

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

# НУБІП України

УДК 631.356.2.02

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету конструювання  
та дизайну

ДОНУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри  
Сільськогосподарських машин  
та системотехніки ім акад.

# НУБІП України

П.М. Василенка  
(підпис)

З. Ружило

Гуменюк Ю.О.  
(ПШБ)

“ ” 2021 р.

“ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Обґрунтування конструкції викопуючих робочих органів,  
бурякозбиральної машини МКК – 6

Спеціальність: 133 – «Галузеве машинобудування»

Освітня програма: Технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Кандидат технічних наук, доцент

А.В. Новицький

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

Д. с. - г. н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Теслюк В.В.  
(ПШБ)

Виконав

(підпис)

Хасцький А.М.  
(ПШБ студента)

# НУБІП України

КИЇВ – 2021

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

# НУБІП України

УДК 631.356.2.02

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
Сільськогосподарських машин та  
системотехніки  
ім акад. П.М. Василенка  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

# НУБІП України

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

**Хаєцькому Антонію Михайловичу**

Спеціальність: 133 – «Галузеве машинобудування»

Освітня програма: Технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Обґрунтування конструкції викопуючих робочих  
органів, бурякозбиральної машини МКК – 6»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «25» листопада 2020 р. №  
1856 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2021. 11. 25.

Вихідні дані до роботи: первинна документація базового господарства, наукові  
публікації із тематики магістерської роботи, довідкова література, навчальна  
література. Коренезбиральна машини МКК – 6. Технологічний процес  
викопування й видалення залишків гички з головок цукрових буряків.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Теоретичні дослідження стану питання збирання коренеплодів буряків.
2. Теоретичний аналіз параметрів комбінованого викопуючого сферичного  
диску.
3. Методика та результати експериментальних досліджень.
4. Економічна ефективність використання копача.

Дата видачі завдання „ 6 ” грудня 2020 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Теслюк В.В.

( прізвище та ініціали )

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

( підпис )

Хаєцький А.М.

( прізвище та ініціали студента )

# НУБІП України

# НУБІП України

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ ..... 5

## РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

КОРЕНЕЗВИРАЛЬНИХ МАШИН ..... 10

1.1. Агротехнічні та технологічні особливості видалення тички з головок коренеплодів 9-12 ..... 10

1.2. Огляд конструкцій робочих органів та очисників головок коренеплодів комбайнів ..... 14

1.3. Узагальнення модернізації робочих органів машини ..... 22

1.4. Висновки до розділу ..... 28

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ВИКОПУЮЧОГО СФЕРИЧНОГО ДИСКУ ..... 28

2.1. Розрахунок параметрів викопувального сферичного диска ..... 29

2.2. Розрахунок секундної подачі вороху коренеплодів ..... 32

2.3. Висновки до розділу ..... 44

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 45

3.1. Програма та методика проведення експериментальних досліджень ..... 45

3.2. Результати експериментальних досліджень ..... 46

3.3. Висновки до розділу ..... 53

РОЗДІЛ 4 ВИКОРИСТАННЯ САПР ДЛЯ РОЗРОБКИ СФЕРИЧНОГО ДИСКУ ..... 54

4.1. Застосування САПР ..... 54

4.2. Технологічне і програмне забезпечення систем автоматичного проектування ..... 55

4.3. Формування вихідних результатів ..... 59

4.4. Порядок автоматичного проектування операційного процесу ..... 60

4.5. Розробка очисного вала в програмі SOLID EDGE ..... 61

# НУБІП України

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО

ОРГАНУ ..... 63

5.1. Розрахунок економічної ефективності від зменшення пошкодження та

забруднення коренеплодів..... 63

5.2. Визначення річного економічного ефекту..... 65

ВИСНОВКИ..... 70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 71

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота за темою: “Обґрунтування конструкції викопуючих робочих органів, бурякозбиральної машини МКК - 6” вміщує вступ, 5 розділів розрахунково-пояснювальної записки, висновків загальних, списку використаних джерел з 59 назв і 12 слайдів презентаційного матеріалу. Основний зміст магістерської роботи викладено на 77 сторінках комп'ютерного тексту, містить 19 рисунків і 5 табл.

Магістерську роботу присвячено покращенню технологічного процесу викопування коренеплодів буряків.

У першому розділі висвітлено аналіз технологічних процесів і робочих органів для викопування коренеплодів і обґрунтування удосконалення робочого органу.

У другому розділі викладено основні параметри дискового копача на основі теоретичного аналізу взаємодії кореня буряка з очисною лопаттю горизонтального валу.

У матеріалах третього розділу висвітлено методику та результати експериментальних досліджень.

У четвертому розділі висвітлено основну методику застосування САПР.

У п'ятому розділі висвітлено розрахунки економічної ефективності розробки.

Використання модернізованого викопувача вороху коренеплодів знижує затрати праці за рахунок відміни ручної чистки головок коренеплодів від остатків гички.

Результати роботи рекомендується до використання конструкторами для модернізації коренезбиральних комбайнів.

**Ключові слова:** Коренеплоди, збиральний модуль, ворох, гичка, залишки сферичний диск, елеватор, бітер, ефективність,

# НУБІП України

## ВСТУП

# НУБІП УКРАЇНИ

Коренеплоди буряків використовуються для годівлі тварин, а цукрових є сировиною для виробництва цукру.

# НУБІП УКРАЇНИ

Збирання коренеплодів буряків є важливим трудомістким процесом їх виробництва. Застосування та модернізація сучасних коренезбиральних машин направлено на підвищення експлуатаційних і якісних показників виконання процесу збирання, що показує технічний рівень збиральної техніки, яка ще залишилася, а виробництво якої в Україні за останні роки практично припинилося [3, 4].

# НУБІП УКРАЇНИ

Своєчасне збирання коренеплодів буряків в оптимальні агротехнічні терміни з мінімальними втратами та найменшими трудовитратами є одним із важливих завдань розробки збиральних машин. Основною причиною зниження виробництва цукрових буряків є недосконалість обладнання для їх збору та невідповідність якості роботи агротехнічним вимогам [4, 5].

# НУБІП УКРАЇНИ

Збирання коренеплодів буряків є одним із енергоємних процесів, що включає ряд операцій: обрізка бадилля, очищення головок від залишків бадилля, викопування коренеплодів, відокремлення викопаної купи тощо. Серед цих операцій пріоритетні являє собою технологічний процес викопування купи коренеплодів буряка.

# НУБІП УКРАЇНИ

Пошкодження та втрата коренеплодів, показники секундної подачі до наступних систем очищення компонентів кореневих домішок залежать від вибору конструктивно-компонентних схем викопування робочих органів, їх конструктивно-кінематичних параметрів, що в кінцевому підсумку регулює технологічні показники збирання коренеплодів машини.

# НУБІП УКРАЇНИ

Одним із резервів підвищення технологічної якості коренезбиральних машин є вдосконалення технологічного процесу викопування вороху коренеплодів шляхом використання комбінованих викопних робочих органів, що об'єднують систему пасивного однодискового сферичного копача та встановленого над ним і в його робочому місці горизонтального приводного вала, з очисниками, який дозволяє одночасно з'єднати дві суміжні операції -

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

викопування бороху коренеплодів і очищення головок від бадилля в одній технологічній операції, тим самим інтенсифікувати процес викопування.

Покращення ефективності викопування коренів відбувається за рахунок підвищення динаміки процесу за рахунок одночасної взаємодії очисних елементів приводного валу на коренеплоди та викопаний борох коренеплодів, що значно покращить якість збирання коренеплодів буряків.

У зв'язку з цим розробка нових активних робочих органів для викопування коренеплодів та вивчення впливу конструктивно-кінематичних параметрів комбінованих копачів на підвищення якості технологічного процесу коренезбиральних машин є важливим актуальним економічним завданням.

Метою магістерської роботи є підвищення техніко-технологічної ефективності збирання коренів буряків шляхом розробки та обґрунтування показників робочого органу бурякозбиральної машини для викопування коренеплодів.

Для вирішення цієї мети були поставлені такі завдання:

1. Обґрунтувати технологічну операцію викопування коренеплодів буряків з одночасним очищенням головок коренеплодів від бадилля гички та конструктивно-технологічну схему комбінованого робочого органу для викопування коренеплодів.

2. Встановити основні конструктивно-кінематичні показники комбінованого робочого органу для викопування коренеплодів, на основі взаємодії очисників з коренеплодами буряків.

3. Експериментально встановити пошкодження коренів буряків залежно від швидкості їх ударної взаємодії з поверхнями різних форм.

4. Виявити економічну ефективність використання робочого органу комбінованого типу.

Для досягнення поставленої мети та реалізації завдань дослідження нами розроблено комбінований викопувальний робочий орган, який може забезпечити викопування коренів з одночасним відокремленням залишків гички на головках коренеплодів.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Об'єкт дослідження: технологічна операція викопування коренеплодів буряків, робочі органи комбінованого копача коренів буряків, цукрові буряки.

Предмет дослідження: технологічні та структурно-кінематичні параметри копача, коренеплоди цукрових буряків.

Методи дослідження: теоретичні - механіко-математичне моделювання технологічного процесу викопування коренів буряків з використанням основних положень математики вищої, механіки теоретичної та теорії машин і механізмів.

Експериментальні (польові) - з використанням відомих методів планування багатофакторних експериментів. Розрахунки та обробка експериментальних даних були зроблені за допомогою програм для ПК.

Новизна виконання магістерської роботи полягає в наступному:

- обґрунтовано новий технологічний процес викопування коренеплодів буряків, що включає одночасне викопування та відділення залишків гички від головок коренеплодів;

- сформовано залежності між основними параметрами очисника коренеплодів, кінематичними параметрами процесу доочищення та основними розмірами коренеплодів, що характеризують стан не вибивання та не пошкодження коренів елементами очисника;

- запропоновано удосконалену конструкцію копача коренеплодів буряків з одночасним відділенням залишків гички;

- експериментально виявлено ступінь ураження коренеплодів залежно від швидкості їх ударної взаємодії.

На захист магістерської роботи пропонується:

- спосіб покращення ефективності процесу викопування коренеплодів шляхом одночасного копання та відділення залишків гички від головок коренеплодів буряків;

- удосконалений комбінований викопувальний робочий орган коренеплодів;

- технологічний процес і розрахунок основних параметрів комбінованого копача на основі вивчення взаємодії коренеплодів з робочими поверхнями

# НУБІП України

очисника,

- результати експериментальних досліджень пошкодження коренеплодів буряків.

# НУБІП України

Практичне значення отриманих результатів. Обґрунтовано раціональні конструктивно-технологічні показники та розроблено конструкцію комбінованого дискового викопувального робочого органу коренеплодів

буряків, що дозволяє знизити загальні трудовитрати за збирання коренеплодів буряків за рахунок поєднання двох операцій викопування та очищення від

залишків тички головок коренів за одну технологічну операцію.

# НУБІП України

Застосування запропонованого колана має зменшити загальні трудовитрати при збиранні коренеплодів буряків за рахунок поєднання двох операцій викопування й очищення від залишків тички на головках коренеплодів

в одній технологічній операції.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

## КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

### 1.1. Агротехнічні та технологічні особливості видалення гички з головок коренеплодів

Основними агрофізичними особливостями коренеплодів буряків є фізико-механічні та біологічні характеристики. Вибір оптимальних конструктивних і кінематичних показників робочих органів бурякозбиральних машин потребує поглибленого вивчення цих характеристик та їх застосування за умов теоретичного аналізу процесу взаємодії робочого органу з об'єктом збирання [6, 7, 8, 9]..

Дослідження фізико-механічних параметрів коренеплодів буряків висвітлені в роботах [6, 10 та інші].

За умов видалення гички робочими органами активної дії, головка коренеплоду буряка контактує з його робочими елементами, в результаті чого виникають сили тертя. Г.А. Хайлісом виконувалися дослідження для встановлення коефіцієнтів тертя контактній взаємодії буряків з поверхнями різних матеріалів, результати яких висвітлено в наукових працях [7, 9, 16, 28].

Зусилля розриву черешків і пучка гички залежить від висоти затискання [30], і є найбільшим за затискання черешків в місці їх переходу у гичку.

На основі досліджень фізико-механічних показників зв'язку черешків гички з головкою коренеплоду виявлено, що за умов направлення зусиль по дотичній до головки буряка має місце мінімальний опір за умов видалення гички від коренеплоду [33].

Для визначення режимів і параметрів роботи збиральних сільськогосподарських машин застосовують фізико-механічні властивості культур. Вихідними даними для розробки технологічних операцій і робочих органів машин для збирання коренеплодів буряків є їх розмірно-масові

# НУБІП України

характеристики [38, 39].

Фізико-механічні властивості рослин характеризуються залежно від сорту і ґрунтово-кліматичних умов. За умов вибору і проектування основних параметрів викопуючих робочих органів коренеплодів буряків вихідними даними є їх розміри і вага. Якість викопування коренеплодів буряків багато в чому залежить від довжини і діаметру коренеплодів, маси коренеплодів і гички, довжини і діаметру пучка гички [6, 41, 42].

Визначальними характеристиками для проектування робочих органів бурякозбиральних машин є визначення статистичних залежностей між фізико-механічними властивостями і розмірно-масовими характеристиками коренеплодів.

Одержані середні показники в результаті аналізу маси коренеплодів, їх довжини та діаметра варіюються по сортам у значних межах. Так, середня маса коренів за сортами коливається значно – від 0,56 до 2,96 кг. При цьому максимальна маса коренеплодів все ще знаходиться у великих межах і становить 1,78...12,4 кг. Зростання маси кореня тісно пов'язане з його розміром. Регресійні залежності розмірно-масових характеристик (маса кореня від його діаметра та довжини, діаметр кореня від його довжини) показують, що залежність маси кореня від його довжини змінюється залежно від сорту та врожайності коренеплоду [6, 43].

Коефіцієнти кореляції показників у сортів Урсус, Переможець, Полтавська біла становлять відповідно 0,737; 0,785; 0,768. Довжина коренів буряків для даних сортів знаходиться в межах 8,3 до 54,4 см, а сорти Київський, Полтавська біла можуть мати більший зв'язок між масою і діаметрами коренеплодів (0,763 і 0,780) [11].

Встановлено, що основні показники розмірно-масових характеристик коренеплоду мають пряму кореляцію. При збільшенні врожайності сорту Урсус з 60,0 т/га до 98,9 т/га середній діаметр коренеплодів стає 9,4 і 13,5 см; середня довжина - з 18,2 до 27,6 см, а маса - від 0,78 до 2,86 кг [14, 46].

# НУБІП УКРАЇНИ

На підставі досліджень фізико-механічних характеристик з'єднання листя з кореневою головкою встановлено, що сила виштовхування коренів на висоті від 6 до 10 см на 48,2 % менша за силу їх вилучення. Інакше кажучи, сила витягування коренів з вертикально спрямованою силою в 1,9 рази перевищує силу, необхідну для їх зштовхання [48, 49, 50].

Експериментами М.М.Хелемендика [51, 52] виявлено, що при зміщенні черешка пластиною товщиною 8 мм його опір зменшується за наближення черешків до центру головки і становить у середньому 0,9... 1,32 МПа для одного черешка і 0,43... 0,64 МПа для пучка з чотирьох черешків. Відповідно до [53], для забезпечення стабільності коренеплоду черешки необхідно видаляти порційно, причому частина повинна бути в кілька разів меншою за площу коронки кореневої головки (близько 20 см<sup>2</sup>). Питома стійкість до зрізання становить 1... 4 кН/м для гички і 3... 6 кН/м для коренеплоду [54].

Механіко-розмірні характеристики бадилля та коренеплодів буряків досліджено в роботах [55-59] і встановлено: модуль поздовжньої пружності матеріалу гички 22,1 МПа; модуль зсуву матеріалу гички 5,5 МПа; середнє значення нормального напруження при розтягуванні 1,41 МПа; середнє значення тангенціального напруження зсуву становить 1,14 МПа [55, 56]; частота зусиль для вилучення коренів з ґрунту в межах 160-300 Н; зусилля зрушення коренів буряків вздовж ряду в середньому 121,1 Н; сила зрушення коренів поперек ряду становила в середньому 135,7 Н [57]; довжина кореня в ґрунті в межах 5,7... 17,1 см; відхилення кореня від осі ряду в межах 1... 12 см; середній розмір діаметра черешка в межах 11,0... 14,0 мм [58, 59].

Тому важливою вимогою до конструкції та експлуатації бурякозбиральних комбайнів є умова якісного викопування коренеплодів із ґрунту, очищення кореневої головки та видалення залишків бруньок і черешків з урахуванням особливостей гички, коренів та їх взаємозв'язок; плантації коренеплодів буряків перед збиранням.

Для підвищення технологічної та експлуатаційної ефективності коренезбиральних машин значну увагу необхідно приділяти видаленню гички з

головки коренеплоду. Завдання видалення гички з головки кормового кореня ускладнюється тим, що основна частина кореня знаходиться над поверхнею ґрунту, а тому корінь дуже вразливий до його випадання з ґрунту під час дії зовнішніх сил.

У всіх наявних конструкціях гичкозрізувальних механізмів є два напрямки технології видалення гички: тертя і зрізання листя буряків в машині або видалення гички з невикопаних коренів. Перший напрям характеризується високою складністю механізмів тертя і центрування, низькою продуктивністю.

Тому провідні виробники сучасних бурякозиральних комбайнів принцип тертя практично не застосовується. Більшість машин для видалення гички працюють у другому напрямку.

Аналіз літературних джерел [68-71] показує, що лише одним гичкорізом важко досягти допустимих агротехнічних вимог щодо очищення головок коренеплодів від гички. Це пов'язано з необхідністю низької швидкості роботи секатора для копіювання задньої частини кореневої головки, складною формою головки і нерівномірним розподілом коренів в ряду. Тому звичайним є видалення гички з коренів буряків у два етапи (фази) – видалення основної частини гички та очищення головок коренів від залишків листя буряків. Доочисники виконують додаткову обрізку, доочистку кореневих головок або обидві операції одночасно.

Найбільш поширена технологія видалення листової маси з головок коренеплодів двоетапним методом. На першому етапі робочі органи проводять обрізку гички безкорінним зрізом з головок коренеплодів (коренебиральні комбайни Multo-6, «Fahse», Німеччина; MH-340, «Guaresi», Італія; Garford Victor 4, «Garford Farm Machinery», Великобританія; 202, «Stall», Німеччина та ін. [72, 73, 74] Другий етап характеризується лише безкорінним видаленням залишків листя буряків еластичними очисниками [75, 76].

Конструкція та технологічна схема гичкозрізувального пристрою багато в чому залежить від способу подальшого використання бурякового листя. У більшості зарубіжних машин після зрізання гички з головок її розкидають по зібраних ділянках поля з попереднім різанням або без нього. Проте деякі

# НУБІП України <sup>14</sup>

виробники (наприклад, машини «ТІМ» Данії, «Kleine» Німеччина) передбачають у конструкції машин можливість встановлення конвеєра, який завантажує зрізану гичку в транспортний засіб, що рухається поблизу [77, 78,

# НУБІП України

79]. Залежно від терміну зберігання коренеплодів буряків перед переробкою, кожна країна має свою специфіку в технології видалення гички. Так, у США поширена безкопійна технологія видалення гички, яка характеризується вибиванням верхівки гички еластичними билами, які розташовані на горизонтальних валах (наприкладі машини фірми «WIC»).

# НУБІП України

Заготівля гички для готівлі тварин передбачається, насамперед, у конструкціях машин, які виробляються або спрямовані на експорт до країн колишнього СНД та Східної Європи. Вони оснащені гичкозрізувальними пристроями, які здійснюють копіююче зрізування основної маси гички із

# НУБІП України

завантаженням його в транспортний засіб і використовують одну з двох конструктивних схем: пасивне копіювання - активний ніж або активне копіювання - папір.

Установка очисника головок коренеплодів безпосередньо перед викопувальними робочими органами вимагає, щоб швидкості обертання робочих органів ОК були не менше робочих швидкостей бурякозбиральних машин, тобто не менше 1,5... 2,0 м/с [83].

# НУБІП України

Тому актуальною є технологія збирання кормових буряків з використанням двофазного зрізування гички з послідовним безкопійним доочищенням горючок буряків «м'якими» очисними елементами.

# НУБІП України

## 1.2. Огляд конструкцій робочих органів та очисників головок коренеплодів комбайнів

Основою для подальшого формування наукового світогляду розробників робочих органів для викопування коренеплодів, тобто подальшого розвитку

# НУБІП України

# НУБІП України <sup>15</sup>

загальної концепції процесу викопування коренеплодів, повинна бути гіпотеза про можливість одночасного суміщення операцій дообрізування залишків гички та викопування коренеплодів комбінованими копачами.

# НУБІП України

Копачі є одними з базових структур транспортно-технологічних систем сучасних коренезбиральних машин, оскільки від якості їх технологічного процесу роботи залежать, у кінцевому випадку, ефективність застосування конструктивно-компонувальної схеми всього коренезбирального комплексу та показники якості збирання коренеплодів. Механіко-технологічний принцип

# НУБІП України

роботи копачів полягає в руйнуванні зв'язків коренеплодів із ґрунтом і створенні витягувального зусилля для наступного переміщення їх по поверхні робочого органу та передачі викопаних коренеплодів на подальші системи машини.

# НУБІП України

Як правило, робочі органи копачів підрізають шар ґрунту разом із коренеплодами лезом клина, або своєю робочою поверхнею на глибині підкопування та переміщують викопаний ворох по руслі копача в зону очисників для подальшого відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів. При цьому робочі органи копачів повинні забезпечувати достатнє порушення зв'язків коренеплодів із ґрунтом, необхідну повноту їх

# НУБІП України

викопування при задовільних показниках пошкоджень і мінімізації подачі вільного та налипливого ґрунту на очисні системи.

