

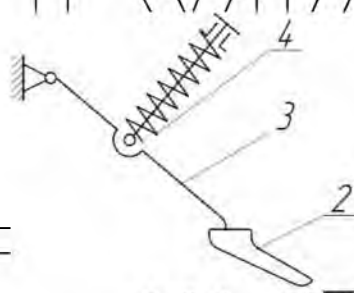
кріплення

двох

типів:

1-повідкової (рис. 1.4) і 2-паралелограмної (рис. 1.5 а, б).

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 1.4. Схема повідкової системи кріплення гичкозрізувальних

апаратів другої групи. 1-ніж; 2-копір; 3-повідок; 4-пружина

НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України

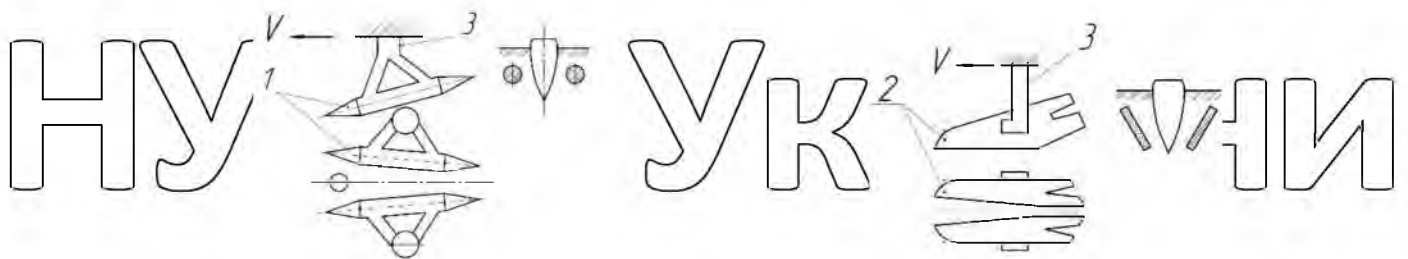
Рис. 1.5. Схема паралелограмної системи кріплення гнчкозрізувальних апаратів: а-першої групи; б-другої групи; 1-ніж; 2-копір; 3-паралелограмний механізм; 4-пружина

НУБІП України

1.3 Технологічні засоби для викопування цукрових буряків

Викопуючі робочі органи - копачі бурякозбиральних машин вирізають шар ґрунту з коренеплодами, подрібнюють його, відокремлюють зв'язки коренеплодів з ґрунтом, витягують їх за рахунок потужної дії русла і передають на очисні робочі органи. За схематичним констуктивом копачі можна розділити на такі типи [7, 16]: вилкові, лемішні, дискові, комбіновані.

Вилкові та лемішні копачі пасивного типу є найпростішими конструкціями копачів (див. рис. 1.6). Залежно від способу кріплення вилкових елементів або лемешів



НУБІП України

Рис. 1.6. Схеми копачів пасивного типу: а-вилкового; б-лемішного; 1-вилкові елементи; 2- лемеші; 3-стояки

вони можуть бути замкненими або розімкненими [7, 16, 24]. Незважаючи на простоту конструкції і незначну металомісткість, дані типи копачів мають

обмежене застосування, оскільки характеризуються високими енергозатратами, малою надійністю виконання технологічного процесу на в'язких ґрунтах.

Вилкові активні копачі з двома ротаційними конусами, які обертаються в протилежні боки (див. рис. 1.7), переважно використовуються на вітчизняних коренезбиральних машинах МКК-6-02, РКМ-6, виготовлених ВАТ "Дніпропетровський комбайновий завод", а також на машині КС-5Б-01.

Додамо, що такий тип вилкових активних копачів, зокрема на машині КС-6Б-02, виробництва ВАТ "Тернопільський комбайновий завод", застосовується для роботи на легких і середніх ґрунтах з помірно вологістю та при урожайності коренеплодів у діапазоні 300-350 ц/га.

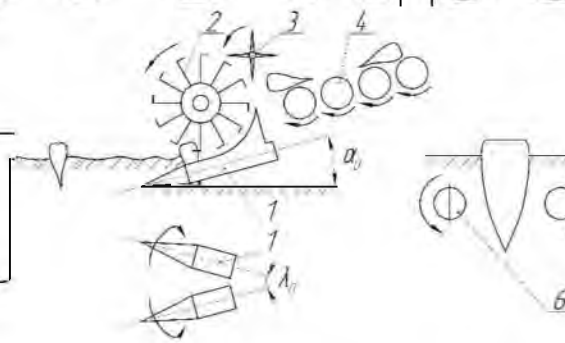


Рис. 1.7 Конструктивно – технологічна схема вилкового активного копача: 1-активний (ротаційний) конус; 2-коренезабірник; 3-б'єтер; 4-рчисні робочі органи

Використання вилкових активних копачів, незважаючи на їх досить складну конструкцію, виправдане тим, що за сприятливих умов вони забезпечують якісне, з не великою енергоємністю, викопування коренеплодів середньої урожайності при не значній кількості ґрунтових домішок [16].

Однак у важких умовах роботи (важкі сухі або перезволожені ґрунти) вилкові активні копачі характеризуються значним забрудненням коренеплодів ґрунтом (може досягати 20-40%), якість викопування також різко падає, оскільки копачі забиває ґрунтом при високій його вологості і в'язкості, а на

високих швидкостях (понад 1,8 м/с) відбувається обламування хвостової частини коренеплодів [46].

Правильне застосування протифазного коливання лемешів на лемішних коливних копачах може покращити їх динамічну роботу, ефективність викопування коренеплодів і зменшити тягове зусилля при технічно можливому рівні інтенсивності коливань. Це досягається за допомогою синхронного руху лемешів у протилежних напрямках, що дозволяє полегшити рух копача через ґрунт і забезпечити кращу якість викопування коренеплодів.

(амплітуда $S \leq 20$ мм, частота $f=10$ Гц) [16, 21, 23]. На цьому принципі побудований робочий процес коливних копачів ряду відомих іноземних фірм, таких як „Kleine”, „Holmer”, „Moreau” та ін.

Приклади конструктивних схем коливних копачів представлені в [9, 11, 12, 27, 38, 39, 42, 46]. Так завдяки випуклій формі робочої поверхні коливних лемешів копача [9] (рис. 1.8 а,б) можна отримати зниження кількості травмованих коренеплодів, а налаштування відстані між лемешами, в залежності від розмірів коренеплодів, дає можливість знизити їх втрати, особливо коли низька урожайність.

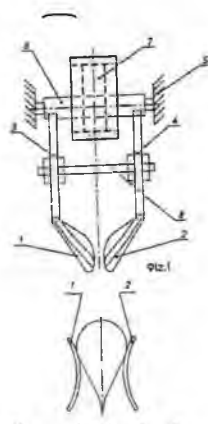


Рис. 1.8. Схема лемішного коливного копача з випуклою формою робочої поверхні коливних лемешів і регульованою відстанню між ними: а-загальна схема копача; б-вид робочих

поверхонь лемешів; 1,2-лемеші; 3,4-стояки; 5-регулювальна шпилька

Лемеші коливного копача [12] (рис. 1.9) можуть бути різні за характером коливного руху, або виконувати роботу в пасивному режимі залежно від заданих умов роботи. Така конструкція технічно складніша, але, разом з тим, і більш універсальна у порівнянні до різноманітних умов збирання цукрових буряків.

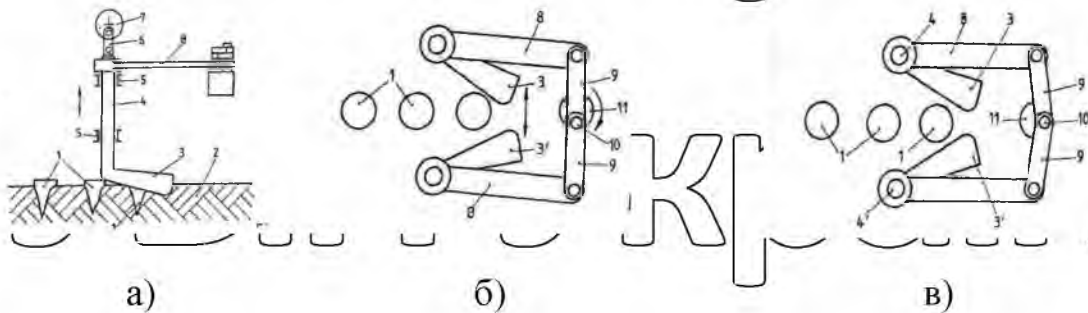


Рис. 1.9. Схема багаторежимного лемішного копача коренеплодів:

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

Дискові (ротационні) копачі є надійними і ефективними у широкому спектрі ґрунтово-кліматичних умов. Їх характеристики і теоретичні розрахунки щодо робочого процесу і параметрів представлені в літературі. Продемонстрована конструкція дискового копача з одним активним диском - це приклад вітчизняної коренезбиральної машини КС-6Б (рис. 1.10). Однак, дискові копачі мають певні недоліки, такі як втрати коренеплодів і їх пошкодження під час процесу збирання.

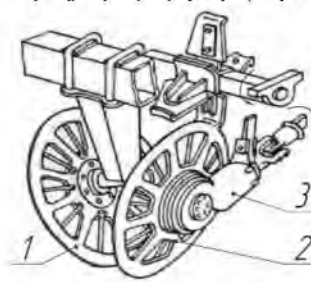


Рис. 1.10. Схема дискового копача з одним активним диском:

1- пасивний диск; 2- активний диск; 3- редуктор привода диска

НУБІП України

Копач типу "свродиск" є прикладом змішаного копача. Він складається з сферичного диска 1, встановленого під кутом 40° до напрямку руху, і полозка 2. Цей тип копача призначений для роботи на легких і середніх ґрунтах, але не є ефективним на сухих і твердих ґрунтах. Під час роботи на таких ґрунтах він може обламувати хвостову частину коренеплодів і утворювати грудки ґрунту, які забивають ворох коренеплодів.

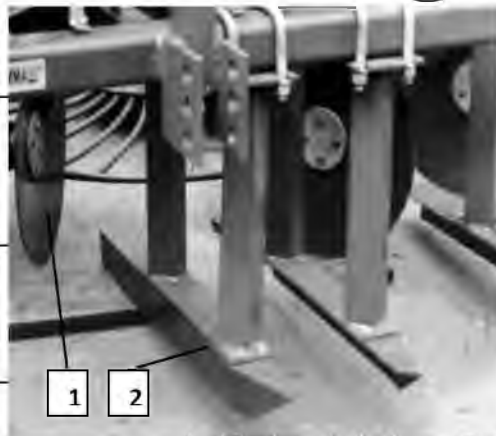


Рис. 1.11. Комбінований копач типу „свродиск”: 1-сферичний диск; 2- полозок

Він має низьку чутливість до відхилень коренеплодів від осі рядка і похибок керування [18].

1.4. Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень процесу викопування коренеплодів цукрових буряків та робочих органів

Результати теоретичних та експериментальних досліджень викопуючих органів, представлені в роботах багатьох авторів.

Погорілий Д.В. і Брей В.В., керуючись результатами досліджень агробіологічних і фізико-механічних властивостей цукрових буряків, стверджують, що вибір параметрів робочих органів коренезбиральних машин

потрібно проводити з врахуванням ймовірнісних характеристик коренеплодів і їх розміщення в рядках, а також механічних властивостей ґрунту [11, 13].

В роботах Булгакова В.М. [15, 16, 17, 18, 19] показано характер розподілу енерговитрат в під час збирання цукрових та кормових буряків на робочі органи коренезбирального агрегату в залежності від швидкості її руху та глибини ходу в ґрунті викопувальної машини. Визначено питому енергоємність процесу збирання коренеплодів. Аналіз механічних і агротехнічних характеристики вилкових, дискових і вібраційних викопувальних робочих органів коренезбиральних машин показав, що сумарна потужність коренезбиральної машини змінна величиною заглиблення робочих органів у ґрунт і змінюється в процесі роботи в межах 42,00...73,76 кВт. При цьому найбільше значення потужності (29,85 кВт) витрачається на подолання тягового опору, що відповідає 50% всіх енерговитрат. На роботу викопувальних агрегатів витрачається 9,6 кВт, а разом з очисниками коренеплодів – 16,4 кВт, що складає 31% усього енергопоживання.

В [14, 34] досліджен процес взаємодії з ґрунтом лемішних пасивних витискних та дискових копачів. Виділено переваги дискових копачів перед лемішними, як наслідок, менший тяговий опір і пошкодження коренеплодів.

Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Головач І.В. [22], підкреслює, що попередні теоретичні дослідження, особливо [14, 34], підкреслюють, що в повній мірі розглядають питання взаємодії лемішних поверхонь копача з шаром ґрунту, який знаходиться всередині копача. Коренеплоди в цих дослідженнях взагалі не розглядається. Автори [22] роботи представили теорію викопування коренеплодів лемішним копачем, в якій коренеплоди розглядаються як об'єкт механіко-математичного дослідження. Запропонована математична модель побудована на процесі взаємодії копача і коренеплода.

1.5. Агротехнічні вимоги до збирання цукрових буряків

Відповідно до ДСТУ 2258-93 „Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови.” показники якості під час збирання цукрових буряків є такими

(табл. 1.1):

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 підгорнених цукрових буряках.

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

Згідно [7,36], при правильному технологічному налаштуванні бурякозбиральних машин і відрегульованості їх робочих органів, якість збирання цукрових буряків має відповідати певному ряду нормативних вимог.

Гичкозрізувальні агрегати бурякозбиральних машин призначені для зрізування гички на коренеплодах таким чином, щоб їх можна було доставляти

на цукровий завод без ручного доочищення. Забрудненість вороху коренеплодів зеленою масою не повинна перевищувати 4%. Зріз головки коренеплода повинен бути прямим (горизонтальним), гладким, без сколів.

Площина зрізу повинна проходити не нижче рівня основи зелених черенців і не вище 20 мм від верхівки головки коренеплода. При цьому відходи маси головки коренеплоду при зрізанні гички не повинен бути більше ніж 6 з урахуванням втраг на поверхні ґрунту – до 1 %. Коренеплоди, що вибиті робочими органами, не повинні перевищувати 0,6%. Кількість ґрунту в гичці

має бути не більше 0,5 % від її маси. Загальні втрати зеленої маси гички, так як у вільної, на високообрізаних і необрізаних коренеплодах в воросі залишених на поверхні ґрунту, не повинні перевищувати 11 % від загальної врожайності.

Під час трьохфазного збирання цукрових буряків, з коренеплоди укладаються у валок копачем-валкоутворювачем, загальна засміченість

вороха коренеплодів у валку не повинна перевищувати 20 %, включаючи зелену масу не більше 4 %. Згідно ДСТУ 2258-93, кількість коренеплодів, які не викопані з ґрунту і втрачені на поверхні, не повинна перевищувати 1,5% по масі. Загальна кількість пошкоджених коренеплодів повинна бути до 10%, включаючи не більше 5% по масі коренеплодів з сильними пошкодженнями.

Під час збирання коренеплодів з валка підбирачем-навантажувачем кількість залишених коренеплодів не має перевищувати 2%. Загальна кількість пошкоджених коренеплодів – не більше 11 %, в тому числі зі значними пошкодженнями - до 5 % по масі. Загальна кількість зв'язаного з

коренеплодами і вільного ґрунту у воросі під час їх підбирання і завантаження не має перевищувати 6 %, а гички, вільної і зв'язаної з коренеплодами, не більше 1,8 % від очищеної маси коренеплодів.

ДОСЛІДЖЕННЯ З ТЕОРЕТИЧНИМИ ВДОСКОНАЛЕННЯМИ
ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**2.1. Вибір ефективної схеми компоновки та конструкції
бурякозбирального машинно-тракторного агрегату.**

Для збирання цукрових буряків використовуються машинно-тракторні агрегати, які включають в себе трактор типу ХТЗ-160У, гичкозбиральний агрегат і коренезбиральний агрегат. Агрегування може здійснюватись за тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами компоновки, як показано на рисунках 2.1а і 2.1б.

У тягово-штовхаючому варіанті (рис. 2.1а), на передній начіпній системі трактора додається гичкозбиральна машина, а на задній начіпній системі - копач-валкоутворювач. Наприклад, у складі трактора ХТЗ-160У можна використовувати гичкозбиральну машину БМ-01 та копач-валкоутворювач КВНБ-1,2, вироблені ВАТ "БОРЕКС". Трактор в цьому варіанті агрегування працюватиме в режимі тяги-штовхання. У штовхаючому варіанті компоновки (рис. 2.1б) на задню начіпну систему трактора агрегується бурякозбиральна машина типу KR-6 „Kleine”, в яку входять гичкозбиральний агрегат і копач-валкоутворювач. Трактор при такому варіанті компонування агрегату працює заднім ходом і рухається в режимі штовхання.

