

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 629.3.012:631.356.2

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Удосконалення робочих параметрів активного ножа при виконанні технологічного процесу дообрізувача гички»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Іщенко Валерій Васильович

(підпис)

(ПІБ)

**Виконав**

Свистунов Дмитро Олександрович

(підпис)

(ПІБ)



## РЕФЕРАТ

**Тема роботи** – «Удосконалення робочих параметрів активного ножа при виконанні технологічного процесу дообрізувача гички»

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань. Загальний обсяг текстової частини – 62 сторінки, на яких є 32 рисунків. Графічна частина складається з 16 слайдів електронної презентації.

### **Актуальність теми роботи**

Велика кількість конструкційних та компоновочних схем гичковидальючих пристроїв самохідних агрегатів, від гичкозрізувальних систем для очищення голівок коренеплодів, пов'язана як з технологіями механізованого їх збирання, так і з агрономічними нормами до якості гички і буряків після виконання технологічного процесу збору коренеплодів. Враховуючи вище вказане, підбір оптимальних компоновочних схем та моделювання нових конструкцій апаратів та гичковидальючих пристроїв, як і бурякозбиральних комплексів загалом повинні ґрунтуватися на всесвітньому досвіді. Робота має наукову та практичну доцільність дані дослідження поставлені за мету магістерської роботи.

**Мета роботи** Обґрунтування конструктивно – технологічних параметрів активного ножа гичковидальючого органу.

Завдання кваліфікаційної роботи магістра:

- провести огляд технологічного процесу роботи бурякозбирального комбайна;
- провести порівняльний аналіз апаратів для видалення гички;
- здійснити розрахунок сили різання плоским ножом;
- провести розрахунок коефіцієнта ковзання ножа по головці коренеплодів;
- визначити НДС робочого органу гичковидальючого модуля;
- дослідити робочі параметри активного ножа при виконанні

технологічного процесу;

- провести дослідження руху бурякозбирального агрегату по рядках;
- навести порядок проведення робіт з техніки безпеки та охороні

праці.

### **Об'єкт, методи та джерела дослідження**

*Об'єкт дослідження.* Технологічний процес дообрізування залишків гички.

*Предмет дослідження.* Конструктивні та технологічні параметри гичковидаляючого механізму.

*Методи дослідження.* Аналітичний з використанням знань опору матеріалів, математичного аналізу, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Проведено обґрунтування параметрів технологічного процесу видалення гички із урахуванням конструктивно-технологічних параметрів механізму дообрізувача.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Проведені аналітичні дослідження підтверджують доцільність використання запропонованої компоновальної схеми.

**Ключові слова:** коренеплід, плоский ніж, гичковидаляючий механізм.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ.....</b>	<b>3</b>
<b>ЗМІСТ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ’ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ</b>	<b>8</b>
1.1. Огляд технологічного процесу роботи бурякозбирального комбайна....	8
1.2. Обґрунтування об’єкту дослідження.....	10
1.3. Порівняльний аналіз апаратів для видалення гички.....	12
<b>РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТУ РОЗРОБКИ.....</b>	<b>18</b>
2.1. Розрахунок сили різання головок коренеплодів.....	18
2.2. Розрахунок коефіцієнта ковзання.....	23
2.3. Розрахунок НДС робочого органу.....	26
<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТУ РОЗРОБКИ.....</b>	<b>31</b>
3.1. Дослідження робочих параметрів активного ножа при виконанні технологічного процесу.....	31
3.2. Дослідження руху бурякозбирального агрегату по рядках.....	36
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>41</b>
4.1. Порядок проведення робіт з техніки безпеки та охороні праці.....	41
4.2. Загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин.....	42
<b>РОЗДІЛ 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6.....</b>	<b>46</b>
5.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень. Оцінка технічного рівня виробу.....	46
5.2. Визначення техніко-економічних показників.....	49
5.3. Заходи з покращення організації виробництва.....	52

<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>55</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>56</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>62</b>

## ВСТУП

Буряки є важливою технічною культурою, джерелом сировини для отримання цукру, кормів для тваринництва та інших бічних продуктів переробки.

Україна традиційно займає провідні місця серед найбільш розвинених бурякосійних держав світу, як за розмірами посівних площ, так і за об'ємом виробництва цукру з одного гектара ми значно відстаємо від розвинутих країн (Німеччина, Франція, США), що спричинено доскональними технологіями вирощування і переробки, так і великими втратами при збиранні буряків вітчизняною технікою.

Бурякозбиральні комплекси характеризуються трифазною технологією (перша фаза - збирання гички; друга фаза - доочищення головок; третя фаза - збирання коренів).

Наявні конструкції машин доочистки коренів від рештків гички не повністю задовольняють сучасні агротехнічні вимоги до збору коренеплодів.

У зв'язку з чим актуальною проблемою є розробка і дослідження технологічних процесів та робочих органів гичкозбиральних машин на базі активних дообрізчиків низької енергоємності, що дозволить підвищити продуктивність та якість очищення коренеплодів від залишків гички та черенків.

Оскільки ефективність бурякозбиральних машин зумовлюється поєднанням ряду показників, так як агротехнічні, техніко-експлуатаційні та економічні, то для знаходження найкращих параметрів машин та механізмів по екстремальних даних вказаних показників необхідно провести синтез машин та їхніх комплексів, тобто виконати аналітичні розрахунки, які дозволять враховувати об'єктивні зв'язки між прийнятими принципами виконання технологічного збору врожаю, технічними правилами, що застосовуються, факторами зовнішнього середовища та існуючими критеріями ефективності.

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

### 1.1. Огляд технологічного процесу роботи бурякозбирального комбайна

Правила, що ставляться до бурякозбиральних комплексів та їх агрегатів, встановлюються тенденціями переведення процесів вирощування даної культури, агробіологічними властивостями та особливостями механізованого посіву та збирання буряків, що зумовлюється широким спектром сортів, впровадженням технологій із забезпечення точного посіву, використанням хімічних та біологічних засобів у боротьбі з бур'янами та шкідниками.

Основною вимогою є отримання максимального народногосподарського ефекту, що проявляється у взаємно-компромісному зв'язку показників роботи машин та механізмів для вирощування, збирання та переробки коренеплодів.

Схематизація технологічної роботи машини КС-6Б зображена на рисунку 1.1.

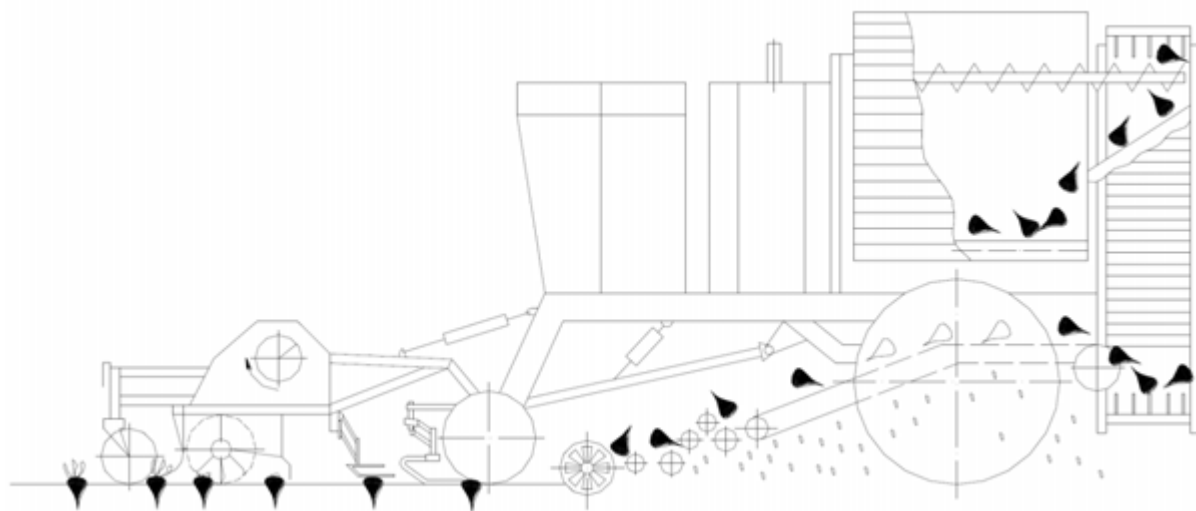


Рис.1.1. Технологічна схема бурякозбиральної машини КС-6Б

Гичка з головок буряків видаляється гичкорізом, який розміщений на мості ведучих коліс у передній частині машини. Гичка з гичкоріза подається на шнек та переміщується на очищену частину ділянки. Пасивний дообрізчик копіює головки

буряків та проводить дообрізку гички, що залишилася. Установленні під кутом диски копачів викопують коренеплоди з ґрунту та з використанням бітера перекидають їх на очисник, що виконаний у виді шнекову. Під дією обертової сили коренеплоди попадають на поздовжній транспортер [2,3,4].

Погіршення рівномірності розподілу буряків у рядку, що спричинене зниженням норми посіву та механізованою роботою, доцільно адаптувати бурякозбиральні комплекси, особливо їх гичковидальючі та викопуючі робочі органи для збирання буряків, які мають підвищені агрофізичні характеристики (таблиця 1.1, рис. 1.1) [6].

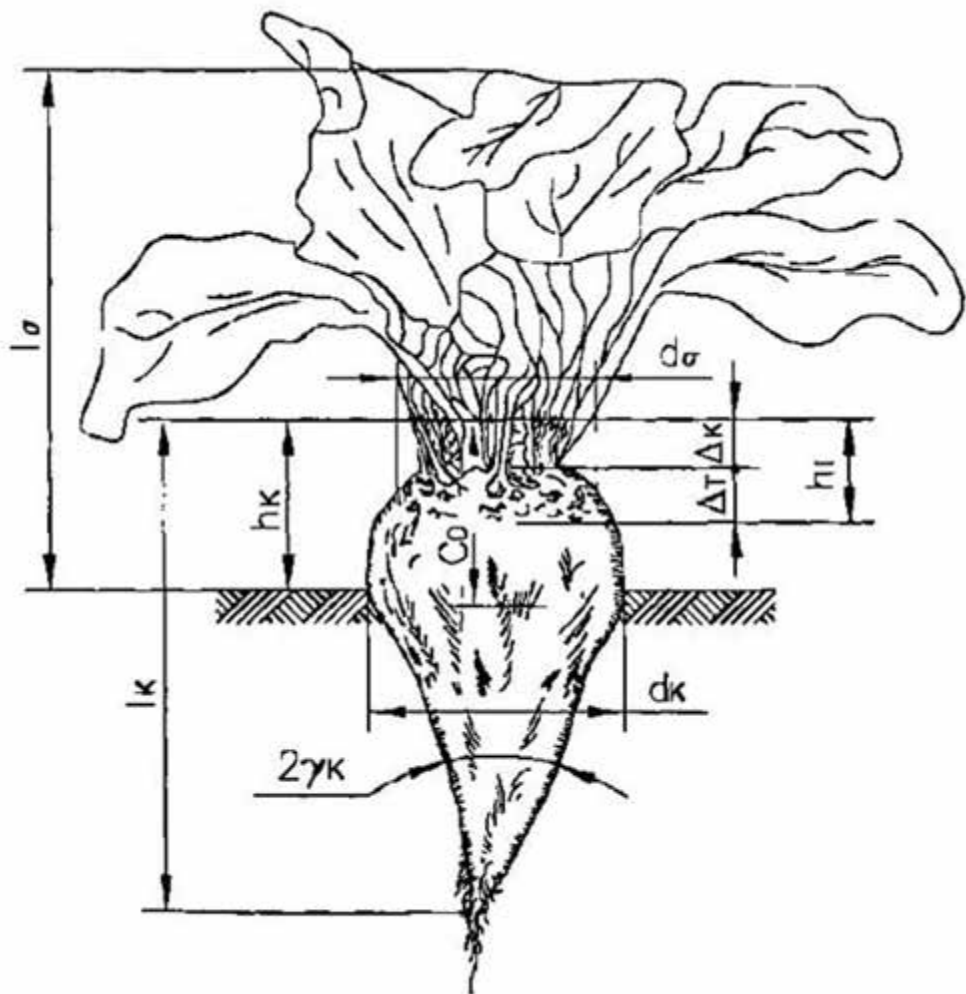


Рис.1.2. Агрофізична характеристика коренеплід

$d_k$  - діаметр буряка;  $l_k$  - геометричний параметр;  $2\gamma_k$  - конусність;  $C_0$  - центр ваги коренеплоду;  $h_k$  - висота розміщення буряка у ґрунті;  $\Delta_k$  - товщина кронки буряка;  $\Delta_T$  - товщина;  $h_T$  - висота головки буряка;  $d_\sigma$  - діаметр гички коренеплоду;  $l_\sigma$  - довжина гички коренеплоду

Таблиця 1.1.

Розмірно-масові характеристики коренеплодів цукрових буряків

№ з/п	Показник	Значення показника
1	Довжина коренеплоду $l_x$ , мм	230–280
2	Діаметр коренеплоду $d_x$ , мм	67–122
3	Маса коренеплоду $Q_k$ , кг	0,3–2,0
4	Маса гички $Q_g$ , кг	0,12–0,80
5	Маса коронки $q_k$ , кг	0,055–0,096
6	Маса зони “сплячих вічок” $q_T$ , кг	0,062–0,123
7	Товщина зони “сплячих вічок” $\Delta_T$ , мм	8,0–22,4
8	Товщина зони коронки $\Delta_x$ , мм	13,2–16,2
9	Діаметр пучка гички $d_g$ , мм	50–60
10	Довжина пучка гички $l_g$ , мм	300–400
11	Координата центра ваги $Co$ , мм	90–100
12	Висота головки коренеплоду над рівнем ґрунту $h_x$ , мм	18,4–42,4
13	Висота головки коренеплоду $h_T$ , мм	10,4–32,4
14	Кут конусності $2\gamma_x$ , град	9–19

## 1.2. Обґрунтування об'єкту дослідження

Використання методу збирання та відповідних компоновальних схем у машинах в загальному залежить від об'єму посівів, а також ґрунтово кліматичних умов. Найбільш широко використовуються дві технології: пряме комбайнування (однофазний спосіб) і роздільний спосіб.