# НУБІП України

# НУБІП України

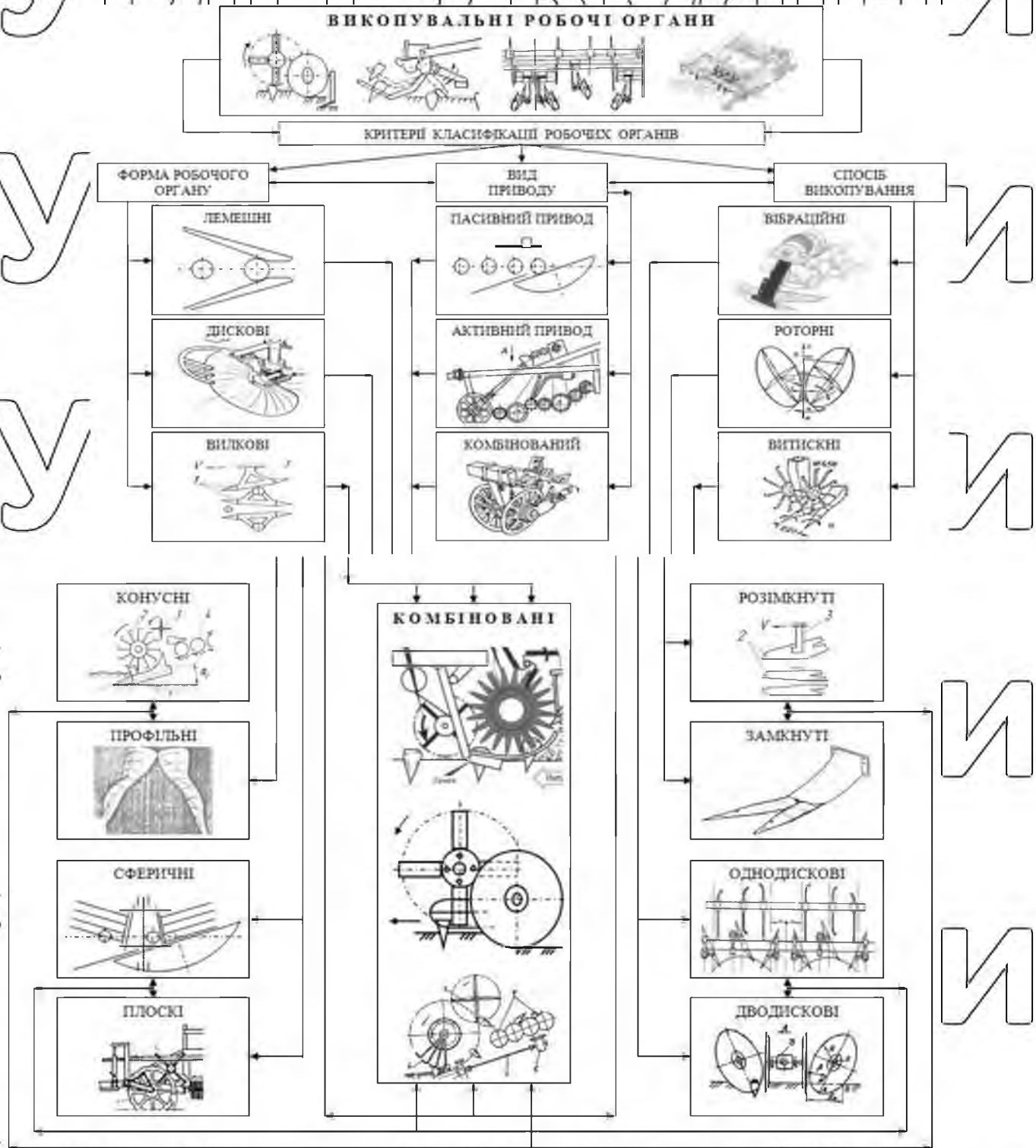


Рис. 111. Класифікація копачів коренеплодів

Ці показники визначають технологічну ефективність роботи копачів, яка,

окрім вказаних чинників, регламентується також застосованою конструктивно-комбінувальною схемою копача, вибором їх регульованих

# НУВБІП УКРАЇНИ

параметрів і режимів функціонування робочих органів копача та коренезбиральної машини загалом, агрофізичними параметрами насаджень коренеплодів, ґрунтово- кліматичними умовами збирання тощо.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Відомо багато варіантів копачів коренеплодів (рис. 1.11), які відрізняються один від одного не тільки конструктивним оформленням, але й технологічним принципом роботи. Це пов'язано, як із закономірним розвитком конструкцій, так і з різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов викопування коренеплодів і агробіологічними властивостями та характеристиками насаджень коренеплодів. Загальні принципіві недоліки роботи існуючих і

# НУВБІП УКРАЇНИ

технічно реалізованих типів копачів (лемішних, вишкочних, дводискових, вібраційних), якими в основному обладнують навісні, причіпні та самохідні коренезбиральні машини наступні: відносно значна секундна подача вільного та налиплого на поверхні тіла коренеплодів ґрунту (7...10 кг/с),

# НУВБІП УКРАЇНИ

залишків гички на головках коренеплодів (від 0,5 до 1,5 кг/с) із одного погонного метра рядка за робочої швидкості руху машини 1,6 м/с, при цьому до 70% від загальної кількості складає маса вільного та налиплого ґрунту, до 10% – залишків гички на головках коренеплодів, що призвело до збільшення протяжності та конструктивної складності очисних систем [8, с.

# НУВБІП УКРАЇНИ

38–39]. При цьому дводискові копачі мають один суттєвий недолік – заземляють незруйновані грудки та подають їх на наступні системи машини, чим значно знижують, встановлені агротехнічними вимогами, показники якості роботи.

Крім того, аналіз конструктивно-технологічних процесів роботи машин показав, що об'єктивною причиною технологічної недосконалості існуючих копачів є те, що в них конструктивно та технологічно якісно неможливо одночасно поєднати під час збирання дві технологічні операції в одну – викопування та очищення коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках.

Серед існуючих типів копачів найбільш універсальними вважаються дискові копачі, характерною ознакою дводискових є вертикальне розташування двох плоских або сферичних суцільних (рис. 1.11 б) або променевих (рис. 1.12 б)

# НУБІП України

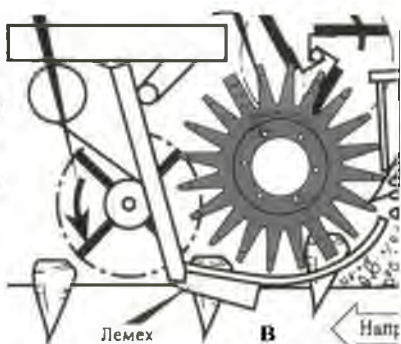
дисків.



а



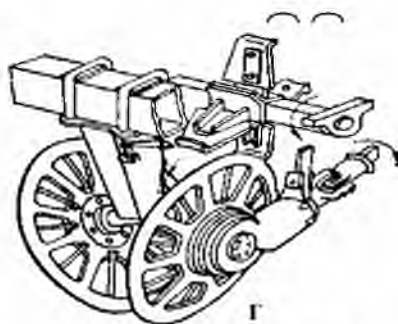
б



Лемех

в

Напір



г

Рис. 1.12. Загальний вигляд (а, б) та конструктивна схема (в, г) копача з комбінованим приводом робочих органів. а, б в – вібраційний з пасивними дисками; г – дводисковий в одному приводним диском

При цьому вертикальні осі дисків утворюють кут розвалу, а горизонтальні – кут атаки, а вісь однодискових утворює тільки кут атаки в горизонтальній площині відносно осі рядка коренеплідів (рис.2 в). Дводискові копачі виконуються у версіях з одним пасивними дисками, при цьому їх обертання здійснюється за рахунок зчеплення виступів із ґрунтом, які розташовують з неробочої сторони ободу диска, одним або двома активними дисками, а однодискові бувають тільки пасивного типу та можуть додатково мати пасивний полоз-лизу (так званий копач “євродиск”, рис.1.1 а, в), при ньому лижа виконує роль обмежувача глибини ходу диска та його небажаному переміщенні в поперечному напрямку руху, тобто направляє “євродиск” вздовж осі рядка коренеплідів.

Аналіз літературних джерел показав, що дискові викопувальні робочі органи, порівняно з лемішними або вилковими, мають більш високу здатність до

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

подрібнення ґрунту, краще очищують коренеплоди від землі, не забиваються при роботі на ділянках поля з підвищеною забур'яненістю. При одних і тих самих відхиленнях коренеплодів від осі рядка збиральна машина з дисками може

# НУБІП УКРАЇНИ

працювати при більшій поступальній швидкості ніж машина з демішними або вилковими копачами при однакових показниках якості роботи

Дискові копачі знайшли широке застосування, як у вітчизняних коренезбиральних машинах КС-6Б, КС-6Б-02, КС-6В, КБ-6, РКМ-6-05, МКР-2-3, КСП-2, так і в коренезбиральних машинах зарубіжних фірм „Garford-Victor”,

# НУБІП УКРАЇНИ

„Standen” (Англія), „TIM”, „Thyregod” (Данія), „WKM” (ФРН), „Juko” (Фінляндія), „WIC” (США) та ін.

Схеми відомих конструкцій робочих органів ОГК наведено в табл. 1.1.

На схемі 1 показано однопетлевий очисник. Такий тип бил при взаємодії з коренеплодами та поверхнею ґрунту піддається значному спрацюванню і, тому

# НУБІП УКРАЇНИ

є недовговічним. Для підвищення довговічності еластичні елементи розміщують у два шари, а також закріплюють металеві пластини посередні петлі била або по боках для збільшення їх жорсткості.

Для підвищення ступеня очищення головок коренеплодів був розроблений ОГК, який зображений на схемі 2. Лопать такого очисника представляє

# НУБІП УКРАЇНИ

собою дві еластичні били, накладених одне на одне. У робочій зоні били встановлені з кутовим зміщенням, що забезпечує часткове перекриття їх вільних кінців. При обертанні вала били кожного ряду лопатей взаємодіють з головками коренеплодів, видаляючи з них гичку. Характерною ознакою м'яких очисників є

закріплення їх по гвинтовій лінії на горизонтальному валу, наприклад за допомогою притискних пластин.

# НУБІП УКРАЇНИ

Високий безкопирний зріз вимагає більш жорсткої дії робочого органу ОГК на головку коренеплоду. Напівжорсткі робочі органи виготовлені з литої або товстолистої зносостійкої гуми, які закріплені на різноманітного типу дисках та роторах знайшли широке застосування в Європі та США (машини фірм

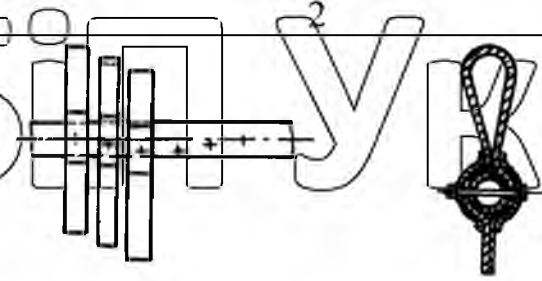
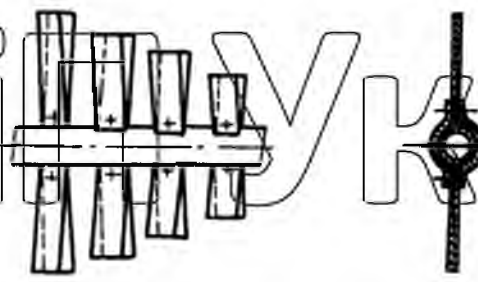
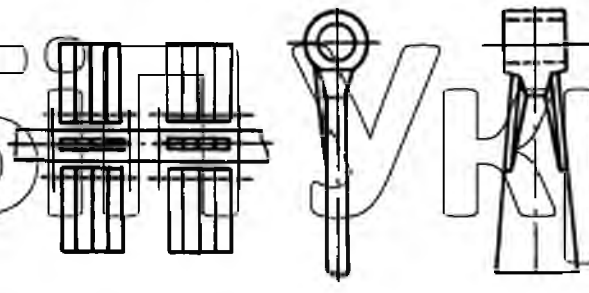
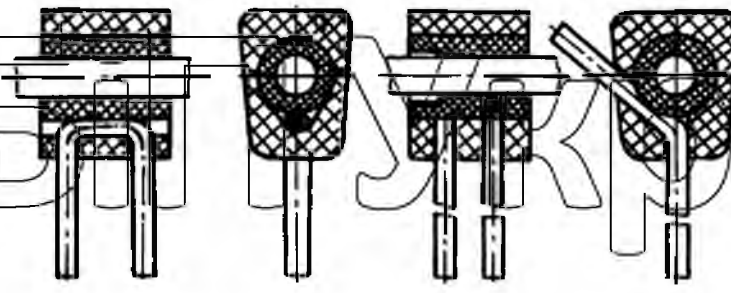

„Barigelli”, „Juko”, „TIM”, „WIC” та ін.)

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 1.1

# НУБІП України

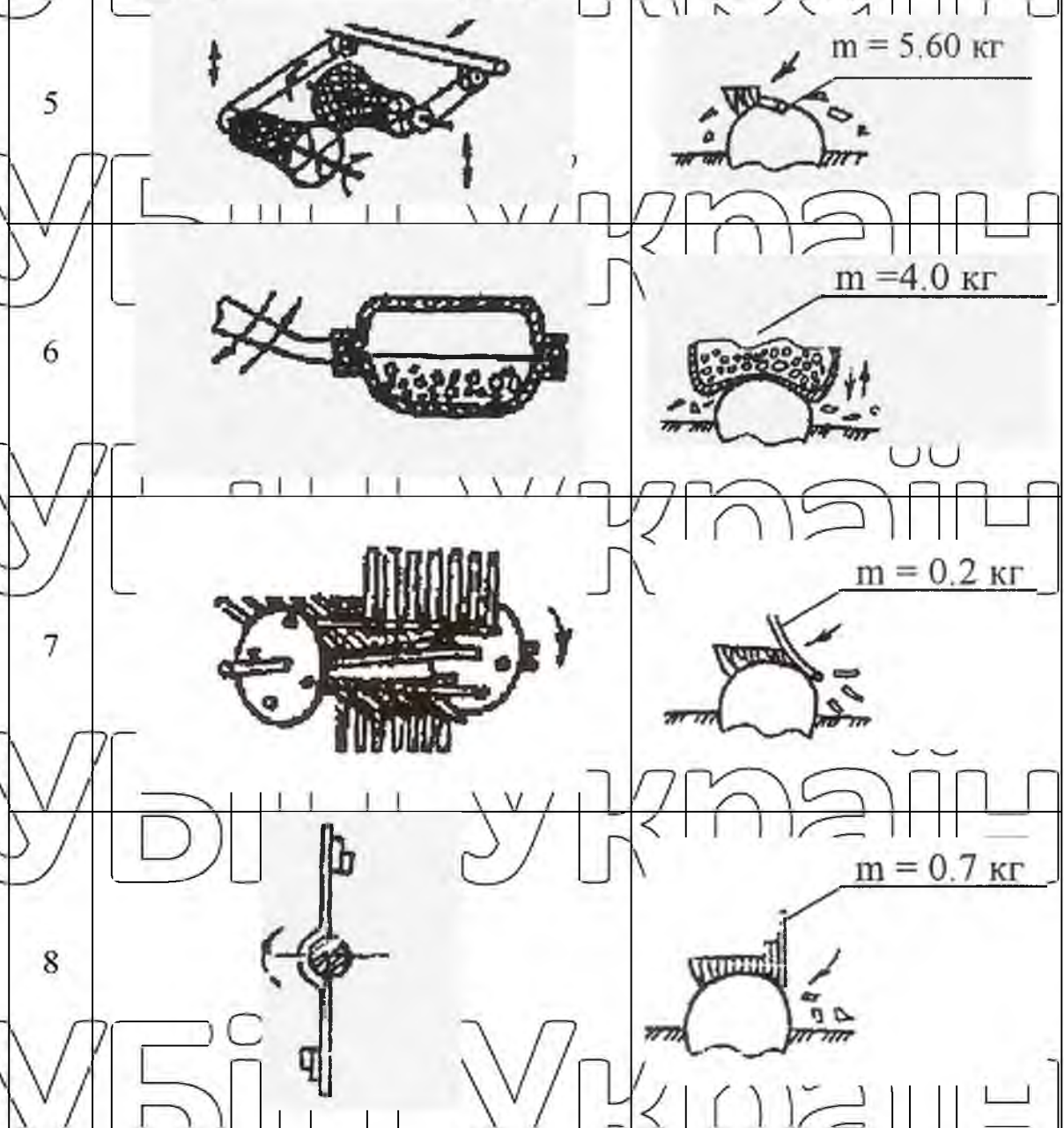
Схеми робочих органів очисників головок коренеплодів