Агрегати з різним компонуванням на базі трактора ХТЗ-160У доступні для типової технології цукрових буряків як в типовій технології їх виробництва, з використанням тракторів класу 1,4 або 2 (УТО ЕХ804 і МТЗ-82) і 12-рядного комплексу машин, так і в „колійній” технології, яка розглядається на застосуванні трактора класу 3 (ХТЗ-160У) і 18-рядного комплексу машин. Різновидом в роботі агрегатів на базі трактора ХТЗ-160У з тягово-штовхаючою і штовхаючою схемами застосування при збиранні цукрових буряків в типовій технології пояснюється тим, що копач-валкоутворювач КВНБ-1,2 встановлюється в тяговому режимі, а машина KR-6 – в штовхаючому. Ширина колії трактора в обох варіантах становить 1800 мм.

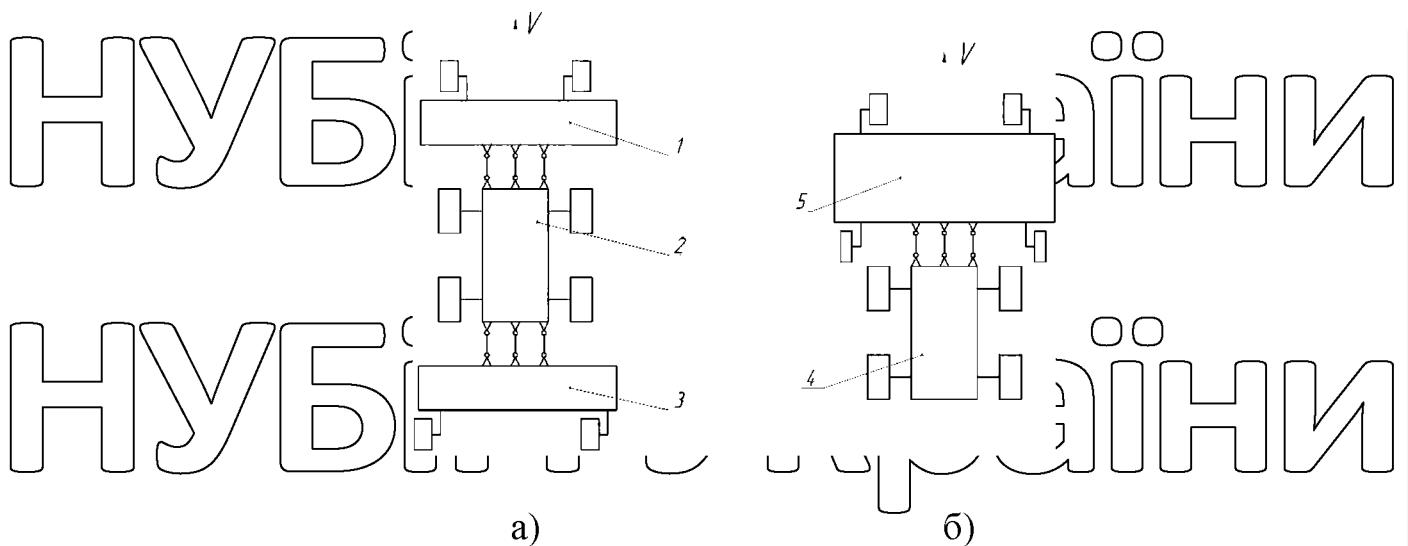


Рис. 2.1. Схеми компоновки бурякозбиральних машинно-тракторних агрегатів: а) тягово-штовхаюча; б) штовхаюча; 1 – начіпна гичкозбиральна машина; 2,4 – трактор ХТЗ-160У; 3 – копач-валкоутворювач; 5 – бурякозбиральна машина KR-6

В тягово-штовхаючому варіанті агрегування, колеса трактора розміщуються між рядками цукрових буряків, де вже зрізана гичка. На колеса трактора встановлюються вузькопрофільні шини. Викопування коренеплодів та утворення валки відбувається в зоні позаду трактора.

Бурякозбиральний агрегат у складі трактора ХТЗ-160У та поєднання з ним гичкозбиральної машини і копача-валкоутворювача (рис.2.1а) або бурякозбиральної машини (рис.2.1б) як базова система, що являє собою тверде тіло [26], що рухається по поверхні поля. Як наслідок, на характер його руху буде застосовуватися реакція ґрунту на колеса ходової системи трактора і опорні колеса машин, загальний опір копачів і гичкозрізувальних апаратів [15]. Для опису руху машини використовується 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; $i = 1, 2, \dots, n$.

Усі рівняння дорівнюють кількості незалежних координат, які показують положення агрегату.

Переглянемо процес роботи бурякозбирального агрегату у варіанті компоновки, представлених на рис. 2.1, і належними їм режимах роботи з точки зору якості копіювання рядків цукрових буряків.

Для створення еквівалентної схеми плоско-паралельного руху бурякозбирального агрегату за схемою на рис. 2.1а, ми задаємо систему нерухомих координат $OXYZ$, де осі OX і OY розташовані в горизонтальній площині, а вісь OZ направлена вертикально вгору. Напрямок руху агрегату співпадає з напрямком осі OX . Таким чином, можна використовувати двовимірну систему координат з осями OX і OY , де рух агрегату буде описуватись одним виміром (координата X) на площині. Рівняння, які описують рух бурякозбирального агрегату, можна записати відносно цієї координати, враховуючи швидкість, прискорення та інші параметри, що впливають на рух агрегату.

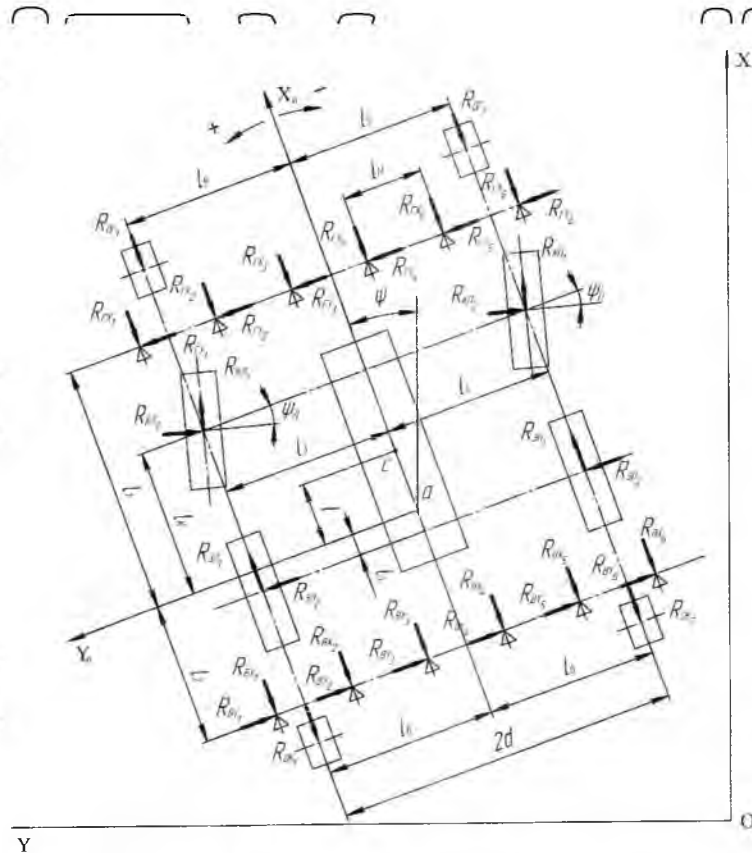


Рис. 2.2. Еквівалентна схема бурякозбирального машинно-тракторного агрегату з тягово-штовхаючим режимом роботи

Для опису руху агрегату використовуємо рухомі декартові координати $aX_0Y_0Z_0$. Вісь aZ_0 направлена вертикально вгору, вісь aX_0 співпадає з осьюовою лінією машини і направлена по напрямку його руху, а вісь aY_0 паралельна осі задніх колісної бази трактора і направлена діворуч, за напрямком руху агрегату.

Використовуємо, що положення машини на горизонтальній площині визначається координатами x і y точки a і кутом ψ , який вираховується від осі Ox до осі aX_0 [15, 35, 38]. Значення координат x , y і кута ψ можуть змінюватись незалежно одне від одного, тобто x , y і ψ є незалежними координатами. Вони розглядаються як узагальнені координати при складанні рівнянь виду (2.1). Оскільки, вихідне положення системи на горизонтальній площині визначається трьома незалежними координатами x , y , ψ і система використовує три ступені вільності, то для характеристики плоскопаралельного руху такої системи потрібно порахувати три рівняння виду (2.1)

[25, 38, 79], а отже, означає що потрібно скласти вирази для кінетичної енергії і узагальнених сил, які входять відповідно до лівої і правої частин рівнянь.

Бачимо, що до виразу (2.6) кінетичної енергії T входять три незалежні (узагальнені) координати, то продиференціювавши рівняння (2.6) по кожній з цих координат, їх похідним і часу, згідно (2.1), отримаємо:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0; \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = m(\dot{x} - l\dot{\psi} \sin \psi); \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) = m[\ddot{x} - l(\ddot{\psi} \sin \psi + \dot{\psi}^2 \cos \psi)];$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = m[\ddot{x} - l(\ddot{\psi} \sin \psi + \dot{\psi}^2 \cos \psi)];$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0; \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} = m(\dot{y} + l\dot{\psi} \cos \psi); \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) = m[\ddot{y} + l(\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi)];$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial T}{\partial y} = m[\ddot{y} + l(\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi)];$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = m(-\dot{x}\dot{\psi} \cos\psi - \dot{y}\dot{\psi} \sin\psi); \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = m(l^2\ddot{\psi} - \dot{x}\sin\psi + \dot{y}\cos\psi) + I_a\ddot{\psi};$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) = m(l^2\ddot{\psi} - \dot{x}\sin\psi - \dot{x}\dot{\psi} \cos\psi + \dot{y}\cos\psi - \dot{y}\dot{\psi} \sin\psi) + I_a\ddot{\psi}, \quad (2.4)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \psi} = m(l^2\ddot{\psi} - \dot{x}\sin\psi + \dot{y}\cos\psi) + I_a\ddot{\psi}.$$

Рівняння для знаходження по узагальненим координатам x і y узагальнених сил Q_x і Q_y з правої частини рівнянь (2.1) являють собою суму проєкцій на осі OX і OY прикладених до агрегату сил, а вираз для знаходження по узагальненій координаті ψ узагальненої сили Q_ψ являє собою суму моментів цих же сил відносно вертикальної осі az_0 , яка проходить через точку a на поздовжній осі трактора [38].

Складаємо рівняння для визначення узагальнених сил Q_x і Q_y :

$$Q_x = -\sum_{i=1}^6 R_{Tx_i} \cos\psi - \sum_{i=1}^6 R_{Ty_i} \sin\psi - \sum_{i=1}^6 R_{Bx_i} \cos\psi + \sum_{i=1}^6 R_{By_i} \sin\psi +$$

$$+ R_{2z_1} \cos\psi + R_{2z_1} \cos\psi - R_{3z_2} \sin\psi - R_{3z_2} \sin\psi + R_{Kz_1} \cos(\psi - \psi_{\Pi}) +$$

$$+ R_{Kz_1} \cos(\psi - \psi_{\Pi}) + R_{Kz_2} \sin(\psi - \psi_{\Pi}) + R_{Kz_2} \sin(\psi - \psi_{\Pi}) -$$

$$- R_{Oz_1} \cos\psi - R_{Oz_2} \cos\psi - R_{Oz_1} \cos\psi - R_{Oz_2} \cos\psi. \quad (2.5)$$

Підставивши в (2.1) вирази (2.2), (2.3) і (2.4), тобто продиференційовані по узагальнених координатах x , y і ψ вирази кінетичної енергії для поступального і обертального рухів системи при плоско-паралельному русі для правої частини, і відповідні їм вирази узагальнених сил, відповідно Q_x , Q_y і Q_ψ для лівої частини, одержимо в розгорнутому вигляді систему трьох рівнянь:

$$m[\ddot{x} - l(\ddot{\psi} \sin \psi + \dot{\psi}^2 \cos \psi)] = - \sum_{i=1}^6 R_{TX_i} \cos \psi - \sum_{j=1}^6 R_{TY_j} \sin \psi -$$

$$\sum_{i=1}^6 R_{BX_i} \cos \psi + \sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \sin \psi + (R_{3\Pi_1} + R_{3\Pi_1}) \cos \psi + (R_{3\Pi_2} + R_{3\Pi_2}) \times$$

$$\times \sin \psi + (R_{K\Pi_1} + R_{K\Pi_1}) \cos[\psi(1-k)] + (R_{K\Pi_2} + R_{K\Pi_2}) \sin[\psi(1-k)] -$$

$$(R_{OГ_1} + R_{OГ_2} + R_{OK_1} + R_{OK_2}) \cos \psi;$$

$$m[\ddot{y} + l(\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi)] = - \sum_{i=1}^6 R_{TX_i} \sin \psi + \sum_{j=1}^6 R_{TY_j} \cos \psi -$$

$$- \sum_{i=1}^6 R_{BX_i} \sin \psi - \sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \cos \psi + (R_{3\Pi_1} + R_{3\Pi_1}) \sin \psi + (R_{3\Pi_2} + R_{3\Pi_2}) \times$$

$$\times \cos \psi + (R_{K\Pi_1} + R_{K\Pi_1}) \sin[\psi(1-k)] - (R_{K\Pi_2} + R_{K\Pi_2}) \cos[\psi(1-k)] -$$

$$(R_{OГ_1} + R_{OГ_2} + R_{OK_1} + R_{OK_2}) \sin \psi;$$

$$m(l^2 \ddot{\psi} - l\ddot{x} \sin \psi + l\ddot{y} \cos \psi) + L_a \ddot{\psi} = \left(\sum_{i=1}^3 R_{TX_i} \right) 4,5l_M + \left(\sum_{j=1}^6 R_{TY_j} \right) l_1 +$$

$$+ R_{K\Pi_2} l_3 \sin k\psi + R_{K\Pi_1} l_4 \cos k\psi + R_{OГ_1} l_5 + R_{3\Pi_1} d + \left(\sum_{i=1}^3 R_{BX_i} \right) 4,5l_M +$$

$$+ \left(\sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \right) l_2 + R_{OK_1} l_6 - \left(\sum_{i=4}^6 R_{TX_i} \right) 4,5l_M - R_{K\Pi_1} l_3 \cos k\psi - R_{K\Pi_1} l_k \sin k\psi -$$

$$- R_{K\Pi_2} l_k \cos k\psi - R_{K\Pi_1} l_k \sin k\psi - R_{K\Pi_2} l_k \cos k\psi - R_{K\Pi_2} l_4 \sin k\psi -$$

$$- R_{3\Pi_1} d - (R_{3\Pi_2} + R_{3\Pi_2}) l_a - \left(\sum_{i=4}^6 R_{BX_i} \right) 4,5l_M - R_{OK_2} l_6 - R_{OГ_2} l_5. \quad (2.6)$$

Система трьох рівнянь (2.15) являє собою розрахункову модель руху бурякозбирального машинно-тракторного комплексу, який здійснює плоско-паралельний рух по поверхні поля і працює в режимі тяги-штовхання.

Для бурякозбирального агрегату, який використовується за схемою на рис. 2.16, еквівалентна схема будується аналогічно еквівалентній схемі агрегату на рис. 2.1а, і наведена на рис. 2.3.