У Європейському Союзі, де цукрові буряки вирощуються у великому об'ємі, для реалізації однофазної технології широко використовуються

шестирядні самохідні бурякозбиральні комплекси. За один прохід виконуються усі технологічні операції. У порівнянні з іншими методами збирання коренеплодів знижується кількість проходів ТЗ, економія 30-40% палива, зменшується ущільнення ґрунту та в 3-4 рази знижуються витрати на оплату праці механізаторів.

Комбайн КС-6Б, що зображений на рисунку.1.3 спроектований для виконання однофазної технології збирання буряків. КС-6Б складається з шасі з об'ємним гідروприводом на ходову частину, гичкозрізувального пристрою, підбирача коренеплодів, автомата керування, системи автоматичного сповіщення [3,4].

Шасі коренезбирального комплексу складається з несучої рами, що опирається на мости передніх коліс, силового агрегату у вигляді ДВЗ, багатофункціональної кабіни, а також електричних та гідравлічних системам.

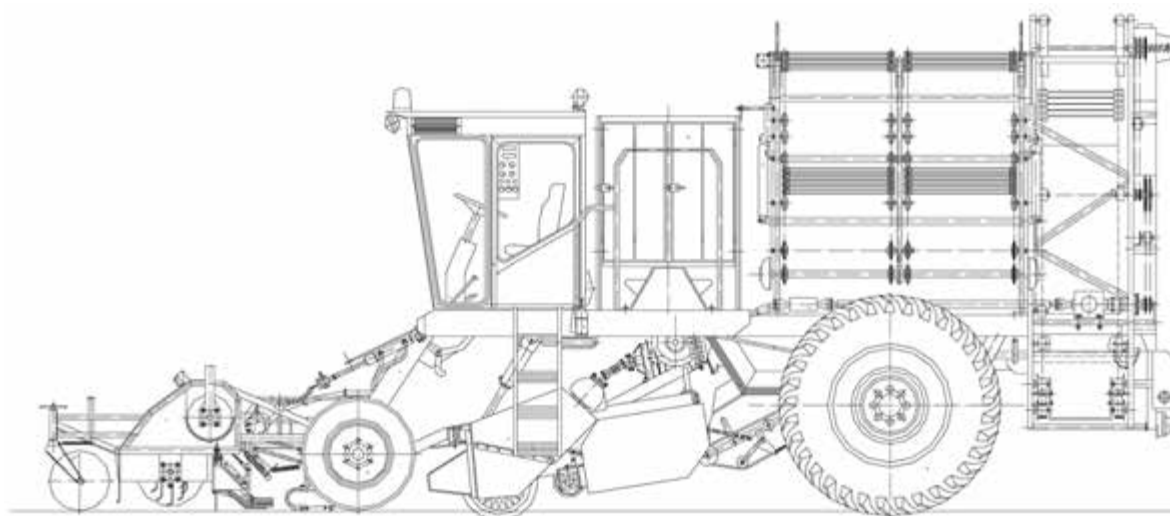


Рисунок 1.3. Загальний вигляд комбайна КС-6Б

Підбирач коренеплодів виконано з викопуючого механізму, поздовжнього, кільцевого та вивантажувального транспортерів і бункера для накопичення коренеплодів [7].

Усі вузли підбирача коренеплодів розміщено на основній рамі. Копачі та шнековий очисник змонтовані на окремій рамі, яка з'єднана до несучої рами шасі за допомогою шарніру.

КС –6Б має в наявності гичкозрізувальний механізм, який компонується

роторним гичкорізом, шнеком, для переміщення гички в сторону чистої ділянки та дообрізувача голівок буряків. Пасивний дообрізчик головок коренів формується із 6 копіювальних агрегатів, закріплених на штангах, які прикріплені на рамі гичкоріза та мають змогу регулюватися по висоті для зрізання гички. Копіри встановлені на паралелограмній підвісці, та включають в себе плоский ніж, гребінку, стійку та регульовочні тяги. З використанням регульовочних тяг є можливість змінювати кути нахилу стійок для копіювального механізму дообрізника для підвищення показників технологічного процесу зрізання залишків гички з головок коренеплодів. Негативом у даній компоновочній схемі є те, що ніж-плоский нерухомо прикріплений до підвіски виконаної у формі паралелограму. Таке закріплення ножа продукує так званий процес різання, що відбувається за допомогою рублення або рубання. Різання з рубленням погано впливає на агротехнічний стан буряків, підвищує їхнє травмування, що в свою чергу продукує втрати якісних показників коренеплодами.

Задачею, в даному випадку, є проектування конструкції таким чином, щоб позбутися різання рубленням, замінивши його на різання з ковзанням.

### **1.3. Порівняльний аналіз апаратів для видалення гички**

Механізми для видалення гички – це пристрої, які здійснюють процес видалення гички з коренеплодів та перенесення її за межі робочого процесу викопувальних робочих органів. Класифікація механізмів для видалення гички та вимог до них подана на рисунках 1.4., 1.5., 1.6..

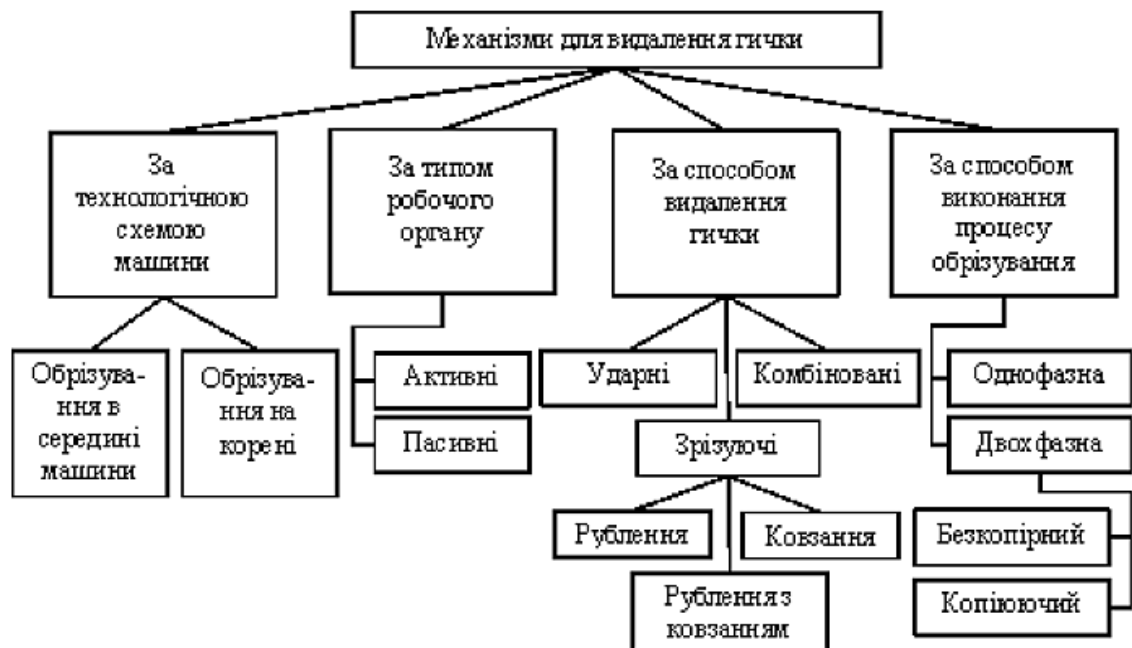


Рис. 1.4. Класифікація механізмів для видалення гички

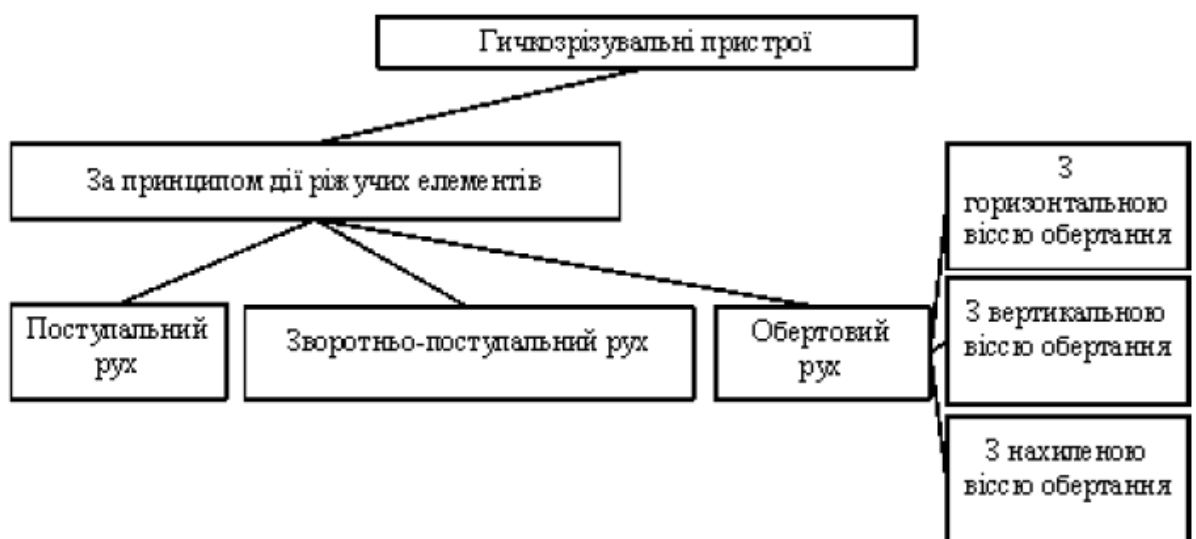


Рис. 1.5. Класифікація гичковидальючих пристроїв за принципом роботи їх ріжучих елементів



Рис. 1.6. Класифікація вимог, які ставляться до гичкозрізувальних машин

В зарубіжному виробництві гичкозрізувальні механізми з пасивним плоским ножом використовуються на машинах фірм (фірми «Kleine», «Heriau», «Stoll» та ін.) [10].

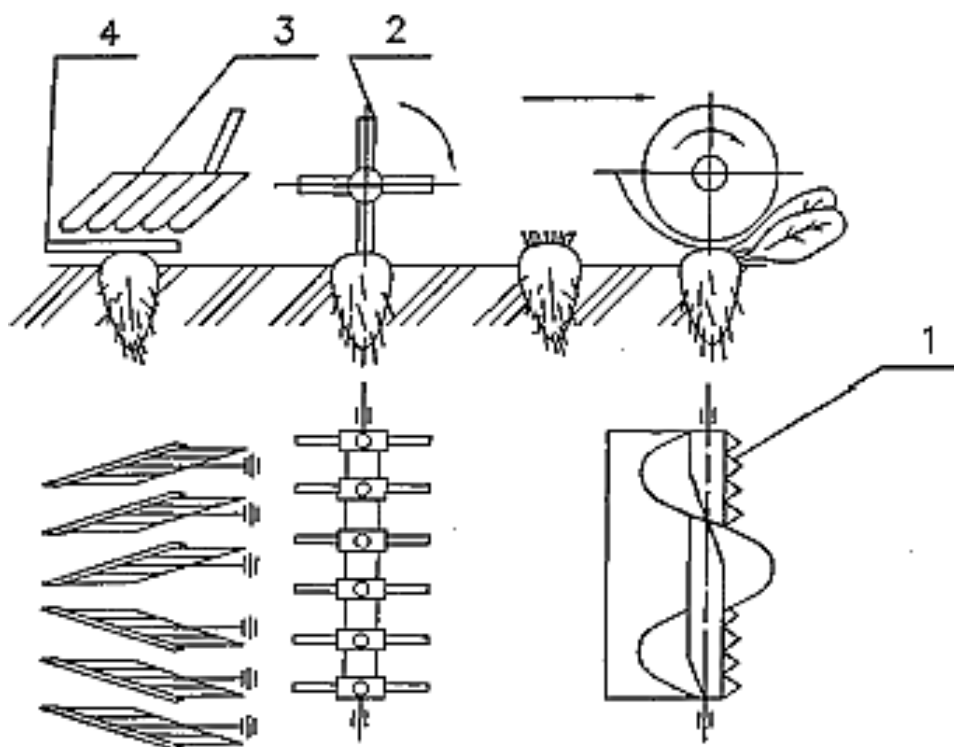


Рис. 1.7. Схеми видалення гички у комбайні K-500 «Volvo»:

Гичкозрізувальний апарат (рис. 1.7.), де ріжучий елемент здійснює зворотно-поступальний рух зрізує гичку на встановленій висоті по відношенні до поверхні ґрунту сегментними ножами, в результаті чого відбувається підвищення

втрат цукристості, що досягають близько 30% [11-15].

Роторні гичкозрізувальні механізми (рис. 1.8) складаються з вала, на якому розміщено S-подібні ножі (рис. 1.8).

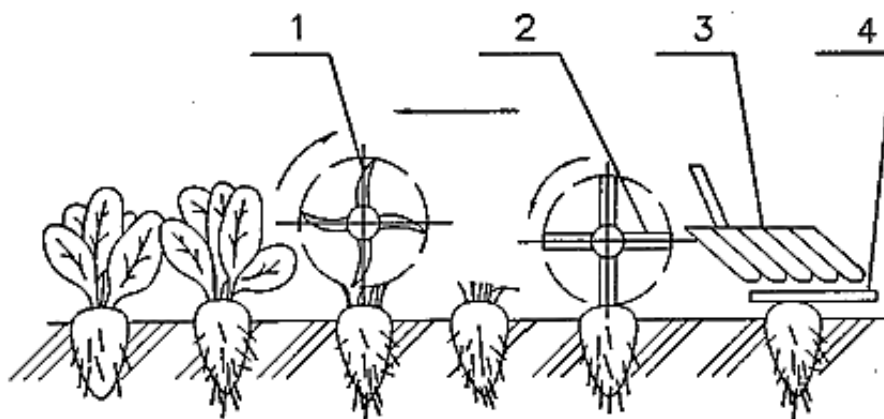


Рис. 1.8. Функціональна схема видалення гички бурякозбиральним комплексом «Herriau»:

1 - вал з S-подібними ножами; 2 - ОГК; 3 - копір; 4 - плоский ніж

В сучасних гичкозбиральних машинах широко використовуються гичкозрізувальні пристрої, які відрізняються конструктивним виконанням та компоновкою плоского ножа та копіра (рис. 1.9., 1.10., 1.11.).