№ п/п	Схема	Джерело інформації
1		<p>3</p> <p>А.с. № 1235466</p>
2		<p>А.с. № 1571847</p>
3		<p>А.с. № 4694208</p>
4		<p>А.с. № а-4725880; б-4728834</p>
4		<p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>26</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p> <p>30</p> <p>31</p> <p>32</p> <p>33</p> <p>34</p> <p>35</p> <p>36</p> <p>37</p> <p>38</p> <p>39</p> <p>40</p> <p>41</p> <p>42</p> <p>43</p> <p>44</p> <p>45</p> <p>46</p> <p>47</p> <p>48</p> <p>49</p> <p>50</p> <p>51</p> <p>52</p> <p>53</p> <p>54</p> <p>55</p> <p>56</p> <p>57</p> <p>58</p> <p>59</p> <p>60</p> <p>61</p> <p>62</p> <p>63</p> <p>64</p> <p>65</p> <p>66</p> <p>67</p> <p>68</p> <p>69</p> <p>70</p> <p>71</p> <p>72</p> <p>73</p> <p>74</p> <p>75</p> <p>76</p> <p>77</p> <p>78</p> <p>79</p> <p>80</p> <p>81</p> <p>82</p> <p>83</p> <p>84</p> <p>85</p> <p>86</p> <p>87</p> <p>88</p> <p>89</p> <p>90</p> <p>91</p> <p>92</p> <p>93</p> <p>94</p> <p>95</p> <p>96</p> <p>97</p> <p>98</p> <p>99</p> <p>100</p> <p>101</p> <p>102</p> <p>103</p> <p>104</p> <p>105</p> <p>106</p> <p>107</p> <p>108</p> <p>109</p> <p>110</p> <p>111</p> <p>112</p> <p>113</p> <p>114</p> <p>115</p> <p>116</p> <p>117</p> <p>118</p> <p>119</p> <p>120</p> <p>121</p> <p>122</p> <p>123</p> <p>124</p> <p>125</p> <p>126</p> <p>127</p> <p>128</p> <p>129</p> <p>130</p> <p>131</p> <p>132</p> <p>133</p> <p>134</p> <p>135</p> <p>136</p> <p>137</p> <p>138</p> <p>139</p> <p>140</p> <p>141</p> <p>142</p> <p>143</p> <p>144</p> <p>145</p> <p>146</p> <p>147</p> <p>148</p> <p>149</p> <p>150</p> <p>151</p> <p>152</p> <p>153</p> <p>154</p> <p>155</p> <p>156</p> <p>157</p> <p>158</p> <p>159</p> <p>160</p> <p>161</p> <p>162</p> <p>163</p> <p>164</p> <p>165</p> <p>166</p> <p>167</p> <p>168</p> <p>169</p> <p>170</p> <p>171</p> <p>172</p> <p>173</p> <p>174</p> <p>175</p> <p>176</p> <p>177</p> <p>178</p> <p>179</p> <p>180</p> <p>181</p> <p>182</p> <p>183</p> <p>184</p> <p>185</p> <p>186</p> <p>187</p> <p>188</p> <p>189</p> <p>190</p> <p>191</p> <p>192</p> <p>193</p> <p>194</p> <p>195</p> <p>196</p> <p>197</p> <p>198</p> <p>199</p> <p>200</p> <p>201</p> <p>202</p> <p>203</p> <p>204</p> <p>205</p> <p>206</p> <p>207</p> <p>208</p> <p>209</p> <p>210</p> <p>211</p> <p>212</p> <p>213</p> <p>214</p> <p>215</p> <p>216</p> <p>217</p> <p>218</p> <p>219</p> <p>220</p> <p>221</p> <p>222</p> <p>223</p> <p>224</p> <p>225</p> <p>226</p> <p>227</p> <p>228</p> <p>229</p> <p>230</p> <p>231</p> <p>232</p> <p>233</p> <p>234</p> <p>235</p> <p>236</p> <p>237</p> <p>238</p> <p>239</p> <p>240</p> <p>241</p> <p>242</p> <p>243</p> <p>244</p> <p>245</p> <p>246</p> <p>247</p> <p>248</p> <p>249</p> <p>250</p> <p>251</p> <p>252</p> <p>253</p> <p>254</p> <p>255</p> <p>256</p> <p>257</p> <p>258</p> <p>259</p> <p>260</p> <p>261</p> <p>262</p> <p>263</p> <p>264</p> <p>265</p> <p>266</p> <p>267</p> <p>268</p> <p>269</p> <p>270</p> <p>271</p> <p>272</p> <p>273</p> <p>274</p> <p>275</p> <p>276</p> <p>277</p> <p>278</p> <p>279</p> <p>280</p> <p>281</p> <p>282</p> <p>283</p> <p>284</p> <p>285</p> <p>286</p> <p>287</p> <p>288</p> <p>289</p> <p>290</p> <p>291</p> <p>292</p> <p>293</p> <p>294</p> <p>295</p> <p>296</p> <p>297</p> <p>298</p> <p>299</p> <p>300</p> <p>301</p> <p>302</p> <p>303</p> <p>304</p> <p>305</p> <p>306</p> <p>307</p> <p>308</p> <p>309</p> <p>310</p> <p>311</p> <p>312</p> <p>313</p> <p>314</p> <p>315</p> <p>316</p> <p>317</p> <p>318</p> <p>319</p> <p>320</p> <p>321</p> <p>322</p> <p>323</p> <p>324</p> <p>325</p> <p>326</p> <p>327</p> <p>328</p> <p>329</p> <p>330</p> <p>331</p> <p>332</p> <p>333</p> <p>334</p> <p>335</p> <p>336</p> <p>337</p> <p>338</p> <p>339</p> <p>340</p> <p>341</p> <p>342</p> <p>343</p> <p>344</p> <p>345</p> <p>346</p> <p>347</p> <p>348</p> <p>349</p> <p>350</p> <p>351</p> <p>352</p> <p>353</p> <p>354</p> <p>355</p> <p>356</p> <p>357</p> <p>358</p> <p>359</p> <p>360</p> <p>361</p> <p>362</p> <p>363</p> <p>364</p> <p>365</p> <p>366</p> <p>367</p> <p>368</p> <p>369</p> <p>370</p> <p>371</p> <p>372</p> <p>373</p> <p>374</p> <p>375</p> <p>376</p> <p>377</p> <p>378</p> <p>379</p> <p>380</p> <p>381</p> <p>382</p> <p>383</p> <p>384</p> <p>385</p> <p>386</p> <p>387</p> <p>388</p> <p>389</p> <p>390</p> <p>391</p> <p>392</p> <p>393</p> <p>394</p> <p>395</p> <p>396</p> <p>397</p> <p>398</p> <p>399</p> <p>400</p> <p>401</p> <p>402</p> <p>403</p> <p>404</p> <p>405</p> <p>406</p> <p>407</p> <p>408</p> <p>409</p> <p>410</p> <p>411</p> <p>412</p> <p>413</p> <p>414</p> <p>415</p> <p>416</p> <p>417</p> <p>418</p> <p>419</p> <p>420</p> <p>421</p> <p>422</p> <p>423</p> <p>424</p> <p>425</p> <p>426</p> <p>427</p> <p>428</p> <p>429</p> <p>430</p> <p>431</p> <p>432</p> <p>433</p> <p>434</p> <p>435</p> <p>436</p> <p>437</p> <p>438</p> <p>439</p> <p>440</p> <p>441</p> <p>442</p> <p>443</p> <p>444</p> <p>445</p> <p>446</p> <p>447</p> <p>448</p> <p>449</p> <p>450</p> <p>451</p> <p>452</p> <p>453</p> <p>454</p> <p>455</p> <p>456</p> <p>457</p> <p>458</p> <p>459</p> <p>460</p> <p>461</p> <p>462</p> <p>463</p> <p>464</p> <p>465</p> <p>466</p> <p>467</p> <p>468</p> <p>469</p> <p>470</p> <p>471</p> <p>472</p> <p>473</p> <p>474</p> <p>475</p> <p>476</p> <p>477</p> <p>478</p> <p>479</p> <p>480</p> <p>481</p> <p>482</p> <p>483</p> <p>484</p> <p>485</p> <p>486</p> <p>487</p> <p>488</p> <p>489</p> <p>490</p> <p>491</p> <p>492</p> <p>493</p> <p>494</p> <p>495</p> <p>496</p> <p>497</p> <p>498</p> <p>499</p> <p>500</p> <p>501</p> <p>502</p> <p>503</p> <p>504</p> <p>505</p> <p>506</p> <p>507</p> <p>508</p> <p>509</p> <p>510</p> <p>511</p> <p>512</p> <p>513</p> <p>514</p> <p>515</p> <p>516</p> <p>517</p> <p>518</p> <p>519</p> <p>520</p> <p>521</p> <p>522</p> <p>523</p> <p>524</p> <p>525</p> <p>526</p> <p>527</p> <p>528</p> <p>529</p> <p>530</p> <p>531</p> <p>532</p> <p>533</p> <p>534</p> <p>535</p> <p>536</p> <p>537</p> <p>538</p> <p>539</p> <p>540</p> <p>541</p> <p>542</p> <p>543</p> <p>544</p> <p>545</p> <p>546</p> <p>547</p> <p>548</p> <p>549</p> <p>550</p> <p>551</p> <p>552</p> <p>553</p> <p>554</p> <p>555</p> <p>556</p> <p>557</p> <p>558</p> <p>559</p> <p>560</p> <p>561</p> <p>562</p> <p>563</p> <p>564</p> <p>565</p> <p>566</p> <p>567</p> <p>568</p> <p>569</p> <p>570</p> <p>571</p> <p>572</p> <p>573</p> <p>574</p> <p>575</p> <p>576</p> <p>577</p> <p>578</p> <p>579</p> <p>580</p> <p>581</p> <p>582</p> <p>583</p> <p>584</p> <p>585</p> <p>586</p> <p>587</p> <p>588</p> <p>589</p> <p>590</p> <p>591</p> <p>592</p> <p>593</p> <p>594</p> <p>595</p> <p>596</p> <p>597</p> <p>598</p> <p>599</p> <p>600</p> <p>601</p> <p>602</p> <p>603</p> <p>604</p> <p>605</p> <p>606</p> <p>607</p> <p>608</p> <p>609</p> <p>610</p> <p>611</p> <p>612</p> <p>613</p> <p>614</p> <p>615</p> <p>616</p> <p>617</p> <p>618</p> <p>619</p> <p>620</p> <p>621</p> <p>622</p> <p>623</p> <p>624</p> <p>625</p> <p>626</p> <p>627</p> <p>628</p> <p>629</p> <p>630</p> <p>631</p> <p>632</p> <p>633</p> <p>634</p> <p>635</p> <p>636</p> <p>637</p> <p>638</p> <p>639</p> <p>640</p> <p>641</p> <p>642</p> <p>643</p> <p>644</p> <p>645</p> <p>646</p> <p>647</p> <p>648</p> <p>649</p> <p>650</p> <p>651</p> <p>652</p> <p>653</p> <p>654</p> <p>655</p> <p>656</p> <p>657</p> <p>658</p> <p>659</p> <p>660</p> <p>661</p> <p>662</p> <p>663</p> <p>664</p> <p>665</p> <p>666</p> <p>667</p> <p>668</p> <p>669</p> <p>670</p> <p>671</p> <p>672</p> <p>673</p> <p>674</p> <p>675</p> <p>676</p> <p>677</p> <p>678</p> <p>679</p> <p>680</p> <p>681</p> <p>682</p> <p>683</p> <p>684</p> <p>685</p> <p>686</p> <p>687</p> <p>688</p> <p>689</p> <p>690</p> <p>691</p> <p>692</p> <p>693</p> <p>694</p> <p>695</p> <p>696</p> <p>697</p> <p>698</p> <p>699</p> <p>700</p> <p>701</p> <p>702</p> <p>703</p> <p>704</p> <p>705</p> <p>706</p> <p>707</p> <p>708</p> <p>709</p> <p>710</p> <p>711</p> <p>712</p> <p>713</p> <p>714</p> <p>715</p> <p>716</p> <p>717</p> <p>718</p> <p>719</p> <p>720</p> <p>721</p> <p>722</p> <p>723</p> <p>724</p> <p>725</p> <p>726</p> <p>727</p> <p>728</p> <p>729</p> <p>730</p> <p>731</p> <p>732</p> <p>733</p> <p>734</p> <p>735</p> <p>736</p> <p>737</p> <p>738</p> <p>739</p> <p>740</p> <p>741</p> <p>742</p> <p>743</p> <p>744</p> <p>745</p> <p>746</p> <p>747</p> <p>748</p> <p>749</p> <p>750</p> <p>751</p> <p>752</p> <p>753</p> <p>754</p> <p>755</p> <p>756</p> <p>757</p> <p>758</p> <p>759</p> <p>760</p> <p>761</p> <p>762</p> <p>763</p> <p>764</p> <p>765</p> <p>766</p> <p>767</p> <p>768</p> <p>769</p> <p>770</p> <p>771</p> <p>772</p> <p>773</p> <p>774</p> <p>775</p> <p>776</p> <p>777</p> <p>778</p> <p>779</p> <p>780</p> <p>781</p> <p>782</p> <p>783</p> <p>784</p> <p>785</p> <p>786</p> <p>787</p> <p>788</p> <p>789</p> <p>790</p> <p>791</p> <p>792</p> <p>793</p> <p>794</p> <p>795</p> <p>796</p> <p>797</p> <p>798</p> <p>799</p> <p>800</p> <p>801</p> <p>802</p> <p>803</p> <p>804</p> <p>805</p> <p>806</p> <p>807</p> <p>808</p> <p>809</p> <p>810</p> <p>811</p> <p>812</p> <p>813</p> <p>814</p> <p>815</p> <p>816</p> <p>817</p> <p>818</p> <p>819</p> <p>820</p> <p>821</p> <p>822</p> <p>823</p> <p>824</p> <p>825</p> <p>826</p> <p>827</p> <p>828</p> <p>829</p> <p>830</p> <p>831</p> <p>832</p> <p>833</p> <p>834</p> <p>835</p> <p>836</p> <p>837</p> <p>838</p> <p>839</p> <p>840</p> <p>841</p> <p>842</p> <p>843</p> <p>844</p> <p>845</p> <p>846</p> <p>847</p> <p>848</p> <p>849</p> <p>850</p> <p>851</p> <p>852</p> <p>853</p> <p>854</p> <p>855</p> <p>856</p> <p>857</p> <p>858</p> <p>859</p> <p>860</p> <p>861</p> <p>862</p> <p>863</p> <p>864</p> <p>865</p> <p>866</p> <p>867</p> <p>868</p> <p>869</p> <p>870</p> <p>871</p> <p>872</p> <p>873</p> <p>874</p> <p>875</p> <p>876</p> <p>877</p> <p>878</p> <p>879</p> <p>880</p> <p>881</p> <p>882</p> <p>883</p> <p>884</p> <p>885</p> <p>886</p> <p>887</p> <p>888</p> <p>889</p> <p>890</p> <p>891</p> <p>892</p> <p>893</p> <p>894</p> <p>895</p> <p>896</p> <p>897</p> <p>898</p> <p>899</p> <p>900</p> <p>901</p> <p>902</p> <p>903</p> <p>904</p> <p>905</p> <p>906</p> <p>907</p> <p>908</p> <p>909</p> <p>910</p> <p>911</p> <p>912</p> <p>913</p> <p>914</p> <p>915</p> <p>916</p> <p>917</p> <p>918</p> <p>919</p> <p>920</p> <p>921</p> <p>922</p> <p>923</p> <p>924</p> <p>925</p> <p>926</p> <p>927</p> <p>928</p> <p>929</p> <p>930</p> <p>931</p> <p>932</p> <p>933</p> <p>934</p> <p>935</p> <p>936</p> <p>937</p> <p>938</p> <p>939</p> <p>940</p> <p>941</p> <p>942</p> <p>943</p> <p>944</p> <p>945</p> <p>946</p> <p>947</p> <p>948</p> <p>949</p> <p>950</p> <p>951</p> <p>952</p> <p>953</p> <p>954</p> <p>955</p> <p>956</p> <p>957</p> <p>958</p> <p>959</p> <p>960</p> <p>961</p> <p>962</p> <p>963</p> <p>964</p> <p>965</p> <p>966</p> <p>967</p> <p>968</p> <p>969</p> <p>970</p> <p>971</p> <p>972</p> <p>973</p> <p>974</p> <p>975</p> <p>976</p> <p>977</p> <p>978</p> <p>979</p> <p>980</p> <p>981</p> <p>982</p> <p>983</p> <p>984</p> <p>985</p> <p>986</p> <p>987</p> <p>988</p> <p>989</p> <p>990</p> <p>991</p> <p>992</p> <p>993</p> <p>994</p> <p>995</p> <p>996</p> <p>997</p> <p>998</p> <p>999</p> <p>1000</p>

Продовження таблиці 1.1

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ



У вітчизняних машинах напівжорсткі робочі органи використовуються у начіпних двовальних очисниках ОГД-6, ОГД-6А. Еластичні била, які виготовлені з формованої гуми і шарнірно кріпляться на осях, закріплених в кронштейнах горизонтального вала показані на схемі 3. Завдяки розширеній формі лопатки робочої поверхні била збільшується їх площа контакту з головкою коренеплоду.

Недоліком плоского била є невисока ступінь видалення через неможливість у повній мірі копіювати сферичну чи конічну поверхню головки

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

коренеплоду.

Видалення гички еластичними елементами часто використовується при збиранні кормових буряків. При цьому, повинне забезпечуватись повне оббивання гички без пошкоджень та вивертання із землі кормових буряків, в яких основна частина коренеплоду знаходиться, як правило, над поверхнею ґрунту.

Еластичні робочі органи, виготовлені із прорезиненої стрічки характеризуються високою ударною властивістю, призводячи до значного вивертання коренеплодів. Тому для еластичних елементів доцільно використовувати били з гуми круглого поперечного перерізу.

# НУБІП України

## 1.3. Узагальнення модернізації робочих органів машини

Із всієї різновидності копачів, однодискові сферичні, або так званий «євродиск» (рис. 1.13а), мають просту конструкцію, є найменш метало- та енергомісткими порівняно з іншими типами копачів, мають широкий спектр застосування для викопування коренеплодів при задовільних показниках якості їх роботи. Вісь обертання 2 сферичного диска 1 копача утворює кут атаки в горизонтальній площині відносно осі рядка коренеплодів.

Суттєві недоліки їх роботи, які полягають у незадовільному заглибленні робочої кромки диска в ґрунт при понижений вологості ґрунту, відсутності, одночасного з викопуванням коренеплодів видалення залишків гички на їх головках, можуть прогнозовано усуватися подальшим конструктивно-технологічним удосконаленням даного типу копача.

Підвищення технологічних показників і показників якості роботи існуючих копачів коренеплодів, а в загальному всієї коренезбиральної машини, вирішується застосуванням базового варіанту комбінованого копача (рис. 1.13б), або додатковим установленням у передній зоні роботи сферичного диска 1 корененапрямляча 3 та горизонтального очисного вала 4, на якому радіально закріплено фланці 5.

# НУБІП України

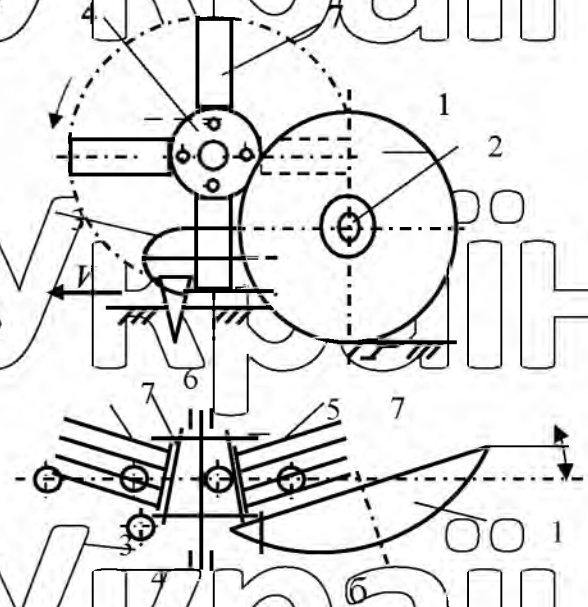
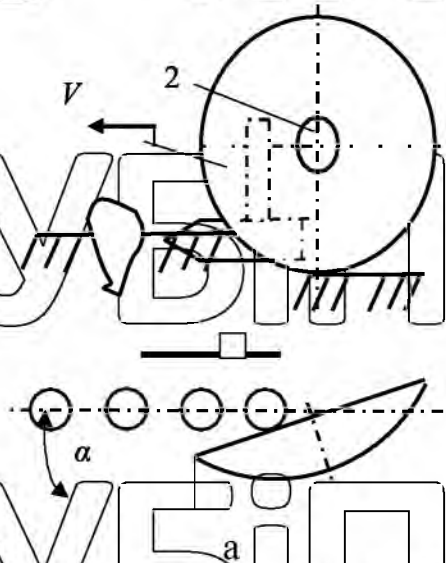


Рис. 1.13. Схеми однодискових копачів:

а – однодискового копача, б – комбінованого

Між фланцями по їх колу послідовно встановлено паралельні осі 6, які повернуті відносно осі очисного вала під гострим кутом. На паралельних осях шарнірно закріплені секції плоскі пружні лопаті 7. Під час руху копача, корененеплоди зміщують попередньо вибиті під час зрізування гички робочими органами гичкозбиральної машини коренеплоди із рядка до його центру, а сферичний диск викопує коренеплоди. Одночасно з викопуванням коренеплодів сферичним диском, за рахунок обертання очисного вала, плоскі пружні лопаті контактують з головками коренеплодів, очищуючи їх головки від залишків гички на них за рахунок їх контактної взаємодії з залишками гички. Поворот паралельних осей на гострий кут відносно осі очисного вала дозволяє плоским пружним лопатям наносити удари по головкам коренеплодів збоку рядка, що покращує очищення різновисоких коренеплодів, при цьому високий коренеплід не прикриває низький коренеплід від косоного удару. Крім того плоскі пружні лопаті також взаємодіють ще із грудками ґрунту, при цьому відбувається руйнування грудок ґрунту та прошовкування викопаного вороху коренеплодів на наступні системи машини, що підвищує її технологічні можливості.

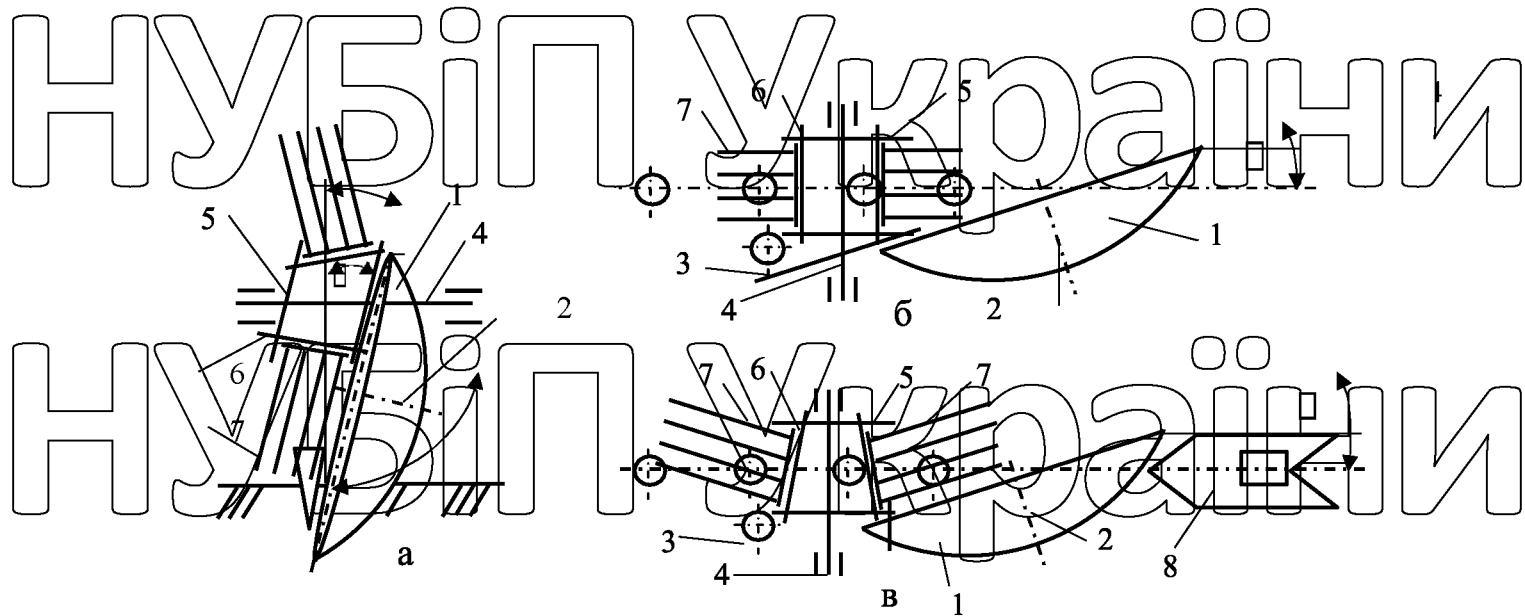


Рис 1.14. Схеми комбінованих копачів

Під час викопування коренеплодів в умовах сухого твердого ґрунту відбувається пошкодження хвостової частини коренеплодів внаслідок їх злому за рахунок недостатньої вертикальної сили виштовхування коренеплодів, що призводить до їх значних втрат. Для усунення злому хвостової частини коренеплодів або їх втрат, сферичний диск 1 (рис. 1.14а) встановлюють під гострим кутом, а фланці 5 – під кутом до вертикальної площини, при цьому вісь 6, яка займає на фланці крайнє нижнє положення, утворює з площиною, яка проходить через лезо сферичного диска кут, рівний або близький  $90^\circ$ . Односторонній сферичний диск викопує коренеплоди шляхом підймання їх вгору за рахунок виникаючої при цьому додаткової проекції бокової сили виштовхування, яка спрямована на вертикальну площину. У момент удару плоских пружних лопатей по головці коренеплоду відбувається їх поворот навколо своїх осей і в площині удару за рахунок встановлення фланців під кутом до вертикалі та повернутими осями на кут відносно осі вала. Тому що осі в нижньому положенні перпендикулярні площині, яка проходить через лезо сферичного диска, або нахилені до неї під кутом, близьким до прямого, то плоскі пружні лопаті в нижньому положенні паралельні цій площині та не контактують з поверхнею сферичного диска, що знижує їх зношення [10].

Для підвищення ступеня відокремлення залишків гички з головок коренеплодів та ступеня руйнування грудок ґрунту, за рахунок збільшення сили контактної взаємодії (сили прямого центрального удару) плоских

пружних лопатей по головці коренеплодів і грудкам ґрунту, паралельні осі 6 (рис. 1.14 б), які розміщено на фланцях 5 горизонтального очисного вала 4 та на яких закріплено плоскі пружні лопаті 7, встановлюють паралельно осі обертання очисного вала. Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання очисного вала, плоскі пружні лопаті взаємодіють з головками коренеплодів і грудками ґрунту, при цьому відбувається прямий удар плоских пружних лопатей із наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів і руйнуванням грудок ґрунту [11, с. 1–4].

Для викопування коренеплодів, які глибоко залягають відносно поверхні ґрунту застосовують розрихлювачі 8, встановлені позаду ходу сферичного диска 1 (рис. 1.14 в), які можуть бути виконані у вигляді культиваторної лапи або долота. У процесі роботи розрихлювач попередньо підкопує коренеплоди, при цьому порушуються зв'язки коренеплодів з ґрунтом, тобто відбувається попереднє кришення пласта ґрунту. Коренеплоди, зв'язок яких з ґрунтом порушується, далі легко викопуються із розкришеного ґрунту сферичним диском і зміщуються ним у напрямку площини, яка проходить через лезо сферичного диска. При цьому маємо можливість вглиблювати диск до раціональної глибини з таким розрахунком, щоб не втрачати коренеплоди та подавити на очисники машини мінімум ґрунту та рослинних домішок [12, с. 1–4].

Проте механізоване збирання коренеплодів цикорію такими копачами також призводить до значних втрат коренів цикорію (до 45...60 %) внаслідок зламу підземної хвостової частини за рахунок неналежної глибини ходу робочих органів, що суттєво знижує рентабельність умов господарювання [13, с. 339–340].

Розробка та обґрунтування параметрів робочих органів для викопування коренеплодів цикорію за їх мінімальними втратами призведе до зростання економічних та техніко-експлуатаційних показників і значного підвищення ефективності виробництва продукції в цілому.

Для підвищення ефективності викопування коренеплодів цикорію нами

# НУБІП України

запропоновано удосконалений комбінований копач, конструктивна схема якого наведена на рис. 6.