Підставляючи в (2.1) вирази (2.7) для правої частини, і відповідні їм вирази для лівої частини, одержимо в розгорнутому вигляді систему трьох рівнянь:

$$m[\ddot{x} + l(\ddot{\psi} \sin \psi + \dot{\psi}^2 \cos \psi)] = - \sum_{i=1}^6 R_{GX_i} \cos \psi - \sum_{i=1}^6 R_{GY_i} \sin \psi - \sum_{i=1}^6 R_{BX_i} \cos \psi - \sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \sin \psi - (R_{OK_1} + R_{OK_2}) \cos \psi - (R_{OL_1} + R_{OL_2}) \times \cos \psi - (R_{OL_2} + R_{OL_2}) \sin \psi + (R_{3L_1} + R_{3L_1}) \cos \psi - (R_{3L_2} + R_{3L_2}) \times \sin \psi + (R_{KL_1} + R_{KL_1}) \cos[\psi(1+k)] - (R_{KL_2} + R_{KL_2}) \sin[\psi(1+k)];$$

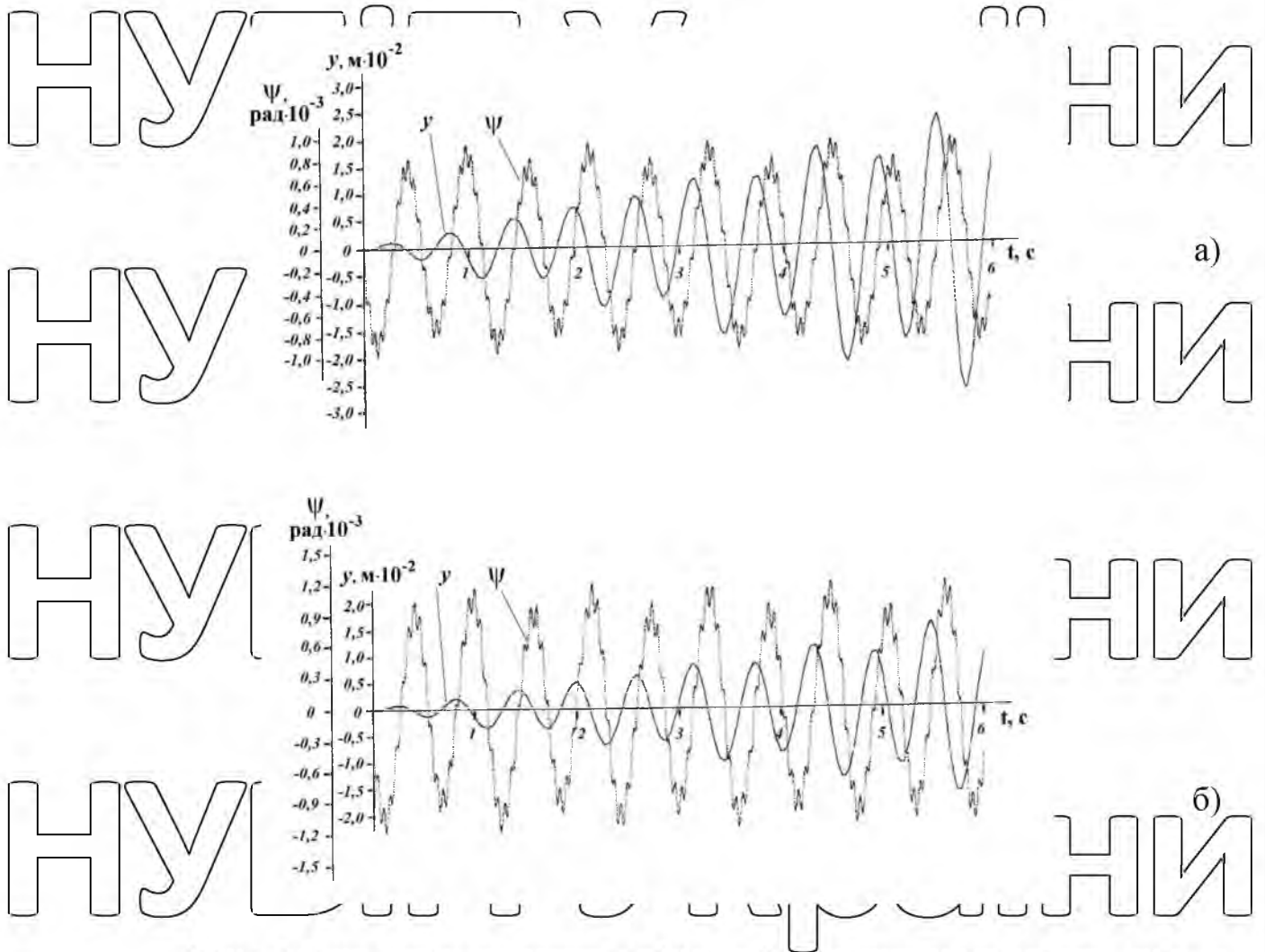
$$m[\ddot{y} - l(\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi)] = - \sum_{i=1}^6 R_{GX_i} \sin \psi + \sum_{i=1}^6 R_{GY_i} \cos \psi - \sum_{i=1}^6 R_{BX_i} \sin \psi + \sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \cos \psi - (R_{OK_1} + R_{OK_2}) \sin \psi - (R_{OL_1} + R_{OL_1}) \times \sin \psi + (R_{OL_2} + R_{OL_2}) \cos \psi + (R_{3L_1} + R_{3L_1}) \sin \psi + (R_{3L_2} + R_{3L_2}) \times \cos \psi + (R_{KL_1} + R_{KL_1}) \sin[\psi(1+k)] + (R_{KL_2} + R_{KL_2}) \cos[\psi(1+k)];$$

$$m(l^2 \ddot{\psi} + l \ddot{x} \sin \psi - l \ddot{y} \cos \psi) + I_a \ddot{\psi} = R_{OK_1} l_5 + \left(\sum_{i=1}^6 R_{GX_i} \right) 4,5 l_M + \left(\sum_{i=1}^3 R_{BX_i} \right) 4,5 l_M + \left(\sum_{i=1}^6 R_{GY_i} \right) l_1 + \left(\sum_{i=1}^6 R_{BY_i} \right) l_2 + R_{OL_1} l_6 + (R_{OL_2} + R_{OL_2}) l_7 + (R_{3L_2} + R_{3L_2}) l_a + R_{3L_1} d + R_{KL_1} l_4 \cos k \psi + R_{KL_2} l_3 \sin k \psi - R_{OK_2} l_5 - \left(\sum_{i=4}^6 R_{GX_i} \right) 4,5 l_M - \left(\sum_{i=4}^6 R_{BX_i} \right) 4,5 l_M - R_{OL_1} l_6 - R_{3L_1} d - R_{KL_1} l_4 \cos k \psi - R_{KL_1} l_K \sin k \psi - R_{KL_1} l_K \sin k \psi - R_{KL_2} l_K \cos k \psi - R_{KL_2} l_K \cos k \psi - R_{KL_2} l_4 \sin k \psi. \quad (2.8)$$

Система трьох рівнянь (2.8) є розрахунковою моделлю руху бурякозбирального машинно-тракторного агрегату, який здійснює плоско-паралельний рух по поверхні поля і виконується в режимі штовхання.

В результаті рішення систем рівнянь (2.6) і (2.8) отримані значення курсового кута ψ і поперечного, вздовж осі O_y , зміщення y для машинно-тракторних агрегатів відповідно з тягово-штовхаючою і штовхаючою варіантами компоновки, в залежності від їх маси, положення центру ваги, а також ширини колії машини.

Графічні результати характеру коливань в горизонтальній площині агрегатів з тягово-штовхаючою і штовхаючою розрахунками компоновки як навколо полуса, так і в поперечному напрямку, за рахунок їх плоско-паралельному русі, наведено на рис. 2.4 а і б.



З рис. 2.5, на якому наведено графіки зміни величини курсового кута ψ і поперечного зміщення y при тягово-штовхаючій ($\psi_{тш}, y_{тш}$) і штовхаючій ($\psi_{ш}, y_{ш}$) схемах компоновки в залежності від ваги агрегату, бачимо, що курсовий кут ψ набуває більшого значення при штовхаючій схемі компоновки, ніж при тягово-штовхаючій, тобто $\psi_{ш} > \psi_{тш}$,

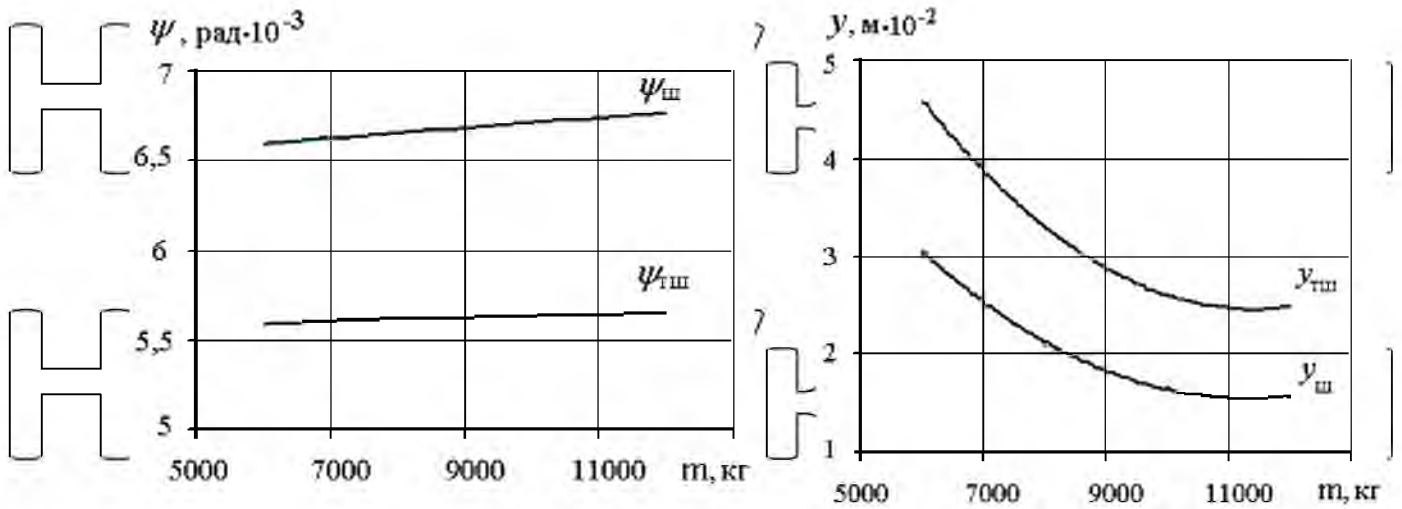


Рис. 2.5. Графіки зміни курсового кута ψ (а) та поперечного зміщення y (б) в залежності від маси агрегату при тягово-штовхаючій

і штовхаючій ($\psi_{штш}$, $y_{штш}$) і штовхаючій ($\psi_{ш}$, $y_{ш}$) схемах компоновки:

а-курсний кут ψ ; б-поперечне зміщення y а величина поперечного зміщення y більша при тягово-штовхаючому варіанті компоновки, тобто $y_{ш} < y_{штш}$. При

збільшенні ваги агрегату з 6000 до 12000 кг не призводить до суттєвого збільшення як курсового кута $\psi_{штш}$, який збільшується з $6,59 \cdot 10^{-7}$ до $6,76 \cdot 10^{-7}$

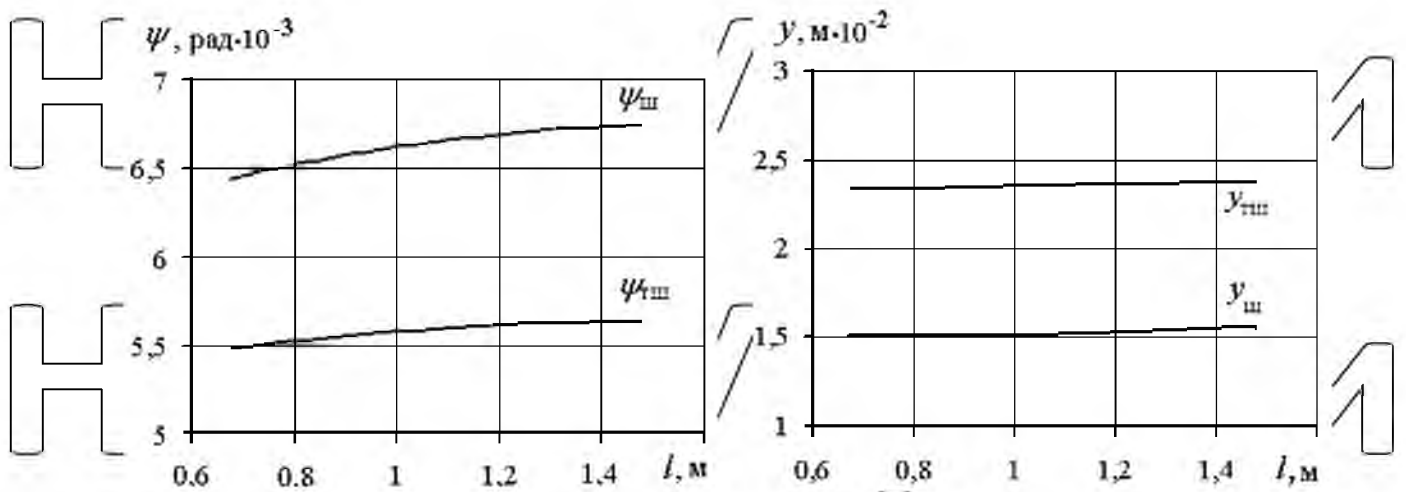
рад, або на 2,6%, так і курсового кута $\psi_{штш}$, який збільшується з $5,59 \cdot 10^{-7}$ до $5,65 \cdot 10^{-7}$ рад, або на 1,1%. У той же час, можна побачити суттєве зменшення,

майже в 2 рази, як значень поперечного зміщення при тягово-штовхаючому варіанті компоновки $y_{штш}$ з $4,63 \cdot 10^{-4}$ до $2,45 \cdot 10^{-4}$ м, так і значень поперечного зміщення при штовхаючій схемі компоновки $y_{ш}$, з $3,05 \cdot 10^{-4}$ до $1,57 \cdot 10^{-4}$ м.

З рис. 2.6, на якому наведено графіки зміни курсового кута ψ і поперечного зміщення y при тягово-штовхаючій ($\psi_{штш}$, $y_{штш}$) і штовхаючій ($\psi_{ш}$,

$y_{ш}$) варіантах компоновки в залежності від розташування центра мас агрегату,

тобто від величини параметра l (рис. 2.2 і 2.3), бачимо, що при зміні (збільшенні) параметра l курсовий кут ψ при штовхаючій схемі компоновки



а)

б)

Вис. 2.6. Графики зміни курсового кута ψ і поперечного зміщення y в залежності від положення центра мас агрегату (параметр l) при тягово-штовхаючій ($\psi_{тш}$, $y_{тш}$) і штовхаючій ($\psi_{шт}$, $y_{шт}$) у схемах компоновки:

а- курсовий кут ψ ; б- поперечне зміщення y набуває більших значень, ніж при тягово-штовхаючій, тобто $\psi_{шт} > \psi_{тш}$, а величина поперечного зміщення y більша при тягово-штовхаючій схемі компоновки, тобто $y_{шт} < y_{тш}$. При збільшенні параметра l з 0,679 до 1,478 м не призводить до суттєвої зміни як

величини поперечного зміщення $y_{тш}$, яке збільшується з $2,36 \cdot 10^{-4}$ до $2,38 \cdot 10^{-4}$ м, або на 0,7%, так і величини поперечного зміщення $y_{шт}$, яке збільшується з $1,55 \cdot 10^{-4}$ до $1,56 \cdot 10^{-4}$ м, або на 3,3%. Характер зміни величини $y_{тш}$ і $y_{шт}$ практично однаковий. Одночасно курсовий кут у штовхаючому варіанті компоновки $\psi_{шт}$ збільшується з $6,44 \cdot 10^{-7}$ до $6,74 \cdot 10^{-7}$ м, тобто на 4,7%, а курсовий кут при

тягово-штовхаючій схемі компоновки $\psi_{тш}$ збільшується з $5,42 \cdot 10^{-7}$ до $5,69 \cdot 10^{-7}$ м, тобто на 2,9%.

2.2. Обґрунтування профілю робочої поверхні копіра

Одним із шляхів зниження енергоємності робочих процесів сільськогосподарської техніки, зокрема і бурякозбиральних, є посилення їх робочих органів. Визначення профілю робочої поверхні копіра гнучкозрізувального агрегату, який зменшує енергоємність процесу

копіювання головок коренеплодів цукрових буряків і, таким чином, зниження ймовірності їх травмування і вивертання з ґрунту, є прикладом задачі цього напрямку. Так, для вирішення проблеми взаємодії робочої поверхні копіра з коренеплодом цукрових буряків необхідно розробити математичну модель

процесу. Ця модель буде включати у себе рівняння, що описують динаміку руху робочої поверхні копіра, фізичні властивості коренеплодів та інші фактори, що впливають на взаємодію.

Гичкозрізувальні агрегати, такі як гичкозбиральна машина БМ-6Б, використовують пасивні гребінчасті копіри для зрізування гички на коренеплодах. Робоча поверхня копіра складається з декількох ділянок: прямолінійної ділянки OB , яка утворює кут α з горизонтальною поверхнею, криволінійної ділянки BC і прямолінійної горизонтальної ділянки CD . Профілі кожної з цих ділянок разом складають профіль робочої поверхні копіра. Ділянки OB і BC разом утворюють ділянку OC , на якій відбувається підйом копіра на головку коренеплода. Цю ділянку можна назвати ділянкою підйому.

При переміщенні по ділянці CD , коли точка C досягає верхівки головки коренеплода, копір здійснює горизонтальний рух. Така конструкція гичкозрізувальних агрегатів дозволяє ефективно зрізувати гичку на коренеплодах і забезпечувати оптимальний рух копіра під час збирання.

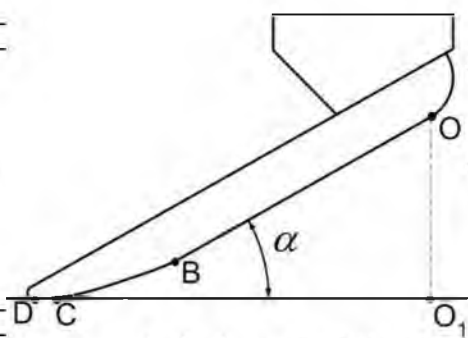


Рис. 2.7. Схема пасивного гребінчастого копіра

Так, оскільки більшість взаємодії між копіром і коренеплодом відбувається на підйомній частині OC , яка становить приблизно 94% довжини робочої поверхні копіра OD , визначення профілю робочої поверхні копіра практично

зводиться до визначення профілю ділянки підйому. Це означає, що основна увага при проектуванні робочої поверхні копіра зосереджується на ділянці підйому, де відбувається зріз гички. Оптимальний профіль цієї ділянки може значно знизити енергоємність процесу копіювання і покращити ефективність збирання коренеплодів. Таким чином, визначення профілю робочої поверхні копіра в цьому випадку фокусується на проектуванні оптимального профілю ділянки підйому, що дозволяє забезпечити ефективну і енергоефективну взаємодію з коренеплодами під час збирання.