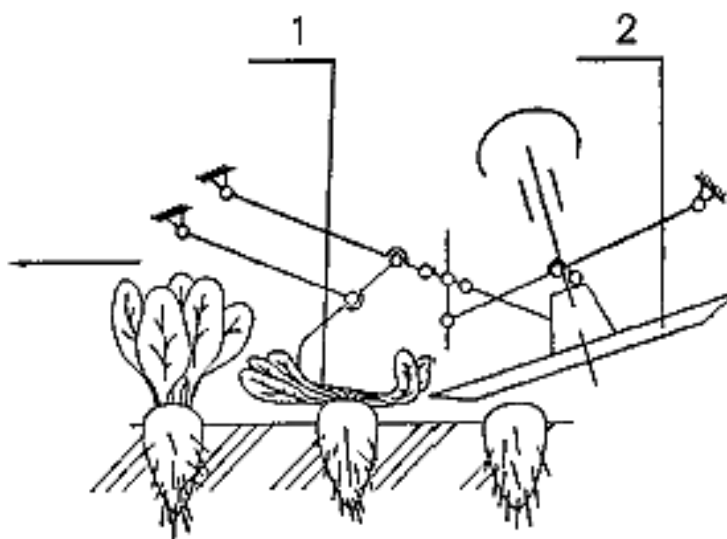


Рис. 1.9. Гичкозрізувальний механізм, де пасивний копір компонується з дисковим ножом

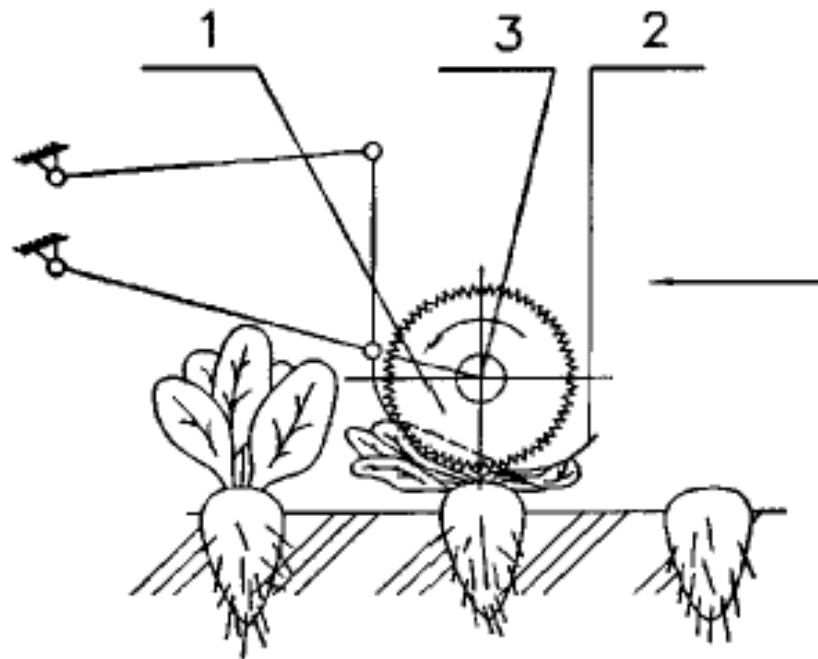


Рис. 1.10. Гичковидаляючий механізм, де поєднано активний катковий копір та пасивним ножем

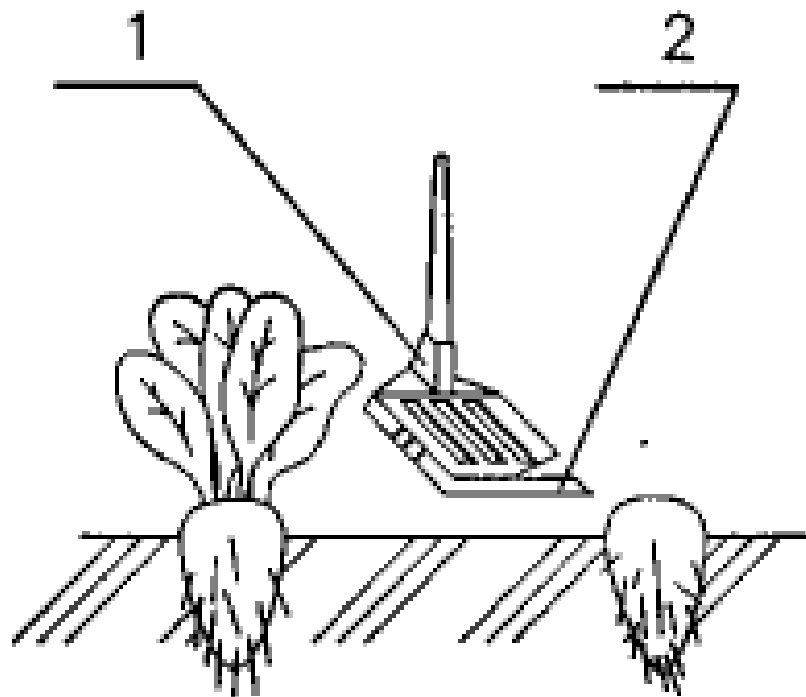


Рис. 1.11. Гичковидаляючий механізм, де поєднано пасивний копір та пасивним ножем

Проведений аналіз технологічних схем видалення гички з головок коренеплодів дозволив стверджувати про те, що двохфазне видалення дозволяє

збільшити якісні показники, що висуваються до коренеплодів. Також отримано дані про те, що основними недоліками гичковидаляючих механізмів на даний час є неякісне копіювання головок буряків при їх нерівномірному розташуванні у рядках.

Незадовільне обрізування головок коренеплодів від залишків гички, травмування та вибивання буряків із ґрунту, зниження гостроти пасивних плоских ножів являються проблемами, які можна вирішити шляхом дослідження та вдосконалення конструктивних схем сучасних бурякозбиральних та гичковидаляючих комплексів та механізмів.

## РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

### 2.1 Розрахунок сили різання головок коренеплодів

При використанні у конструктивній схемі гичковидаляючого механізму активних плоских ножів можливо досягнути зниження нормальної сили різання, яка в свою чергу дозволить зменшити затуплення кромки ножа та підвищити агротехнічні показники які ставляться до коренеплодів. Конструктивна схема механізму зображена на рисунку 2.1 [16-19].

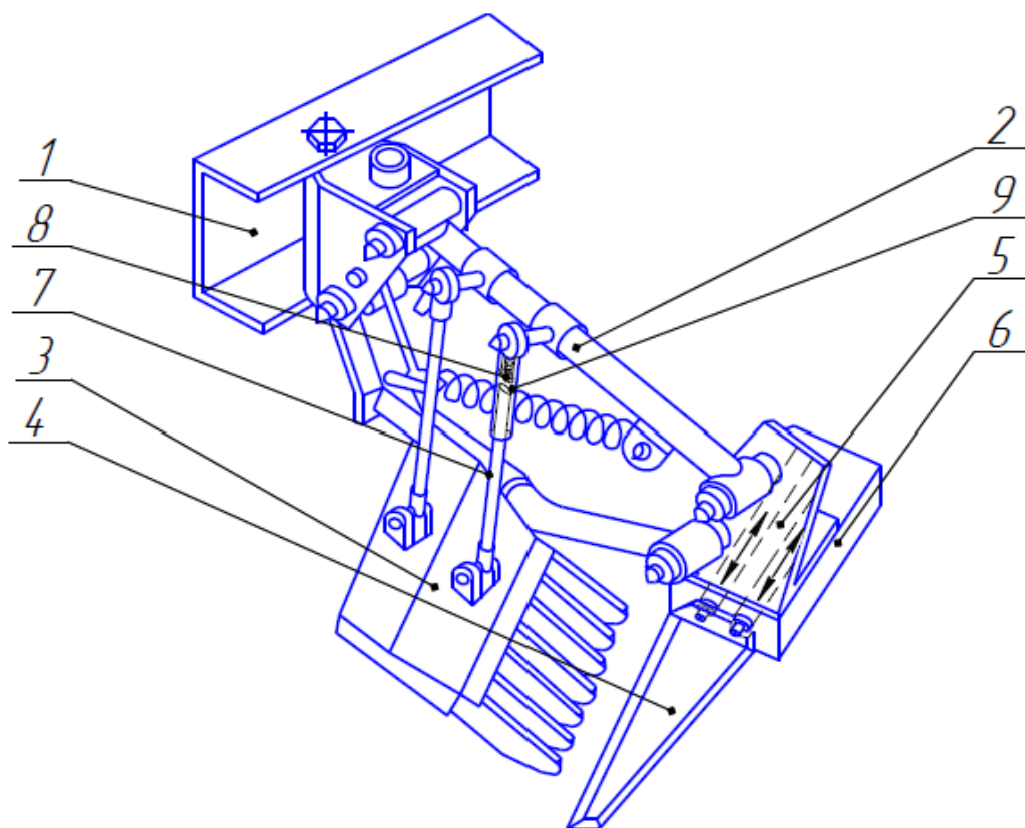


Рис. 2.1. Дообрізувач гички з активним ножом

Існують наступні режими різання: рублення; різання з одночасним поздовжнім переміщенням леза; різання з одночасним ковзанням по матеріалу.

При рубанні (рис. 2.2) ніж 2 взаємодіє з коренеплодом 1 із силою  $N$ , що діє перпендикулярно до нього.

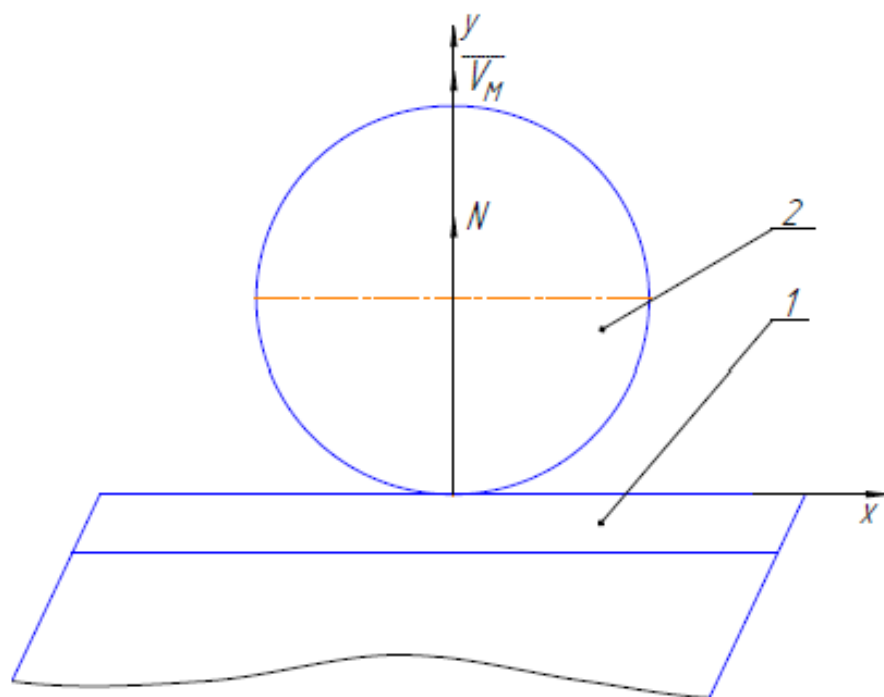


Рис. 2.2. Схема рубання

При виконанні різання без ковзання (рис. 2.3/) ніж взаємодіє з матеріалом за допомогою перпендикулярної силою  $N$ , яку можна спроектувати на напрямок руху бурякозбирального агрегату  $V_M$  та у вздовж руху леза активного ножа  $F_t$ .

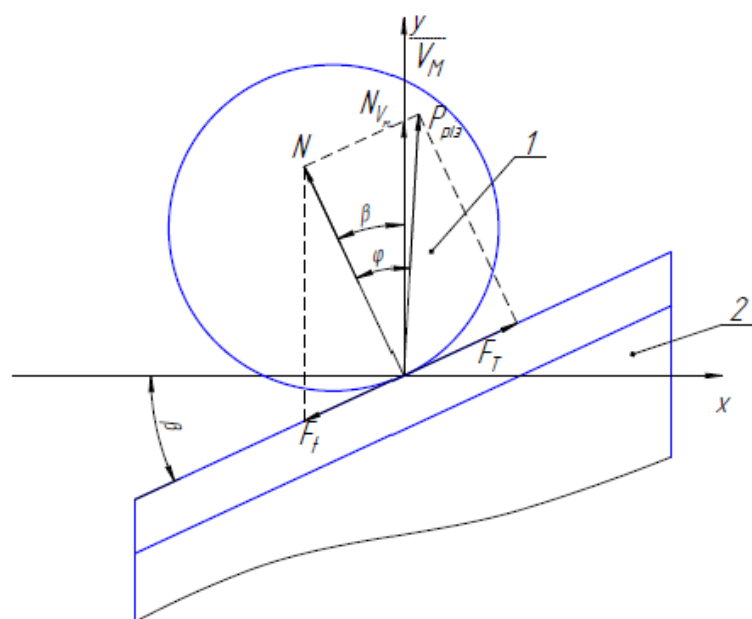


Рис. 2.3. Схематизація процесу різання без ковзання

$F_t$  - сила тертя знаходиться за залежністю

$$F_t = N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.1.)$$

де  $\varphi$  - кут тертя.

$F_\tau$  дотична сила знаходиться за формулою

$$F_\tau = N \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2.2.)$$

де  $\beta$  - кут встановлення ріжучого ножа.

Враховуючи те, що сила тертя  $F_T$  є дещо більшою від сили  $F_\tau$  при виконанні умови, що  $\varphi > \beta$ , тому відбувається зрівнювання сили, тому матеріал рухається по лезу ножа за допомогою сили  $N_{V_M}$  доти.

Різання з одночасним ковзанням матеріалу, відбувається тоді, коли виконується умова про  $\square \square \square$ . Даний випадок розглянемо більш детально.

На рисунку 2.4 зображена схема, за допомогою якої є можливість визначення сили різання за умови, що ніж буде додатково рухатися у зворотному – поступальному напрямку.