Комбінований копач складається із встановлених під кутом до осі рядка коренеплодів двох сферичних дисків 1, які вільно посаджено на своїх осях обертання 2. У передній зоні робочої кромки 3 кожного з двох сферичних дисків встановлено корененапрямник 4. Над двома сферичними дисками, перпендикулярно рядку коренеплодів, або напрямку робочої швидкості руху  $V_k$  копача встановлено приводний горизонтальний вал 5. На торцевих краях 6 і 7 вала закріплено окремі барабани 8 і 9, які виконано у вигляді встановлених на валу 5 радіальних фланців 10. Між фланцями кожного з барабанів по їх твірним послідовно та паралельно закріплено осі 11, 12, на яких розміщено плоскі пружні елементи 13. Осі повернуті відносно осі вала під гострим кутом.

Спереду зони робочих кромки сферичних дисків і між ними горизонтально встановлено пустотілу трубу 14, на якій закріплено стояк 15. На стояку змонтовано розрихлюючий пристрій 16, який розміщено у міжрядді коренеплодів. В середині пустотілої труби встановлено підшипники 17, на які посаджено горизонтальний приводний вал. Глибина ходу розрихлюючого пристрою більше глибини ходу сферичних дисків. Напрямок обертання горизонтального приводного вала однаковий з напрямком руху комбінованого копача коренеплодів.

Комбінований копач коренеплодів цикорію працює наступним чином. Під час руху комбінованого копача, розрихлюючий пристрій 16 руйнує зв'язки коренеплодів цикорію з ґрунтом на глибині їх залягання, тобто розрихлює ґрунтове середовище та частково підкопує коренеплоди. При цьому одночасно з підкопуванням коренеплодів розрихлювачем відбуваються дві суміжні операції – кінцеве викопування коренеплодів цикорію сферичними дисками 1 та очищування головок коренеплодів від залишків гички з двох суміжних рядків коренеплодів за рахунок обертання барабанів 8 і 9 вала 5, або взаємодії.

# НУБІП України

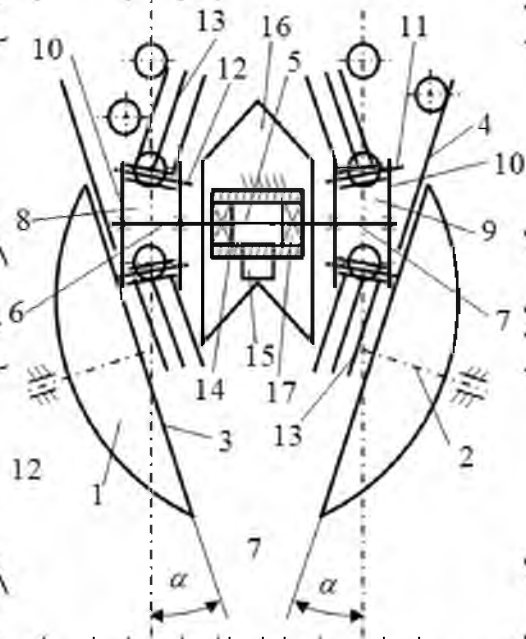


Рис. 1.15. Конструктивна схема комбінованого копача пружних елементів 13 з головками коренеплодів

Корененапрямник 4 зміщує вибиті попередньо із рядка коренеплоди цикорію до його центра, а сферичні диски 1 підбирають вибиті з ґрунту коренеплоди. Крім того плоскі пружні елементи 13 також руйнують грудки землі та одночасно проштовхують ворох, який знаходиться у просторі сферичних дисків 1, прискорюючи його подачу на наступні технологічні системи коренезбиральної машини. [12].

Таким чином застосування розрихлювача дозволяє підвищити технологічну надійність процесу викопування коренеплодів, що призводить до зменшення зламу підземної хвостової частини коренеплодів, або зменшення пошкодження та втрат коренеплодів.

**Висновки.** Із проведеного аналізу викопувальних робочих органів встановлено, що проблема додаткового розрихлення пласта ґрунту перед коренеплодами під час їх викопування однодисковими копачами, є актуальною. Тому, перспективним напрямком є вдосконалення комбінованих копачів, які забезпечать ефективне одночасне викопування та відокремлення від коренеплодів залишків гички, вільного та налиплого ґрунту, рослинних решток при їх мінімальних пошкодженнях.

# НУБІП України

## 1.4. Висновки до розділу

Відомі дослідження в переважній більшості направлені на визначення конструктивних, технологічних, кінематичних та динамічних параметрів очисників головок коренеплодів ударної дії, в якості робочих елементів яких застосовуються еластичні біла з дотичним напрямком прикладання зусилля до головки коренеплоду.

З аналізу можна зробити висновок, що і в лемішкових, і в вилкових, і в дводискових викопуючих робочих органах конструктивно та якісно технологічно неможливо поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках. Крім того, суттєвими конструктивними недоліками наведених викопуючих робочих органів є: конструктивна складність, доволі значна енергомісткість процесу, недостатньо-необхідна кутова швидкість обертання доочисних елементів, значна секундна подана на подальшу транспортуєчу систему коренезбиральної машини вільного та налиплого на поверхні тіла коренеплодів ґрунту, збільшення протяжності (до 10...14 м) та конструктивної складності очисних робочих органів і т.п.

Аналіз показав, що існуючі конструкції робочих органів очисників головок коренеплодів характеризуються великими поздовжніми габаритними розмірами, робочий процес доочищення гички, як правило, розділений на декілька операцій, а показники їх роботи не завжди відповідають агровимогам.

Таким чином, до перспективних напрямків розвитку бурякозбиральних машин і технологій для буряків слід віднести двостадійне видалення гички з використанням малогабаритного, низької матеріаломісткості ОГК бильного типу та викопування коренеплодів дисковим копачем.

## **РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ВИКОПУЮЧОГО СФЕРИЧНОГО ДИСКУ**

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

## 2.1. Розрахунок параметрів викопувального сферичного диска

Робочими органами викопуючого пристрою є сферичні диски з суцільним лезом.

Основними геометричними параметрами сферичного диска є: діаметр диска  $D$ ; радіус кривизни сфери диска  $r$ ; кут  $\varepsilon$ , який з ними зв'язаний і дорівнює половині центрального кута дуги діаметрального перерізу диска; кут заточки  $k$ ; кут нахилу фаски диска до основи диска  $\omega$ ; кут різання  $\alpha$ ; затилочний кут  $\varepsilon_2$  (задній кут) і товщина диска  $\delta$  (рис. 2.1).

Кожний із цих параметрів має певне технологічне значення. Окрім того, важливим регульованим параметром роботи сферичних дискових робочих органів, які мають технологічне значення є кут атаки диска  $\beta$ , або кут між площиною обертання диска та напрямком поступального руху диска (машини).

Для розрахунку діаметра диска  $D$  скористаємося формулою:

$$D = ka, \quad (2.1)$$

де  $k$  - коефіцієнт пропорційності;

$a$  - глибина ходу диска, м.

Згідно даних [12,14] коефіцієнт пропорційності  $k$  знаходиться в межах 4...6

залежно від технологічного призначення робочих органів.

У викопуючому пристрої не застосовується очищення диска від ґрунту, а різання ґрунту і викопування коренеплодів допустимі при отриманні значення кута різання  $\alpha$  менше кута загострення леза  $i$  [17], тобто

$$\varepsilon \geq i, \quad (2.2)$$

де  $\varepsilon$  - кут різання ґрунту диском, град.;

$i$  - кут загострення ріжучої крайки диска, град.

Чим більша кривизна диска, тим інтенсивніше виконується подрібнення ґрунту і викопування коренеплодів, але вибір радіуса кривизни  $r$  залежить від кута встановлення диска  $\beta$  (кута атаки), кута загострення леза диска  $i$  (ріжучої крайки), глибини ходу диска  $a$  та кута різання ґрунту  $\alpha$ . Інтенсивність деформаційної дії диска зростає із зменшенням радіуса кривизни  $r$ .

# НУБІП України

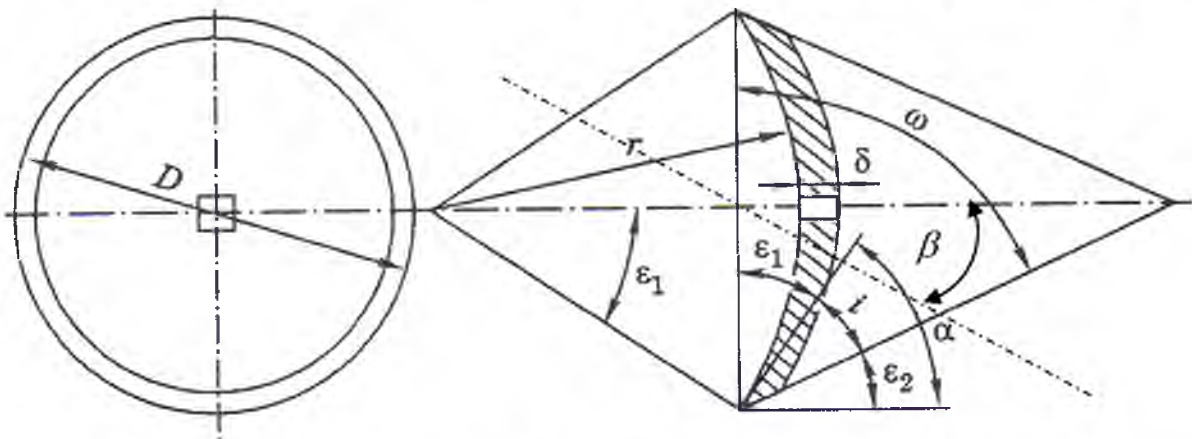
Залежність між  $D$  і  $r$  має вигляд:

$$r = D / 2 \sin \varepsilon_1, \quad (2.3)$$

# НУБІП України

де  $r$  - радіус кривизни диска, м;

$\varepsilon_1$  - половина центрального кута дуги діаметрального перерізу диска, град.



# НУБІП України

Рис. 2.1. Схема до розрахунку параметрів викопуючого

Величину кута  $\varepsilon_1$  приймають для лущильників  $26 \dots 32^\circ$ .

Кут заточки  $i$  також значно впливає на технологічні властивості роботи диска. Заточують сферичні диски, як правило, із зовнішнього випуклого боку.

Для дисків лущильників приймають  $i = 10 \dots 20^\circ$ . Диски, які використовують на твердих ґрунтах, заточують із внутрішнього боку. Приймаємо середнє значення кута заточки, тобто  $i = 15^\circ$ .

Кут нахилу фаски диска до основи диска  $\omega$  зв'язаний із кутом  $\varepsilon_1$ , що є половиною центрального кута дуги діаметрального перерізу диска, та кутом заточки  $i$ , тобто:

$$\omega = i + \varepsilon_1, \quad (2.4)$$

Кут різання  $\alpha$  залежить від кута заточки  $i$  та затилочного кута  $\varepsilon_2$ , тобто:

$$\alpha = i + \varepsilon_2. \quad (2.5)$$

Затилочний кут  $\varepsilon_2$  по висоті диска міняється, що веде до зміни кута

# НУБІП України

ризання. Від його величини залежить витрата енергії на викопування коренеплодів і навіть роботоздатність диска. Нормальна робота диска забезпечується тоді, коли величина заточки кута буде позитивна на поверхні поля.

Умова  $|\varepsilon \alpha| = i a$  відповідає рівнозначній даної формули [18], при цьому

$$\beta = \varepsilon \cdot a, \quad (2.6)$$

де  $\beta$  - кут атаки диска, град.

При співставленні даних умов на ґрунт і коренеплід викопуючий диск діє вигнутою поверхнею диска, із рис. 2.1 видно що:

$$\sin \beta = \frac{0,5D}{r} = \sin(\varepsilon_1 \cdot a) = \frac{D \cdot a}{2 \cdot r \cdot a}, \quad (2.7)$$

де

$$D \cdot a = 2 \cdot \sqrt{a \cdot (D - a)}; \quad (2.8)$$

$$r \cdot a = \sqrt{r^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}. \quad (2.9)$$

Провівши перетворення залежностей (2.7-2.9) та враховуючи відношення (3.1) одержимо:

$$r = \frac{D}{k} \cdot \sqrt{\frac{k-1}{\sin^2 \beta} + (0,5 \cdot k - 1)^2} \quad (2.10)$$

Товщину диска  $\delta$  визначимо за формулою

$$\delta = 0,008 \cdot D. \quad (2.11)$$

При переміщенні сферичного диска під кутом  $\beta$  до напрямку руху, він, завдяки зчепленню з ґрунтом, обертається і вирізає з нього скибу еліптичного перерізу.

Кут атаки  $\beta$  диска впливає на процес його роботи. Чим більший кут атаки,

тим більше кришиться та розпушується ґрунт і краще підрізаються бур'яни.

Проте значне збільшення кута атаки затруднює сповзання частинок ґрунту з поверхні диска, а також призводить до скупчування ґрунту перед диском. При

невеликих кутах атаки ( $10 \dots 20^\circ$ ) диски розрізають верхній шар ґрунту і лише частково кришать і розпушують його. В лушпильниках диски розміщуються під кутом атаки  $\alpha = 10 \dots 45^\circ$ .

Кут атаки  $\beta$  при відомому діаметрі  $D$  і заданій глибині ходу диска  $a$  можна визначити, користуючись номограмою розробленою проф. Сінеоковим [19].

## 2.2. Розрахунок секундної подачі вороху коренеплодів

Для розрахунку секундної подачі вороху, який безпосередньо викопується робочими органами коренезбиральної машини  $W_e$ , складено розрахункову еквівалентну схему, яку наведено на рис. 22.

При формалізації опису процесу викопування коренеплодів, тобто визначення подачі вороху  $W_e$ , який безпосередньо викопується викопувальними робочими органами коренезбиральної машини, приймаємо такі припущення:

- на всьому шляху коренезбиральна машина рухається прямолінійно, а глибина ходу сферичного диска постійна;
- коренеплоди у рядку розташовані рівномірно і їх кількість на 1 погонному метрі кожного рядка однакова, а агрофізичні параметри мають середні розміри, тобто загальна довжина, діаметр головки коренеплодів дорівнюють середнім розмірам кормових буряків середньої урожайності;
- у складі викопаного вороху відсутні іногородці тіла.

У процесі руху коренезбиральної машини з поступальною робочою швидкістю  $V_m$  за одиницю часу  $t$  сферичний диск 1, глибина ходу якого  $h_{e,d}$ , проходить шлях  $L_m$ , числове значення якого дорівнює  $V_m t$  і вирізає у ґрунті канавку, яка утворена контуром фігури  $ABC_1B_1C_1$  і в межах якої знаходиться викопа-

# НУБІП УКРАЇНИ

ний диском ворох коренеплодів, тобто ґрунт, коренеплоди і рослинні домішки.

Тоді подача вороху  $W_в$ , який безпосередньо викопується викопувальними робочими органами коренезбиральної машини за одиницю часу становить

$$W_в = W_{зр} + W_k + W_{р.д}, \quad (2.12)$$

де  $W_{зр}$ ,  $W_k$ ,  $W_{р.д}$  - відповідно подача ґрунту, коренеплодів і рослинних домішок, які викопуються сферичними дисками за одиницю часу, кг/с.

У нашому випадку, відповідні подачі ґрунту, коренеплодів і рослинних домішок, які викопуються сферичними дисками за час  $t = 1$  с, будуть не що інше, як відповідні секундні подачі маси ґрунту  $M_{зр}$  (кг/с), коренеплодів  $M_k$  (кг/с) і

рослинних домішок  $M_{р.д}$  (кг/с), які викопуються сферичними дисками за час  $t = 1$  с, тобто справедлива рівність

$$W_в = W_{зр} + W_k + W_{р.д} = M_{зр} + M_k + M_{р.д} \quad (2.13)$$

Згідно залежності (2.13') маса ґрунту, який викопується сферичними дисками за одиницю часу дорівнює

$$M_{зр} = V_{в.зр} \rho_{зр} n_p, \quad (2.14)$$

де  $V_{в.зр}$  - об'єм ґрунту, який викопується одним сферичним диском за одиницю часу, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{зр}$  - питома маса ґрунту, кг/м<sup>3</sup>,

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

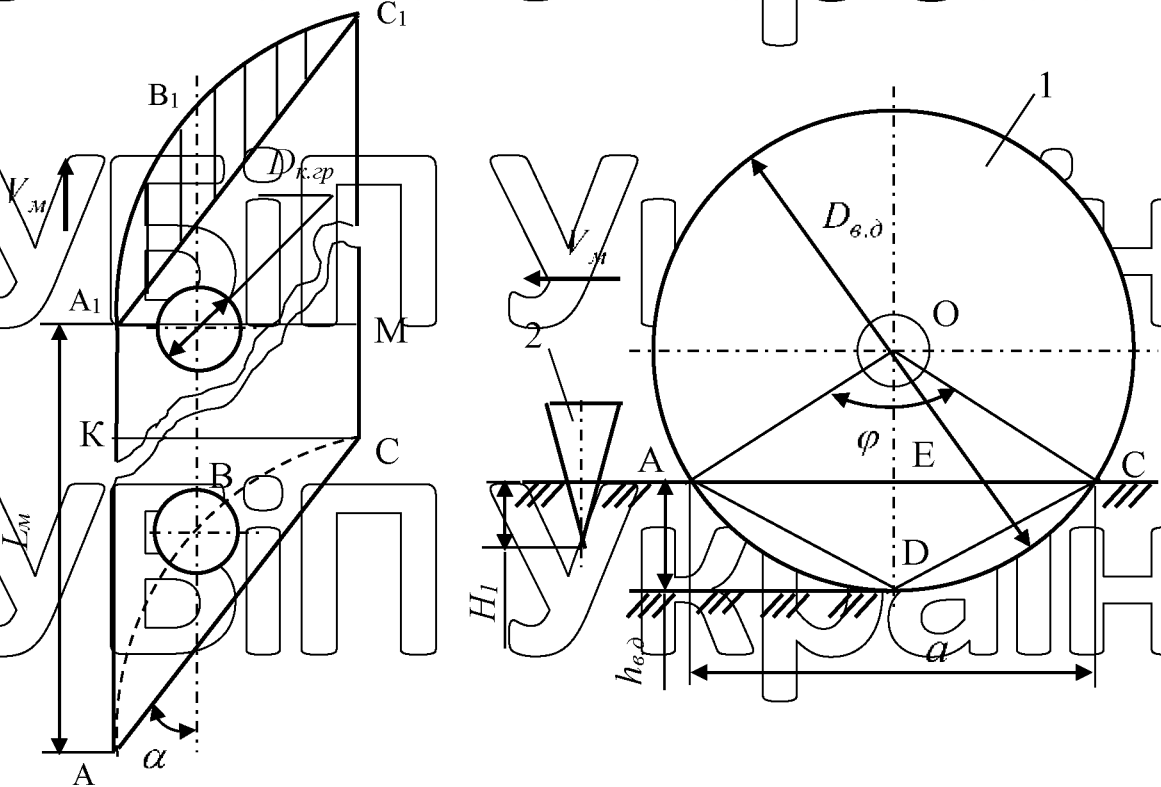


Рис. 2.2. Схема для розрахунку подачі вороху, викопаного сферичними дисками: 1 – сферичний диск; 2 – коренеплід  
 - кількість рядків, які одночасно викопуються дисками, шт.

Для визначення об'єму ґрунту  $V_{в.зр}$ , який викопується одним сферичним диском, розглянемо складену розрахункову схему рис. 2.2.

Загальний об'єм фігури  $ABCA_1B_1C_1$ , або загальний об'єм вороху складається з об'єму ґрунту  $V_{в.зр}$  та об'єму підземної частини  $V_{в.к}$  викопаних коренеплодів 2. Позначимо об'єм фігури  $ABCA_1B_1C_1$  через  $V_3$ , тоді об'єм ґрунту, що буде викопуватися одним сферичним диском за одиницю часу становить

$$V_{в.зр} = V_3 - V_{в.к}, \quad (2.15)$$

де  $V_3$ , - загальний об'єм вороху, який викопуються одним сферичним диском за одиницю часу,  $m^3/c$ ;

$V_{в.к}$  - об'єм підземної частини викопаних коренеплодів одним диском за

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

одиницю часу, м<sup>3</sup>/с

Загальний об'єм  $V_3$  фігури  $ABCA_1B_1C_1$ , який викопується одним диском за

одиницю часу визначається за формулою [101]

$$V_3 = F_3 L_M \quad (2.16)$$

де  $F_3$  - площа поперечного перерізу фігури  $ABCA_1B_1C_1$ , м<sup>2</sup>;

$L_M$  - довжина шляху, який проходить машина за 1 с, м/с.

У нашому випадку, числове значення довжини шляху  $L_M$ , який проходить коренезбиральна машина за 1 с, відповідно дорівнює поступальній робочій швидкості руху коренезбиральної машини  $V_M$ , тобто справедлива тотожність (рівність)  $L_M \cong V_M$ . Тоді, з врахуванням вищевикладеного, залежність (2.16) має

вигляд

$$V_3 = F_3 V_M \quad (2.17)$$

Площа поперечного перерізу  $F_3$  фігури  $ABCA_1B_1C_1$  є не що інше, як площа поперечного перерізу сегмента  $AEDC$ , який утворений дугою  $ACD$  кола сферичного диска діаметром  $D_{e,d}$ , що стягується хордою  $AC$ , довжину якої позначимо через  $a$ .

Згідно [12] площа поперечного перерізу  $F_3$  і довжина хорди  $a$  дорівнюють

$$F_3 = 0,5 R_{a,a}^2 [(\pi\alpha / 180) - \sin\alpha]; \quad (2.18)$$

$$a = 2R_{e,d} \sin(\varphi / 2), \quad (2.19)$$

де  $R_{e,d}$  - радіус сферичного диска, м;

$\varphi$  - центральний кут, град.;

$a$  - довжина хорди, м.

Виразивши

# НУБІП України

# НУБІП України

$$\sin \varphi / 2 = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}} \quad (2.20)$$

та визначивши центральний кут  $\varphi = \arccos(1 - \frac{a^2}{2R_{e,d}^2})$  із (2.48') і довжину хорди  $a = 2\sqrt{h_{e,d}(D_{e,d} - h_{e,d})}$  згідно наведеної схеми рис. 2.2 та підставивши ці значення у рівняння (2.18) отримаємо залежність для визначення площі поперечного перерізу  $F_3$

$$F_3 = 0,125 D_{\dot{a}\dot{a}}^2 \left[ \pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{\dot{a}\dot{a}}(D_{\dot{a}\dot{a}} - h_{\dot{a}\dot{a}})}{D_{\dot{a}\dot{a}}^2} \right) / 180 - \sin \left[ \arccos \left( 1 - \frac{8h_{\dot{a}\dot{a}}(D_{\dot{a}\dot{a}} - h_{\dot{a}\dot{a}})}{D_{\dot{a}\dot{a}}^2} \right) \right] \right] \quad (2.21)$$

де  $D_{e,d}$  - діаметр сферичного диска, м;  
 $h_{e,d}$  - глибина ходу сферичного диска, м.