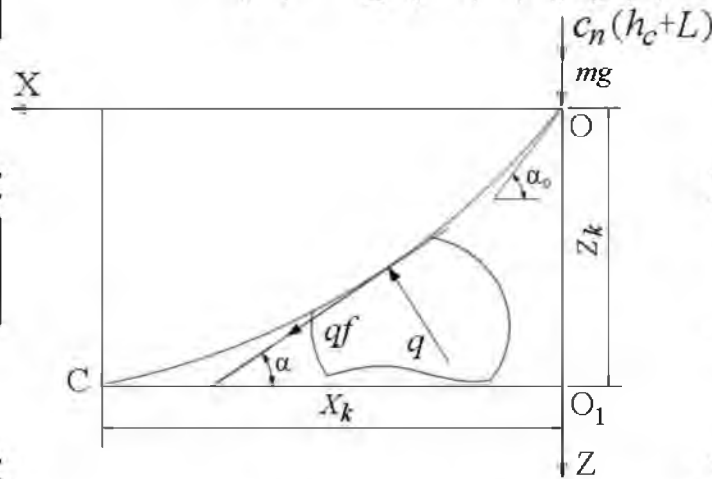


Рис. 2.8. Схема ділянки підйому робочої поверхні копіра

Для визначення профілю підйомної частини робочої поверхні копіра з мінімальною енергоємністю використовується метод розробки математичної моделі процесу взаємодії копіра з коренеплодами цукрових буряків. Цей метод базується на прямому методі варіаційного числення Рітца та методиці визначення профілю робочих органів ґрунтообробних машин. Підйомна частина робочої поверхні копіра, профіль якої визначається, розташована у вертикальній площині і обмежена двома точками: верхньою точкою O (конструктивною), яка відповідає початковій точці контакту копіра з коренеплодом, і нижньою точкою C, яка є початковою точкою горизонтальної ділянки робочої поверхні копіра. Математична модель взаємодії копіра з коренеплодами будується з використанням прямого методу варіаційного числення Рітца, що дозволяє знайти оптимальний профіль підйомної частини робочої поверхні копіра. При цьому також використовується методика визначення профілю робочих органів ґрунтообробних машин. Цей підхід дозволяє розробити оптимальний профіль підйомної частини робочої поверхні

копіра, який забезпечить мінімальну енергоємність процесу копіювання і ефективно збирання коренеплодів цукрових буряків.

Після підстановки рівняння до функціоналу, задача зводиться до дослідження функції на екстремум, тобто знаходження коефіцієнтів C_1 і C_2 :

В остаточному вигляді:

$$\frac{\partial A}{\partial C_i} = \int_0^{x_k} \left\{ \left\{ c_n \frac{z' + f}{\sqrt{1+z'^2}} + [c_n(h_c + L) + mg] \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{(1+z'^2) - z'(z' + f)}{(1+z'^2)^2} \right\} \frac{\partial z'}{\partial C_i} \right\} dx = 0, \quad (2.9)$$

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

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

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

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

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

Вирішивши за допомогою персонального комп'ютера та програмного забезпечення ХНАУ ім. В.В. Докучаєва систему інтегральних рівнянь (2.9), визначимо коефіцієнти C_1 і C_2 .

Для визначення числових значень коефіцієнтів C_1 і C_2 задаємо такі значення параметрів копіюючого знаряддя гнчкозбиральної машини БМ-6Б: $\alpha_0 = 22^\circ$; $x_k = 0,3$ м; $z_k = 0,115$ м; $m = 5$ кг; $f = 0,5$; $h_c = 0,25$ м; $L = 0,04$ м; $c_n = 10\,000$ Н/м.

Коефіцієнти C_1 і C_2 для існуючого профілю підйомної ділянки ОС робочої поверхні серійного копіра гнчкозбиральної машини БМ - 6Б, який має $\alpha_0 = 22^\circ$, $x_k = 0,3$ м і $z_k = 0,115$ м, визначались шляхом апроксимації відповідної

цьому профілю кривої. В результаті були одержані такі значення коефіцієнтів:
 $C_1 = -0,954$, $C_2 = -3,249$. Тоді рівняння кривої, що описує існуючий профіль
 підйомної секції копіра гнчкозбиральної машини БМ - 6Б, буде мати вигляд:

$$z = 0,404x + \frac{(0,115 - 0,404 \cdot 0,3)}{(0,3)^2} x^2 + (x - 0,3)(-0,954x^2 - 3,249x^3),$$

або

$$z = 0,404x + 0,217x^2 + 0,021x^3 - 3,249x^4. \quad (2.10)$$

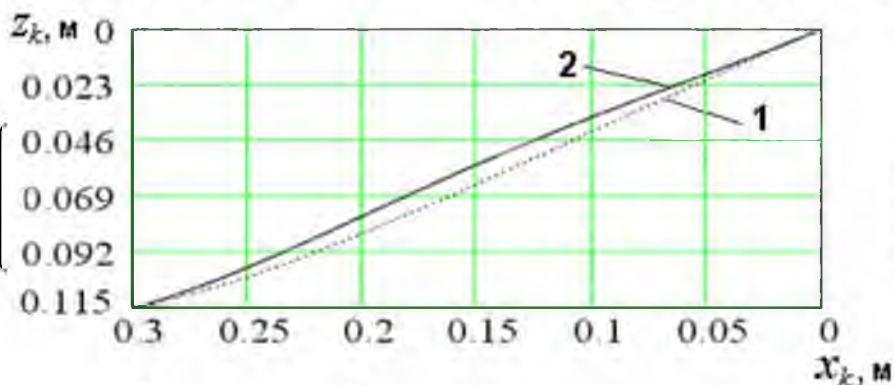
Для вже визначених значень параметрів копіювального пристрою
 гнчкозбиральної машини БМ - 6Б екстремальні числові значення рішення
 системи рівнянь (2.28) будуть такі $C_1 = 3,181$, $C_2 = -14,809$. Тоді рівняння
 кривої, яке описує мінімальну енергоємність ділянки підйому, буде мати
 вигляд:

$$z = 0,404x + \frac{(0,115 - 0,404 \cdot 0,3)}{(0,3)^2} x^2 + (x - 0,3)(3,181x^2 - 14,809x^3),$$

або

$$z = 0,404x - 1,023x^2 + 7,624x^3 - 14,809x^4. \quad (2.11)$$

Графічні зображення рівнянь (2.10) і (2.11) наведено на рис. 2.10.



НУБІП УКРАЇНИ

Рис. 2.9. Теоретичні профілі ділянок підйому робочих поверхонь копіїв 1-серійного, гнучкозбиральної машини БМ-6Б, 2-ї мінимальної енергоємності

Під час одночасної заміни двох параметрів - α_0 , і x_k , а саме для $\alpha_0 = 46^\circ$, $x_k = 0,15$ м, при сталому $z_k = 0,115$ м, екстремальні значення рівняння системи (2.9) будуть $C_1 = -61,62$ і $C_2 = 350,282$, а рівняння кривої, яке описує мінімальну енергоємність профілю для даного випадку, буде мати вигляд:

$$z = 1,036x + \frac{x^2(0,115 - 1,036x)}{(0,15)^2} + (x - 0,15)(-61,62x^2 + 350,282x^3)$$

або

$$z = 1,036x + 7,465x^2 - 112,676x^3 + 350,282x^4 \quad (2.12)$$

Графічне зображення рівняння (2.12) наведено на рис. 2.13

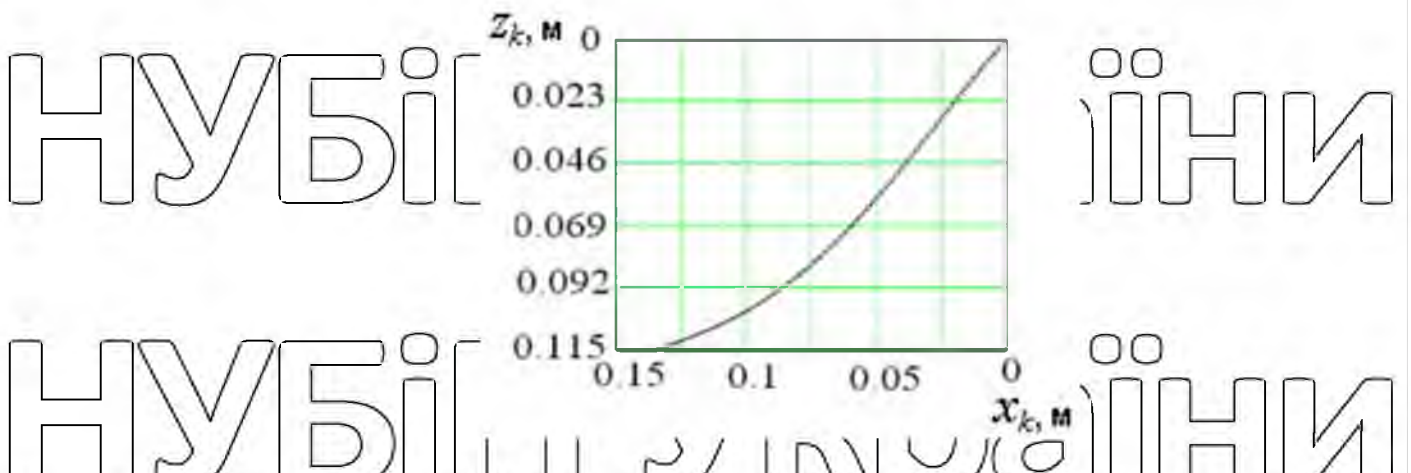


Рис. 2.10. Теоретичний профіль ділянки підйому робочої поверхні експериментального зразка копіра мінімальної енергоємності

для $\alpha_0 = 46^\circ$, $x_k = 0,15$ м, $z_k = 0,115$ м

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Для вирішення поставлених задач програмою експериментальних досліджень були передбачені:

1. Дослідження в тестувальних умовах з визначення впливу конструювання і конструктивних параметрів бурякозбирального машинно-тракторного агрегату, зокрема ширини колії машини, на якість копіювання рядків цукрових буряків і показники якості процесу збирання. Для перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень, були проведені експерименти. Показником точності копіювання знаряддям рядків було відхилення траєкторії його руху від осової лінії рядків цукрових буряків, а показником якості процесу збирання - кількість залишку коренеплодів при їх викопуванні.

2. Для проведення досліджень в приміщенні з метою визначення впливу профілю робочої поверхні копіра та конструктивних параметрів копіювального пристрою гичкозрізувального агрегата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів. Ця програма і методика експериментальних досліджень дозволяють оцінити вплив різних факторів на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів та забезпечують науково-обґрунтовані результати для покращення конструкції гичкозрізувального агрегата.

3. Проведені дослідження в приміщенні та польових умовах для визначення впливу форми лемеша коливального копача цукрових буряків на енергетичні показники виконання операції. Для перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень, були проведені експерименти. Показниками енергетичності були тяговий опір лемеша

коливного копача коли відбувалося переміщення його в ґрунті і витрати палива на 1 га для бурякозбирального агрегата.

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 $\omega = 40 \text{ хв}^{-1}$

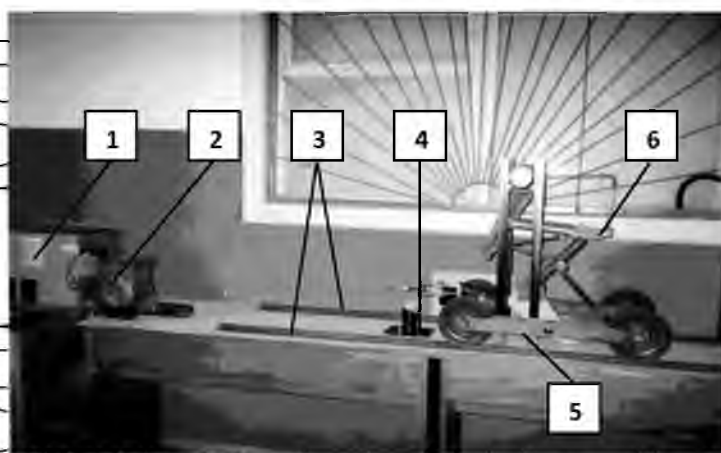


Рис. 3.1. Лабораторна установка: 1-панель керування; 2-мотор-редуктор; 3-направляючі; 4-тримач коренеплодів; 5-рухомий візок; 6-копіювальний пристрій

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 панелі керування 1. Зміна параметрів ділянки підйому робочої поверхні копіра (α_0, x_0, y_0) здійснювалась шляхом установки відповідного зразка копіра.

Для проведення досліджень використовувався повний комплект вимірювальної і реєструючої апаратури фірми Buel & Kjaer (Бельгія). Комплект включав наступні пристрої: датчик сили (тип 8200); підсилювач заряду (тип 2635); магнітофон (тип 7005); аналізатор (тип 2031); самописець

(тип 2307). Використовується наступне: датчик сили 2 (рис. 3.2), блок живлення 1, підсилювач заряду 4, магнітофон 3 використовувались для вимірювання і реєстрація тягового зусилля, необхідного для переміщення візка при копіюванні копіром копіювального пристрою гичкозрізувального агрегата головки закріпленого в тримачі коренеплода. Записи, здійснені під час експерименту, були перенесені в електронний формат та візуалізовані за допомогою

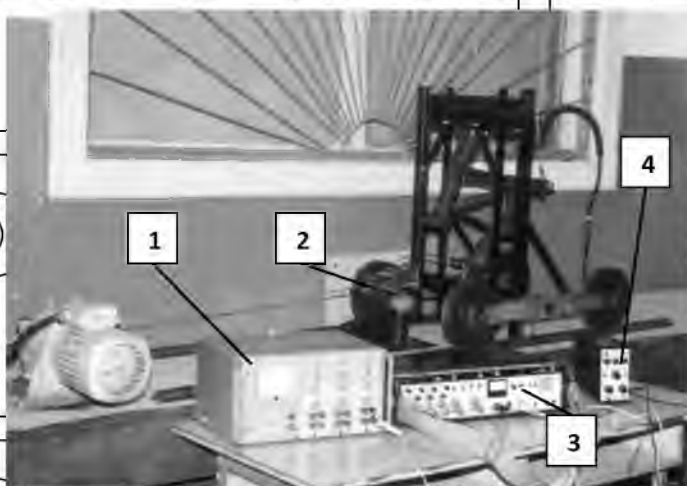


Рис. 3.2. Комплект вимірювальної і реєструючої апаратури: 1-блок живлення; 2-датчик сили; 3-магнітофон; 4-підсилювач заряду

комплекту апаратури, що включав в себе комп'ютер Notebook і програмне забезпечення Saman. Для цього також використовувався підсилювач Spider-8 від компанії Hottinger Baldwin Messtechnik (Німеччина). Ці пристрої дозволяли передати дані з вимірювань у комп'ютер, обробити їх і відобразити для подальшого аналізу. Для проведення досліджень впливу параметрів копіювального пристрою на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів, в експериментальних установках з вимірювальною і реєструючою апаратурою, зображених на рисунках 3.1 і 3.2, застосовувався метод планування багатofакторного експерименту. Цей метод дозволяє систематично змінювати параметри копіювального пристрою і аналізувати їх вплив на енергетичні показники процесу копіювання.

Грунтовий канал ІНЦІ ІМЕСГ УААН (рис. 3.3а) використовувався для проведення лабораторних досліджень. Канал має візок 4, який переміщується по рейках 1 і 6 в поздовжньому напрямку. На візку розташований рухомий

блок 3 (рис. 3.3б), який обладнаний гідравлічним напічним пристроєм 7. Цей пристрій використовується для приєднання і прегатування досліджуваних зразків, у даному випадку - тензометричної рамки 9 з встановленим на ній стояком і досліджуваним зразком лемеша 8.