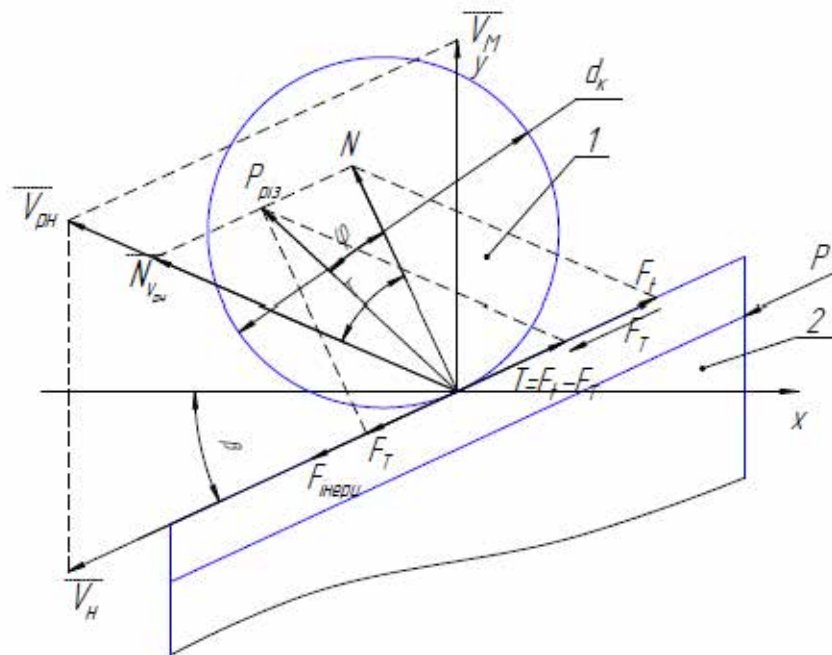


Рис. 2.4. Схематизація процесу різання з ковзанням

Відповідно до рис. 2.4 абсолютні швидкість різання може бути знайдена за залежністю [16]

$$V_{pn} = \sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}, \quad (2.3)$$

Дотичну силу  $F_t$  знаходимо за залежністю

$$F_t = N \cdot \operatorname{tg}\tau, \quad (2.4)$$

Коефіцієнта ковзання  $\varepsilon$  знаходиться за формулою

$$\varepsilon = \frac{V_H}{V_M} = \operatorname{tg}\tau, \quad (2.5)$$

Сила інерції ножа  $F_{\text{інерц}}$  що рухається, може бути знайдена відповідно до залежності

$$F_{\text{інерц}} = m_H \cdot a_H. \quad (2.6)$$

де,  $m_H$  - вага плоского ножа;

$a_H$  – прискорення.

Прискорення знаходимо за аналітичною залежністю

$$a_H = \frac{dV_{pn}}{dt}, \quad (2.7)$$

де  $t$  – час, затрачений на виконання процесу різання.

Враховуючи вище вказані формули, для знаходження сили інерції плоского ножа використаємо залежність

$$F_{\text{інерц}} = m_H \frac{d \sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}}{dt}. \quad (2.8)$$

Силу, необхідна для виконання процесу різання буряку може бути обчислена за аналітичною залежністю

$$P_{\text{різ}} = \sqrt{N^2 + F_T^2}. \quad (2.9)$$

З іншої точки зору дана сила також знаходиться відповідно до

$$P_{\text{різ}} = \sigma_p \cdot t_l \cdot l_p, \quad (2.10.)$$

Довжина різання яку необхідно забезпечити плоскому ножі можна знайти за формулою

$$l_p = d_{pk} = 2\sqrt{h_c d_k - h_c^2}, \quad (2.11)$$

висота зони зелених листків, або технологічно необхідна висота зрізу може бути знайдена відповідно до [10]

$$h_c = 1,02h_k + 11, \quad (2.12.)$$

Встановлено, що  $h_k = 18,4 - 42,2$  мм. Для подальших розрахунків

$$d_{pk} = 2\sqrt{(1,02h_k + 11)d_k - (1,02h_k + 11)^2}. \quad (2.13)$$

Напруження, необхідне для виконання процесу різання знаходимо за аналітичною залежністю

$$\sigma_p = \mu \frac{V_{pn}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot V_{pn} \frac{h_2 - h_1}{h^3}, \quad (2.14)$$

Підставивши дані у формулу отримаємо

$$\begin{aligned} \sigma_p = \mu \sqrt{\frac{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}{h}} + \\ + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} \frac{h_2 - h_1}{h^3}. \end{aligned} \quad (2.15)$$

В загальному сила різання може бути знайдена за формулою

$$\begin{aligned} P_{pn} = \mu \sqrt{\frac{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}{h}} + \\ + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_s(\alpha) \times \\ \times 2\sqrt{(1,02h_k + 11)d_k - (1,02h_k + 11)^2}, \end{aligned} \quad (2.16)$$

При підставленні даних у формулу 2.16, таких як довжина ходу ножа  $L \square 45$  мм, кут заточування плоского ножа  $\alpha = 8^\circ$  та швидкість руху бурякозбирального комбайна  $V_m = 1,5$  м/с, діаметр буряка 80 мм отримаємо

значення сили різання 93 Н.

## 2.2. Розрахунок коефіцієнта ковзання

Для знаходження коефіцієнта ковзання плоского ножа по головках коренеплідів було розроблено схему зображену на рис. 2.6 [19].

$V_\tau$  являється дотичною складовою швидкості руху, яку визначаємо за аналітичною залежністю

$$V_\tau = V_M \cdot \sin\beta, \quad (2.17.)$$

Перпендикулярну складову швидкості руху можна знайти із виразу

$$V_n = V_M \cdot \cos\beta, \quad (2.18.)$$

Використовуючи вище вказані залежності коефіцієнт ковзання знаходимо за залежністю

$$\varepsilon = \frac{V_M \sin\beta}{V_M \cos\beta} = \operatorname{tg}\beta, \quad (2.19.)$$

Враховуючи широкий діапазон, що існує для кута встановлення ножа, на рис. 2.5 подано графічну залежність коеф. ковзання від кута  $\beta$ .

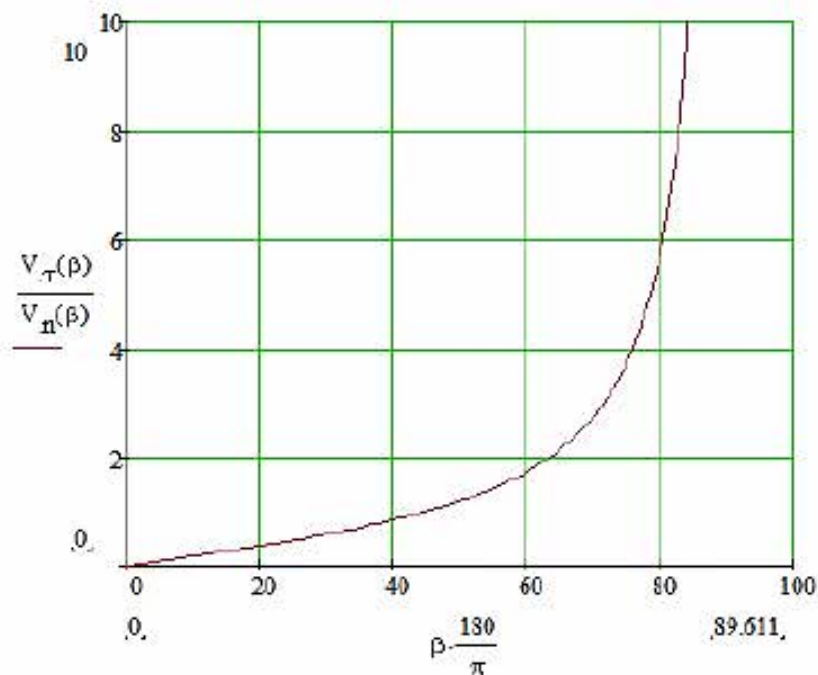


Рис. 2.5. Зв'язок коефіцієнта  $\varepsilon$  від робочого кута  $\beta$



На рисунку 2.9 зображено залежність, де коефіцієнт  $\varphi = 22^\circ$

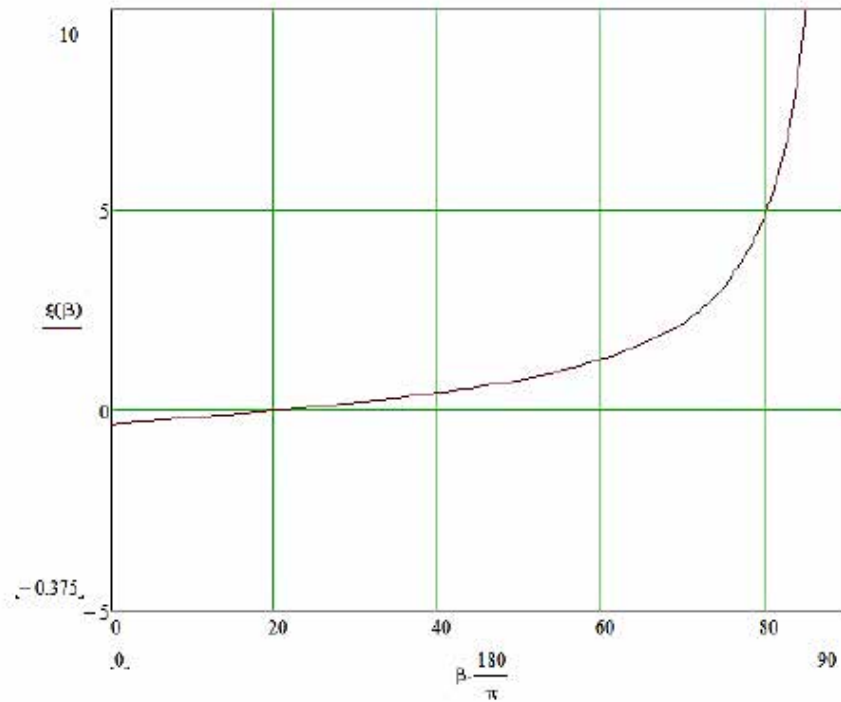


Рис. 2.7. Відповідність для знаходження коефіцієнта ковзання при відомому куті встановлення ножа

Прирівняємо значення, що були отримані за допомогою деформації матеріалу та через співвідношення тригонометричних функцій та побудуємо графічну залежність зображену на рис. 2.8.

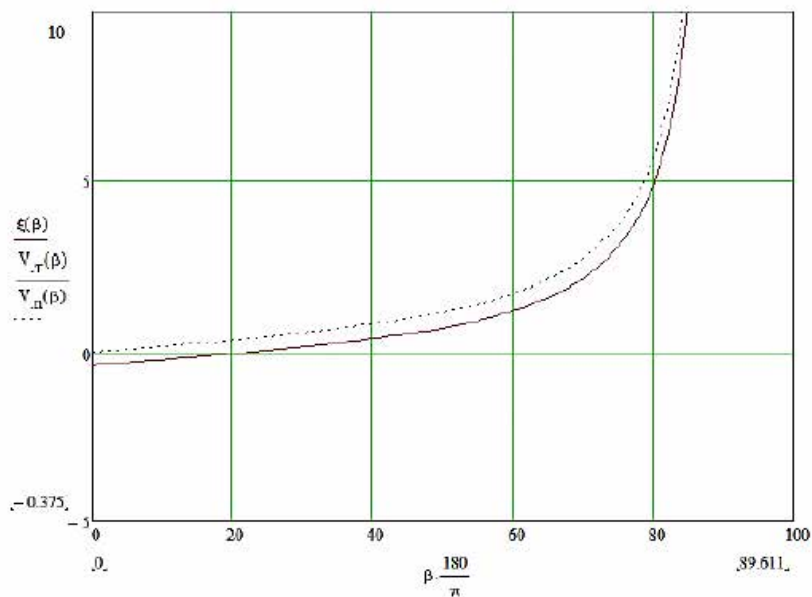


Рис. 2.8. Порівняння результатів

### 2.3. Розрахунок НДС робочого органу

Розрахунок НДС робочого органу дообрізувача гички (рис. 2.9) необхідно проводити у вертикальних та горизонтальних площинах, а також необхідним є обчислення напружень, що виникають на робочому органі під час приведення його у рух.

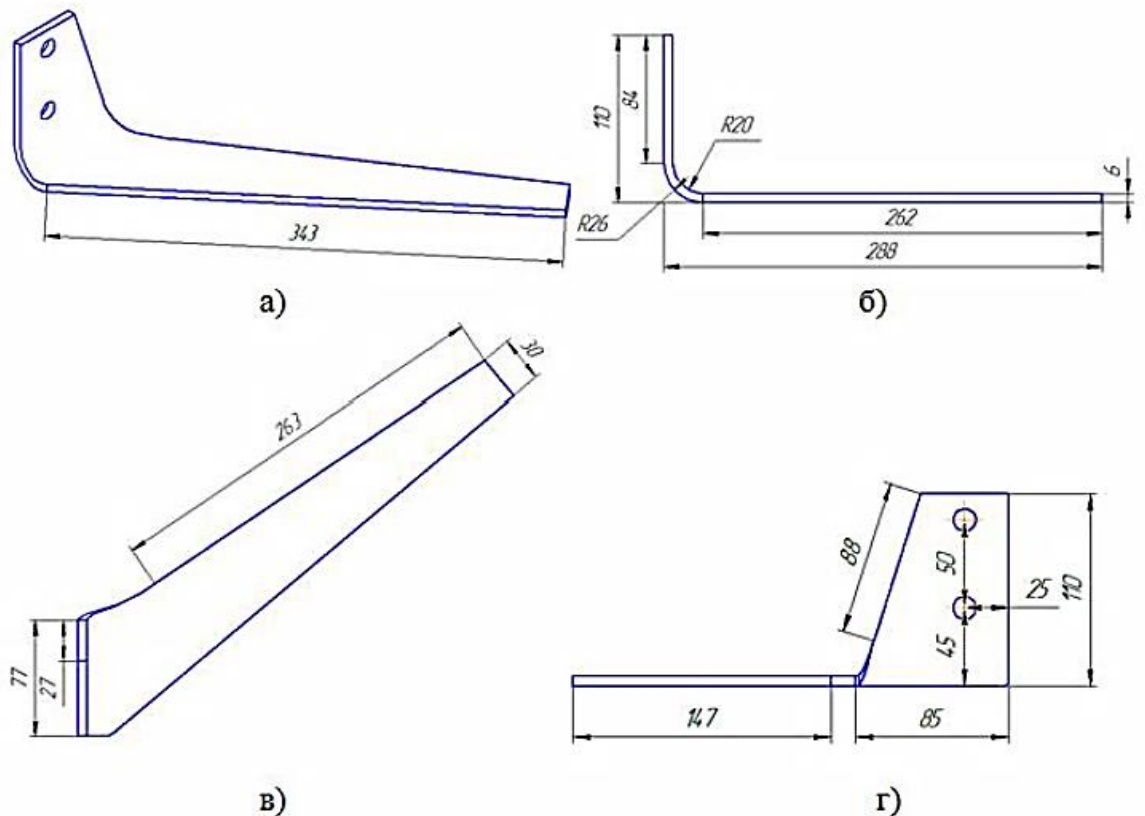


Рис. 2.9. Геометричні характеристики ножа

а) загальний вигляд; б) вигляд спереду; в) вигляд зверху; г) вигляд збоку.