Підставивши значення виразу (2.21) у рівняння (2.19) визначимо загальний об'єм вороху коренеплодів кормових буряків  $V_3$ , який викопується одним викопувальним сферичним диском за одиницю часу

$$V_3 = 0,125 V_i D_{\dot{a}\dot{a}}^2 \left[ \pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{\dot{a}\dot{a}}(D_{\dot{a}\dot{a}} - h_{\dot{a}\dot{a}})}{D_{\dot{a}\dot{a}}^2} \right) / 180 - \sin \left[ \arccos \left( 1 - \frac{8h_{\dot{a}\dot{a}}(D_{\dot{a}\dot{a}} - h_{\dot{a}\dot{a}})}{D_{\dot{a}\dot{a}}^2} \right) \right] \right] \quad (2.22)$$

Об'єм підземної частини викопаних коренеплодів  $V_{e,k}$  одним диском за одиницю часу залежить від загальної кількості коренеплодів  $j$  на одному погонному метрі рядка, їх розмірно-масових характеристик, глибини залягання коренеплодів у ґрунті відносно рівня поля  $H_1$  та швидкості руху коренезбиральної машини  $V_m$ .

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

У загальному випадку об'єм підземної частини  $V_k$  (м<sup>3</sup>) одного коренеплоду дорівнює  $V_k = \frac{\pi D_{k.zp}^2 H_1}{12}$ , де  $D_{k.zp}$  - діаметр коренеплоду на рівні поверхні

грунту, м;  $H_1$  - глибина залягання коренеплоду в ґрунті, м, або -

# НУБІП УКРАЇНИ

$V_{H_1} = \frac{\pi r_{kH}^2 H_1}{3}$ , де  $r_{kH}$  - радіус основи підземної частини конуса коренеплоду, м. Але у нашому випадку  $D_{k.zp}$  і радіус основи  $r_{kH}^2$  підземної частини

конуса коренеплоду є відносно "невизначеною" величиною і оперувати нею в

# НУБІП УКРАЇНИ

подальших розрахунках буде складно. Тому, для визначення  $V_k$  скористаємося

залежностями  $V_k = \frac{\pi D_{k.zp}^2 H_1}{12}$  і  $V_{H_1} = \frac{\pi r_{kH}^2 H_1}{3}$ , тобто

$$V_k = V_{H_1} = \frac{\pi D_{k.zp}^2 H_1}{12} = \frac{\pi r_{kH}^2 H_1}{3} = \frac{\pi D_k^2 H_1^3}{12(L_k - 0,5D_k)^2} \quad (2.23)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Тоді об'єм підземної частини викопаних коренеплодів  $V_{v.k}$  з одного рядка (одним диском) за одиницю часу дорівнює

$$V_{\hat{a}\hat{e}} = V_k J_k = V_k j c = \frac{\pi D_k^2 H_1^3}{12(L_k - 0,5D_k)^2} j c, \quad (2.24)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

де  $J_k$  - кількість коренеплодів, які викопуються з одного рядка за 1 с, шт./с;

$j$  - кількість коренеплодів на 1 погонному метрі рядка, шт.;

$c$  - кількість погонних метрів, які проходить машина за 1 с, од./с.

У нашому випадку, числове значення кількості погонних метрів  $c$ , які

# НУБІП УКРАЇНИ

проходить машина за 1 с, відповідно, дорівнює довжині шляху  $L_m$ , який

проходить машина за 1 с. Але, у свою чергу, числове значення довжина шляху

$L_m$ , який проходить машина за 1 с, відповідно дорівнює швидкості руху машини

$V_m$ , тобто справедлива тотожність  $c \cong L_m \cong V_m$ , загальною розмірністю одиниць

вимірювання складових величин якої буде відношення безрозмірної величини до

часу рівного 1 с, або 1/с.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

З врахуванням викладеного, залежність (2.52) має вигляд

$$V_{a.e} = \frac{\pi D_k^2 H_1^3}{12(L_k - 0,5D_k)^2} j V_i . \quad (2.25)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Замінивши  $H_1$  та підставивши (2.22) і (2.25) у залежність (2.12) і після відповідних перетворень отримаємо залежність для визначення об'єму ґрунту

$V_{e.zp}$ , який викопується одним сферичним диском за час рівний 1 с

$$V_{a.oo} = 0,125 V_i \rho_{a.o} n \left\{ \begin{aligned} & \pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{a.a}(D_{a.a} - h_{a.a})}{D_{a.a}^2} \right) / 180 - \\ & - \sin \arccos \left( 1 - \frac{8h_{a.a}(D_{a.a} - h_{a.a})}{D_{a.a}^2} \right) \end{aligned} \right\} \frac{\pi D_k^2 L_k^3 k^3 H_1 L_k}{8(L_k - 0,5D_k)^2} j . \quad (2.26)$$

Тоді, згідно (2.25) і (2.26), математична залежність для визначення маси

ґрунту  $M_{zp}$ , який викопується сферичними дисками за час 1 с має вигляд

$$M_{a.o} = 0,125 V_i \rho_{a.o} n \left\{ \begin{aligned} & \pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{a.a}(D_{a.a} - h_{a.a})}{D_{a.a}^2} \right) / 180 - \\ & - \sin \arccos \left( 1 - \frac{8h_{a.a}(D_{a.a} - h_{a.a})}{D_{a.a}^2} \right) \end{aligned} \right\} \frac{\pi D_k^2 L_k^3 k^3 H_1 L_k}{8(L_k - 0,5D_k)^2} j . \quad (2.27)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Маса  $M_k$  коренеплодів 2, які викопуються сферичними дисками за одиницю часу  $t$ , залежить від урожайності коренеплодів  $Q_k$ , кількості рядків  $n$

, які одночасно викопуються дисками і робочої швидкості руху машини  $V_m$ .

Урожайність коренеплодів визначається у першу чергу їх розмірно-масовими характеристиками та густотою насаджень, або загальною кількістю коренеплодів на одному погонному метрі рядка  $j$ .

Тоді, маса коренеплодів  $M_k$ , яка викопується сферичними дисками за одиницю часу дорівнює

$$M_k = M_{k1} n , \quad (2.28)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

де  $M_{k1}$  - маса коренеплодів, яка викопується одним сферичним диском з одного рядка за 1 с, кг/с.

# НУБІП УКРАЇНИ

Маса коренеплодів  $M_{k1}$ , яка викопується одним сферичним диском з одного рядка за одиницю часу, із врахуванням положень і тверджень, які викладені при аналізі об'єму підземної частини коренеплодів, становить

$$M_{k1} = m_k J_k = m_k j c = m_k j V_i, \quad (2.29)$$

# НУБІП УКРАЇНИ

де  $m_k$  - середня маса одного коренеплоду, кг.

Підставивши значення  $m_k$  у рівняння (2.28) і (2.29) отримаємо залежність для визначення маси коренеплодів  $M_k$ , яка викопується сферичними дисками за

1 с

# НУБІП УКРАЇНИ

$$M_k = \rho_k \left( \frac{\pi D_k^2}{12} H_k + \frac{\pi D_k^3}{12} \right) j V_{mn}. \quad (2.30)$$

Загальна маса рослинних домішок  $M_{p,d}$ , яка викопується сферичними дисками за одиницю часу складається з маси залишків гички  $M_{3,2}$  (кг/с) на

# НУБІП УКРАЇНИ

головках коренеплодів, які залишилися після проходу гичкозбиральної машини, маси гички  $M_2$  (кг/с), яка була втрачена у процесі її зрізування робочими органами гичкозбиральної машини та маси бур'янів  $M_6$  (кг/с), які знаходяться у межах канавок, утворених поступальним рухом сферичних дисків, тобто

# НУБІП УКРАЇНИ

$$M_{p,d} = M_{3,2} + M_2 + M_6. \quad (2.31)$$

Маса залишків гички  $M_{3,2}$  і маса втраченої гички  $M_2$  залежать від урожайності і сорту коренеплодів та якості роботи гичкозбиральної машини.

# НУБІП УКРАЇНИ

Згідно з вихідними вимогами [13-15] довжина залишків гички на головках коренеплодів не повинна бути більшою за 4 см, або загальна питома маса залишків гички на площі 1 м<sup>2</sup> не повинна перевищувати 8 % від урожай-

ності гички. Питома маса втраченої гички згідно [16] на площі 1 м<sup>2</sup> не повинна перевищувати 10 % від урожайності гички. Згідно вихідних вимог до гичкозбиральних машин на даному етапі [15] питома маса бур'янів не повинна перевищувати 0,1 кг/м<sup>2</sup>

Для подальших розрахунків приймаємо максимальні значення вказаних величин, тоді відповідні маси залишків гички  $M_{3,2}$ , втраченої гички  $M_2$  і маси бур'янів, які викопуються сферичними дисками за одиницю часу визначаються

$$M_{3,2} = 0,08U_2S_3n; \quad M_2 = 0,1U_2S_3n; \quad M_6 = 0,1S_3n \quad (2.32)$$

де  $U_2$  - урожайність гички коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>,

$S_3$  - площа фігури  $AA_1CC_1$  на рівні поверхні ґрунту, яку утворює один сферичний диск за одиницю часу руху коренезбиральної машини, м<sup>2</sup>/с.

Згідно рис. 2.4 площа  $S_3$  фігури  $AA_1CC_1$  дорівнює

$$S_3 = 2S_{\Delta AKC} + S_{A_1MKC} \quad (2.33)$$

Підставивши значення рівнянь (2.32) і (2.33) у рівняння (2.31) отримаємо залежність для визначення загальної маси рослинних домішок  $M_{p,d}$ , які викопуються сферичними дисками за 1 с

$$M_{p,d} = 2V_M n \sqrt{h_{в,д} (D_{в,д} - h_{в,д})} (0,18U_2 + 0,1) \sin \alpha, \quad (2.34)$$

де  $\alpha$  - кут встановлення сферичного диска відносно напрямку руху коренезбиральної машини, град.

Таким чином, після відповідних спрощень, залежність для визначення секундної подачі вороху  $W_6$ , який безпосередньо виконується сферичними дисками за час руху коренезбиральної машини  $t = 1$  с має вигляд

$$W_e = V_m n \rho_{sp} \left[ 0,125 D_{e,d}^2 \left( \frac{\pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{e,d}(D_{e,d} - h_{e,d})}{D_{e,d}^2} \right)}{180} - \operatorname{sinarccos} \left( 1 - \frac{8h_{e,d}(D_{e,d} - h_{e,d})}{D_{e,d}^2} \right) \right) + \frac{\pi D_k^2 L_k^3}{(L_k - 0,5D_k)^2} - j k_{H1}^3 L_k + j \rho_k (L_k + 0,5D_k) \frac{\pi D_k^2}{12} + 2(0,18U_z + 0,1) \sqrt{h_{e,d}(D_{e,d} - h_{e,d})} \sin \alpha \right] \quad (2.35)$$

Для зручності користування залежністю (2.35) введемо позначення складових величин

$$X_1 = \frac{\pi \arccos \left( 1 - \frac{8h_{a,a}(D_{a,a} - h_{a,a})}{D_{a,a}^2} \right)}{180} - \operatorname{sinarccos} \left( 1 - \frac{8h_{a,a}(D_{a,a} - h_{a,a})}{D_{a,a}^2} \right);$$

$$X_2 = \frac{\pi D_k^2 L_k^3}{(L_k - 0,5D_k)^2};$$

$$X_3 = (L_k + 0,5D_k) \frac{\pi D_k^2}{12}; \quad X_4 = (0,18U_z + 0,1) \sqrt{h_{e,d}(D_{e,d} - h_{e,d})} \sin \alpha. \quad (2.36)$$

Тоді залежність (2.63) має вигляд

$$W_a = V_m n \rho_{av} \left( 0,125 D_{a,a}^2 X_1 - j k_{H1}^3 X_2 \right) + j \rho_k X_3 + 2 X_4 \quad (2.37)$$

Отримані теоретичні залежності (2.35), (2.37) є розрахунковими математичними моделями, які характеризують секундну подачу вороху коренеплодів  $W_e$  залежно від умов і швидкості руху коренезбиральної машини та агробіологічних характеристик коренеплодів і лінійних параметрів викопувального робочого органу.

# НУБІП України

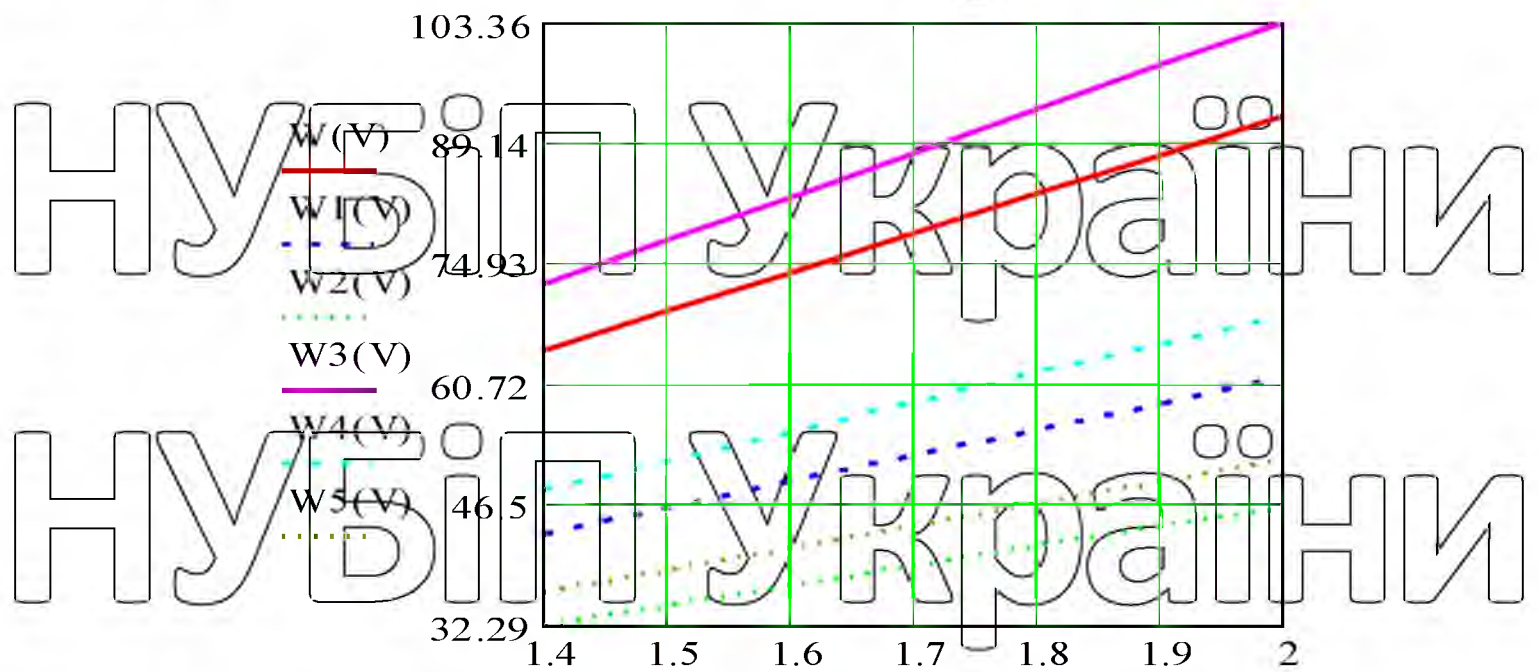


Рис. 2.3 Залежності секундної подачі вороху коренеплодів

На рис. 2.3 наведено залежності секундної подачі вороху коренеплодів  $W_d$  копачем від зміни поступальної швидкості руху машини  $V_m$ , які побудовані згідно рівняння (2.35), при цьому  $\rho_{ep} = 1300 \text{ кг/м}^3$  [16];  $D_{e,d} = 0,45 \text{ м}$ ,  $h_{e,d} = 0,07 \text{ м}$ ,  $\alpha = 30^\circ$  [17];  $D_k = 0,15 \text{ м}$ ,  $l_k = 0,25 \text{ м}$ ,  $j = 5 \text{ шт./п.м}$ ,  $U_z = 6 \text{ кг/м}^2$ ,  $k_{T,TR} = 0,3$  [18],  $\rho_k = 600 \text{ кг/м}^3$  [19].

Аналіз залежностей, які наведені на рис. 2.3 показує, що секундна подача вороху коренеплодів змінюється згідно лінійної функції, відповідно зростає прямопропорційно збільшенню робочої швидкості руху машини  $V_m$  та кількості рядків коренеплодів  $n$ , які збираються одночасно.

# НУБІП України

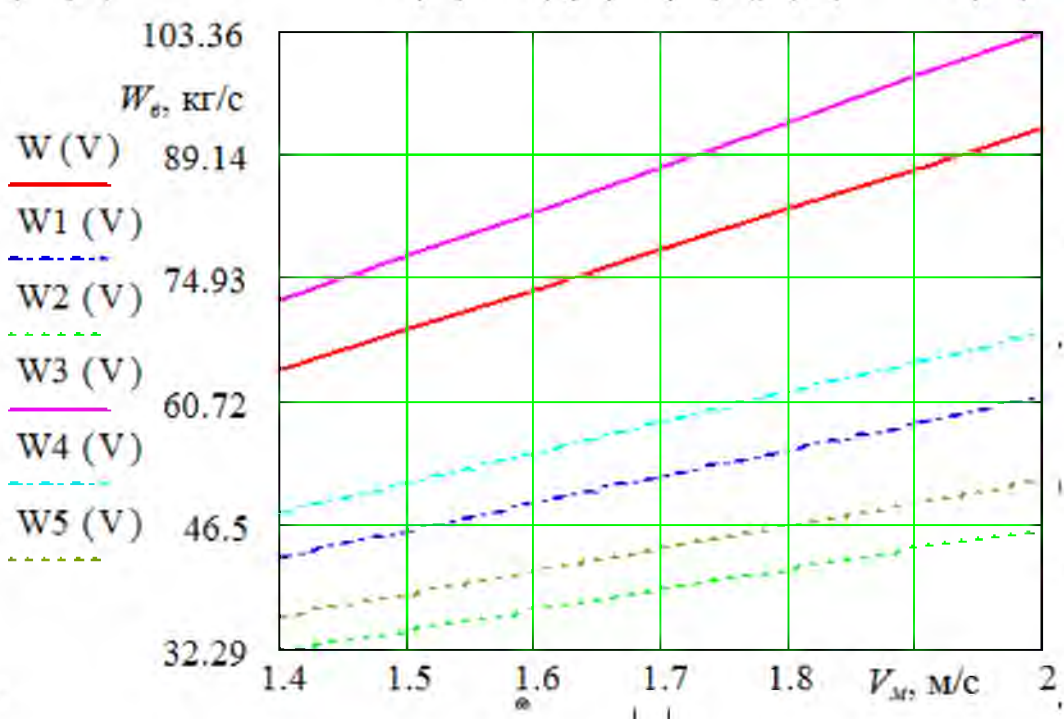


Рис. 2.4. Залежності пропускної здатності очисника  $W_b$

від швидкості руху коренезбиральної машини  $V_m$ :

$W(V)$ ,  $W1(V)$ ,  $W2(V)$  – відповідно для  $n = 6, 4, 3$  рядків при  $c = 0,5$ ;  
 $W3(V)$ ,  $W4(V)$ ,  $W5(V)$  – відповідно для  $n = 6, 4, 3$  рядків при  $c = 0,7$

Таким чином, при робочій швидкості руху машини  $V_m = 1,6...2,0$  м/с, яка регламентована згідно вихідних вимог до коренезбиральних машин [10], секундна подача вороху коренеплодів знаходиться у межах:  $W_b = 36,9...46,5, 49,1...61,4$  і  $73,9...92,3$  (кг/с), відповідно, при одночасному збиранні 3, 4 і 6 рядків кормових буряків і загального коефіцієнта сепарації викопаного вороху  $\eta_c = 0,5$ .

При значенні коефіцієнта  $\eta_c = 0,7$ , відповідно при збиранні 3, 4 і 6 рядків кормових буряків секундна подача знаходиться у межах:  $W_b = 41,3...51,7; 55,0...68,8$  і  $82,7...103,4$  (кг/с).

Ці твердження справедливі при умові коли  $V_m = const$ ,  $h_{e,d} = const$ ,  $U_2 = const$ . Насправді подача вороху  $W_b$  буде коливатися у певних межах внаслідок нерівномірної швидкості руху коренезбиральної машини  $V_m$ , непостійної глибини холу викопуючого диска  $h_{e,d}$ , урожайності гички  $U_2$  та

# НУВІП УКРАЇНИ

коренеплодів, тобто їх неоднакових лінійних характеристик – діаметра  $D_k$ , довжини  $L_k$  коренеплодів, коефіцієнта співвідношення  $k_{H1Lk}$  глибини

залягання коренеплодів у ґрунті та непостійного значення коефіцієнта сепарації вороху  $\eta_c$ .

# НУВІП УКРАЇНИ

## 2.3. Висновки до розділу

1. Одержано математичні моделі (2.36, 2.37), які характеризують динамічний процес відокремлення залишків гички з головок коренеплодів залежно від параметрів робочого органу та характеристик коренеплодів.

2. Умова не вибивання та не пошкодження коренеплодів у процесі взаємодії очисних елементів з поверхнею тіла коренеплодів описується залежностями (2.20-2.23).

3. Секундна подача вороху коренеплодів сферичним диском  $W_e$  описується лінійними математичними моделями (2.35), (2.37) і зростає прямопропорційно збільшенню робочої швидкості руху машини  $V_m$  та кількості рядків  $n$ , які збираються одночасно.

4. При одночасному збиранні 3, 4 і 6 рядків кормових буряків і загального коефіцієнта сепарації викопаного вороху  $\eta_c = 0,5$  і  $\eta_c = 0,7$  його пропускна здатність повинна знаходитися у межах:  $W_e = 36,9...46,5; 49,1...61,4$  і  $73,9...92,3$  (кг/с) та  $W_e = 41,3...51,7; 55,0...68,8$  і  $82,7...103,4$  (кг/с) при зміні швидкості руху машини  $V_m = 1,6...2,0$  (м/с).