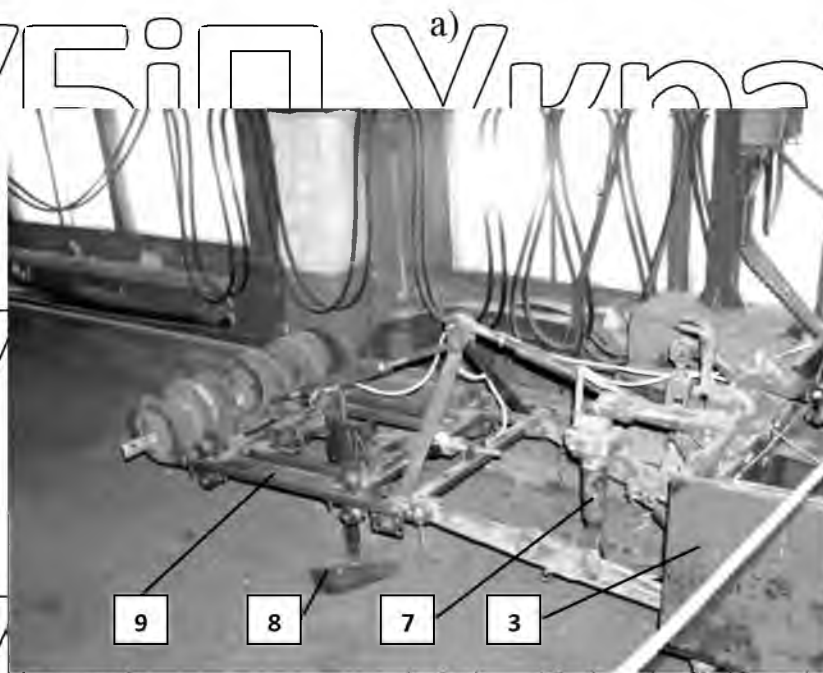
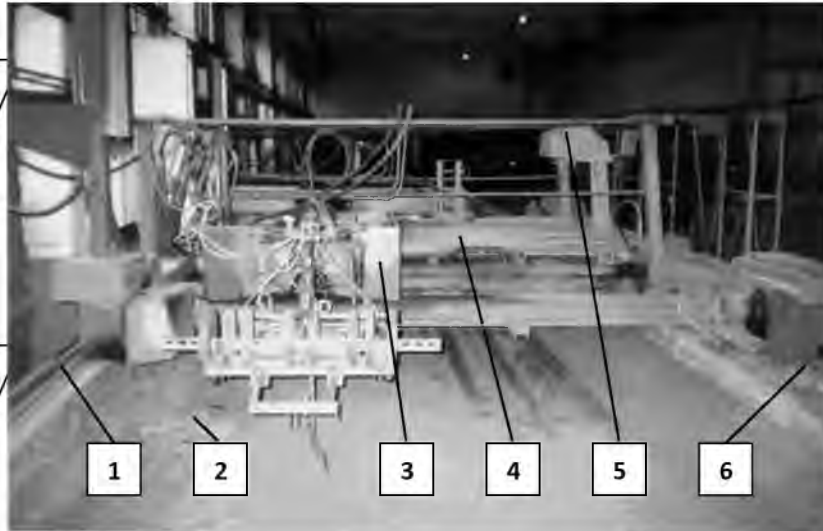


Рис. 3.3. Грунтовий канал ІНЦ, ІМБСТ: а - загальний вигляд; б - рухомий блок з гідравлічним напічним пристроєм;

1,6 - рейки; 2 - ґрунтовий канал; 3 - рухомий блок; 4 - візок;
5-пересувний пульт керування; 7- гідравлічний начіпний пристрій; 8 - зразок лемеша; 9- тензометрична рамка

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

3.3. Методика проведення експериментальних досліджень

3.3.1. Визначення впливу схеми компоновки і конструктивних параметрів агрегату на точність кошування рядків коренеплодів цукрових буряків і якість їх викопування

Під час проведення досліджень вимірювались і визначались:

- відхилення траєкторії руху машинно-тракторного агрегату від осьової лінії рядків коренеплодів цукрових буряків;
- кількість втрат коренеплодів під час їх викопуванні.

Дослідження проводились в польових умовах під час збирання цукрових буряків у відповідні агротехнічні строки. Для проведення досліджень використовувались бурякозбиральні агрегати згідно з характеристиками, які наведені в табл. 3.1. Підготовка до роботи та комплектування агрегатів здійснювались відповідно до інструкцій 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-160У + КР-6	1800	штовхаюча
2. ХТЗ-160У + БМ-01 + КВЦБ-1,2	1800	тягово-штовхаюча
3. ХТЗ-160У + БМ-01 + КВЦБ-1,2	2950	тягово-штовхаюча

Для дослідження були обрані ділянки з горизонтальною поверхнею, з укилом не більше 3° в будь-якому напрямку. Характер розміщення коренеплодів цукрових буряків в рядках на дослідній ділянці відповідав середнім умовам на полі.

Для проведення вимірювань на дослідних ділянках було закладено три загінки довжиною 20 м, шириною 6 рядків без стикового міжряддя з інтервалом 50 м вздовж одних і тих же рядків. Між першою і останньою точкою по довжині загінки, зліва вздовж першого лівого по напрямку руху агрегату рядка коренеплодів I рис. (3.4), на деякій відстані від нього,

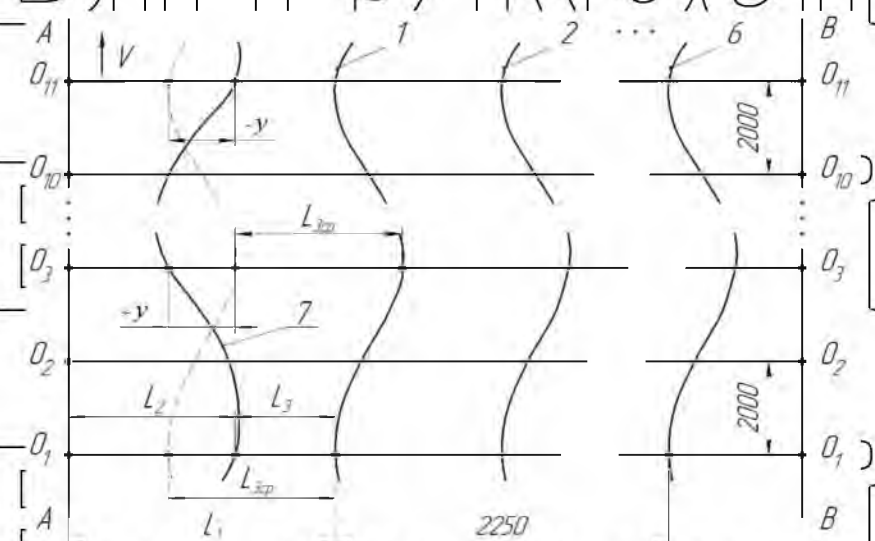


Рис. 3.4. Схеми вимірювання та розрахунку для визначення величини відхилення траєкторії руху машини від осьової лінії рядків цукрових буряків:

A-A- шнур-контрольна лінія; B-B- додатковий шнур; O_1, O_2, \dots, O_{11} - контрольні точки; 1, 2, ... , 6-рядки коренеплодів; 7- траєкторія агрегату;

L_1 - відстань від контрольної лінії до траєкторії рядка; L_2 - відстань від контрольної лінії до траєкторії руху агрегату;

L_3 - відстань від траєкторії руху агрегату до осьової лінії рядка; y - відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядка

паралельно його осі був натягнутий шнур A-A, який використовувався як контрольна лінія для вимірювання. По лінії натягу шнура, через кожні 2 м, виставлялись вішки, якими позначались контрольні точки O_1, O_2, \dots, O_{11} - місця виконання вимірювань, включно з кінцевими точками довжини загінки.

Для отримання більшої точності у вимірюваннях, справа від шостого рядка, паралельно лівому шнуру, натягувався другий (додатковий) шнур B-B, по лінії натягу якого через кожні 2 м розміщувались контрольні точки.

Загінки з рядками коренеплодів, що відповідали варіантам компонування агрегату і ширини колії, вибирались попарно, в межах одного проходу посівного агрегату, що давало можливість проводити експеримент на однакових за напрямком рядках коренеплодів.

Для дослідження відхилення траєкторії руху машинно-тракторного агрегату від траєкторії рядків цукрових буряків, виконувались вимірювання і обчислення таких величин (рис. 3.5):

- відстані від контрольної лінії до осьової лінії рядка L_1 ;

- відстані від контрольної лінії до траєкторії руху агрегату L_2 ;

- відстані від траєкторії руху агрегату до осьової лінії рядка $L_3 = L_1 - L_2$, а також їх середнє значення $L_{3\text{CP}}$;

- відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків $y = L_3 - L_{3\text{CP}}$.

Після вимірювань і обчислень результати заносились до таблиці відповідної форми, яка наведена в табл. 3.2. Якщо виміряні значення відрізнялись значно від інших значень, вони перевірялись за правилом 3σ, щоб визначити можливість їх виключення з подальших розрахунків. Точність копіювання рядків коренеплодів цукрових буряків бурякозбиральним агрегатом на відповідних варіантах компоновки і ширині колії трактора визначалась за допомогою середнього значення відхилень траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків уСР, а також їх дисперсією. Оцінка суттєвості відмінностей між значеннями відхилень траєкторії руху машинно-тракторного агрегату від осьових ліній рядків здійснювалась для визначення впливу схеми компоновки і ширини колії на їх величину.

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

Відстань від контрольної лінії до осьової лінії рядка, $L_1, \text{мм}$	Відстань від контрольної лінії до траєкторії руху агрегату, $L_2, \text{мм}$	Відстань від траєкторії руху агрегату до осьової лінії рядка, $L_3 = L_1 - L_2, \text{мм}$	Відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядка, $y = L_3 - L_{3 \text{ CP}}, \text{мм}$ (+) - 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		$L_{3 \text{ CP}}$	u_{CP}
Дисперсія		-	σ_B^2

трактора здійснювалась згідно методики статистичної перевірки гіпотез [12, 18], а саме методики порівняння середніх двох сукупностей, а також їх дисперсій. За цією методикою стосовно середніх y_{CP1} і y_{CP2} двох сукупностей

з кількістю значень N_1 і N_2 і дисперсіями σ_{B1}^2 і σ_{B2}^2 , висувається гіпотеза, що ці середні рівні між собою, тобто нульова гіпотеза $H_0: y_{CP1} = y_{CP2}$. При невеликій кількості значень в сукупностях перевірка нульової гіпотези здійснюється за критерієм t , розрахункове значення якого порівнюється з табличним значенням.

Розрахункове значення критерію t визначається за формулою

$$t = \frac{y_{CP1} - y_{CP2}}{\sqrt{N_1 \sigma_{B1}^2 + N_2 \sigma_{B2}^2}} \cdot \frac{\sqrt{N_1 + N_2 - 2}}{\sqrt{1/N_1 + 1/N_2}} \quad (3.1)$$

Табличне значення критерію t_T визначається за прийнятим рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і кількістю ступенів вільності $k = N_1 + N_2 - 2$ [12, 18]. Якщо $t < t_T$, то нульова гіпотеза приймається. Якщо $t > t_T$, то нульова гіпотеза відкидається, і вважається що середні суттєво відрізняються одне від одного.

Порівняння дисперсій σ_{B1}^2 і σ_{B2}^2 здійснюється також з висунанням нульової гіпотези $H_0: \sigma_{B1}^2 = \sigma_{B2}^2$, яка перевіряється за критерієм Фішера F . Розрахункове значення критерію F визначається як відношення двох дисперсій, в чисельнику якого знаходиться дисперсія з більшим значенням, а в знаменнику - з меншим, тобто в даному випадку

$$F = \frac{\sigma_{B1}^2}{\sigma_{B2}^2}, \text{ або } F = \frac{\sigma_{B2}^2}{\sigma_{B1}^2} \quad (3.2)$$

Табличне (критичне) значення критерію F_T визначається за прийнятим рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і кількістю ступенів вільності $k_1 = N_1 - 1$ і $k_2 = N_2 - 1$ [12, 18]. Якщо $F < F_T$, то нульова гіпотеза приймається. Якщо $F > F_T$, то

нульова гіпотеза відкидається, і вважається що дисперсії суттєво відрізняються одна від одної.

Якість виконання коренеплодів цукрових буряків оцінювалась на основі показника їх втрат, що використовувався для різних варіантів компоновки бурякозбиральних агрегатів. Урожайність і втрати коренеплодів при виконанні визначались за стандартною методикою, яка описана в джерелі [7]

Під час проведення експериментальних досліджень фізико-механічні властивості ґрунту, зокрема вологість і твердість, визначалися за загальноприйнятими методиками, які описані в джерелі [29]

Швидкість руху агрегату в заїнках визначалась шляхом вимірювання часу проходження їх довжини за допомогою секундоміра.

3.3.2. Визначення енергетичних показників робочого процесу

копіра гичкозрізувального апарата

Під час досліджень було виміряно та визначено наступне:

- поточні значення тягового зусилля для переміщення візка з копіювальним пристроєм на шляху x_k при копіюванні копіром головок коренеплодів;
- середнє значення тягового зусилля на шляху x_k ;
- робота на шляху x_k для досліджуваних зразків копирів.

Дослідження проводились в лабораторних умовах з використанням лабораторної установки (рис. 3.2) і зразків копирів з теоретично визначеними за формулами 2.29-2.32 профілями робочих поверхонь - відповідно Серійний, Експериментальний 1, Експериментальний 2 і Експериментальний 3.

Робота, яку необхідно виконати для переміщення копіювального пристрою на шляху $L = x_k$, починаючи з моменту контакту копіра з коренеплодом в точці О (див. рис. 2.8, 2.9) і до моменту підйому точки С

на висоту Z_k , для досліджуваних зразків копіїв визначалось як $A_x = P_{cp} \cdot x_k$, де P_{cp} - середнє значення тягового зусилля на шляху x_k .

Для визначення кількості значень P_{zi} на шляху x_k визначався час, за який візок з копіювальним пристроєм пройде шлях x_k $t_k = x_k / V_B$, де V_B - швидкість руху візка в м/с, що визначалась експериментально, шляхом замірів за допомогою секундоміра часу t_{zi} проходження візком зашикового шляху $L_B = 1$ м (в 5 повторностях) і послідуного обчислення значення V_B за середнім значенням часу t_{zi} . Результати розрахунків часу t_k проходження візком шляху x_k для досліджуваних зразків копіїв заносились в таблицю відповідної форми (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Форма таблиці для занесення результатів розрахунків часу проходження візком з копіювальним пристроєм шляху x_k

Назва зразка копіра				
Час проходження шляху x_k t_k, c	Серійний $x_k = 0,3$ м t_{kc}	Експери ментальний 1 $x_k = 0,3$ м t_{ke1}	Експери ментальний 2 $x_k = 0,3$ м t_{ke2}	Експери ментальний 3 $x_k = 0,15$ м t_{ke3}

За даними табл. 3.3 складалась схема для вибору поточних значень P_{zi} , яка представлена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Схема для вибору поточних значень тягового зусилля P_{zi}

Назва зразка	Час, с	0	0,05	0,1	...	$t_k = 0,1$	$t_k = 0,05$	t_k
--------------	--------	---	------	-----	-----	-------------	--------------	-------

копіра	Порядковий номер P_{zi}	1	2	3	...	N-2	N-1	N
	Значення P_{zi}, H	P_{z1}	P_{z2}	P_{z3}	...	P_{zN-2}	P_{zN-1}	P_{zN}

Запис значень тягового зусилля для визначення роботи A_x для кожного зразка копіра здійснювався у трьох повторностях. Поточні значення тягового зусилля P_{zi} , які вибирались з бази даних запису тягового зусилля, а також результати розрахунків, записувались для кожної повторності в таблицю відповідної форми (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Форма таблиці для занесення даних запису процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків копіром гичкозрізувального апарата і результатів їх обробки

Поточні значення тягового зусилля P_{zi} в одиницях шкали запису	Значення макс.тяг. зусилля P_{MA} в одиницях шкали аналізатора	Ціна од. шкали запису в од. шкали аналізатора $C = P_{MA} / P_{max}$	Значення тягового зусилля в од. шкали аналізатора $P_{Ai} = P_{zi} \cdot C$	Ціна од. шкали аналізатора Δ	Значення тягового зусилля $P_i, H, P_i = P_{Ai} \cdot \Delta$	Значення роботи A_x на заліковому шляху $L, Hm, A_x = P_{cp} \cdot L$
I. P_{z1}	P_{MA}	C	P_{A1}	Δ	P_1	A_x
⋮			⋮		⋮	
N. P_{zN}			P_{AN}		P_N	
Середнє значення					P_{cp}	

Обрахування експериментальних даних здійснювалось за допомоги комп'ютерної програми електронних таблиць Excel.

В результаті обробки експериментальних даних в повторностях була створена узагальнююча таблиця за формою табл. 3.6. Під час складання цієї таблиці значення роботи A_x (табл. 3.5) в повтореннях, що різко виділялись, перевірялись за правилом 3σ . Якщо за результатами перевірки значення роботи A_x виключалось з подальших розрахунків, замість нього приймалось середнє арифметичне двох суміжних значень роботи A_x .