На рис. 2.10 зобразимо перетин ножа, у якому необхідним є дослідження його напружено-деформованого стану.

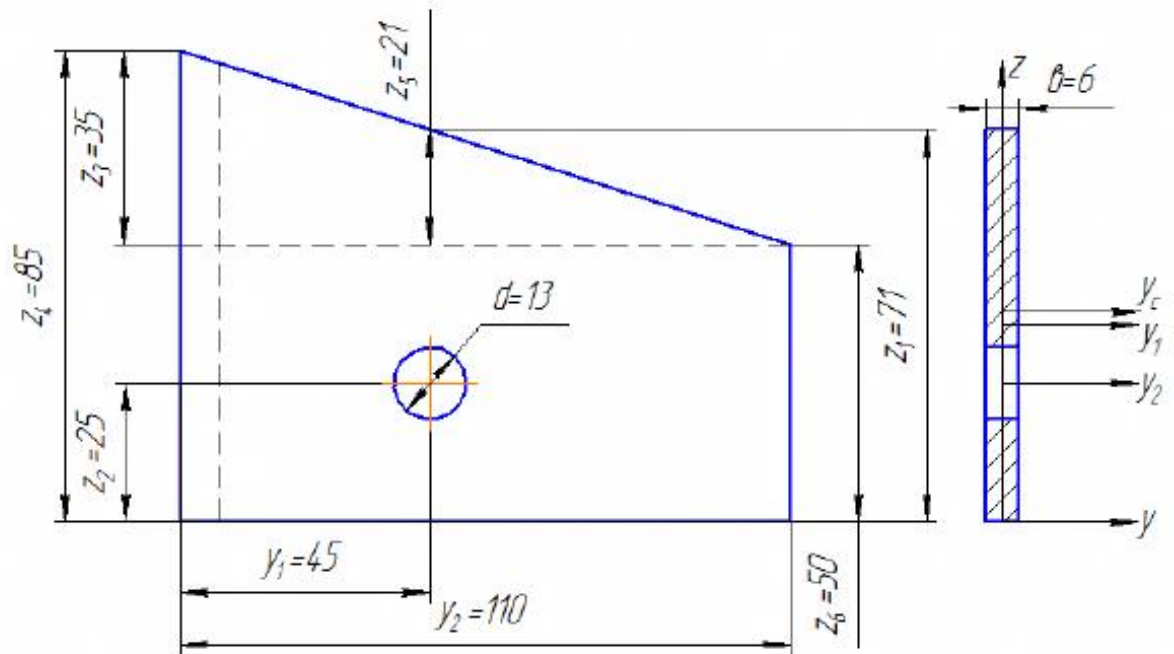


Рис. 2.10. Переріз робочого органу

Відповідно до рис. 2.10 знаходимо координату центра ваги за залежністю

$$z_c = \frac{\sum S_z}{\sum F} = \frac{F_1 z_1 - F_2 z_2}{F_1 - F_2}, \quad (2.24)$$

де  $F_1$  і  $F_2$  – площі,  $\text{мм}^2$ ;

$z_1$  і  $z_2$  – відповідні,  $\text{мм}$ .

Після підстановки відповідних даних отримаємо значення координати, що рівне  $z_c \approx 37,9 \text{ мм}$ .

Осьовий момент інерції знаходимо за залежністю

$$I_z = \frac{z_1 b^3}{12} - \frac{d b^3}{12}, \quad (2.25)$$

Осьовий момент інерції у горизонтальній площині обчислюється за залежністю

$$I_y = \frac{b z_1^3}{12} + F_1 (z_c - z_1')^2 - \left[ \frac{d^3 b}{12} + F_2 (z_c - z_2)^2 \right], \quad (2.26)$$

Осьові моменти інерції після підстановки відповідних даних будуть рівні  $I_z = 0,104 \text{ см}^4$ ,  $I_y = 16,74 \text{ см}^4$ .

Осьові моменти опору обчислюємо за залежностями:

$$W_z = \frac{I_z}{d/2}, \quad (2.27)$$

$$W_y = \frac{I_y}{z_c}$$

Після підстановки даних отримаємо значення

$$W_y \square 4,42 \text{ см}^3, W_z \square 0,348 \text{ см}^3.$$

Розглянемо НДС робочого органу.

1. Згинальні моменти:

$$M_z = F_T l_1, \quad (2.28)$$

$$M_y = F_T l_2.$$

2. Нормальні напруження  $\square$  :

$$\sigma(M_z) = \frac{M_z}{W_z}, \quad (2.29)$$

$$\sigma(M_y) = \frac{M_y}{W_y}.$$

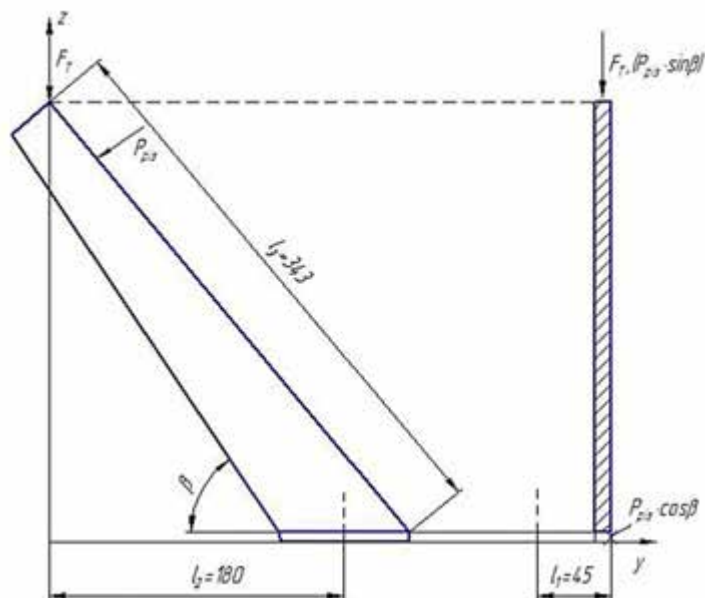


Рис. 2.11. Схема для знаходження згинальних моментів

Підставивши дані у залежності отримаємо дані по моментах:

$$M_z = 3240 \text{ Нмм}, \sigma(M_z) = 9,31 \text{ МПа}; M_y = 12960 \text{ Нмм}, \sigma(M_y) = 2,93$$

МПа

Згинальні моменти  $M$ , що виникає від дії сили різання знаходимо за формулами

$$\begin{aligned} M_{y1} &= P_{piz} \cdot l_3, \\ M_{y2} &= (P_{piz} \cdot \cos \beta) \cdot l_1, \\ M_{z1} &= (P_{piz} \cdot \sin \beta) \cdot l_1. \end{aligned} \quad (2.30)$$

Після обчислень отримуємо наступні значення:  $M_{y1} = 53508 \text{ Нмм}$ ,  $\sigma(M_{y1}) = 12,1 \text{ МПа}$ ;  $M_{y2} = 6362 \text{ Нмм}$ ,  $\sigma(M_{y2}) = 1,44 \text{ МПа}$ ;  $M_z = 2966 \text{ Нмм}$ ,  $\sigma(M_z) = 8,53 \text{ МПа}$ ;

Для більш точного аналізу НДС ножа доцільним є врахування динамічних навантажень, які присутні при реальних умовах роботи.

Оскільки для даного робочого органу дотичні напруження є малозначущими, тому при прийнятті коефіцієнта динамічності рівним 2,1 отримаємо значення максимальних напружень  $\sigma_{\max} \approx 72,03 \text{ МПа}$ .

Для підтвердження аналітичних досліджень було побудовано тримірну модель (рис. 2.12) активного ножа та проведено її розрахунок з використанням прикладних програм.

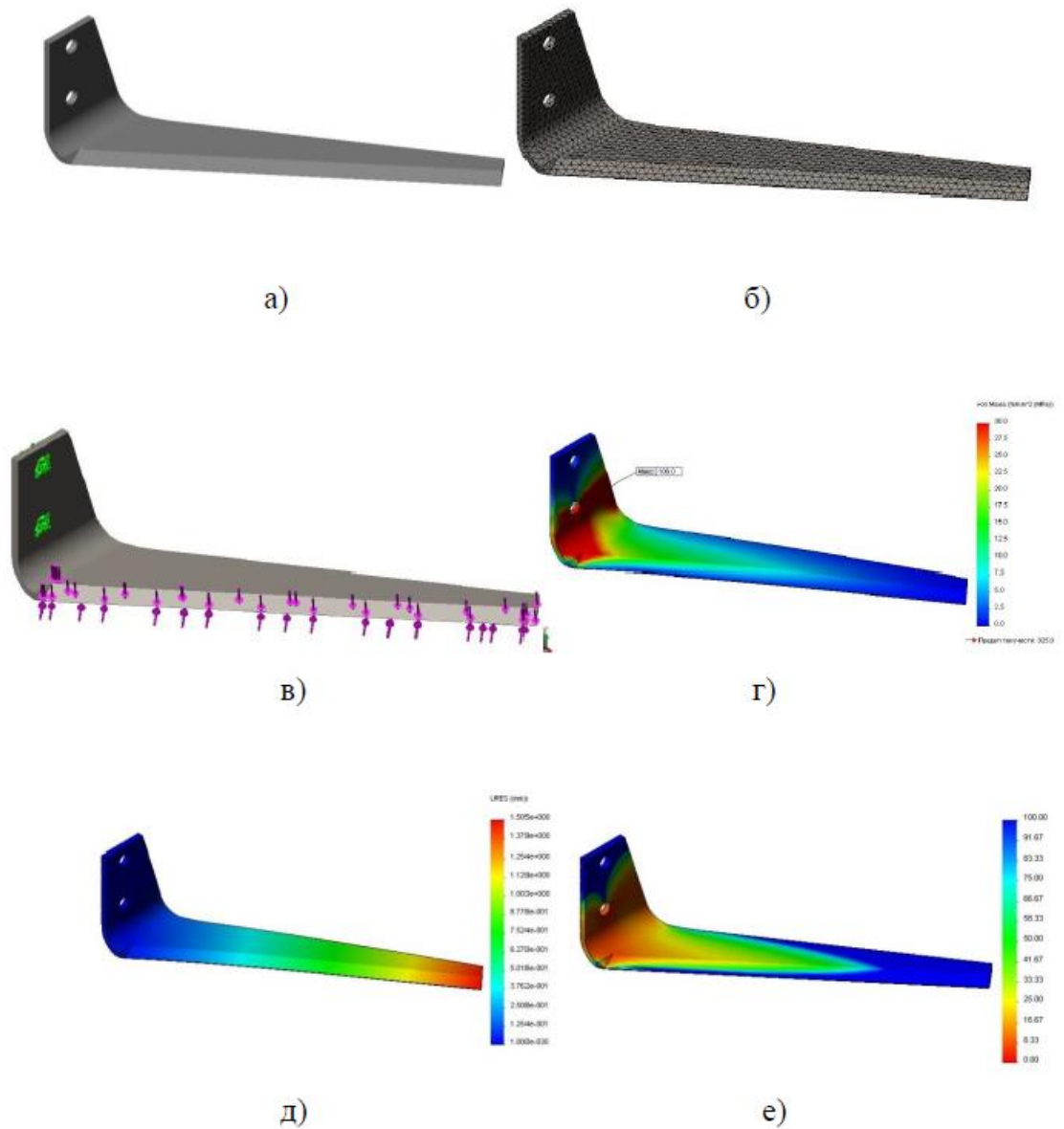


Рис. 2.12. Тривимірний модель робочого органу

а) модель для розрахунку; б) сітка кінцевих елементів; в) схема дії сил при виконанні технологічного процесу; г) активні напруження; д) переміщення; е) запас міцності елементів

Отримані дані при моделюванні корелюються з результатами теоретичних досліджень, що свідчить про роботу здатність запропонованого конструктивного рішення.

## РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

### 3.1. Дослідження робочих параметрів активного ножа при виконанні технологічного процесу

Для здійснення аналізу конструктивно-кінематичних параметрів робочого органу гичковидаляючого модуля розглянемо розрахункову схему зображену на рис. 3.1.

Гичковидаляючий агрегат рухається по рядках коренеплодів з швидкістю  $v$ . Робочий модуль гичковидаляючого механізму має дві швидкості руху: плоскопаралельну та зворотно-поступальну.

Для забезпечення необхідної якості зрізу залишків гички з головок коренеплодів необхідним є узгодження зворотно-поступальної та прямолінійної швидкостей руху.

Різання головки коренеплоду 1 починається з точки  $l_n$ , що належить ріжучій кромці 3 леза ножа. Для даної точки виберемо систему координат  $Oxy$ , у якій вісь  $Ox$  направляємо у бік повздовжнього переміщення ножа, що рухається, при тому вісь  $Oy$  зображаємо перпендикулярною до осі  $Ox$ .

Повне різання головки буряка (рис. 3.1) кромкою 3 ножа 2 обрізника гички буде виконуватися при умові, коли у площині  $Oxy$  за період переміщення ножа вздовж головки буряку, або за термін зрізання голівки буряку у поздовжньому напрямі, що позначений як  $t_{rv}$ , певна точка  $2_n$ , що розміщена на ріжучій кромці ножа пересунеться у координату точку, або уточку закінчення процесу різання [16], [21].