Н

1

НУВІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Програма та методика проведення експериментальних досліджень

Згідно мети досліджень і поставлених задач програма експериментальних досліджень передбачала встановлення залежності зміни ступеня відділення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів цукрових буряків від характеру швидкості співудару коренеплодів із металевою поверхнею співудару.

Зв'язки ґрунту з коренеплодами залежать від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей ґрунту, сорту коренеплодів, типу їх поверхні, характеру навантажень для руйнування даних зв'язків та ін. Оскільки дані фактори носять випадковий характер, то в першу чергу необхідно провести комплекс експериментальних досліджень для визначення впливу домінуючих факторів на процес очищення.

Здійснивши статистичну обробку отриманих результатів, в математичні моделі необхідно вводити емпіричні залежності, які відобразатимуть зміну в часі маси вороху коренеплодів при різному рівні впливу на них динамічних навантажень.

Ступінь пошкодження і очищення коренеплодів доцільно визначати методом їх кидання з різної висоти  $h$  на очисні поверхні робочих органів. При цьому, встановлюючи швидкість ударної взаємодії за наступною залежністю  $V = \sqrt{2gh}$ , встановлюють раціональні параметри очисників.

Висота падіння коренеплодів при визначенні ступеня відділення налиплого ґрунту з поверхні тіл коренеплодів з металевою поверхнею товщиною 10 мм становила 0,5; 1,0 та 1,5 (м).

Викопані вручну коренеплоди разом з налиплим ґрунтом зважували на вагах з похибкою  $\pm 5$  гр. Після кожного скидання, коренеплоди з залишками

невідділеного ґрунту знову зважували на вагах 1 за різницею з попереднім зважуванням визначали відносний ступінь відділення налиплого ґрунту від поверхні тіла коренеплоду.

Дослідження проводили для коренеплодів цукрових буряків двох фракцій – для крупних (маса 1,2-2,4 кг) і дрібних (маса 0,3- до 1,2 кг) коренеплодів.

Окрім цього, дві вказані фракції коренеплодів буряків поділяли на групи з наступними межами зміни масових характеристик: для великих – перша - 1,2- до 1,8 кг; друга - 1,8-2,4 кг; для дрібних - 0,3- до 0,8 кг і 0,8- до 1,2 кг.

За результатами експериментів отримували залежності зміни маси налиплого ґрунту на поверхні тіла цукрових буряків від висоти падіння (швидкості епівудару коренеплоду з металевою поверхнею) та кількості ударних взаємодій, або кількості повторностей одного досліду. Аналіз випадковості процесу оцінювали за стандартними методиками, при цьому визначали математичне сподівання  $M$ , дисперсію випадкової величини  $D$  та коефіцієнт варіації  $V$ .

### 3.2. Результати експериментальних досліджень

Обробку одержаних експериментальних даних проводили згідно запропонованої методики, при цьому зважування коренеплодів з налиплим ґрунтом проводили після кожної ударної взаємодії.

Основна частина налиплого ґрунту відділялась після першого кидання коренеплодів. Оскільки при проведенні досліджень зацікавленість викликав відносний ступінь сепарації коренеплодів то попередньо коренеплоди за початковими і кінцевими даними розбивались на дві групи: крупні та дрібні, які в свою чергу також поділялись на дві фракції.

Так, при аналізі ударної взаємодії з металевою поверхнею товщиною 10 мм крупні та дрібні коренеплоди поділяли на дві фракції: відповідно перша - 1,8...2,4 кг; 0,8...1,2 кг; друга - 1,2...1,8 кг та 0,3...0,8 кг.

При проведенні досліджень зміни маси коренеплодів з налиплим ґрунтом

# НУБІП УКРАЇНИ

визначалась зміна абсолютної маси такого коренеплоду в залежності від кількості імпульсних навантажень. Так, як кількість імпульсних навантажень для конкретного досліду була різною, то попередньо у відсотковому вимірі

# НУБІП УКРАЇНИ

визначався загальний ступінь сепарації. Для цього з пропорції від початкової (сто відсотків) і кінцевої маси буряків з налиплим ґрунтом встановлювався загальний ступінь сепарації, а далі відсоток відділеного ґрунту ділився на кількість ударних навантажень.

Необхідно відмітити, що при висоті падіння коренеплодів з висоти  $h = 0,5$

# НУБІП УКРАЇНИ

м швидкість ударної взаємодії коренеплодів з поверхнею становить  $v_c = 3,1$  м/с;

при  $h = 1,0$  м -  $v_c = 4,43$  м/с; при  $h = 1,5$  м -  $v_c = 5,4$  м/с.

Встановлено, що при висоті падіння з 0,5 м за одну ударну взаємодію

середнє значення відсотку відділеного ґрунту для першої фракції крупних

коренеплодів при їх взаємодії з металевою поверхнею товщиною 10 мм

становить 1,69 %, для другої - 1,75 % (середнє значення - 1,72 %). Аналогічно

визначались інші значення, результати обробки яких зведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Відділений ґрунт за одного імпульсного навантаження коренеплодів

Матеріали робочого органу	Висота падіння корене-пл одів, м	Крупні корене-пл оди, %		S	Дрібні корене-пл оди, %		I
		1 фракція	2 фракція		1 фракція	2 фракція	
Металева плита	0,5	1,69	1,75	1,72	3,22	3,27	3,24
	1,0	1,72	2,03	1,87	2,59	3,53	3,06
	1,5	2,46	2,71	2,58	4,85	4,23	4,54

# НУБІП УКРАЇНИ

На рис. 3.1 представлені графічні залежності зміни маси коренеплодів з налиплим ґрунтом (вологість ґрунту 15 % в шарі 5-10 см) залежно від кількості повторностей досліду (кількості співударів коренеплодів з поверхнею) при зміні висоті падіння на металеву поверхню товщиною 10 мм.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

# НУБІП УКРАЇНИ

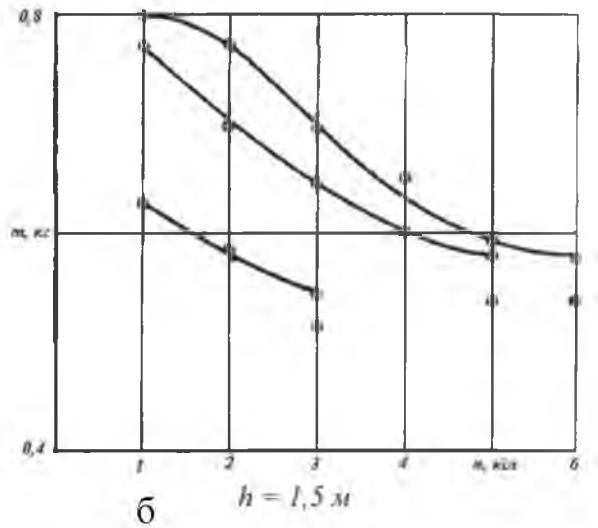
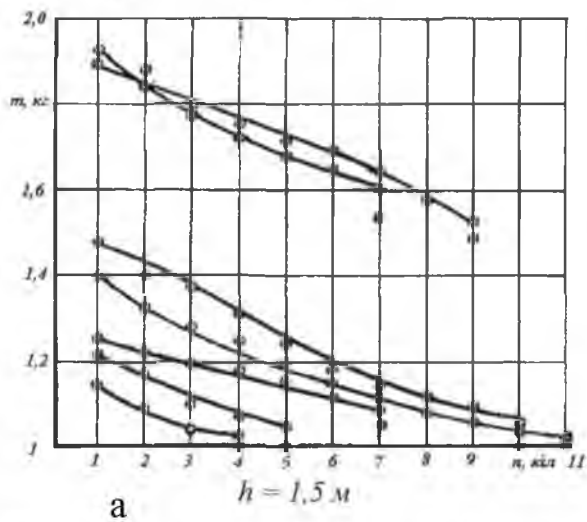
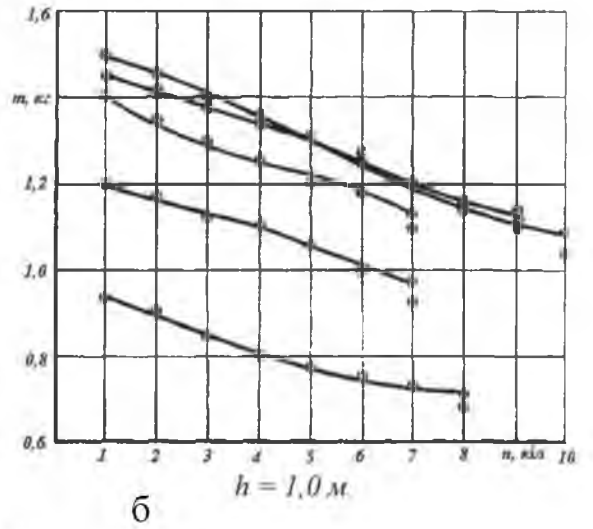
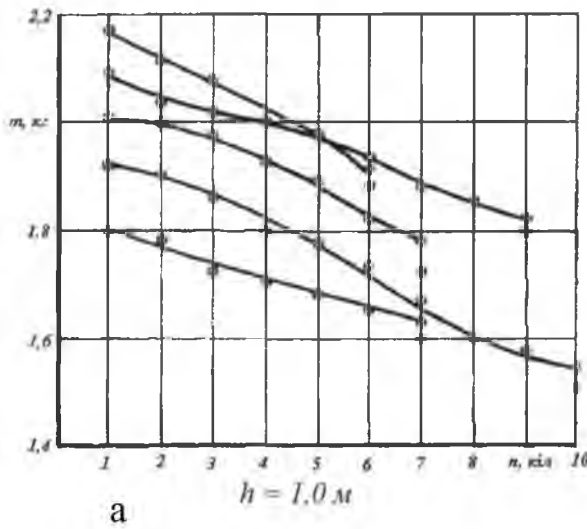
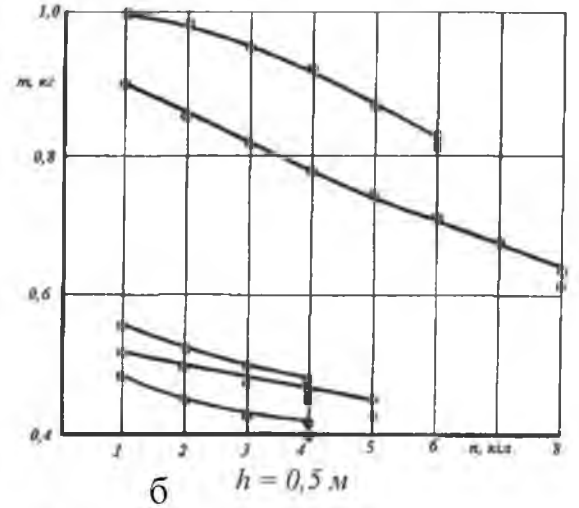
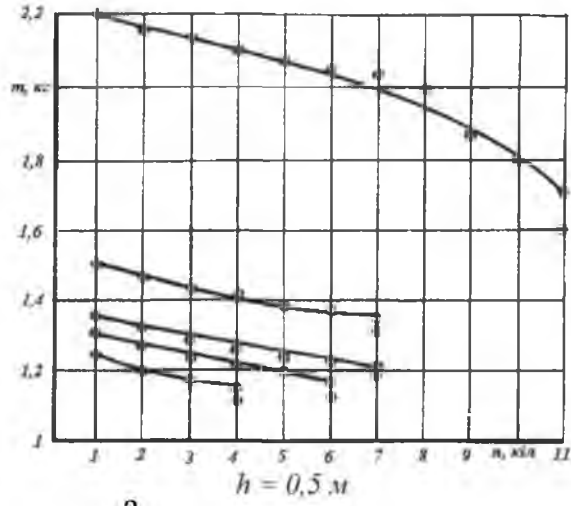


Рис. 3.1. Зміна маси коренеплодів  $m$  з налиплим ґрунтом від кількості їх ударних взаємодій  $n$  з металевою поверхнею товщиною 10 мм при різних значеннях висоти падіння  $h$ : а – для крупних коренеплодів; б – для дрібних коренеплодів

# НУБІП УКРАЇНИ

По осі ординат відображено масу коренеплодів з налиплим ґрунтом, яка зменшувалась по мірі збільшення імпульсних ударних навантажень, кількісна сторона яких відкладена по осі абсцис. Заштриховані точки вказують на масу чистих коренеплодів, які після проведення досліджень відмивали та зважували.

# НУБІП УКРАЇНИ

Встановлено, що при взаємодії коренеплодів з металевією плитою товщиною 10 мм відсоток відокремленого ґрунту для різних фракцій коренеплодів становив: при висоті падіння  $h = 0,5$  м: ДК (дрібна фракція) - 2,4 %...6,5 %; КК (крупна фракція) - 0,8...1,7 %;  $h = 1,0$  м: ДК - 2,6 %...6,5 %; КК - 1,0...2,2 %,  $h = 1,5$  м: ДК - 3,6 %...7,0 %; КК - 2,0...4,7 %, при цьому ступінь відділеного ґрунту при одному імпульсному навантаженні коренеплоду вищий у дрібних буряків порівняно з крупними в середньому в 1,67 разів.

# НУБІП УКРАЇНИ

Пояснення того, що при ударній взаємодії налиплий ґрунт інтенсивніше відділяється від дрібних коренеплодів, полягає у тому, що маса таких буряків є незначною, що дає більш високий відсоток відповідної сепарації при одному імпульсному навантаженні коренеплоду.

# НУБІП УКРАЇНИ

Таким чином при зростанні висоти падіння коренеплодів від 0,5 до 1,0 (м) ступінь відокремлення налиплого ґрунту практично не змінюється, а його суттєве зростання спостерігається при збільшенні  $h$  до 1,5 м.

# НУБІП УКРАЇНИ

При математичному сподіванні  $M = 1,669$ , дисперсія випадкової величини становить  $D = 0,637$ , середнє квадратичне відхилення -  $S = 0,798$ , а коефіцієнт варіації -  $V = 47\%$ .

З аналізу впливу висоти падіння коренеплодів встановлено, що в середньому при  $h = 0,5$  м сумарний відсоток відділеного ґрунту складає  $\delta = 2,55\%$ ; при  $h = 1,0$  м -  $\delta = 2,56\%$ ; при  $h = 1,5$  м -  $\delta = 3,58\%$ .

# НУБІП УКРАЇНИ

Таким чином при зростанні висоти падіння коренеплодів від 0,5 до 1,0 м ступінь сепарації практично не змінюється, а його суттєве зростання спостерігається при збільшенні  $h$  до 1,5 м.

На рис. 3.2 наведено загальний вигляд зміни маси налиплого ґрунту на поверхнях коренеплодів залежно від кількості імпульсних навантажень з

# НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 3.2. Зміна маси коренеплодів з налиплим ґрунтом від кількості  $n$  їх ударних взаємодій з металевою основою при висоті падіння 0,5 м металевою поверхнею товщиною 10 мм

# НУВІП України

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що при очищенні коренеплодів останнім доцільно надавати незначні імпульсні навантаження до 2 кг-м/с при їх проходженні технологічних руслах машин, а частота їх повторювань повинна бути не менше 8-10 разів для забезпечення якісного очищення вороху коренеплодів.

Таким чином, при математичному моделюванні процесів очищення цукрових буряків, необхідно підбирати такі конструктивні та кінематичні параметри робочих органів, при яких коренеплоди щонайменше 8-10 разів будуть імпульсно взаємодіяти з поверхнями очисників.

Також провели експериментальні дослідження ступеня відділення налиплого ґрунту від коренеплодів при вологості ґрунту 18 % в шарі 5-10 см. Дослідження проводились двох серій для висоти 0,3 м; 0,5 м; 0,8 м; 1,0 м та 1,5 м.

Встановлено, що при висоті падіння з 0,5 м за одну удару взаємодію середнє значення відсотку відділеного ґрунту для першої фракції крупних коренеплодів при їх взаємодії з металевою поверхнею, покритою гумою становить 2,95 %, для другої - 2,32 % (середнє значення - 2,64 %). Аналогічно визначались інші значення, результати обробки яких зведено в табл. 3.2.

Ступінь відділеного ґрунту при одному імпульсному навантаженні коренеплоду з різними матеріалами робочих органів є у всіх випадках вищий у дрібних буряків порівняно з крупними в середньому в 1,45 разів.

При математичному сподіванні  $M = 1,429$ , дисперсія випадкової величини становить  $D = 0,245$ . Середнє квадратичне відхилення –  $S = 0,495$ , а коефіцієнт варіації –  $V = 34 \%$ .

При ударній взаємодії налиплий ґрунт інтенсивніше відділяється від дрібних коренеплодів. Це пояснюється тим, що маса таких буряків є незначною, і це дає більш високий відсоток відповідної сепарації при одному імпульсному навантаженні коренеплоду.

З аналізу впливу висоти падіння коренеплодів встановлено, що в середньому при  $h = 0,3$  м сумарний відсоток відділеного ґрунту складає  $\delta = 2,74$

# НУВІП України

НУБІП України  
 %; при  $h = 0,5 \text{ м} - \delta = 3,29 \%$ ; при  $h = 0,8 \text{ м} - \delta = 3,41 \%$ ; при  $h = 1 \text{ м} - \delta = 3,58 \%$   
 %; при  $h = 1,5 \text{ м} - \delta = 4,23 \%$ .

Таблиця 3.2

Відсоток відділеного ґрунту  
при одному імпульсному навантаженні коренеплодів

Матеріали робочого органу	Висота падіння корене- плодів, м	Швидкість з'їкнення, м/с	Крупні коренеплоди, %		$\Sigma$	Дрібні коренеплоди, %		$\Sigma$
			1 фрак- ція	2 фрак- ція		1 фрак- ція	2 фрак- ція	
Мета- лева основа	0,3	2,4	2,06	2,3	2,18	2,81	3,0	3,41
	0,5	3,1	3,19	3,4	3,29	5,53	3,33	4,43
	0,8	3,9	3,0	3,9	3,45	4,06	3,33	3,69
	1,0	4,4	-	3	3	4,47	3,8	4,14
	1,5	5,4			3,07	9,5	4,16	6,83

Отже, при зростанні висоти падіння коренеплодів від 0,5 до 1,0 м ступінь сепарації змінюється незначно. При висоті 0,3 м ступінь сепарації нижчий, а його зростання спостерігається при збільшенні  $h$  до 1,5 м.

Слід відмітити, що при висоті падіння коренеплодів з висоти 0,3 м швидкість ударної взаємодії коренеплодів з робочим органом становить  $V = 2,4$  м/с; при  $h = 0,5 \text{ м} - V = 3,1 \text{ м/с}$ ; при  $h = 0,8 \text{ м} - V = 4 \text{ м/с}$ ; при  $h = 1 \text{ м} - V = 4,43$  м/с; при  $h = 1,5 \text{ м} - V = 5,4 \text{ м/с}$ .

Встановлено відсоток залишених на поверхні коренеплодів домішок налиплого ґрунту.

При взаємодії коренеплодів з металевою плитою товщиною 10 мм: висота падіння  $h = 0,3 \text{ м}$ : ДК - 1,7%...7,4%; КК - 1,0...4,0%;  $h = 0,5 \text{ м}$ : ДК - 1,8...13,6%; КК - 1,1...3,1%;  $h = 0,8 \text{ м}$ : ДК - 3,4...6,7%; КК - 1,1...3,3%;  $h = 1,0 \text{ м}$ : ДК - 1,7...4,8%; КК - 1,0...1,1%;  $h = 1,5 \text{ м}$ : ДК - 1,7...10,0%; КК - 1,0...1,5%.

Із вищепроведеного аналізу можна зробити висновок, що частота повторювань імпульсних навантажень повинна бути не менше 6-7 разів для забезпечення якісного відокремлення налиплого ґрунту з поверхні тіл коренеплодів.

# НУБІП України

Аналізуючи отримані результати можна констатувати, що при вологості ґрунту 14-16% коренеплодам необхідно надавати 8-10 імпульсних навантажень,

а коли вологість ґрунту складає 18% кількість імпульсних навантажень зменшується до 6-7.

# НУБІП України

## 3.3. Висновки до розділу

1. Частка відділеного ґрунту при імпульсному навантаженні коренеплоду з металевою поверхнею товщиною 10 мм встановлена за результатами експериментальних досліджень є у всіх випадках вища у дрібних буряків порівняно з крупними в середньому в 1,67 разів.

2. При очищенні коренеплодів останнім доцільно надавати незначні імпульсні навантаження до 2 кг·м/с, а частота їх повторювань 8-10 разів (при вологості ґрунту 14-16%), 6-7 разів при вологості 18%.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 4.1. Застосування САПР

На світовому ринку САПР найбільш відомі провідні світові виробники CAD / CAM / CAE технологій, такі як Autodesk, Bentley, Computer Vision, IBM, Integrah, SDRC, Unigrachics Solutions, Parametric Technology. Наведені компанії, створені в різний час, займають ніші на ринку, які закріплені за ними, і відрізняються функціональністю систем і фінансово-економічними показниками: річним оборотом, рентабельністю, новини, динаміка розвитку, кількість нових версій, що випускаються за рік, зростання кількості користувачів. Як показує практика, навіть в сучасних складних економічних умовах постачальники САПР можуть запропонувати зручні, ефективні та надійні рішення, цілком доступні будь-якій компанії. На сучасному ринку САПР найбільш поширеними є наступні програмно-апаратні рішення: система параметричного креслення та проектування КОМПАС-3D V15 для Windows XP / Vista / 7/8 (x32 / x64) з набором стандартних бібліотек і програм для проектування, як а також інструменти для їх розробки; провідна в світі система твердотільних технологій моделювання важкого класу Unigrachics для гібридного моделювання, повного контролю над складними поверхнями в промисловому дизайні та виготовлення конструкторської документації; система твердотільного параметричного моделювання середнього класу, створена компанією Unigrachics Solutions Inc.; високорівнева автоматизована система проектування Pro / ENGINEER; система параметричного твердотільного конструювання середнього класу SolidWorks з інтегрованими додатками (система підготовки програм багатокординатної обробки деталей на верстатах з ЧПУ PowerMill, системи розрахунку методом скінченних елементів (МКЕ) MSC/InSheck, системи DesignSoCWorks; корпоративні системи керування документами та робочі групи на базі програмного забезпечення COMPASS-3D V15 для Windows XP / Vista / 7/8, DOCS/Orn і PartY, інтегровані з COMPASS,

SolidWorks та пакетами векторизації; система програмування GEMMA-3D CNC; інтегрована з COMPASS-3D V15 для Windows XR / Vista / 7/8 системи обробки зображень сканування Srotlight і Vestogy, які забезпечують автоматичний переклад паперових креслень в електронний вигляд та їх подальше редагування.