Таблиця 3.6

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

Зразок копіра	Номер повторності	Робота A_x на заліковому шляху, Нм	Середнє по повторностям A_x A_{xcp} , 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 2	1	A_{xE31}	A_{xE3cp}

НУБІП УКРАЇНИ

ментальний

2

A_{xE32}

3

3

A_{xE33}

Оцінювання суттєвості відмінностей між значеннями роботи A_x

досліджуваних зразків копіїв для визначення впливу на її величину профілю робочої поверхні виконувалась згідно методики порівняння середніх двох сукупностей, викладеної в 3.3.1. За цією методикою стосовно середніх A_{x1cp} і

A_{x2cp} двох сукупностей з дисперсіями σ_1^2 і σ_2^2 висувається нульова гіпотеза

$H_0: A_{x1cp} = A_{x2cp}$. Перевірка якої здійснюється за критерієм t . Визначення

критерію t здійснюється за даними статистичного комплексу у вигляді таблиці

(табл. 3.7), який складається для кожної пари зразків копіїв, що

порівнюються. Табличне значення критерію t_T визначається за прийнятим

рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і кількістю ступенів вільності $k = n_1 + n_2 - 2$.

Таблиця 3.7

Форма таблиці статистичного комплексу для визначення критерію t

Сукупність	Робота A_x , Нм			Кількість значень в групі, шт	Середнє значення роботи A_{xcp} , Нм	Дисперсія сукупності σ^2 , Нм
	1	2	3			
Зразок 1	A_{x11}	A_{x12}	A_{x13}	n_1	A_{x1cp}	σ_1^2
Зразок 2	A_{x21}	A_{x22}	A_{x23}	n_2	A_{x2cp}	σ_2^2

Якщо $t < t_T$, то нульова гіпотеза приймається. Якщо $t \geq t_T$, то нульова гіпотеза відкидається, і вважається що середні суттєво відрізняються одне від одного.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив конструкції та схематичної компоновки параметрів машинно-тракторного агрегату на точність копіювання рядків

цукрових буряків

Експериментальні дослідження з впливу компоновальних і конструктивних параметрів бурякозбирального машинно-тракторного агрегату на якість копіювання рядків цукрових буряків проводились за методикою, описаною в 3.3.1. У проведених дослідженнях використовувалися агрегати з тягово-штовхаючою і штовхаючою компонованням, як показано на рисунку 3.4. У випадку тягово-штовхаючої схеми компоновки в тракторі були встановлені дві ширини колії - 1800 мм і 2950 мм (остання досягала за допомогою додаткових дисків). Стан ґрунту під час проведення досліджень був підмерзлим. Швидкість руху машини становила 4,15 км/год.

Результати вимірювань і та розрахунків для оцінки точності копіювання рядків коренеплодів цукрових буряків бурякозбиральним агрегатом при різних схемах компоновки і ширині колії трактора наведено в табл. В.1 і В.2 Додатків. Знаки „+” і „-” перед значеннями відхилень у траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків (стовпчики 4 і 8 в табл. В.1 і В.2) вказують на напрямок відхилення - відповідно вліво і вправо.

Результати порівняльної оцінки середнього значення та дисперсій відхилень у траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків при тягово-штовхаючому і штовхаючому режимах роботи, а також при різній ширині колії трактора - 1800 і 2950 мм, виконаної за методикою з 3.3.1, наведено відповідно в табл. В.3 і В.4 Додатків відповідно.

У таблиці 4.1 наведено середні значення відхилень у траєкторії руху від осьової лінії рядків, значення дисперсій та відсоткове співвідношення для

бурякозбирального машинно-тракторного агрегату з тягово-штовхаючим і штовхаючим режимами роботи.

Аналіз даних з таблиць 4.1 та 4.2 показує, що режим роботи агрегату в штовхаючому режимі забезпечує більшу точність копіювання

Таблиця 4.1

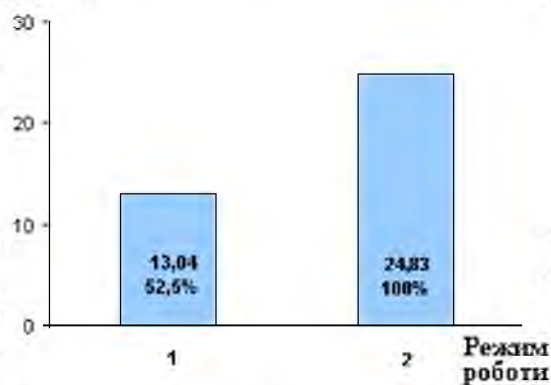
Показники точності копіювання рядків коренеплодів

№ п/п	Найменування показника	Режим роботи агрегату		
		штовхаючий	ТЯГОВО - штовхаючий	% До тягово - штовхаючого
1	Середнє відхилення, мм	13,04	24,83	52,9
2	Дисперсія, мм ²	81,93	297,597	27,4

бурякозбиральним агрегатом при різних режимах роботи

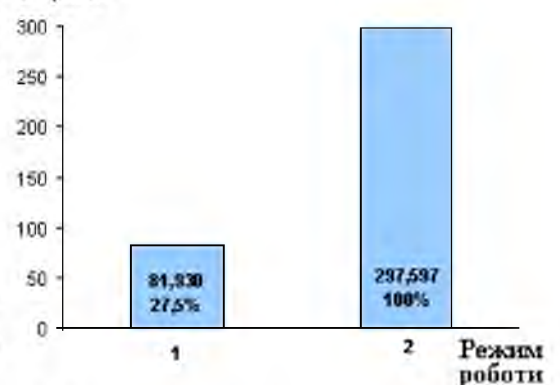
Графічне зображення даних табл. 4.1 наведено на рис. 4.1.

\bar{y} , мм



а)

σ^2 , мм²



б)

Рис. 4.1. Середні відхилення траєкторії руху агрегату від осевої 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

рядків цукрових буряків порівняно з тягово-штовхаючим режимом. За середніми значеннями відхилень траєкторії руху агрегату від осової лінії рядків точність копіювання у штовхаючому режимі була в два рази кращою, а за дисперсією – в чотири рази кращою. Це підтверджує результати теоретичних досліджень. Вища точність копіювання рядків цукрових буряків у штовхаючому режимі порівняно з тягово-штовхаючим режимом також підтверджується результатами оцінки якості викопування коренеплодів за показником втрат. Залишки коренеплодів були визначені шляхом перекопування вже зібраних рядків і зважування залишків коренеплодів, що залишилися в ґрунті або на його поверхні після проходу агрегату.

Таблиця 4.2

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

Показники	Режим роботи агрегату	
	штовхаючий	тягово-штовхаючий
Урожайність біологічна, т/га	27,6	27,6
Втрати урожаю при збиранні, %	0,7	3,5
Урожайність фактична, т/га	27,68	26,79

Дані табл. 4.2 достовірні з ймовірністю 95 %.

Згідно з даними з таблиці 4.2, при штовхаючому режимі роботи агрегату досягається вища якість збирання коренеплодів на 3,2% у порівнянні з тягово-штовхаючим режимом (втрати складають відповідно 0,7% і 3,5%). Це підвищення якості збирання сприяє збільшенню фактичної урожайності на 0,89 тонни на гектар, з 26,79 тонн/га при тягово-штовхаючому режимі до 27,68 тонн/га при штовхаючому режимі роботи агрегату.

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

Таблиця 4.3

Показники якості 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	79,4
2	Дисперсія, мм ²	313,29	584,141	53,8

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

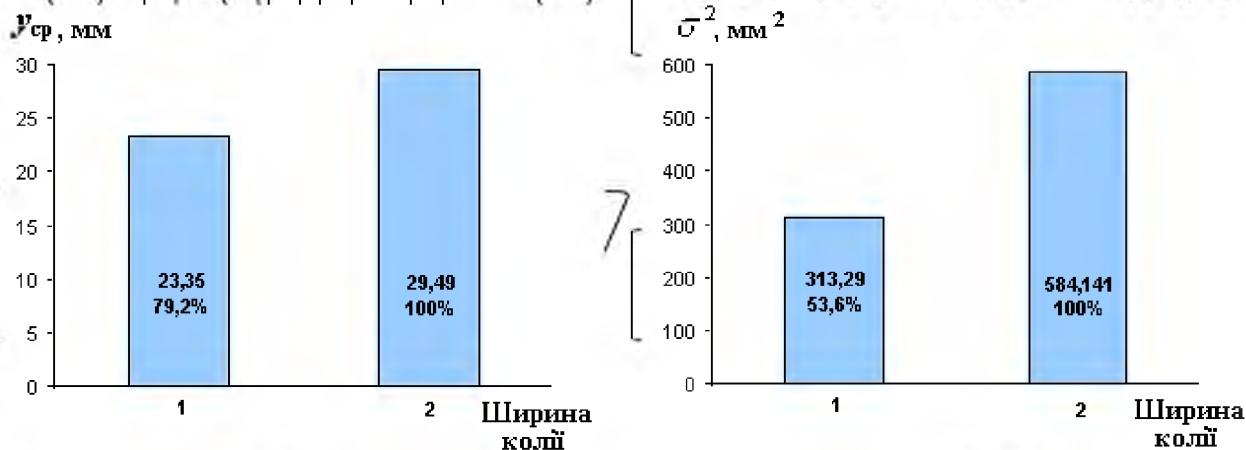


Рис. 4.2. Середні відхилення траєкторії руху агрегату від осьової лінії рядків і дисперсії поточних значень відхилень при різній ширині колії трактора: а) середні відхилення; б) дисперсії; 1- ширина колії 1800 мм; 2- ширина колії 2950 мм

Аналіз даних з таблиці 4.3 та таблиці В.4 Додатків показує, що копіювання рядків цукрових буряків агрегатом погіршується при збільшенні ширини колії трактора. При ширині колії трактора 2950 мм порівняно з шириною 1800 мм, середнє значення відхилень траєкторії руху агрегату від оснoвої лінії рядків збільшується більш ніж на 20%, а дисперсія збільшується майже у 2 рази. Це також підтверджує достовірність результатів теоретичних досліджень.

4.2. Вплив робочої поверхні копіра гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання

Дослідження з впливу профілю робочої поверхні копіра гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання проводились згідно викладеної в 3.3.2 методики з використанням зразків копирів, зображених на рис 4.3.

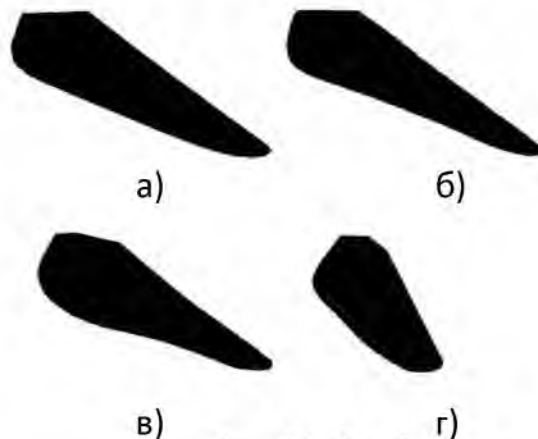


Рис. 4.3. Зразки копирів для експериментальних досліджень:

- а- Серійний, з існуючим профілем робочої поверхні копіра гнчкозрізувальної машини БМ-6Б за рівнянням (2.29);
- б- Експериментальний 1, з профілем робочої поверхні за рівнянням (2.30);
- в- Експериментальний 2, з профілем робочої поверхні за рівнянням (2.31);
- г- Експериментальний 3, з профілем робочої поверхні за рівнянням (2.32)

Для визначення кількості поточних значень тягового зусилля $P_{зі}$ на шляху x_k визначались і обчислювались: час $t_{ві}$ проходження візком залікового

шляху $L_{\text{в}} = 1$ м, швидкість руху візка $V_{\text{в}}$ і час, за який візок з гнчкозрізувальним апаратом пройде шлях $x_{\text{к}}$ $t_{\text{к}} = \frac{x_{\text{к}}}{V_{\text{в}}}$. Середнє значення часу $t_{\text{ві}}$ по 5 повторностям становило 14,44 с; тоді швидкість руху візка $V_{\text{в}} = 0,069$ м/с. Результати розрахунків часу $t_{\text{к}}$ проходження візком шляху $x_{\text{к}}$

для досліджуваних зразків копіїв наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Час за який проходить візок з гнчкозрізувальним апаратом шляху $x_{\text{к}}$

Час проходження шляху $x_{\text{к}}$	Назва зразка копія		
	Серійний $x_{\text{к}} = 0,3$ м	Експериментальні 1,2 $x_{\text{к}} = 0,3$ м	Експериментальний 3 $x_{\text{к}} = 0,15$ м
$t_{\text{к}}$, с	4,35	4,35	2,12

За даними табл. 4.4 складена схема для вибору поточних значень $P_{\text{зі}}$, яку наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Схема вибору значень тягового зусилля $P_{\text{зі}}$

Зразки	Час, с	0	0,05	0,1	...	4,25	4,30	4,35
	Серійний, Порядковий номер $P_{\text{зі}}$	1	2	3	...	86	87	88

Експериментальні Зразок Експериментальний	Значення P_{zi}, H Час, с	P_1	P_2	P_3	...	P_{86}	P_{87}	P_{88}
		1 і 2	0	0,05	0,1	...	2,00	2,05
3	Порядковий номер P_{zi}	1	2	3	..	41	42	43
	Значення P_{zi}, H	P_1	P_2	P_3	...	P_{41}	P_{42}	P_{43}

Значення тягового зусилля для визначення роботи A_x на переміщення копіювального пристрою для кожного зразка копіра здійснювався у трьох повторностях. При цьому моменту часу $t_{ц} = 0$, тобто моменту контакту копіра з коренеплодом і початку процесу копіювання, відповідає максимальне значення тягового зусилля $P_3 = \max$ на всій довжині шляху x_k для кожного з досліджуваних зразків копірів.

Результати обробки запису процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків копірами гнчкозрізувального апарата, а також розрахунків роботи A_x наведено в табл. Д.1-Д.4 Додатків. За даними цих таблиць була створена таблиця значень роботи A_x в повторностях і середніх значень повторностей для зразків копірів з теоретичними профілями робочої поверхні (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Результати записів процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків зразками копірів 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	2,851	2,853
	2	2,853	
	3	2,855	
Експериментальний 1	1	2,634	2,669
	2	2,670	
	3	2,703	
Експериментальний 2	1	2,555	2,563
	2	2,513	
	3	2,621	
Експериментальний 3	1	4,475	4,436
	2	4,436	
	3	4,396	

Графічне зображення результатів обробки записів процесу копіювання коренеюлоців зразками копіїв наведено на рис. 4.4.

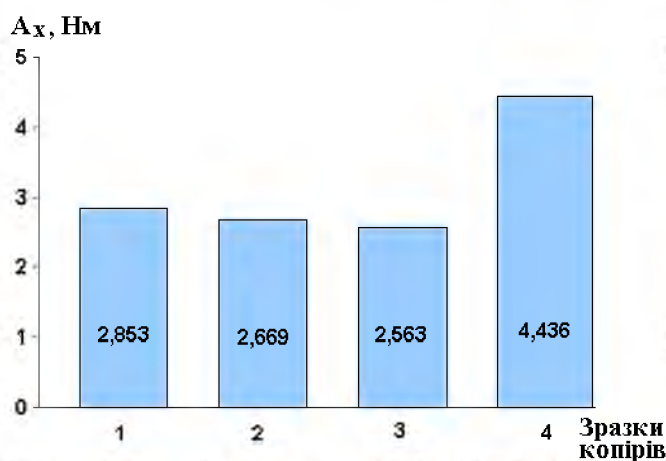


Рис. 4.4. Середні значення роботи A_x на переміщення копіювального приєтрою для досліджуваних зразків копіїв. 1-Серійний; 2-Експериментальний 1; 3-Експериментальний 2; 4-Експериментальний 3

З метою визначення впливу параметрів та форми профілю підйомної частини робочої поверхні копіра на енергетичні показники процесу копіювання, в даному випадку на роботу A_x , дані табл. 4.6 були згруповані наступним чином: 1 група - дані зразків Серійний і Експериментальний 1 з однаковими параметрами α_0 , x_k , z_k - для визначення впливу форми профілю ділянки підйому робочої поверхні копіра (фактор) на величину роботи A_x (результативна ознака); 2 група - дані зразків Експериментальний 1 і Експериментальний 2 з однаковими параметрами x_k і z_k , але різними α_0 - для визначення впливу величини α_0 (фактор) на величину роботи A_x (результативна ознака); 3 група - дані зразків Експериментальний 2 і Експериментальний 3, які мають однакові значення α_0 (46°), але різні значення x_k , відповідно 0,3 м, 0,15 м - для визначення впливу величини параметра x_k (фактор) на величину роботи A_x (результативна ознака).

Для порівняльної оцінки середніх значень роботи A_x між зразками копірів в групах була прийнята нульова гіпотеза про рівність середніх значень.

Перевірка нульової гіпотези здійснювалась згідно методики, наведеної в 3.3.1, за критерієм t . Для виконання такої перевірки, на основі даних табл. 4.6, для кожної групи складався відповідний статистичний комплекс.