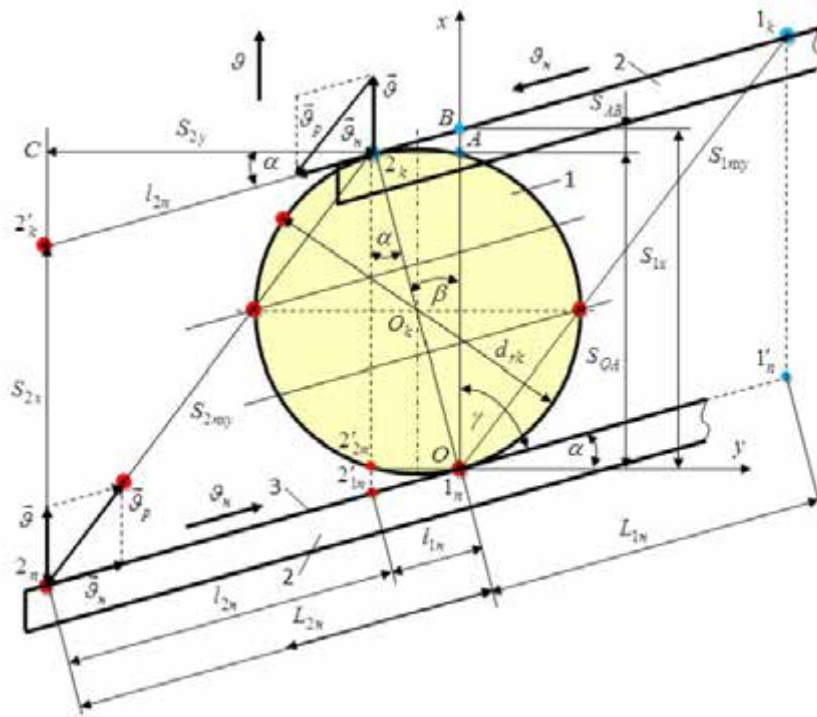


Рис. 3.1. Схема до визначення параметрів активного ножа: 1 – коренеплід; 2 – плоский ніж; 3 – кромка леза

Час, що необхідний для пересування леза активного ножа із точки  $2_n$  у точку  $2_k$ , позначимо через  $t_{rv_n}$ , повинен бути більший або рівний часу, що витрачається на різання головки у поздовжньому напрямку. Для цього необхідне виконання умови

$$t_{rv_n} \geq t_{r\theta}, \text{ або } \frac{S_{2y}}{g_n \cos \alpha} \geq \frac{S_{2x}}{g}, \quad (3.1)$$

$t_{rv_n}$  - час переміщення із координати  $2_n$  в координату  $2_k$  с;

$t_{rv}$  - час різання від координати  $1_n$  до координати  $2_k$  с;

$S_{2y}$  - шлях переміщення координати  $2_n$  у координату  $2_k$  вісь  $Oy$ , м;

$S_{2x}$  - шлях від координати  $1_n$  до координати  $2_k$  вздовж осі  $Ox$ , м;

$g_n$  – швидкість руху активного ножа, м/с;

$\alpha$  – кут встановлення  $Oy$ , град.

Відповідно до рис. 3.1, відстань  $S_{2x}$  визначається за формулою

$$S_{2x} = S_{1x} + S_{OA} + S_{AB}. \quad (3.2.)$$

При цьому:

Довжина  $S_{OA}$  знаходиться з тригонометричної залежності

$$S_{OA} = d_{rk} \cdot \cos \alpha, \quad (3.3)$$

Довжина  $S_{AB}$  знаходиться з тригонометричної залежності

$$S_{AB} = 2_k A \sin \alpha = d_{rk} \sin \alpha \cdot \sin \alpha = d_{rk} \sin^2 \alpha, \quad (3.4)$$

З іншої точки зору

$$S_{AB} = 2_k A \sin \alpha = l_{1n} \cos \alpha \cdot \sin \alpha, \quad (3.5)$$

Після відповідних перетворень і спрощень  $S_{2x}$  буде рівне

$$S_{2x} = d_{rk} \cos \alpha + d_{rk} \sin^2 \alpha = d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha), \quad (3.6)$$

Час  $t_{rv}$  різання головки коренеплоду можливо визначити згідно залежності

$$t_{r\vartheta} = \frac{d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}, \text{ або } t_{r\vartheta} = \frac{\cos \alpha (d_{rk} + l_{1n} \sin \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}, \quad (3.7)$$

Шлях  $S_{2y}$  Направлений вздовж осі  $Oy$  можна визначити із тригонометричної залежності

$$S_{2x} = l_{2n} \cos \alpha, \quad (3.8)$$

Враховуючи те, що:

$$l_{2n} = L_{2n} - l_{1n} = L_{2n} - d_{rk} \sin \alpha, \quad (3.9)$$

Відстань  $S_{2y}$  після підстановки відповідних даних знаходиться за формулою

$$S_{2y} = (L_{2n} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha. \quad (3.10)$$

Час переміщення  $t_{r\vartheta_H}$  знайдемо за формулою

$$t_{r\vartheta_H} = \frac{(L_{2n} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_y}{dt}}. \quad (3.10)$$

Для забезпечення технологічний норм виконання процесу різання необхідним є виконання умови

$$\frac{(L_{2n} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_y}{dt}} \geq \frac{d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}. \quad (3.11)$$

Із залежності (3.11) знаходимо необхідну робочу довжину  $L_{2n}$  активного ножа

$$L_{2n} \geq d_{rk} \left[ \cos \alpha \left( \frac{dS_y}{dt} / \frac{dS_x}{dt} \right) + \sin \alpha \right], \quad (3.12)$$

Рівняння (3.12) буде виконуватися тоді, коли буде ідеальне розміщення вертикальної осі буряка відносно осі  $O \square x \square$  (рис. 3.2а).

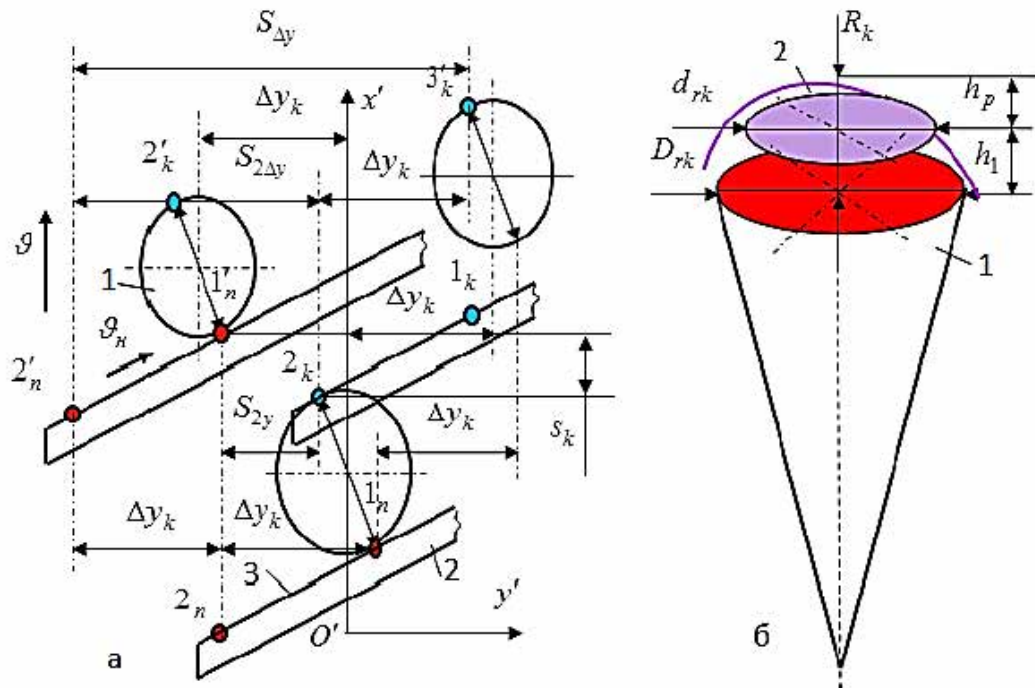


Рис. 3.2. Схема для визначення параметрів активного ножа обрізника головок коренеплодів: а - схема відхилення вертикальної осі; б - схема до розрахунку висоти зрізу

При присутності максимального відхилення  $\Delta y_k$  вертикальної осі коренеплоду в бік від осьової лінії рядка час визначається

$$S_{2\Delta y} = S_{2y} + \Delta y_k; \quad (3.13)$$

При присутності максимального відхилення  $\Delta y_k$  вертикальної осі у два боки від осьової лінії можна визначити з виразу

$$S_{\Delta y} = S_{2y} + 2\Delta y_k. \quad (3.14)$$

Після підстановки та спрощення аналітичних залежностей отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} S_{\Delta y} &= (L_n - d_{rk} \sin \alpha + 2\Delta y_k \sin \alpha) \cos \alpha; \\ t_{r, g_n}^* &= \frac{(L_n - (d_{rk} + 2\Delta y_k) \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_{\Delta y}}{dt}} \end{aligned} \right\} \quad (3.15)$$

$$\frac{(L_n - (d_{rk} + 2\Delta y_k) \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_{\Delta y}}{dt}} \geq \frac{d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}; \quad (3.16)$$

$$L_n \geq (d_{rk} + 2\Delta y_k) \left[ \cos \alpha \left( \frac{dS_{y\Delta}}{dt} / \frac{dS_x}{dt} \right) + \sin \alpha \right], \quad (3.17)$$

Для проведення наступних досліджень запишемо неувний розмір  $d_{rk}$  (рис. 3.2б) через увний діаметр коренеплоду  $D_{rk}$

$$\pi r_k^2 = \pi h_p (2R_{rk} - h_p), \text{ або } 0,25d_{rk}^2 = h_p (2R_{rk} - h_p), \quad (3.18)$$

Із залежності (3.18) знайдемо  $d_{rk}$

$$d_{rk} = 2\sqrt{D_{rk}h_p - h_p^2}, \quad (3.19)$$

Підставивши відповідні значення  $d_{rk}$  отримаємо формулу для визначення робочої довжина  $L_n$  активного ножа [130]

$$L_n \geq 2\left(\sqrt{D_{rk}h_p - h_p^2} + \Delta y_k\right) \left[ \cos \alpha \left( \frac{dS_y}{dt} / \frac{dS_x}{dt} \right) + \sin \alpha \right], \quad (3.20)$$

Або

$$L_n \geq 2\left(\sqrt{D_{rk}h_p - h_p^2} + \Delta y_k\right) \left( \frac{g_n}{g} \cos \alpha + \sin \alpha \right), \quad (3.21)$$

На рис. 3.3 та рис. 3.4 подано взаємозалежність зміни робочої довжини активного ножа, відповідно, як функція  $L_n = f_L(D_{rk}; v_n)$  і  $L_n = f_L(v_n)$

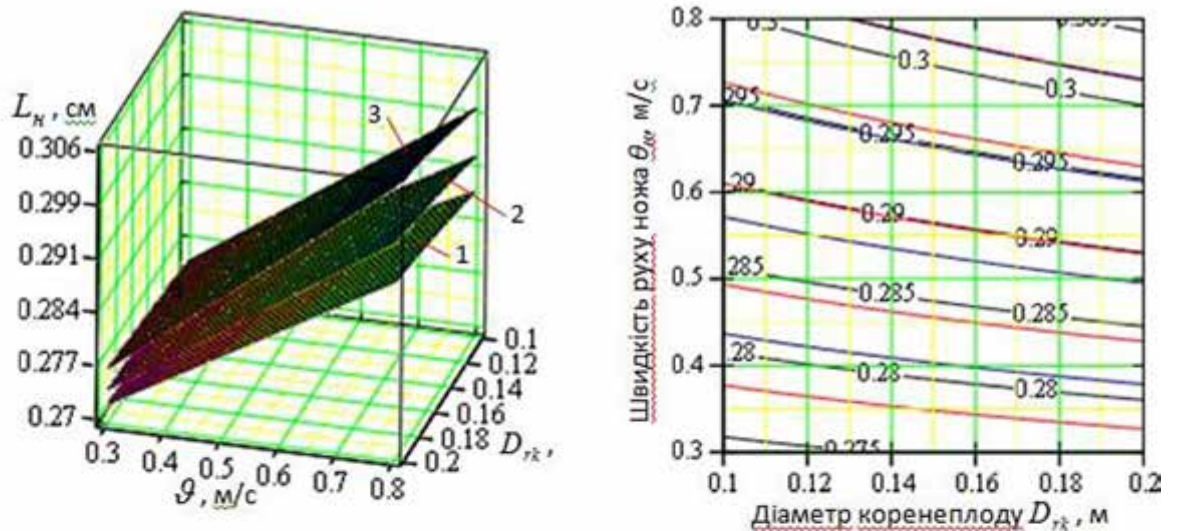


Рисунок 3.3 –  $L_n = f_Q(D_{rk}; \vartheta_n)$  1, 2, 3 –  $\vartheta = 1,6; 1,9; 2,2 \text{ м/с}$

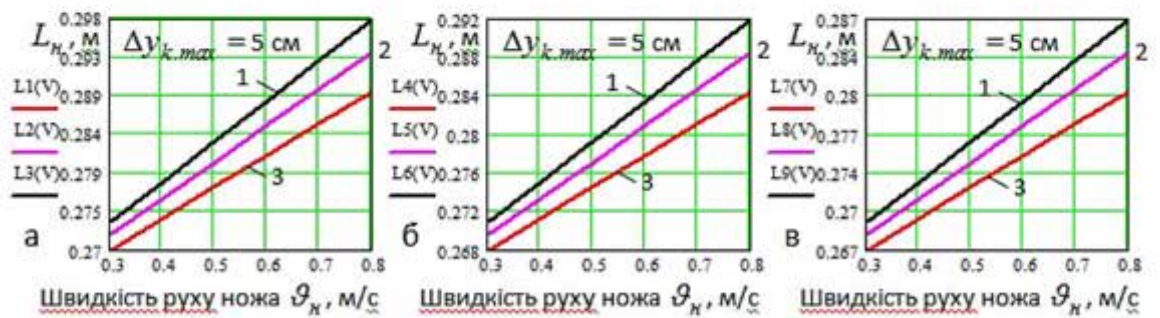


Рисунок 3.4 –  $L_n = f_L(\vartheta_n)$ : а, б, в –  $\vartheta = 1,6; 1,9; 2,2 \text{ м/с}$ ; 1, 2, 3 –  $D_{rk} = 0,1; 0,15; 0,2 \text{ м}$

Проведений аналіз графічних залежностей рис. 3.3 та рис. 3.4 дозволив визначити оптимальну довжину робочого ножа в межах від 0,25 до 0,3 м.