При виборі програмних продуктів користувачеві САПР необхідно оцінювати не тільки функціональність кожної окремої системи. Важливим фактором є те, що різні програмні пакети добре взаємодіють один з одним.

Критеріями вибору є те, що база платформа повинна мати такі властивості: ціна продукту; можливість створення багаторівневої системи; можливість поетапного впровадження системи; єдине математичне ядро; збереження асоціативності на всіх етапах розвитку; збереження параметризації; відкритий програмний інтерфейс (можливість доповнення); наявність інформаційного менеджера; можливість візуалізації. Компоненти єдиного інформаційного середовища: системи САПР; пов'язаний електронний виробничий пакет; система управління даними проекту; система технологічної підготовки виробництва; вимірювальні обчислювальні системи; система управління підприємством; наявність комп'ютерної мережі.

#### **4.2. Технологічне і програмне забезпечення систем автоматичного проектування**

Технічне переозброєння здійснюється на основі правильно підбраного апаратного забезпечення, яке в свою чергу підбирається залежно від програмного забезпечення, яке буде використовуватися, вимог конкретного виробництва (підприємства).

Технічне забезпечення САПР – це сукупність технічних засобів, на основі яких фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування. Апаратне забезпечення САПР є матеріальною основою автоматизованого проектування і разом із програмним забезпеченням середовищем, в якому

# НУБІП України

реалізуються інші види програмного забезпечення САПР (математичні, інформаційні, лінгвістичні тощо).

Вимоги до технічної підтримки САПР можна розділити на чотири категорії: системні; функціональні; технічні; організаційно-оперативна. Вимоги до системи включають: ефективність, універсальність, сумісність, гнучкість і відкритість, надійність, точність (надійність), безпеку, можливість одночасної роботи з широким колом користувачів, низька вартість. Коротше кажучи, вони визначають діапазон властивостей, параметрів і характеристик САПР як технічної системи.

Функціональні вимоги визначають властивості набору технічних засобів з точки зору виконання функцій САПР. Вони повинні забезпечувати: - реалізацію математичних моделей; завдання прийняття рішень та процедури проекту; робота з бібліотеками проектних рішень і типових елементів, їх архівування; системи пошуку даних, що забезпечують видимість інформації; графічними зображеннями та моделями; паралельна розробка окремих вузлів; взаємозв'язок етапів проектування; документування результатів проектування; виведення обробленої інформації на інше обладнання.

Технічні вимоги визначають параметри і характеристики комплексу технічних засобів та окремих технічних засобів при експлуатації САПР і виражаються у вигляді кількісно-якісних характеристик і параметрів. Це такі характеристики та параметри: продуктивність, швидкість системи кодування інформації; ємність зберігання, види носіїв інформації.

Організаційно-експлуатаційні вимоги – це вимоги до технічної естетики, ергономіки, охорони праці, організації експлуатації та обслуговування технічних засобів САПР.

САПР поділяються на три основні класи: системи легкого класу (Компас, AutoCAD); системи середнього класу (Solid Edge, Solid Works); системи важкого класу (Uni Graphics, ProIngenir, CATIA).

Легкі системи мають вузькі можливості, тобто геометричні конструкції поділяються на конструкції в площині та в об'ємі.

Переваги класу «Компас»: підтримка інтерфейсу Windows; повна

підтримка вимог ЕСКД; вбудований текстовий редактор; відкритість системи;

наявність засобів інтерактивної параметризації; широкий асортимент

різноманітних бібліотек; можливість обміну з іншими системами; наявність

російськомовного інтерфейсу; наявність панелі швидкого реагування.

*Компас - легка система.*

КОМПАС-3D V15 – це система нового покоління, призначена для виконання проектно-конструкторських робіт у різних галузях. Він простий в

освоєнні і зручний в експлуатації, і в той же час його вартість прийнятна для

комплексного обладнання вітчизняних підприємств, у тому числі середніх і

малих. Система розроблена для персональних комп'ютерів з процесором 486 і

вище, оснащених операційною системою MS Windows.

За умов створення КОМПАС-3D V15 був використаний багатий досвід у

сфері графічного дизайну, інструментів розробки додатків, проблемно-

орієнтованих САПР, а також врахування останніх тенденцій у цьому секторі

програмного забезпечення (користувачський інтерфейс, взаємодія різних

Windows програми, методи), тощо). КОМПАС-3D V15 призначений для

вирішення масових завдань «легкого» класу, таких як двовимірне проектування

та конструювання, швидка підготовка та випуск різноманітної креслярсько-

конструкторської документації, створення технічних текстових та графічних

документів.

КОМПАС-3D V15 заснований на високоефективних дизайнерських

графіках з передовими технологіями та інструментами, що відповідають

останнім вимогам. Він однаково підходить для машинобудівництво,

приладобудування, будівництво та архітектура. В системі реалізації Новітні

технології моделювання, проектування та виготовлення креслярсько-

конструкторської документації, які дозволяють різко скоротити терміни

розробки нової продукції, підвищити її якість та конкурентоспроможність.

Система дозволяє одночасно завантажувати для роботи декілька

документів і відчиняти кожний із них у декількох вікнах. Кількість одночасно

# НУВІП УКРАЇНИ

відкритих документів обмежується тільки ресурсами комп'ютера. Доступ до команд системи здійснюється як через традиційні випадаючі меню, так і через

кнопкові інструментальні панелі. Склад цих панелей користувач може змінювати

за власним бажанням безпосередньо під час сеансу роботи. В системі

передбачена спеціальна панель швидкого керування, на якій можна розташувати

кнопки команд, які часто викликаються. Користувач має змогу створювати

власні кнопкові панелі та підключення зовнішньої бібліотечної функції (тобто

функції зовнішнього додатку до КОМПАС-3D V15) у вигляді командної кнопки.

До складу комплексу КОМПАС-3D V15 включено потужний креслярсько-

графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК-3D V15, інструментальні засоби

розробки додатків (комплект API), широкий набір готових бібліотек, що містять

типові конструктивні елементи і зображення, конструкторські додатки до

КОМПАС-3D V15 для проектування деталей типу тіл обертання, пружин і

автоматичного оформлення креслень на них, а також утиліти обміну з іншими

CAD/CAM системами через стандартні формати DXF і IGES.

Спеціалізована модель дозволяє працювати з кресленням як з документом,

який складається з декількох листів. Кожний лист може складатись з окремих

видів (проекцій, розрізів, перетинів), штампа та технічних вимог. У свою чергу,

вид можна розбивати на шари (не більше 255).

Системи середнього класу Solid Edge, Solid Works.

*Solid Edge* — сучасна твердотільна система параметричного моделювання середнього

діапазону, створена компанією Unigraphics Solutions Inc. Система була розроблена з метою

швидшої та дешевшої розробки продукту з одночасним підвищенням якості, об'єктивною

оцінкою часу виходу продукту на ринок та вартість його розробки. Solid Edge надає більше

можливостей, ніж традиційні системи САПР цього класу. Завдяки «інтелекту» Solid Edge

пропонує інструменти для автоматичного розпізнавання та реалізації ідей дизайнера, яка

випереджає його крески в процесі побудови моделі. Ці інтелектуальні інструменти

проективання можуть різко скоротити кількість кроків і операцій і, зрештою, час розробки

продукту в цілому.

*Solid Edge* надає користувачеві вискоєфективні можливості для тривимірного

моделювання та проектування складальних вузлів. Окрім цього, Solid Edge може працювати

з іншими інструментами проектування, такими як AutoCAD, Inventor, Solid Works тощо.

Система також має функції для автоматичного створення креслень та з'ясування

взаємодій між елементами моделі. Крім того, система може працювати з іншими

системами, такими як AutoCAD, Inventor, Solid Works тощо.

Система також має функції для автоматичного створення креслень та з'ясування

взаємодій між елементами моделі. Крім того, система може працювати з іншими

системами, такими як AutoCAD, Inventor, Solid Works тощо.

Система також має функції для автоматичного створення креслень та з'ясування

взаємодій між елементами моделі. Крім того, система може працювати з іншими

# НУВІП УКРАЇНИ

на персональних комп'ютерах середнього класу, що дозволяє заощадити гроші на апаратному забезпеченні. Нарешті, оскільки Solid Edge простий у навчанні та використанні, а також має вбудовані інструменти навчання, користувач може отримати значну економію завдяки самонавчанню. Розроблений спеціально для Windows, Solid Edge можна швидше інтегрувати в існуюче автоматизоване середовище розробки інженерів, усуваючи непотрібні витрати, які є неминучими для підтримки та підтримки апаратних платформ і операційних систем, на яких працюють офісні та дизайнерські програми.

*Solid Edge* надає новітні інструменти для зв'язку між технічними та бізнес-програмами, що дозволяє уникнути проблем і додаткових витрат при спільному використанні різних програмних систем. Система уникає перекодування даних з різних систем САПР, що гарантує надійність і цілісність інформації, навіть перекодування ніколи не покращує геометричну модель, не кажучи вже про те, що для цього потрібне спеціальне програмне забезпечення.

Загальні характеристики системи *Solid Edge*, автоматичний вибір елементів здійснюється в інструменті *QuickPick*, який використовується в *Solid Edge*. Це значно спрощує процес вибору геометричних елементів, необхідних для операцій побудови моделі; інструмент «інтелектуальний» ескіз дозволяє в процесі створення профілю при переміщенні курсору миші автоматично виділяти ключові геометричні точки. Точна геометрія «від руки». Останній безкоштовний ескіз *Solid Edge* дозволяє перетворювати намальований від руки ескіз, вільно переміщуючи курсор миші в точні геометричні елементи, точний введення. Інструмент *PinPoint* (точний введення) забезпечує простий і точний введення даних під час створення, переміщення або зміни геометричних елементів; скорочення циклу розвитку. Технологія, запропонована *Solid Edge*, дозволяє скоротити тривалість і кількість операцій введення даних у процесі моделювання структури, і відповідно скоротити цикл розробки. Підвищення якості *Solid Edge* дозволяє ефективно розробляти «справжню» збірку повних і точних геометричних прототипів, які допоможуть виявити та усунути всі проблеми, пов'язані з доповненнями, повна автоматизація. *Solid Edge* - найбільш відкрита та спільна CAD-система, яка коли-небудь була створена для виконання проектних робіт; повна інтеграція. Ключовою особливістю *Solid Edge*, яка взаємодіє з іншими системами, є використання нового стандарту OLE для Windows для зв'язування об'єктів, створених за допомогою додатків для проектування та моделювання. Цей стандарт дозволяє працювати з тривимірними об'єктами за допомогою ефективних інструментів Windows.

#### 4.3. Формування вихідних результатів

# НУБІП України

Для формування схеми технологічного процесу деталі потрібно повна ілюстрація деталі з описом засобами якої-небудь формалізованої мови. У разі, коли лінійка виробів, які виробляються велика, кодування може бути дуже тривалою процедурою. Тому за низького рівня складності деталі, доцільніше залишити за технологом умову формування структури маршрутного технологічного процесу. Для простої деталі технологу легше і швидше встановити комп'ютерну структуру маршруту, ніж описати всі розміри та технічні вимоги формалізованою мовою.

# НУБІП України

Для розробки технологічної операції механічної обробки за допомогою ППП «ТехноПро» потрібно надати таку інформацію:

- робочий креслення деталі, технічні умови на виготовлення;
- основний технологічний процес виробництва деталей,
- типовий технологічний процес, записаний на бланках маршрутних технологічних карт.

## 4.4. Порядок автоматичного проектування операційного процесу

ППП «ТехноПро» містить сервісні підсистеми введення та контролю вихідної інформації, документації, адаптації інформаційного забезпечення до умов конкретного виробництва, пошуку інформації. Інформаційно-пошукова підсистема зберігає типові технологічні процеси та здійснює їх пошук. Вихідним документом є опис маршруту технологічного процесу. Підсистема адаптації САПР призначена для архівування нових стандартних процесів і видалення непотрібних. Щоб скоротити час проектування машини, спочатку шукаємо на магнітному диску потрібний типовий процес і переносимо його в пам'ять комп'ютера, тобто створюємо тимчасовий робочий архів. Потім з робочого архіву вибирається запис із кодом, що відповідає коду першого запису у вихідному документі. Вибраний таким чином запис містить постійну частину опису першого переходу з вихідного документа. У четвертому блоці відбувається формування переходу для робочого процесу. Для цього в опис або операції (постійна частина) операцій і переходів, взятих з архіву, вноситься відповідна інформація (змінна частина) з вихідного документа. Після читання та обробки першого запису вихідного документа відбувається перехід до наступного і так до кінця документа. Після оформлення формуємо та друкуємо оригінал документа.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

## 4.5. Розробка очисного вала в програмі SOLID EDGE

Привід очисного валу складається з таких деталей: валу; ланцюг з веденою зіркою; два шарикових підшипники.

Побудову починаємо з валу, а потім надіваємо на нього інші деталі. Вал може бути побудований двома способами: витягуванням або обертанням. Будуватимемо методом обертання. Завершуємо створювати фаски і пази для шпонок. Побудову валу завершено.

Починаємо будувати зірку. Створення ведеться методом обертання. Спочатку ми будуємо ведену зірочку, потім будуємо зуби зірочки. Спочатку будуємо один зуб, потім за допомогою масиву будуємо інші зуби. Далі збираємо шарикові підшипники.

Будуємо за такою схемою: методом обертання створюємо нижню частину підшипника, з використанням команди виступ формуємо вставку під ролики; при допомозі масиву будуємо ролики; методом обертання створюємо верхню частину шарикового підшипника.

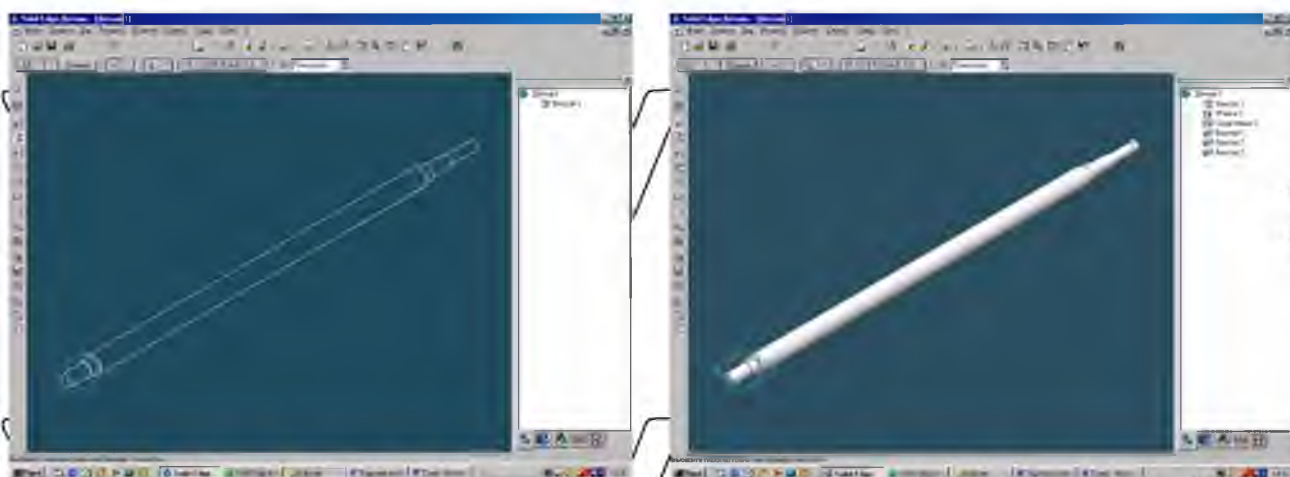


Рис. 4.1. Створення валу

По завершенні побудови всіх вищевказаних деталей, виконуємо складання вузла. Для цього завантажуюмо «Solid Edge: Assembly» і переносимо побудовані деталі в середовище складання. Спочатку переносимо вал тому, що на нього будуть ставитися інші деталі.

Далі на вал надягають ведучі зірочки конвеєра.

Після установки ведучих зірочок виконуємо монтаж шарикових підшипників.

# НУБІП України

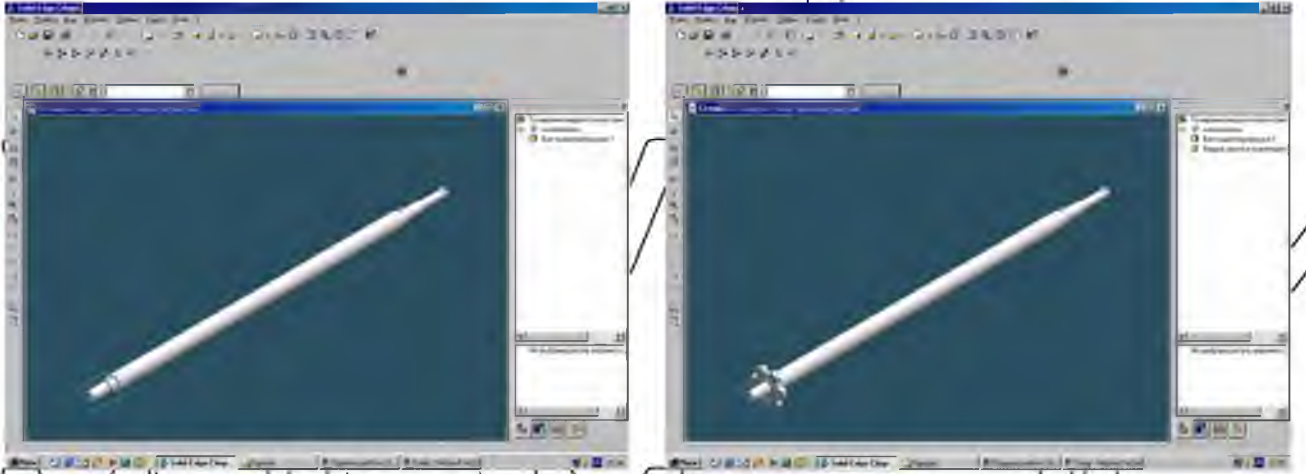


Рис. 4.2. Монтування ведучого вала зіркою

Після завершення установки підшипників кочення починаємо заключну операцію монтажу. Одягаємо ведучу зірочку ланцюгової передачі.

Монтування ведучого вала транспортера закінчено. До того ж цю змонтовану одиницю можна рознести на деталі.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ

### 5.1. Розрахунок економічної ефективності від зменшення пошкодження та забруднення коренеплодів

При роботі різних конструкцій однотипної сільськогосподарської техніки її функціональні показники відрізняються між собою, а тому необхідно здійснювати комплексну економічну оцінку машин, як за експлуатаційними, так і за функціональними показниками.

Вихідні дані для проведення порівнювальної економічної оцінки бурякозбиральних машин за функціональними показниками їх роботи наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Назва показника	Одиниці виміру	Модернізована модель	Базова модель
Продуктивність за 1 год. часу зміни	га/год	1,1	1,1
Річне планове завантаження	год.	300	300
Середня урожайність	т/га	44	44
Основні якісні показники:			
-сильні пошкодження коренеплодів	%	2,5	6,8
-забрудненість коренеплодів		4,1	6,3

Оскільки продуктивність обох коренезбиральних машин, кількість обслуговуючого персоналу, питомі витрати палива є однаковими, то економічну ефективність визначаємо від зменшення пошкоджень та забрудненості вороху коренеплодів.

# НУБІП України

# НУБІП України

При проведенні розрахунків модернізована машина порівнюється відносно базової і економічну ефективність машин необхідно комплексно оцінювати за функціональними показниками їх роботи (пошкодження,

# НУБІП України

забрудненість коренеплодів). При цьому, наприклад за одним показником переважає одна машина, а за іншим – друга. Тому, сумарна економічна ефективність визначається арифметичним сумуванням розрахункових значень із обов'язковим збереженням знаків при відповідних значеннях  $E_1$  та  $E_2$ .

Економічний ефект від зменшення пошкоджень коренеплодів визначається

# НУБІП України

за залежністю

$$E_1 = 0,95 \cdot 10^{-5} (x_1 + x_2) \cdot Q \cdot m \cdot t \cdot k_{\text{поп}} \cdot C_1 - 1^4 (x_1/x_2) \cdot [D_1 + (0,0104 + 0,00095 \cdot x_2)] \cdot Q \cdot m \cdot k_{\text{поп}} \cdot C_2, \quad (5.1)$$

де  $x_1$  і  $x_2$  – кількість сильно пошкоджених коренеплодів базовою і модернізованою машиною відповідно, %;

$Q$  – кількість буряків зібраних за сезон, т;

$m$  – частка сировини, що підлягає зберіганню ( $m=0,4$ );

$t$  – середній термін зберігання буряків ( $t=30$  днів);

$k_{\text{поп}}$  – поправочний коефіцієнт.

Кількість буряків зібраних за сезон визначаємо із залежності

# НУБІП України

$$Q = Y \cdot W_3 \cdot T_p, \quad (5.2)$$

де  $Y$  – середня урожайність буряків, т/га;  $W_3$  – продуктивність коренезбиральної машини за годину змінного часу, га/год.;  $T_p$  – річне планове завантаження машини, год.

# НУБІП України

$$Q = 44 \cdot 1,1 \cdot 300 = 14520 \text{ т.}$$

Поправочний коефіцієнт визначається як добуток коефіцієнтів

$$k_{\text{поп}} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (5.3)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт заготовки буряку ( $k_1=0,9$ );  $k_2$  – коефіцієнт втрат буряку за період від приймання до переробки ( $k_2=0,96$ );  $k_3$  – коефіцієнт виходу цукру з сировини ( $k_3=0,75$ ).

# НУБІП України

# НУБІП України

$$k_{\text{коп}} = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,75 = 0,648.$$

Економічний ефект від зниження механічних пошкоджень коренеплодів в модернізованій машині в порівняння з базовою становить

$$E_1 = 0,95 \cdot 10^{-5} \cdot (6,8 - 2,5) \cdot 14520 \cdot 0,430 \cdot 0,648 \cdot 2500 \cdot 10^{-4} \cdot (6,8 - 2,5) \cdot [14 \cdot 30 \cdot (0,0104 + 0,00095 \cdot 2,5)] \cdot 14520 \cdot 0,4 \cdot 0,648 \cdot 90 = 9546,92 \text{ грн.}$$

## 5.2. Визначення річного економічного ефекту

Економічний ефект на один гектар зібраної площі

$$E'_1 = E_1 / (W_3 \cdot T_p) \quad (5.4)$$

$$E'_1 = 9546,92 / 1,1 \cdot 300 = 28,93 \text{ грн/га.}$$

Як видно з таблиці 5.1, модернізована машина переважає базову стосовно якості очищення коренеплодів. Економічний ефект, який створює модернізована машина, в першу чергу пов'язаний із зменшенням витрат на транспортування вороху цукрових буряків до бурякопункту. Функціональні показники роботи модернізованої машини забезпечують перевезення більш чистого вороху, що сприяє зниженню транспортних витрат, а також витрат на додаткове очищення коренеплодів на цукровому заводі та зворотній вивіз ґрунту.