Статистичний комплекс для 1-ї групи наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Статистичний комплекс для зразків 1-ї групи

Група	Робота A_x , Нм повторності			Кількість значень в групі, шт	Середнє значення роботи A_x , Нм	Групова дисперсія σ^2 , (Нм) ²
	1	2	3			
Серійний	2,851	2,853	2,855	3	2,853	0,000004
Експериментальний 1	2,634	2,670	2,703	3	2,669	0,001191

Розрахункове значення критерію $t = 7,517$. Таблицне значення критерію $t_{таб}$ при кількості ступенів вільності $k = 4$ і рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює

$t_{таб} = 2,78$ [142]. Маємо $t > t_{таб}$. Нульова гіпотеза про рівність середніх

значень роботи A_x для зразків копіїв Серійний і Експериментальний 1 відкидається, тобто середні значення суттєво відрізняються одне від одного. Таким чином, для копіра з теоретично обґрунтованим профілем робочої поверхні, значення роботи копіювання коренеплодів на 6,5 % менше порівняно з копіром серійної гичкозбиральної машини БМ-6Б.

Статистичний комплекс для 2-ї групи наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Група	Робота A_x , Нм повторності			Кількість значень в групі, шт	Середнє значення роботи A_x , Нм	Групова дисперсія σ^2 , (Нм) ²
	1	2	3			
Експериментальний 1	2,634	2,670	2,703	3	2,669	0,001191

ментальний 1	2,555	2,513	2,621	3	2,563	0,002964
Експери ментальний 2						

Статистичний комплекс для зразків 2-ї групи

Розрахункове значення критерію $t = 2,32$. Табличне значення критерію $t_{таб}$ при кількості ступенів вільності $k = 4$ і рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює $t_{таб} = 2,78$. Маємо $t < t_{таб}$. Нульова гіпотеза про рівність середніх значень роботи A_x для зразків копіїв Експериментальний 1 і Експериментальний 2 приймається, тобто середні значення суттєво не відрізняються одне від одного. Таким чином, збільшення початкового кута нахилу робочої поверхні копіра з 22 до 46° не призводить до суттєвого зменшення роботи копіювання коренеплодів.

Статистичний комплекс для 3-ї групи наведено в табл. 4.9	Таблиця 4.9
--	-------------

Статистичний комплекс для зразків 3-ї групи

Група	Робота A_x , Нм повторності			Кількість значень в групі, шт	Середнє значення роботи A_x , Нм	Групова дисперсія σ^2 , (Нм) ²
	1	2	3			
Експери ментальний 2	2,555	2,513	2,621	3	2,563	0,002964
Експери ментальний 3	4,475	4,436	4,396	3	4,436	0,001560

Розрахункове значення критерію $t = 39,575$. Табличне значення критерію $t_{таб}$ при кількості ступенів вільності $k = 4$ і рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює $t_{таб} = 2,78$. Маємо $t > t_{таб}$. Нульова гіпотеза про рівність середніх

значень роботи A_x для зразків копіїв Експериментальний 2 і Експериментальний 3 відкидається, тобто середні значення суттєво відрізняються одне від одного. Таким чином, зменшення значення координати x_k нижньої граничної точки ділянки підйому копіра з 0,3 м до 0,15

м, тобто довжини копіра, призводить до збільшення роботи копіювання коренеплодів майже на 70%.

Результати експериментальних досліджень з визначення роботи копіювання копіром гнчкозрізувального апарата коренеплодів підтвердили достовірність результатів теоретичних досліджень, тобто адекватність побудованих математичних моделей реальним умовам.

4.3. Вплив значень копіювального пристрою гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів

Для визначення впливу параметрів копіювального пристрою гнчкозрізувального апарата на енергетичні показники процесу копіювання коренеплодів цукрових буряків були проведені експериментальні лабораторні дослідження за методикою планування багатofакторного експерименту, яка

описана в розділі 3.3.3. Діючими факторами були: довжина важелів паралелограмного пристрою (X_1), профіль робочої поверхні копіра (X_2), жорсткість пружини (X_3) і попередній натяг пружини (X_4). Для проведення цих досліджень були виготовлені додаткові важелі паралелограмного механізму 1 більшої довжини, ніж важелі копіювального пристрою гнчкозрізувальної машини БМ-6Б, як показано на рисунку 4.5б. (рис. 4.5а).



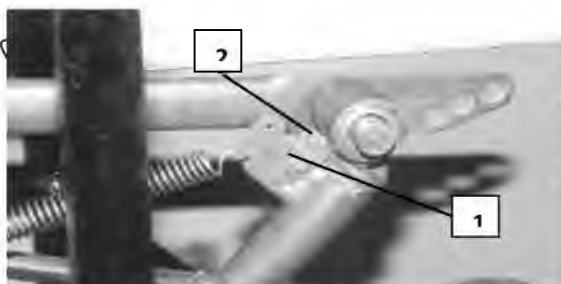
а)



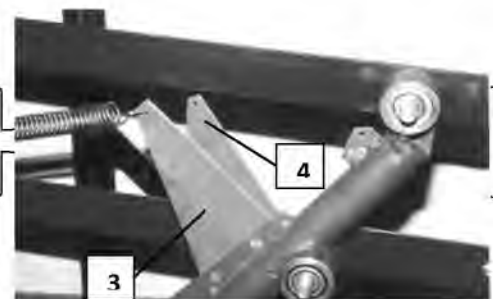
б)

Рис. 4.5. Паралелограмний механізм копіювального пристрою гнчкозрізувального апарата; а – гнчкозбиральної машини БМ-6Б; б – експериментального; 1, 2 – змінні важелі

Початкова зміна натягу пружини у копіювального пристрою гнчкозбиральної машини БМ-6Б виконувалась за допомогою натяжного кронштейна 2 (рис. 4.6а), який встановлений на місці кріплення основного кронштейна 1. При встановленні важелів паралелограмного механізму більшої довжини на стояку з копіром були встановлені додаткові основні 3 (рисунок 4.6б) і натяжні 4 кронштейни для кріплення пружини. Це дозволило зберегти початкове положення і робочий натяг пружини незмінними для обох варіантів довжини важелів.



а)



б)

Рис. 4.6. 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

В процесі експерименту пружину копіювального пристрою гичкозбиральної машини БМ-6Б було замінено на пружину більшої жорсткості, яка мала таку саму кількість витків. Жорсткість пружин визначалась за допомогою випробувальної машини FM-500 з Німеччини (рис. 4.7). Результати визначення жорсткості пружин наведено в табл. Е.1 і Е.2 Додатків.

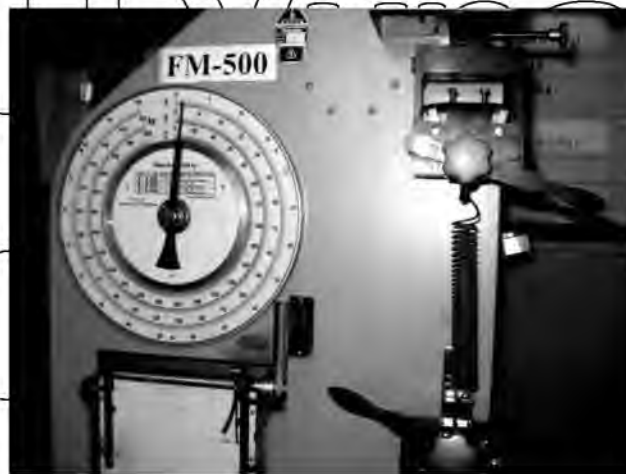


Рис. 4.7. Механічна випробувальна машина FM-500

Для проведення експериментальних досліджень з плануванням багатофакторного експерименту використовувалась лабораторна установка (див. рис. 3.2). Згідно з матрицею планування (дробовою напівреплікою 24-1), копіювальний пристрій гичкозрізувального агрегата серійної гичкозбиральної машини БМ-6Б був переобладнаний шляхом установки змінних елементів, таких як важелі паралелограмного механізму, коніри, пружини та кронштейни, які слугували для натягу пружин (рис. 4.6а,б). Зразки конірів, використані в

дослідженнях, наведено на рис. 4.3а,б. Числові значення параметрів елементів копіювального пристрою наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Характеристика діючих факторів

Фактори	Позначення	Рівні факторів			
		нижній		верхній	
		знак	числове значення	знак	числове значення
Довжина важелів паралелограмного механізму, м	X_1	-	0,26	+	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

Довжина пружин копіювального пристрою гнчкозрізувального агрегата в існуючому стані, з машини БМ-6Б (жорсткість 1000 Н/м) і експериментальному стані (жорсткість 1700 Н/м), в не розтягнутому положенні, становила 0,108 м. В конструктивному стані, як у машини БМ-6Б, з попереднім натягом, довжина обох пружин складала 0,233 м, а в експериментальному стані з експериментальним попереднім натягом, який використовувався за допомогою натяжних кронштейнів (рис. 4.6а,б), довжина обох пружин складала 0,258 м. Таким чином, нижній рівень фактора "Попередній натяг пружини" складає 0,125 м, а верхній рівень - 0,150 м. Зміна профілю робочої поверхні копіра виконувалась шляхом установки відповідного зразка копіра на гнчкозрізувальний апарат.

Результати реалізації плану дробового факторного експерименту згідно таблиці 3.8 наведено в табл. Ж.1-Ж.8 Додатків. Значення відгуків в реалізації, що різко виділяються, були перевірені за правилом 3σ на можливість виключення їх з подальших розрахунків. За даними табл. Ж.1-Ж.8 Додатків складена розрахункова табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Значення відгуків і результати розрахунків в досліді

Номер досліду	Діючі фактори				Відгук $Y, \text{Нм}$			середнє $\bar{Y}, \text{Нм}$
	X_1	X_2	X_3	X_4	повторності			
					Y_1	Y_2	Y_3	
1	+	+	+	+	3,913	3,978	4,077	3,989
2	+	+	-	-	3,223	3,252	3,194	3,223
3	+	-	+	-	3,187	3,055	3,121	3,121
4	+	-	+	-	3,697	2,736	3,781	3,738
5	-	-	+	+	3,242	3,368	3,301	3,304
6	-	-	-	-	2,633	2,671	2,702	2,668
7	-	+	-	+	2,821	2,886	2,953	2,886
8	-	+	+	-	3,398	3,326	3,466	3,397

Під час перевірки відтворюваності дослідів (табл. 4.10) одержане розрахункове значення критерію Кохрена $G=0,217$. Табличне значення

критерію Кохрена при рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G_T = 0,516$ [65].

Оскільки маємо $G < G_T$, що вказує на відтворюваність дослідів.

Під час визначення коефіцієнтів регресії одержані такі їх значення:

$b_0=3,291$; $b_1=0,227$; $b_2=0,083$; $b_3=0,316$; $b_4=0,034$. Перевірка значимості

коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента, при рівні значимості $\alpha = 0,05$,

показала, що всі коефіцієнти значимі.

Таким чином, математична модель, яка зв'язує відгук Y з діючими факторами, при їх варіюванні на двох рівнях, буде мати вигляд:

$$Y = 3,291 + 0,227X_1 + 0,083X_2 + 0,316X_3 + 0,034X_4 \quad (4.1)$$

Перевірка моделі (4.1) на адекватність за критерієм Фішера показала, що його

розрахункове значення $F_P = 2,029$, а табличне значення, за рівної значимості $\alpha = 0,05$ і кількості ступенів вільності $f_{\text{ад}} = 3$ і $f_y = 16$, $F_T = 3,24$ [65]. Як висновок, маємо $F_P < F_T$, що вказує на адекватність моделі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Передумови, методика розрахунку і вихідні дані

Розрахунок економічної ефективності результатів досліджень, спрямований визначення доцільності їх впровадження у виробництво. Він базується на порівняльній оцінці бурякозбиральних машинно-тракторних агрегатів, які працюють в різних режимах експлуатації, а також агрегатів, які оснащені різними серійними і експериментальними робочими органами в різних варіантах комплектації. При цьому порівняльна оцінка ґрунтується на наступному:

I - Бурякозбиральний агрегат складається з наступних компонентів: трактор ХТЗ-160У, гичкозбиральної машини БМ-01, що встановлена на передній начіпній системі трактора, і копача-валкоутворювача КВЦБ-1,2, який встановлений на задній начіпній системі трактора. Робочі органи цих машин є серійними.;

II - Бурякозбиральний агрегат складається з трактора ХТЗ-160У та аналога бурякозбиральної машини KR-6. Обидва агрегати мають серійні гичкозбиральні і викопуючі робочі органи;

III - Бурякозбиральний агрегат складається з трактора ХТЗ-160У та аналога бурякозбиральної машини KR-6. В цьому варіанті агрегату використовуються експериментальні копирі і серійні лемеші;

IV - Бурякозбиральний агрегат складається з трактора ХТЗ-160У та аналога бурякозбиральної машини KR-6. Агрегат використовує серійні копирі і експериментальні лемеші

V - Бурякозбиральний агрегат складається з трактора ХТЗ-160У та

аналога бурякозбиральної машини KR-6. У цьому варіанті агрегату використовуються експериментальні копії і експериментальні лемеші.

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 напруження 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 агрегат 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 агрегат 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

$$C_4 = \frac{B_T P_T}{100 W_3 t_T} + \frac{B_M P_M}{100 W_3 t_M}, \quad (5.7)$$

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

$$E_D = (B_V - B_B) \cdot \Pi_3, \quad (5.9)$$

де B_B і B_V - фактична врожайність коренеплодів при їх збиранні відповідно базовим і удосконаленим варіантами бурякозбирального машинно-тракторного агрегату, т/га; Π_3 - закупівельна ціна однієї тони коренеплодів, грн/т.

Таблиця 5.1

Результати розрахунку продуктивності бурякозбирального агрегату

Показники	Бурякозбиральна машина KR-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	6,82	6,84	7,01	7,03
Продуктивність за годину змінного часу, га	1,105	1,111	1,136	1,141
Змінна продуктивність, га	7,741	7,71	7,958	7,97

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

Таблиця 5.2

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження результатів досліджень

Показники	Бурякозбиральний агрегат				
	базовий з серійними робочими органами	з експериментальними робочими органами			
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)
	ХТЗ-160У + БМ-01+ КВЦБ-1,2	ХТЗ-160У + аналог КР-6	копіра ми	леме шами	копірами і леме шами
	2	3	4	5	6
Вартість трактора, тис. грн	167	152	154	15	150
Вартість машин, тис. грн	74	74	74	74	74
Амортизаційні відрахування, %					
трактора	16	15	16	15	16
машин	15	15	15	15	15
Відрахування на ремонт і ТО, %					
трактора	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
машини	12	12	12	12	12
Нормативне річне завантаження, год	1354	1354	1354	1354	1354
трактора	180	180	180	180	180
машини					
Продуктивність за годину змінного часу, га	1,104	1,108	1,115	1,134	1,149

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	3,77	3,70	3,77	3,70	3,77
Година оплати праці, грн/люд.-год	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Урожайність біологічна, т/га	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Втрати при збиранні, %	3,8	0,6	0,6	0,6	0,6
Урожайність фактична, т/га	26,74	27,63	27,63	27,63	27,63

5.2. Економічна ефективність зниження енергоємності робочого процесу дообрізників головок коренеплодів і лемешів коливних копачів

Для розрахунку економічної ефективності зниження енергоємності робочого процесу копирів дообрізників головок коренеплодів і лемешів коливних копачів порівнюємо чотири бурякозбиральних агрегати: агрегат II (ХТ3-160У + аналог KR-6 з серійними робочими органами) вважається базовим, а агрегати III, IV і V мають експериментальні робочі органи (копирі, лемеші і комбінацію копирів з лемешами). Експлуатаційні показники (табл. 5.2) для всіх агрегатів є спільними та мають однакові значення, які використовуються для розрахунку.

В таблиці 5.3 наведені результати розрахунку економічної ефективності зниження енерговитрат робочого процесу копирів дообрізників головок коренеплодів і лемешів коливних копачів для всіх чотирьох розглянутих бурякозбиральних агрегатів при напрацюванні 225,72 га, що відповідає нормативному річному навантаженню бурякозбиральної машини в 180 годин.

З таблиці 5.1 видно, що використання експериментальних копирів дообрізників головок коренеплодів і лемешів копачів призвело до зниження тягового опору бурякозбиральної машини з 31400 Н у машини з серійними робочими органами до 23800 Н у машини з експериментальними копірами і лемешами, що становить зменшення на 9,9%. Це в свою чергу позитивно вплинуло на робочу швидкість руху агрегата, яка збільшилась з 6,83 до 7,04 км/год. Таким

чином, змінна продуктивність агрегата зросла з 7,742 до 7,980 га, що становить збільшення на 3,1%.

1. При використанні лише експериментальних лемешів спостерігається вища економічна ефективність порівняно з використанням лише експериментальних копирів. Затрати праці для бурякозбиральної машини з експериментальними копірами становлять 0,904 люд.-год/га, що на 0,3% більше, ніж для машини з серійними копірами (0,901 люд.-год/га). Затрати праці для машини з експериментальними лемешами становлять 0,880 люд.-год/га, що на 2,7% менше. Зниження вартості палива становить 0,2% для машини з експериментальними копірами і 7,6% для машини з експериментальними лемешами. Приведені експлуатаційні витрати зменшилися на 0,3% для машини з експериментальними копірами і на 4,7% для машини з експериментальними лемешами.