Оптимальна швидкість руху бурякозбирального комплексу становить

□ □ 1,6...2,2 м/с при швидкості руху активного ножа в межах □<sub>n</sub> □ 0,3...0,8 м/с.

### 3.2. Дослідження руху бурякозбирального агрегату по рядках

Для моделі руху бурякозбирального агрегату з активним ножем застосуємо тригонометричні функції синуса і косинуса [17].

Функцію тригонометричного ряду Фур'є запишемо у наступному значенні

$$S(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l}, \quad (3.22)$$

$l$  – відстань між коренеплодами цукрових буряків у рядку.

Коефіцієнти ряду Фур'є обчислюються за відомими залежностями

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) dx; \quad (3.23)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx; \quad (3.24)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \cos \frac{\pi n x}{l} dx. \quad (3.25)$$

Розрахункова схема зображена на рис. 3.5.

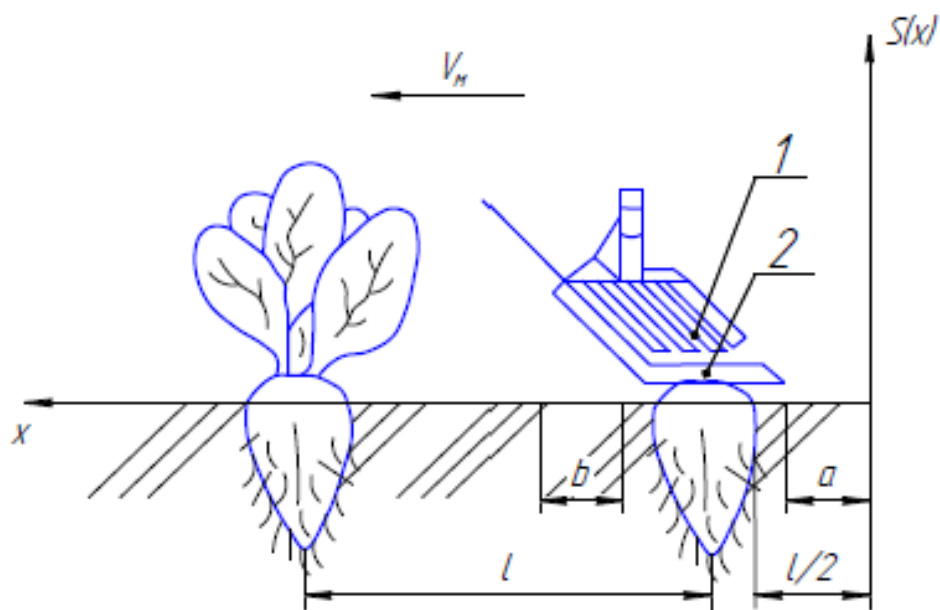


Рис.3.5 Розрахункова схема руху

Для відповідності у відстанях  $a$  і  $b$  необхідним є накладання умов для руху активного ножа при виконанні тех. процесу (рис. 3.6).

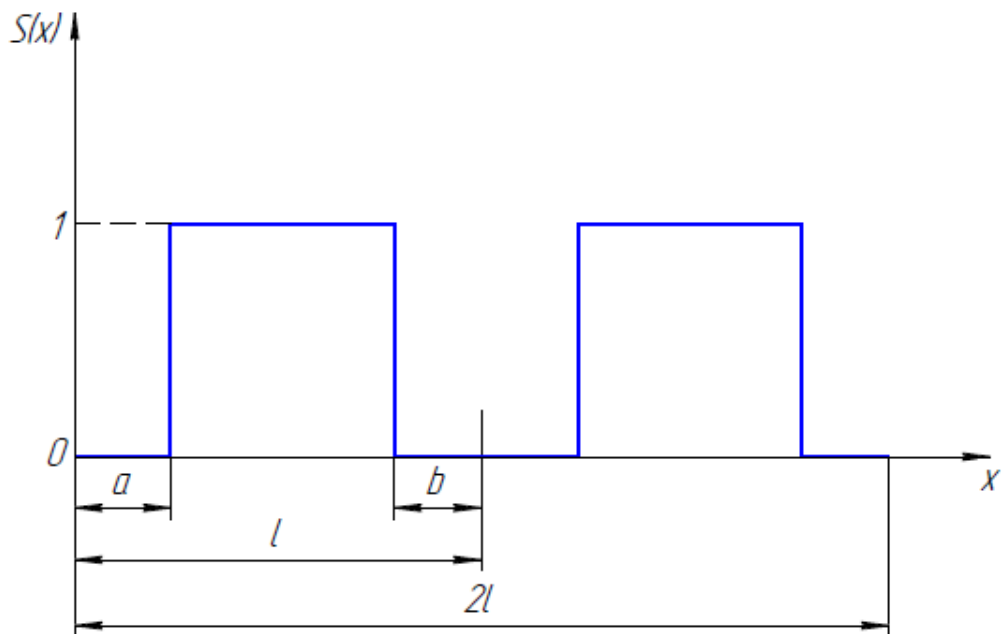


Рис. 3.6. Схематизація для встановлення умов руху ножа. Умови руху для робочого органу запишуться у наступному вигляді

$$S(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq x \leq a; \\ 1, & \text{якщо } a \leq x \leq l - b; \\ 0, & \text{якщо } l - b \leq x \leq l + a; \\ 1, & \text{якщо } l + a \leq x \leq 2l - b; \\ 0, & \text{якщо } 2l - b \leq x \leq 2l. \end{cases} \quad (3.26)$$

З врахуванням умови поданих вище, формули для визначення коефіцієнтів ряду Фур'є набудуть вигляду

$$a_0 = \frac{1}{l} \left( \int_a^{l-b} dx + \int_{l+a}^{2l-b} dx \right); \quad (3.27)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \left( \int_a^{l-b} \cos \frac{\pi n x}{l} dx + \int_{l+a}^{2l-b} \cos \frac{\pi n x}{l} dx \right); \quad (3.28)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \left( \int_a^{l-b} \sin \frac{\pi n x}{l} dx + \int_{l+a}^{2l-b} \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right). \quad (3.29)$$

Коефіцієнти функції тригонометричного ряду Фур'є для руху ножа по

під час здійснення технологічного процесу набудуть вигляду:

$$a_0 = \frac{1}{l} \cdot (2l - 2b - 2a); \quad (3.30)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \left[ -l \frac{-\sin \pi n \cdot \cos(\frac{1}{l} \pi n b) + \cos \pi n \cdot \sin(\frac{1}{l} \pi n b)}{\pi n} - \frac{\sin(a \pi \frac{n}{l})}{\pi n} - l \frac{-2 \cos(\frac{1}{l} \pi n b) \sin \pi n \cdot \cos \pi n + 2 \sin(\frac{1}{l} \pi n b) \cos(\pi n)^2 - \sin(\frac{1}{l} \pi n b)}{\pi n} - l \frac{\sin \pi n \cdot \cos(a \pi \frac{n}{l}) + \cos \pi n \cdot \sin(a \pi \frac{n}{l})}{\pi n} \right]; \quad (3.31)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \left[ -l \frac{\cos \pi n \cdot \cos(\frac{1}{l} \pi n b) + \sin \pi n \cdot \sin(\frac{1}{l} \pi n b)}{\pi n} + \frac{\cos(a \pi \frac{n}{l})}{\pi n} - l \frac{2 \cos(\frac{1}{l} \pi n b) \cos(\pi n)^2 - \cos(\frac{1}{l} \pi n b) + 2 \sin(\frac{1}{l} \pi n b) \sin \pi n \cdot \cos \pi n}{\pi n} + l \frac{\cos \pi n \cdot \cos(a \pi \frac{n}{l}) + \sin \pi n \cdot \sin(a \pi \frac{n}{l})}{\pi n} \right]. \quad (3.32)$$

На основі отриманих значень, будемо графічну залежність переміщення активного ножа від відносного переміщення бурякозбирального комбайна (рис. 3.7) [18].



Рисунок 3.7. Взаємозалежність переміщення ножа від переміщення бурякозбирального комбайна

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Порядок проведення робіт з техніки безпеки та охороні праці

Усе керівництво та повна відповідальність за організацію робіт з охорони праці в області технічного обслуговування МТП покладається на посаду головного інженера, на пунктах ТО, та на ділянках покладається безпосередньо на керівників даних підрозділів.

Особи, які є відповідальними за техніку безпеки в області організації ТО (інженер з експлуатації, механік, бригадир, майстер та інші керівники), зобов'язані:

- не допускати проведення контролю тракторів, комбайнів і самохідних машин, які перебувають на виконанні технологічних операцій;
- не допускати до роботи на мобільних засобах ТО, металообробних верстатах, до електрогазозварочних, ковальських і інших робіт працівників, що не мають дозвільних документів чи відповідного роду посвідчень;
- спостерігати за робочим станом пересувних засобів ТО, що знаходяться на стаціонарному вузлі ТО, а також за наявністю та роботопридатністю всіх передбачених правилами з техніки безпеки запобіжних пристроїв, огорожень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідному ділянці роботи;
- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи;
- вимагати дотримання працівниками, що оформлені по трудовому договорі чи угоді, правил та інструкцій з забезпечення техніки безпеки, неухильно стежити за використанням безпечних методів роботи та застосуванням усіх наявних ЗІЗ.

Усі робітники, що приходять на підприємство, повинні пройти вступний

інструктаж, пізніше інструктаж на робочому місці, і з періодичністю у шість місяців повторні інструктажі. Робітники, що працюють на особливо небезпечних чи шкідливих роботах (електрогазоварочні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж змушені проходити кожні три місяці.

Велику роль у зниженні виробничого травматизму відіграє впровадження безпечних методів виконання робіт. У зв'язку з цим керівництво пункту де відбувається технічне обслуговування зобов'язано організувати інформацію з техніці безпеки [22].

Інформація з техніці безпеки розміщується в спеціальному приміщенні чи безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянку з ОП доцільно відокремити від іншого приміщення.

#### **4.2. Загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин**

При ТО чи огляді перевіряють стан та надійність кріплень стійок підшипників головного карданного вала, копачів, що підкопують коренеплоди, теревильних апаратів, кришок та корпусів підшипників. Переконаються у відсутності мастил на зовнішніх сторонах деталей, таких як коробки перемикачів швидкостей, редуктори та гідравлічні системи.

Коли існує необхідність, тоді проводять регулювання вузлів машин та механізмів.

Оглядають, регулюють вузли та механізми у послідовності, яка визначена правилами технічного обслуговування та ремонту бурякозбиральних комбайнів. Особливо звертають увагу на регулювання запобіжних муфт.

При підніманні комбайна за допомогою домкрата необхідно підкласти під його несучу раму міцну підставку, перед початком піднімання під рушії встановлюють металеві чи пластмасові опори.

Для того щоб полегшити умови праці при установці пружин теревильних апаратів, монтуванні теревильного ланцюга та виправленню пальців

вирівнювачів, застосовують спеціальне пристосування та обладнання.

Під час заточення ножів дообрізувачів забороняється підтримувати даний механізм за допомогою сторонніх предметів, а також знаходитися на основній рамі агрегату.

Експлуатувати комбайн, який не обладнаний захисним пристроєм карданної передачі та надійною аварійною сигналізацією, заборонено. Тому при попередньому огляді необхідно переконатися в їхній наявності та надійності.

Відповідальним за техніку безпеки при обслуговуванні буряконавантажувача є тракторист-машиніст.

Перед запуском двигуна енергетичного засобу необхідно, щоб усі важелі розподільного пристрою знаходилися в нейтральному положенні та був виключений центральний редуктор.

До обслуговування стендів для перевірки вузлів, агрегатів та машин допускаються особи, яким виповнилося 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання, інструктажі з техніки безпеки та які мають кваліфікаційне посвідчення.

Дослідження та налаштування машин, вузлів та агрегатів, які створюють шуми та виділяють шкідливі речовини, необхідно проводити в ізольованих від інших цехів приміщеннях, у яких наявне дистанційне керування машинами, які досліджуються.

Стенди для налаштування двигунів повинні мати автоматичні пристрої, що виключають можливість перевищення допустимих частот обертання вала двигуна.

Електрозварювальне устаткування повинне бути безпечним та відповідати вимогам ДСТ 122.003—74.

Забороняється жити зварювальну дугу від силової, освітлювальної і контактної мережі. Усі зварювальні установки повинні мати захист та бути обладнані запобіжниками з боку живильної мережі. Багатопостові зварювальні агрегати крім цього захисту повинні мати автоматичний вимикач у загальному проводі зварювального ланцюга та запобіжники [22].

Для підвищення безпеки (при зміні електродів в особливо небезпечних

умовах роботи) повинні застосовуватися обмежувачі напруги холостого ходу, що заземлюються окремим провідником.

До електрозварювальних робіт допускаються особи, що пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж, перевірку знань по техніці безпеки і які мають посвідчення і II кваліфікаційну групу по техніці безпеки.

Широке використання у господарствах отримали електрозварювальні агрегати БАС-307, АБД-306 і зварювальні трансформатори, що складаються з понижуючого трансформатора однофазного струму типу СТЭ і регулятора (реактора) типу РОТЭ.

Найбільшу небезпеку при обслуговуванні електрозварювальних апаратів представляє заміна електродів, тому що при цьому зварювальник попадає під повну робочу напругу. Захист зварювальника від дії електроструму в момент заміни електродів досягається пристроєм спеціального автоматичного блокування і переключення апарата на напругу 12/24 В.

Приточне повітря варто подавати в робочу зону насадками, розташованими з боків столу, а шкідливі речовини відводити через похилі насадки, розташовані перед зварювальним столом.

Пил і газу, що утворюються при автоматичному і напівавтоматичному зварюванні під шаром флюсу, потрібно видаляти через місцеві витяжки щілевидної форми довжиною 250...350 мм, що розташовують над зварювальним швом на висоті не більш 50 мм.