Оскільки основні витрати пов'язані з перевезенням ґрунту з поля на цукровий завод і в зворотному напрямку, то розрахунок економічної ефективності проводимо відносно зменшення витрат на транспортування вороху.

Продуктивність за одну годину змінного часу на відвезенні цукрових буряків визначається за формулою

$$W_{3.в} = B / T_{ц} \quad (5.5)$$

де  $B$  – вантажоздатність причепа, т;  $T_{ц}$  – час одного циклу при відвезенні вороху коренеплодів, с.

# НУБІП України

# НУБІП України

Прийmemo, що відвезення здійснюється трактором ЮМЗ-6Л з причепом 2ПТС-4 на відстань 12км.

Вантажоздатність прицепа в тонах чистої продукції коренеплодів буряків:

# НУБІП України

$$B=(q/100) \cdot \varphi, \quad (5.6)$$

де  $q$  - паспортна вантажездатність прицепа (для прицепа 2ПТС-4 - 4т);  $\varphi$  - чистота вороху коренеплодів при збиранні базовою і модернізованою машинами.

Оскільки в таблиці 5.1 забрудненість коренеплодів наведена у відсотках, то чисті коренеплоди становитимуть  $100\% - 3$ , де  $3$  - забрудненість вороху коренеплодів.

# НУБІП України

$$B_6=4(100-6,3)/100=3,75\text{т}, \quad B_M=4(100-4,1)/100=3,84\text{т}.$$

Час одного циклу при відвезенні коренеплодів:

$$T_{\text{ц}}=t_{\text{нав}}+t_{\text{пер}}+t_{\text{виван}}+t_{\text{х пер}}, \quad (5.7)$$

# НУБІП України

де  $t_{\text{пер.б}}=t_{\text{пер.м}}=0,7$  - час перевезення коренеплодів, год;

$t_{\text{виван.б}}=t_{\text{виван.м}}=0,3$  - час вивантаження коренеплодів, год;

$t_{\text{х.пер.б}}=t_{\text{х.пер.м}}=0,6$  - час холостого переїзду, год.

Час навантаження транспортного засобу

# НУБІП України

$$t_{\text{нав}}=B/(Y \cdot W_M), \quad (5.8)$$

де  $W_M$  - продуктивність роботи коренезбиральної машини, га/год;  $Y$  - урожайність коренеплодів цукрових буряків, т/га.

# НУБІП України

$$t_{\text{нав.б}}=3,75/(44 \cdot 1,1)=0,077\text{год.}$$
$$t_{\text{нав.м}}=3,84/(44 \cdot 1,1)=0,079\text{год.}$$

$$T_{\text{ц.б.}}=0,077+0,7+0,3+0,6=1,677\text{год.}$$

$$T_{\text{ц.м.}}=0,079+0,7+0,3+0,6=1,679\text{год.}$$

# НУБІП України

# НУВІП України

$$W_{з.в.б.} = 3,75 / 1,677 = 2,24 \text{ т/год.}$$

$$W_{з.в.м.} = 3,84 / 1,679 = 2,29 \text{ т/год.}$$

# НУВІП України

Необхідну кількість транспортних засобів для вивезення коренеплодів з 1 гектара визначаємо за залежністю

$$K = Y / W, \quad (5.9)$$

# НУВІП України

$$K_б = 44 / 3,75 = 11,73,$$

$$K_м = 44 / 3,84 = 11,46.$$

Заробітна плата працівників по вивезенню коренеплодів з 1 га визначається за формулою

$$З = (\sum K \cdot r_j) / (T_{ц} \cdot K_{зм}), \quad (5.10)$$

де  $K$  - кількість механізаторів, які зайняті на вивезенні;  $r_j$  - погодинна ставка механізатора ( $r_j = 46$  грн/год);  $K_{зм}$  - коефіцієнт використання експлуатаційного часу ( $K_{зм} = 0,7$ ).

$$З_б = (11,73 \cdot 46) / (1,677 \cdot 0,7) = 459,65 \text{ грн/га,}$$

$$З_м = (11,46 \cdot 46) / (1,679 \cdot 0,7) = 448,53 \text{ грн/га.}$$

# НУВІП України

Питомі витрати на реновацію транспортних засобів

$$A = B \cdot a \cdot Y / W_{з.в.} \cdot T_{рт}, \quad (5.11)$$

де  $B$  - балансова вартість транспортного засобу (ЮМЗ-6Л+причіп 2ПТС-4=350500 грн);  $a$  - нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію ( $a = 0,16$ );  $T_{рт}$  - нормативне річне завантаження трактора, год ( $T_{рт} = 1000$  год).

$$A_б = 350500 \cdot 0,16 \cdot 44 / 2,24 \cdot 1000 = 1101,57 \text{ грн/га,}$$

$$A_м = 350500 \cdot 0,16 \cdot 44 / 2,29 \cdot 1000 = 1077,52 \text{ грн/га.}$$

# НУВІП України

Питомі відрахування на капітальний, поточний ремонт і планове технічне

обслуговування

# НУВІП України

# НУБІП України

$$P=B \cdot (R_k+R_{\text{п}}) Y / W_{\text{з.в}} \cdot T_{\text{рт}}, \quad (5.12)$$

де  $(R_k+R_{\text{п}})=0,34$  – нормативний коефіцієнт щорічних відрахувань на капітальний і поточний ремонт.

# НУБІП України

$$P_{\text{б}}=350500 \cdot 0,34 \cdot 44 / 2,24 \cdot 1000=2340,84 \text{ грн/га.}$$

$$P_{\text{м}}=350500 \cdot 0,34 \cdot 44 / 2,29 \cdot 1000=2289,73 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на паливно-мастильні матеріали

$$П=(N_{\text{д}} \cdot q \cdot Ц_{\text{д}} \cdot a_{\text{н}} \cdot K \cdot T_{\text{п}}) / 100, \quad (5.13)$$

# НУБІП України

де  $N_{\text{д}}$  – номінальна потужність двигуна, кВт ( $N_{\text{д}}=51,5$  кВт);  $q$  – питома витрата палива, кг/кВт·год ( $q=0,252$  кг/кВт·год);  $Ц_{\text{д}}$  – вартість дизельного палива, грн/кг

( $Ц_{\text{д}}=26$  грн/кг);  $a_{\text{н}}$  – середній відсоток використання потужності трактора, %

( $a_{\text{н}}=80\%$ );

# НУБІП України

$$П_{\text{б}}=51,5 \cdot 0,252 \cdot 26 \cdot 80 \cdot 11,73 \cdot 1,677 / 100=5310,09 \text{ грн/га.}$$

$$П_{\text{м}}=51,5 \cdot 0,252 \cdot 26 \cdot 80 \cdot 11,46 \cdot 1,679 / 100=5194,05 \text{ грн/га.}$$

Прямі експлуатаційні видатки складуть

$$B_{\text{п}}=3+A+P+П, \quad (5.14)$$

# НУБІП України

$$B_{\text{пб}}=459,65+1101,57+2340,84+5310,09=9212,15 \text{ грн/га.}$$

$$B_{\text{пм}}=448,53+1077,52+2289,73+5194,05=9009,83 \text{ грн/га.}$$

Питомі капіталовкладення

# НУБІП України

$$K_{\text{п}}=B \cdot Y / W_{\text{з.в}} \cdot T_{\text{рт}}, \quad (5.15)$$

$$K_{\text{пб}}=350500 \cdot 44 / 2,24 \cdot 1000=6884,82 \text{ грн/га.}$$

$$K_{\text{пм}}=350500 \cdot 44 / 2,29 \cdot 1000=6734,50 \text{ грн/га.}$$

# НУБІП України

Приведені витрати на 1 га складають

# НУБІП України

$$\Pi_{\text{шт.г}} = E_n \cdot K + B_n, \quad (5.16)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ( $E_n = 0,15$ ).

# НУБІП України

$$\Pi_{\text{шт.б}} = 0,15 \cdot 6884,82 + 9212,15 = 10244,87 \text{ грн/га},$$

$$\Pi_{\text{шт.м}} = 0,15 \cdot 6734,50 + 9009,83 = 10020,01 \text{ грн/га}.$$

Економічний ефект від зниження забрудненості коренеплодів буряків на

1 га складас

# НУБІП України

$$E'_2 = \Pi_{\text{шт.б}} - \Pi_{\text{шт.м}}, \quad (5.17)$$

$$E'_2 = 10244,87 - 10020,01 = 224,86 \text{ грн/га}.$$

# НУБІП України

Річний економічний ефект складас

$$E_2 = E'_2 \cdot W_B \cdot T_p, \quad (5.18)$$

$$E_2 = 224,86 \cdot 1,1 \cdot 300 = 74203,80 \text{ грн}.$$

Загальний економічний ефект за рік експлуатації становить

# НУБІП України

$$E_p = E_1 + E_2, \quad (5.19)$$

$$E_p = 9546,92 + 74203,80 = 83750,72 \text{ грн},$$

а на 1 га зібраної площі

$$E'_p = E_p / W_B \cdot T_p, \quad (5.20)$$

$$E'_p = 83750,72 / 1,1 \cdot 300 = 253,79 \text{ грн}.$$

Показники розрахунку економічної ефективності приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Показники розрахунку економічної ефективності

Показники	Значення показників	Зниження
-----------	---------------------	----------

№ п/п		Базова машина	Нова машина	(підвищення) показників, %
1	Кількість транспортних засобів, шт.	11,73	11,46	0,27
2	Заробітна плага, грн/га	459,65	448,53	11,12
3	Затрати на капітальний ремонт і ТО, грн/га	2340,84	2289,73	51,11
4	Затрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га	5310,09	5194,05	116,04
5	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	9212,15	9009,83	202,32
6	Питомі капіталовкладення грн/га	6884,82	6734,50	150,32
7	Приведені затрати, грн/га	10244,87	10020,01	224,86
8	Річний економічний ефект грн.	-	83750,72	

Річний економічний ефект від зниження забруднення та пошкодження

коренеплодів становить 83750,72 грн., або 253,79 грн. на 1 га зібраної площі.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що підвищення якості роботи коренезбиральних машин досягається за рахунок додаткової інтенсифікації динамічного впливу на компоненти вороху активних пружних елементів приводного валу, що чистять, комбінованого однодискового викопувача за його раціональних конструкції та

# НУБІП України

кінематичних параметрів.

2. Одержано математичні моделі процесу взаємодії лопаті карданного валу викопувача з кореневою головкою, що характеризують стан не вибивання ґрунту

та непошкодження коренів, та встановлено, що горизонтальна контактна сила (удар) лопаті з кореневою головкою знаходиться в межах 180...500 і 120...350

Н, відповідно для лопаті, зробленої у вигляді прямокутного паралелепіпеда та прямого циліндра, а питомий тиск лопаті на корпус кореня відповідно знаходиться в межах 130...260 і 65 65 130 Н/м<sup>2</sup> залежно від зміни кутової

швидкості приводного валу.

3. Виявлено, що кут установки сферичного копального диска щодо поздовжньої осі розташування коренеплодів залежно від основних параметрів диска та діаметра корневих колосків визначається шляхом забезпечення їх

повноти копання або виключення втрат і становить у межах  $32^{\circ} \leq \alpha \leq 37^{\circ}$  для диска діаметром 0,45 м.

4. На підставі аналізу результатів теоретичних досліджень рекомендується наступні раціональні параметри комбінованого однодискового викопуючого робочого органу: діаметр викопуючого диска 0,45 м; кут атаки і

глибина ходу відповідно:  $\alpha = 30^{\circ}$ , і  $h = 0,07...0,09$  м; колова швидкість обертання валу горизонтального очищення 600...660 об/хв.

5. Визначальним фактором, що впливає на площу контактної ділянки тіла коренеплоду, тобто їх пошкодження, є ударна взаємодія коренеплоду з контактною поверхнею.

7. Річний економічний ефект від зниження забруднення та пошкодження коренеплодів становить 83750,72 грн., або 253,79 грн. на 1 га зібраної площі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Булгаков В.М., Бурлака О.А., Падалка В.В., Орехівський В.Д.

Беконтактні методи вимірювань в техніці сільського господарства // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Том 4, Київ.- 1998.-

# НУВБІП УКРАЇНИ

С.86.

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

3. Булгаков В.М. Совершенствование технологического процесса и машин для уборки корнеплодов свеклы: Автореф. дис... д-ра техн. наук в форме научного доклада: 05.20.01, 05.20.04 / АО ВИСХОМ.- М., 1993.- 61 с.

4. Бурмистрова М.Ф. Комолькова Г.Г. и др. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений.- М.: Сельхозгиз, 1956.- 344 с.

5. Василенко П.М. О методике механико-математических изысканий при разработке проблем сельскохозяйственной техники. - М.: БТИГОСНИТИ, 1962.- 230 с.

6. ВИСХОМ. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений: Методы исследования, приборы, характеристики. - М.: Колос, 1970.- 417 с.

7. Войтюк Д.Г. Универсальный комплекс свеклоуборочных машин для фермерских хозяйств // Вісник аграрної науки.- 1995.- №9.- С.93-98.

8. Волоха М.П. Розробка технологічного комплексу машин для виробництва цукрових буряків з комбінованою шириною міжрядь / М.П. Волоха, В.М. Балан // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук.праць. - К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. – Вип. 22. – С. 149–157.

9. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М., Данильченко М.Г. та ін. Механізми з гвинтовими пристроями. - Львів: Світ, 1993.- 208 с.

10. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин. Конструювання і розрахунок. - Тернопіль: Поліграфіст, 1997.- 120 с.

11. Гевко Р.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних

# НУВБІП УКРАЇНИ

# НУВБІП УКРАЇНИ

параметрів робочих органів буржозбиральних машин: Дис... д-ра техн.. наук:  
05.05.11.-Київ, 2000. – 362 с.

12. Белозерских М.П., Булавин Н.И., Бухтояров Д.Н. и др. Справочник свекловода России,- М.: Россельхозиздат, 1986. - 240с

13. Аванесов Ю.Б. Современные методы и средства механизации уборки сахарной свеклы М.: ВНИИ ЭИагропром, 1987.- 52 с

14. Завгородний А.Ф., Заворитный Н.М., Шумило М.М., Барановский В.Н. и др. Разработка и исследование копателя кормовой свеклы .Механизация и электрификация сельского хозяйства. К.:”Урожай” 1986, вып. 64, с.37-38.

15. Божидарник В.В., Сулим Г.Г. Элементы теории пружности,- Львів: Світ, 1994.- 560 с.

16. Пасечник В.И. Использование кормовой и сахарной свеклы в условиях специализации и концентрации молочного скотоводства. Сб. науч. тр. МИИСП, т.15, вып. 2, М.: 1978, с. 88-90.

17. Погорелий Л.В., Волянский М.С., Фомічов А.М. Агробіологічні і фізико-механічні властивості коренеплодів буряків як основа для розробки механізованого процесу збирання .Вісник сільськогосподарської науки, № 1, 1988 р. с.64-69.

18. Гурченко О.П., Завгородній А.Ф., Барановський В.М. Чим збирати гичку кормових буряків?// Механізація сільського господарства, №8, К.: 1987.-с.24-25.

19. Погорілий Л.В., Фомічов А.М., Архипенко, Вісник... 1987, № 10, с.63-71

20. Довідник буряководів / В.Ф. Зубенко, В.Т. Онопрієнко, В.В. Федчук та ін. За ред. В.Ф. Зубенка.-2-е вид., перероб. і доп.-К.: Урожай, 1986.- 232 с.

21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

# НУВБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

22. Индустриальная технология производства сахарной свеклы/

О.Й.Маковецкий, В.В.Брей, Л.В.Погорелый и др. / Под ред. Л.В.Погорелого.- К.:

Урожай, 1983.- 136 с.

# НУБІП України

23. Испытания сельскохозяйственной техники/

С.В.Кардашевский, Л.В.Погорелый, Г.М.Фудиман и др.- М.: Машиностроение,

1979.- 320с.

24. Іллевич С.В. Унікальний коренеплід.- К.: Урожай, 1991.- 176

с.

# НУБІП України

25. Ковтун Ю.И. Инженерная агрономия. – К.: Урожай, 1988 –

152 с.

26. Ковтун Ю.И., Мишчин Г.Г., Дородных А.В. и др. Состояние и

тенденции развития машинной технологии и конструкций машин в свекловодстве за рубежом.- М.: ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1975. – 78 с.

# НУБІП України

27. Клятие Л.М., Хабатов Б.Ш. Особенности разработки и

применения испытательных стендов //Тракторы и сельхозмашины. 1990.- №5 -

С.4-6.

28. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини. - Тернопіль:

Полігра-фіст, 1997. – 108 с.

# НУБІП України

29. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських

матеріалів.Т.А.Хайлис, А.Ю.Горбовий, З.О.Гошко та ін. – Луцьк: Ред.-вид.

Відділ ЛДТУ, 1998. – 268 с.

30. Орехівський В.Д. Статистичний обробіток

експериментальних даних роботи нового робочого органу для доочищення

# НУБІП України

голівки коренеплодів цукрових буряків//Збірник наукових праць Національного

аграрного університету. “Механізація сільськогосподарського виробництва”

Том 8. – Київ: НАУ.- 2000.- С. 428-434.

31. Завгородний А.Ф., Заворитный Н.М., Евтушко В.П. и др. К

анализу и обоснованию способов отделения ботвы и очистки её остатков с

# НУБІП України

корнеплодов кормовой свеклы. Механизация и электрификация сельского

# НУВБІП України

хозяйства, К.: "Урожай", 1984, вып. 59, с.51-54.

32. Панцов А.Г. Организационно-экономические проблемы механизации свекловодства в странах ЕС // Сахарная свекла. - 1994. - №2. - С. 25-26.

33. Гурченко О.П., Барановський В.М. Для збирання кормових буряків. Механізація сільського господарства, 1988, № 9.

34. Заворитний М.М., Завгородний А.Ф. Без ручного доочищення. Механізація сільського господарства, 1988, № 9, с.7.

35. Программа и методика проведения испытаний машин для уборки кормовой свеклы. УНИИМЭСХ, УНИИЗ, ВНИИМОЖ, 1987

36. Погорельий М. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки // Техніка АПК. – 2000. - № 1. – С. 14-18.

37. Погребняк С.П., Рарог Г.П., Ильевич С.В. и др. Совершенствуем технологию// Сах.свекла: производство и переработка.-1990. - №1. – С.23-24.

38. Погорельий Л.В., Бильский В.Г., Кононенко Н.П. Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники.-К.: Урожай, 1989.- 236 с.

39. Синій С.В. Тенденції розвитку технології видалення гички цукрових буряків// Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. Волинське відділення ІАУ.- Луцьк, 1995.- С.148-157.

40. Синій С.В., Герасимчук О.О., Гевко Р.Б. Аналіз очисника головок коренеплодів// Сільськогосподарські машини, Зб. наук. ст., вип. 6. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2000. – С. 146-153.

41. Синій С.В., Герасимчук О.О., Климук В.В. Особливості розвитку бурякозбиральної техніки//Сільськогосподарські машини, Зб. наук. ст., вип. 4. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – С.123-126.

42. Сычев И.П. Основы повышения надежности рабочих органов свеклоуборочных машин: Автореф. дис....д-ра техн. наук: 05.20.04., 05.20.11/

# НУВБІП України

# НУВБІП України

НПО ВИСХОМ.- М., 1995.- 44 с.

43. Татьяна Н.В., Погорелый Л.В., Цымбал А.Г. Раздельная уборка сахарной свеклы.// Сах.свекла.- 1972.- N1,- С.24-28.

44. Турбин Б.Г., Лурье А.В. Сельскохозяйственные машины. Л.: Машиностроение, 1967. – С.514-557.

45. Хелемендик Н.М. Снижение потерь при уборке.// Сах.свекла. 1984.- N9.- С.21-22.

46. Хелемендик М.М., Булгаков В.М., Мартиненко В.А. Створення та використання очисника головок коренеплодів// Техніка АПК.- 1997.- №1.- С. 12-14.

47. Хелемендик М.М., Лоскутов Я.Я. Збирання цукрових буряків без втрат.- Львів: Каменярь, 1984. - 47 с.

48. Хелемендик Н.М., Павлов О.В., Кралин В.А. Определение рациональных деформаций при отделении ботвы от корней.// Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1983.- N1.- С.18-20.

49. Хелемендик М.М., Каленюк І.Є. Класифікація очисників головок коренеплодів за принципом роботи та конструкцією.//Сільськогосподарські машини, Зб. наук. ст., вип. 5. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1999. – С.178-183.

50. Хелемендик М.М., Швабюк В.І., Маткова А.В. та ін. Механічний розрахунок гички цукрових буряків на предмет видалення її з головок коренеплодів.// Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей./ Волинське відділення ІАУ. Луцьк, 1995.- С.338-346.

51. Хелемский М.З. О хранении и переработке сахарной свеклы, уборной комбайнами//Сахарная промышленность.- 1957.- №1.- С. 8-9

52. Цурпал І.А., Булгаков В.М., Фийько С.В. О создании нового свеклоуборочного комплекса машин для фермерских хозяйств // Материалы научн. конф. “Аграрная наука УГАУ: проблемы, поиск, достижения”.- К.: УГАУ, 1993.- С.16.

# НУВБІП України

# НУБІП України

53. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента.- М.: Мир, 1972.  
374 с.

54. Шнаар Д., Кунце А., Манграф Г. Свекловодству современную технологию// Сах. свекла.- 1994.- №2.- С.23-24.

55. Юхин Г.П. Некоторые физико-механические свойства кормовой свеклы// Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1976.- №4.- С.48-49.

56. Betteravie.-1992.-Uol. 26.- № 270.

57. Bunkerkopfroder V202-V100 von Grund auf neu. Проспект фірми "Stoll" (ФРН).

58. Krumov J. Varringerug der Verluste bei der Zuckerrubenernte. – Akademie Landwirtschaftswissenschaften der DDR Tagungsbericht, 1985. - Bd1. - №229. – s.163-168.

59. Spaldings. Agricultural catalogue. – 1999. – p. 271.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України