Таблиця 5.3

Результати розрахунку економічної ефективності впровадження удосконалених робочих органів

Показники	Бурякозбиральна машина - аналог KR-6						
	з серійними копірами і лемешами (базовий)	з експериментальними копірами	% до базового	з експериментальними лемешами	% до базового	з експериментальними копірами і лемешами	% до базового
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	0,880	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 копирів і лемешів за нормативного річня, грн				39867,16			

2. Порівняння показників економічної ефективності бурякозбиральної машини з серійними і експериментальними робочими органами (копірами і лемешами) показало наступне: витрати праці зменшилися на 3% (з 0,904 до 0,877 люд.-год/га), погектарні затрати на паливо та його ціну знизилися майже на 8% (з 69,93 до 64,6 грн/га), а приведені експлуатаційні витрати, включаючи затрати на паливо та оплату праці механізаторів, зменшилися на 5,2% (з 149,49 до 141,79 грн/га).

3. Річний економічний ефект під час роботи однієї бурякозбиральної машини - аналога KR-6 з експериментальними копірами і лемешами, у порівнянні з машиною з серійними робочими органами, складає приблизно 38 000 грн. Цей розрахунок базується на річному завантаженні обох агрегатів, яке становить 180 годин, а також на збільшенні кількості зібраних коренеплодів за

рахунок підвищеної робочої швидкості агрегата з експериментальними робочими органами (згідно з табл. 5.1). Це збільшення швидкості дозволяє зібрати додатково 6 гектарів площі.

5.3. Економічне обґрунтування ефективності вибору режиму роботи

бурякозбирального агрегату

Економічна ефективність вибору оптимального режиму роботи бурякозбирального агрегата і використання експериментальних робочих органів, а також узагальнення результатів наукових досліджень, проводиться шляхом порівняння двох агрегатів. Перший агрегат складається з трактора ХТЗ-160У, гичкозбиральної машини БМ-01 і копача-валкоутворювача КВЦБ-1,2 з серійними робочими органами, який працює в тягово-штовхаючому режимі. Другий агрегат включає трактор ХТЗ-160У та аналог бурякозбиральної машини КР-6 з серійними робочими органами, і працює в штовхаючому режимі. Порівняння цих двох агрегатів дозволяє встановити економічну перевагу обраного режиму роботи та використання експериментальних робочих органів на підставі аналізу різниці в ефективності, продуктивності та витратах праці і палива.

Під час розрахунку економічної ефективності вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату, важливо враховувати кілька факторів. По-перше, зниження втрат коренеплодів при збиранні агрегатом з штовхаючим режимом роботи, завдяки покращенню точності спрямування його робочих органів по рядкам. Це дозволяє зменшити втрати та покращити якість зібраних коренеплодів. По-друге, при виборі тягово-штовхаючого режиму роботи, може знадобитися додатковий комплект вузькопрофільних шин для агрегата, що дозволить йому працювати в міжряддях. Це може збільшити вартість обладнання, яку слід враховувати при розрахунку економічної ефективності. Таким чином, розрахунок економічної ефективності повинен враховувати і переваги точного спрямування робочих органів у штовхаючому режимі, і можливі додаткові витрати на вузькопрофільні шини для роботи 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 год (табл. 5.2), при закупівельній ціні коренеплодів 220 грн/т, наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Результати розрахунку економічної ефективності

вибору обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату

Показники	Бурякозбиральний агрегат	
	режим роботи	
	тягово-штовхаючий	штовхаючий
	ХТЗ-160У+БМ-01 + КВЦБ-1,2	ХТЗ-160У+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	41220,75	

ВИСНОВКИ

Ціль магістерської роботи полягає у вирішенні задачі покращення якості роботи і зниження витрат енергії при збиранні цукрових буряків за допомогою бурякозбиральних агрегатів, які працюють з системним трактором. Для досягнення цієї мети, у роботі розроблено методику розвитку динаміки функціонування бурякозбиральних агрегатів та обґрунтування параметрів їх робочих органів. Це дозволяє покращити якість збирання буряків, знизити витрати енергії та зменшити витрати при виконанні цієї технологічної операції.

1. Використання погужених самохідних бурякозбиральних комбайнів зменшує кількість проходів по полях, економить 30 ... 40 % пального та підвищує продуктивність праці. Однак, порівняно до збиральних агрегатів, які складені на базі тракторів, самохідні комбайни дуже дорогі, складні та громіздкі і що робить їх не доступними для більшості виробників.

Тракторні бурякозбиральні агрегати не мають автоматичних пристроїв для забезпечення ведення по рядкам коренеплодів, що призводить до зниження якості виконання технологічних процесів, мають високі енерговитрати, а також на сьогоднішній день відсутні результати досліджень з вибору раціональної схеми агрегування бурякозбиральних агрегатів та сучасних системних тракторів.

2. Змінивши компоновку бурякозбирального комбайна з тягучо-штовхаючої на штовхаючу систему, було виявлено, що рядки цукрових буряків можна краще копіювати, що призвело до зниження втрат врожаю на 3,2% під час збирання.

3. Зменшення ширини колії трактора покращує копіювання гребенів цукрових буряків. Доведено, що зменшення ширини колії з 2950 мм до 1800 мм зменшує середнє відхилення колії машини від осової лінії гребеня більш ніж на 20% і майже вдвічі зменшує дисперсію відхилення. При цьому проблема зменшення ширини колії трактора найкраще вирішується при роботі машини в режимі штовхання, коли колеса трактора рухаються по площі збирання врожаю.

4. Зниження енергоємності процесу копіювання і подальшого пошкодження коренеплодів та відокремлення їх від ґрунту на 6-7%, безумовно, може бути досягнуто шляхом удосконалення геометричного профілю копіра стерньового комбайна суцільної дії з використанням прямих методів варіаційного інтегрування.

5. Встановлено, що енергетичні витрати можуть бути зменшені на 10% за рахунок удосконалення профілю лемеша збиральної машини КР-6 у тривимірному просторі з використанням прямого методу варіаційних методів та методу скінченних елементів.

6. Заміна серійних копирів і лемешів на обґрунтовані дослідженнями робочі органи дозволяє збільшити продуктивність бурякозбиральної машини КР-6 і зменшити погектарні витрати палива майже на 8%. Отриманий економічний ефект від модернізації машини і обґрунтованого режиму роботи бурякозбирального агрегату становить понад 70 тис. грн. на одну машину щорічно при нормативному річному завантаженні.

7. Бурякозбиральна машина КР-6 з удосконаленими робочими органами застосовується для вирощування цукрових буряків за "колійною" технологією в дослідному господарстві Інституту цукрових буряків "Пархомівське" в Краснокутському районі Харківської області. На площі 120 га виконувалися дослідження у 2021-2022 роках, при чому річний економічний ефект склав близько 25 тис. грн. на одну машину. Результати цих досліджень також були схвалені для впровадження ВАТ "БОРЕКС" у м. Бородянка, Київській області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аванесов Ю.Б., Бессарабов В.И., Зуев Н.М. Уборка сахарной свеклы в сложных условиях. - М.: Колос, 1983. - 158 с.
2. Агроническая тетрадь по индустриальной технологии производства сахарной свеклы / А.Г. Денисенко, Г.Д. Загородний, А.С. Заец и др.; Под ред/ А.Н. Ткаченко. - К.: Урожай, 1986. - 144 с.
3. Айзерман М.А. Классическая механика: Учебное пособие. - 2-е изд. - М.: Наука, 1980. - 368 с.
4. Алдохин В.Г., Бессарабов В.И., Еремеев И.Д. и др. К совершенствованию режущего аппарата ботвоуборочных машин // Труды ВИМ. - М.: ВИМ, 1978. - Т. 80. - С. 48-53.
5. Анашкин А.Н. Результаты полевых испытаний ботвосрезающего аппарата свеклоуборочного комбайна СКД-2 // Вопросы механизации сельского хозяйства: Тематич. сб. Мордовского университета. - Саранск, 1973. - № 96. - С. 73-77.
6. Барышников Б.В., Туликов А.А. Исследование процесса обрезки головок корней сахарной свеклы дисковым неподвижным ножом // Механизация: Тр. Ульяновского СХИ. - Ульяновск, 1967. - Т.12, Вып.1. - С. 46-51.
7. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 568 с.
8. Булгаков В.М. Исследование и совершенствование рабочего процесса самоходной корнеуборочной машины: Дис. ...канд. техн. наук: 05.20.04. - К., 1984. - 266 с.
9. Булгаков В.М., Гурченко А.П., Барановський В.Н. Усовершенствованная корнеуборочная машина КУМ-3 // Тракторы и сельхозмашины. - 1992. - №8-9. - С. 32-34.
10. Булгаков В.М. Совершенствование технологического процесса и машин для уборки корнеплодов сахарной свеклы: Автореф. дис. ...д-ра техн.

наук в формe науцного доклада: 05.20.01/05.20.04 / АО ВИСХОМ. - М., 1993. - 61 с.

11. Булгаков В.М., Головач І.В., Сипливець О.О., Гурченко О.П.

Дослідження взаємодії пасивного копіра з коренеплодом. // Вісник аграрної науки. - 2002. - №11. - С. 41-44.

12. Булгаков В.М., Головач І.В. Використання вібраційних робочих органів при викопуванні коренеплодів цукрових буряків // Вісник аграрної науки. - 2004. - №11. - С.40-45.

13. Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику. - М.: Наука, 1971. - 264 с.

14. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Учебник. В 2-х томах. - 2-е изд. - М.: Наука, 1979. - Т. 2: Динамика. - 544 с.

15. Василенко А.А. Бурякозбиральні машини. - Харків-Київ: Держ. наук.-техн. вид-во України, 1936. - 339 с.

16. Василенко А.А., Зелігман С.Б. Питання створення бурякозбирального комбайна з обрізуванням гички на пні // Вісник с.-г. науки. - 1959. № 12. - С. 17-21.

17. Василенко А.А., Терехов О.П. До історії різального апарата бурякозбирального комбайна // Доп. Укр. акад. с.-г. наук. - Київ, 1960. - №3. - С. 33-39.

18. Василенко А.А., Герасимчук В.Т. Исследование ботвосрезающих аппаратов свеклоуборочных машин // Вестник с.х. науки. - 1961. - № 10. - с. 26-30.

19. Василенко А.А., Герасимчук В.Т. Исследование ботворежущих аппаратов свеклоуборочных комбайнов с обрезкой ботвы на корню // Механизация и электрификация социалистического сельского х-ва. - 1963. - № 4. - С.3-7.

20. Василенко В.П. Кінематичні елементи руху самохідної коренезбиральної машини // Вісник с.-г. науки. - 1978. №10. - С.54-57.

21.Василенко Н.М., Василенко В.П. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов): Учебное пособие. - К.: РИО УСХА, 1980. - 136 с.

22.Виноградов А.В. Новые конструкции сельскохозяйственных машин // Сельскохозяйственная машина. - 1931. - № 1. - С.40-43.

23.Вовк П.Ф. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин: В 4 т. - М.: Сельхозгиз, 1936. Т. 2: Агрофизические свойства корней сахарной свеклы в связи с механизацией уборки. - 458 с.

24.Вовк П.Ф. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин: В 4 т. - М.: Сельхозгиз, 1936. Т. 4: Основы теории режущих аппаратов свеклоуборочных машин. - 429 с.

25.Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.

26.Денисенко І.І. Проектування бурякозбиральних машин з врахуванням фізико-механічних властивостей цукрових буряків // Вісник с.-г. науки. - 1963. - №10. - С.16-22.

27.Денисенко И.И. Влияние поступательной скорости движения свеклоуборочных машин на качественные показатели их работы //

Труды Кишиневского СХИ. - Кишинев, 1972. - Т.84. - С.41-44.

28.Довбня О. Механізація збирання цукрових буряків. - Харків: Держсільгоспвидав. - 1933. - 47 с.

29.Довідник агронома / В.А. Кононюк, О.К. Медведовський, П.І. Витриховський; За ред. Л.Л. Зіневича. - К.: Урожай, 1985. - 672 с.

30.ДСТУ 2258-93 (ГОСТ 7496-93). Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови. На заміну ГОСТ 7496-84. Введ. 15.10.93. - К.: Держстандарт України, 1993. - 12 с.

31.Индустриальная технология производства сахарной свеклы /О.А. Маковецкий, В.В. Брей, Л.В. Погорелый и др.; Под ред. Л.В. Погорелого. - К.: Урожай, 1983. - 136 с.

32. Исследование систем и устройств автоматики методом планирования эксперимента / А.Е. Егоров, Г.Н. Азаров, А.В. Коваль, Под ред. В.Г. Воронова. - Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. - 240 с.

33. Калиниченко В.И., Дорофеева В.И., Шкребец С.М. Введение в метод конечных элементов: Специальный курс. - Харьков: Изд-во ХГУ, 1993. - 40 с.

34. Карпенко М.Н., Заграничный В.И., Белов Ю.К. Изучение некоторых агробиологических свойств сахарной свеклы в Зауралье с целью усовершенствования ботворежущего аппарата // Эксплуатация и технологическое обслуживание МТП: Труды ИИМЭСХ. - Иркутск, 1971. - Вып. 68, ч. 2. - С.72-76.

35. Карпенко М.Н., Сергеев М.П. Теоретическое исследование влияния угла установки копира и скорости движения машины на геометрическую чувствительность ботвосрезающего аппарата // Науч. тр. Омского СХИ. - Омск, 1974. - Т.127. - С. 36-43.

36. Колесников Г.М. Зависимость качества обрезки корнеплодов от конструкции ботвосрезающего ножа и рабочей скорости машины // Сахарная свекла. - 1979. - № 9. - С. 3.

37. Корнієнко С., Пашенко В., Федоряка М. Харківська технологія виробництва цукрових буряків // Пропозиція. - 2001. - №5. - С. 96-97.

38. Короткевич П.С. О влиянии формы лезвия ножа на сопротивление подрезанию пласта при обработке почвы. // Механизация и электрофикация сельского хозяйства: Респ. межвед. тем. науч.- техн. сб. - Вып. 8: Механизация обработки почвы и внесения удобрений. - К., 1967. - С.13-17.

39. Лепешко И.Я. Разработка и обоснование технологии уборки ботвы и отделение ее от корней сахарной свеклы // Сборник научных трудов аспирантов ЦИИМЭСХ. - Минск, 1968. - С. 258-266.

40. Лінник М.К., Гуков Я.С. Проблеми енергозбереження за механізованого обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. - 2000. - №1. - С. 47-49.

41. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу: Навчальний посібник / Мельник І.І., Гречкоєй В.Д., Бондар С.М. та ін. - К.: Видавничий центр НАУ, 2004. - 151 с.

42. Осуховський В., Волоха М. Розширення функціональних можливостей коренезбиральної машини КС-6Б // Пропозиція - 2002. - №8-9. - С 98-101.

43. Панкратов А.И. Исследование копирующего устройства ботвореза свеклокомбайна на ЭВМ // Вопросы повышения надежности и долговечности с.х. техники. - Пермь, 1974. - С. 89-96.

44. Пат. 9709 України, МКИ А01D 25/04. Віброкопач для коренеплодів / П.Ю. Зиков, Д.Г. Войтюк, І.А. Цурпал та ін. (Україна). - №94128264; Заяв. 28.12.94; Опубл. 30.09.96. - Бюл. №3. - 3 с.: іл.

45. Пат. 10723 України, МКИ А01D 25/04. Віброкопач для коренеплодів / В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, П.Ю. Зиков (Україна). - №94128265; Заяв. 28.12.94; Опубл. 25.12.96. - Бюл. №4. - 3 с.: іл.

46. Погорілий Л.В., Брей В.В. Фізико-механічні властивості коренів цукрових буряків у зв'язку з механізацією процесу їх збирання // Вісник с.г. науки. - 1971. - № 3. - С. 31-35.

47. Погорілий Л., Рева Д., Смакоуз Г. та ін. Бурякозбиральна техніка: концепція та напрями сучасного розвитку і прогноз на перспективу // Техніка АПК. - 1997. - № 2. - С. 15-18.

48. Погорілий Л., Татьянако М., Погорілий М. та ін. Прогноз розвитку бурякозбиральних машин та обґрунтування альтернативної валкової технології збирання цукрових буряків // Техніка АПК. - 2002. - № 7-9. - С. 18-23.

49. Погорелый Л.В., Татьянако Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. - К.: Феникс, 2004. - 232 с.

50. Погорілий М.Л. Аналіз напрямків розвитку та ефективності сучасних бурякозбиральних машин // Удосконалення системи машин та

випробувань сільськогосподарської техніки: Зб. наук. робіт.-
Дослідницьке: УкрЦВТ. - 1993. - С. 186-198.

51. Погорілий М. Підвищення експлуатаційно-технологічних характеристик бурякозбиральних машин та формування зональних комплексів // Техніка АПК. - 1998. - №3. - С. 16-17.

52. Погорілий М. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку // Техніка АПК. - 1998. - №4. - С. 21-23.

53. Погорілий М. Л. Підвищення технологічної ефективності бурякозбиральних машин: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.04. - К., 2002. -

245 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України