Для захисту навколишніх робітників від дії променів електричної дуги робочі місця електрозварювачів, що знаходяться як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі, необхідно обгороджувати з трьох сторін переносними легкими огороженнями висотою 1,8...2 м чи щитами ширмами. Підсобним робітникам, що допомагають електрозварювальнику, необхідно видавати світлозахисні окуляри та діелектричні рукавички.

Електропроводка від зварювальної установки до електродотримача повинна бути виконана тільки проводом типу ПРГД чи кабелем типу КРТП.

Приєднання проводу до електродотримача і зворотного проводу до виробу,

що зварюється, здійснюється механічними затискачами. Місце приєднання проводу до електродотримача повинне бути заізольовано. Опір ізоляції зварювальних проводів повинний складати не менш 20 Ом.

Фарбувальні роботи необхідно виконувати в ізольованих приміщеннях, цехах, на спеціальних установках, у фарбувальних камерах чи на площадках, обладнаних приточно-витяжною вентиляцією з місцевими витяжками і засобами пожежної безпеки.

Очищення поверхні перед фарбуванням необхідно проводити у витяжних шафах механізованим чи хімічним способом.

Фарбувальні площадки при безкамерному фарбуванні великогабаритних виробів повинні мати огороження та пристрої для уловлювання неосілої фарби і для витяжки забрудненого повітря з робочої зони. Зона з радіусом півсфери 5м відноситься до вибухонебезпечної.

Конструкція вентиляторів повинна виключати можливість іскроутворення, а електродвигуни повинні бути вибухобезпечні. Більш безпечно здійснювати вентиляцію методом ежекції.

## РОЗДІЛ 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6 «ЗБРУЧ»

### 5.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень.

#### Оцінка технічного рівня виробу

При експлуатації коренезбирального комбайна КБС-6 «Збруч» з бункером підвищеного об'єму в результаті дії додаткових зусиль елементами рами комбайна сприймають значні навантаження.

Для підвищення надійності несучої рами комбайна КБС-6 «Збруч» з бункером підвищеного об'єму запропоновано:

➤ обладнати бункер відкидною стінкою, розташованою навпроти вивантажувального транспортера, що дозволить забезпечити рівномірність навантаження по опорах бункера при розгортанні транспортера. Крім того це збільшує об'єм бункера на 1 м<sup>3</sup>.

➤ підвищити міцність консолей, на яких встановлюється бункер;

Такі конструктивні заходи дозволять підвищити надійність несучих конструкцій комбайна КБС-6 «Збруч» та зменшити затрати на його ремонт.

Крім того, встановлення гнчкозрізувального модуля попереду ведучого моста комбайна та бункера збільшеного об'єму (більше 10 м<sup>3</sup>) дозволяє інтенсифікувати технологічний процес збирання коренеплодів і підвищити продуктивність комбайна.

Але запропонований варіант інженерного рішення має і недолік - з'являються витрати на величину додаткових капітальних вкладень, пов'язаних із розробкою нової конструкції машини.

Якщо вважати, що зміна конструкції основної рами комбайна КБС-6 проводиться при підготовці машини до нового сезону (під час проведення планового капітального ремонту), то витрати на зміну конструкції не впливатимуть на сезонну продуктивність машини, і експлуатаційні витрати залишатимуться на базовому рівні.

Порівняльний аналіз значень якості виробу проводиться для всіх

конструктивних варіантів і має два етапи [6]:

1. Експертний етап передбачає порівняння значень показників якості нового виробу за варіантами з показниками базового виробу та може призвести до наступних результатів:

а) всі показники даного варіанту перевищують базові більше, ніж на 5 %. Даний варіант вважається проектом і піддається подальшій розробці, в тому числі і економічному обґрунтуванню;

б) всі показники даного варіанту гірші базових більше, ніж на 3 %. Даний варіант виключається із подальшої розробки;

в) деякі показники варіантів кращі, деякі гірші від базових. Тут необхідний наступний розрахунковий етап.

2. Розрахунковий етап передбачає:

а) визначення значень відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно до формул:

$$q_i = \frac{k_{2i}}{k_{1i}} - \text{для бажаних показників}; \quad (5.1.)$$

$$q_i = \frac{k_{1i}}{k_{2i}} - \text{для небажаних показників}; \quad (5.2.)$$

де  $k_{2i}$  - показник якості нового виробу;

$k_{1i}$  - показник якості базового виробу;

$i = \overline{1, n}$  - номенклатура показників якості;

б) розрахунок узагальненого показника:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5.3.)$$

де  $Q$  – узагальнений показник якості продукції;

$n$  – кількість показників, що складають номенклатуру.

Задовільним проектом вважається варіант нового виробу, у якого  $Q > 1,05$ .

Це значення заноситься в карту технічного рівня і якості виробу.

Так як темою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення складової частини машини (несучі конструкції – комплектуючі вироби), то узагальнений показник розраховується на машину в цілому.

Визначаємо значення відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно формул:

для бажаних показників:

$$q_1 = \frac{8}{8} = 1; \quad q_2 = \frac{2,7}{2,7} = 1; \quad q_3 = \frac{1,6}{1,6} = 1; \quad q_4 = \frac{300}{300} = 1;$$

$$q_5 = \frac{500}{500} = 1; \quad q_6 = \frac{6}{6} = 1; \quad q_7 = \frac{75}{65} = 1,15; \quad q_{11} = \frac{70}{75} = 0,93;$$

для небажаних показників:

$$q_8 = \frac{15}{15} = 1; \quad q_9 = \frac{6400}{5800} = 1,1; \quad q_{10} = \frac{20}{15} = 1,3$$

Розраховуємо узагальнений показник:

$$Q = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1,67 + 1 + 1,15 + 1 + 1,1 + 1,3 + 0,93}{11} \approx 1,105 > 1,05$$

Результати розрахунків заносимо у карту технічного рівня і якості продукції (табл. 5.1.) [6]

Таблиця 5.1.

Карта технічного рівня і якості продукції (ГОСТ2.116-84)

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність “+”, “-”	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, $k_1$	Нового виробу	
			$k_2$	$q$
<b>1. Призначення</b>				
Робоча швидкість, км/год.	+	8	8	1
Ширина захвату, м	+	2,7	2,7	1
Продуктивність, га/год.	+	1,6	1,6	1
Сезонне напрацювання, год	+	300	300	1
<b>2. Надійність</b>				
Термін напрацювання до відмови, год	+	300	500	1,67
Гарантійний термін роботи, років	+	6	6	1
Ремонтпридатність, %	+	65	75	1,15
<b>3. Економне використання ресурсів</b>				
Витрати палива, л/год	-	15	15	1
Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/рік	-	6400	5800	1,1
<b>4. Обмеження шкідливих впливів</b>				
Ущільнення ґрунту, %	-	20	15	1,3
<b>5. Стандартизація і уніфікація</b>				
Відношення уніфікованих вузлів до неуніфікованих, %	+	75	70	0,93

## 5.2. Визначення техніко-економічних показників

Основний економічний ефект від запропонованої конструкції основної рами комбайна КБС-6 «Збруч» забезпечується за рахунок підвищення надійності та довговічності її конструкції при зменшенні витрат на технічне обслуговування та поточний і капітальний ремонт машини при деякому зменшенні кількості уніфікованих вузлів.

Основою для розрахунку показників економічної ефективності є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт, технічне обслуговування, оплата праці, затрати на паливно-мастильні матеріали, а також якість та кількість продукції, яку одержують за допомогою порівнювальних машин.

Економічний ефект від виробництва і використання за термін служби нової (вдосконаленої) машини визначають за формулою [12]:

$$E_{e.e} = \frac{E_{\Gamma}}{a_n + E}, \quad (5.4)$$

де  $a_n$  - коефіцієнт відрахувань на реновацію по новій машині,  $a_n = 12\%$ ;

$E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E = 0,15$ ;

$E_{\Gamma}$  – річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн. [12]:

$$E_{\Gamma} = V_3(\Pi_6 - \Pi_n + \mathcal{E}), \quad (5.5)$$

де  $\Pi_6$ ,  $\Pi_n$  – приведені витрати на одиницю напрацювання по базовій і новій машинах, грн./од. напрацювання;

$\mathcal{E}$  – економічний ефект від вивільнення робочої сили, досягнутих умов праці, від зміни кількості і якості продукції на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання. Приймаємо  $\mathcal{E} = 0$ , оскільки таких змін не відбувається;

$V_3$  - річне напрацювання нової машини в умовах даної природно-кліматичної зони, од. напрацювання/рік. Річне напрацювання нової машини в умовах даної природно-кліматичної зони таке ж як і базової машини (табл. 5.1.).

Приведені витрати на одиницю напрацювання ( $\Pi$ ) визначають за формулою [12]:

$$\Pi = I + KE, \quad (5.6)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн./од.

напр.;

$K$  – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання ( $I$ ) у гривнях визначають за формулою [12]:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (5.7.)$$

де  $Z$  - витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. напрац.;

$\Gamma$  - витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./од. напрацювання;

$P$  - витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн.;

$A$  - витрати на реновацію, грн./од. напрацювання;

$\Phi$  - інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали (насіння, добрива, гербіциди, дріт, шпагат, тара ), грн./од. напрацювання.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $Z$ ) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [12]:

$$Z = \frac{1}{W_{зм}} \sum L_j \tau_j k_d, \quad (5.8.)$$

де  $W_{зм}$  - продуктивність агрегату за 1 год. змінного часу, од. напрацюв/год.;

$\tau_j$  - часова тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу  $j$ -го розряду, грн./чол.;

$k$  - коефіцієнт, що враховує доплати по розрахунку за продукцію, премії, надбавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування по соціальному страхуванню;

$L_j$  – кількість  $j$ -го виробничого персоналу, чол.

Оскільки витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, витратина паливно-мастильні матеріали та інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали у базовому та новому варіантах не відрізняються, то їх розрахунок не проводиться. Розраховуємо лише витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт та витрати на реновацію.

Витрати на технічне обслуговування (ТО), поточний і капітальний ремонт

визначають по нормативах відрахувань від балансової ціни машини або за даними випробувань при наявності інформації про вартість ремонтів і показники надійності.

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонти по нормативах відрахувань від балансової ціни машини визначають за формулою [12]:

$$P = \frac{B(r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_H}, \quad (5.9.)$$

де  $B$  - балансова ціна машини, для базової машини  $B = 350000$  грн., для нової машини  $B = 362500$  грн.;

$W_{ек}$  - продуктивність агрегату або робітника за 1 год. експлуатаційного часу, од. напрацювання/год. (табл. 5.1.);

$r_T + r_K$  - коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування відрахувань на капітальний ремонт;

$T_H$  - нормативне річне завантаження, год.  $T_H = 300$  год/рік.

Витрати на реновацію машини ( $A$ ) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [12]:

$$A = \frac{Ba}{W_{ек} \cdot T_3}, \quad (5.10.)$$

де  $a$  - коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

$T_3$  - зональне річне завантаження, год.

Капітальні вкладення ( $K$ ) на одиницю напрацювання (в гривнях) на одну машину визначають за формулою [12]:

$$K = \frac{B}{W_{ек} \cdot T_3}, \quad (5.11.)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по базовій машині:

$$K_B = \frac{350000}{0,15 \cdot 300} = 729,17 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по новій машині:

$$K_H = \frac{358500}{0,15 \cdot 300} = 746,28 \text{ грн.}$$

Витрати на реновацію базової та нової машин на одиницю нароби:

$$A_B = \frac{350000 \cdot 0,15}{0,15 \cdot 300} = 109,38 \text{ грн.}$$

$$A_H = \frac{358500 \cdot 0,12}{0,15 \cdot 300} = 89,63 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт:

$$P_B = \frac{350000 \cdot 0,30}{0,15 \cdot 300} = 218,75 \text{ грн.}$$

$$P_H = \frac{358500 \cdot 0,2}{0,15 \cdot 300} = 149,38 \text{ грн.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання:

$$I_B = P_B + A_B = 218,75 + 109,38 = 328,13 \text{ грн.}$$

$$I_H = P_H + A_H = 149,38 + 89,63 = 239,01 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$П_B = I_B + K_B \cdot E = 328,13 + 729,17 \cdot 0,15 = 437,5 \text{ грн.}$$

$$П_H = I_H + K_H \cdot E = 239,01 + 746,28 \cdot 0,15 = 350,03 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини:

$$E_p = 300 \cdot (437,5 - 350,03) = 21617,19 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [12]:

$$T_{OK} = \frac{K}{E_p} \leq 5 \text{ років,} \quad (5.12.)$$

Капіталовкладення  $K$  у конструкцію нової машини визначаємо як суму різниці вартості нової та базової конструкції рами (12500 грн.) та собівартості конструкторської розробки удосконалення несучої конструкції (18000 грн.).

$$T_{OK} = \frac{12500+18000}{21617,19_p} \approx 1,42 \leq 5 \text{ років}$$

При впровадженні у виробництво рами машини запропонованої конструкції капітальні вкладення окупляться за 1,42 року.

### 5.3. Заходи з покращення організації виробництва

Сучасний виробничий процес - це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірів, що охоплює різноманітні сторони процесу - від одержання заготовок до виходу готової продукції [6].

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміна інших, тому перехід до таких систем зв'язаний зі створенням нової технології.

Вирішувати задачу прискорення науково-технічного прогресу на підприємствах можна тільки шляхом комплексного впливу на всі елементи виробничого процесу. Це у свою чергу вимагає перебудови системи підготовки виробництва як в окремих галузях, так і в народному господарстві. Така перебудова є однією з важливих народногосподарських проблем. У її рішенні особливе місце приділяється стандартизації як одному з найважливіших засобів удосконалювання елементів виробництва. Високий технічний рівень виробів є головною передумовою технічного прогресу. Економічний ефект від використання нового виробу визначається його технічним рівнем і функціональною організованістю, які прораховуються розробниками і (або) замовниками нової техніки.

Ефект від збільшення масштабів випуску нової техніки на стадії її освоєння і його величина визначаються організаційними заходами, що проводяться інженерами на стадіях розробки, технічної підготовки і освоєння випуску нових виробів. Ефект від застосування нової техніки у суміжних областях можуть визначити тільки фахівці даної галузі. Це здійснюється використанням інверсної форми функціонально-вартісного аналізу.

Ефект, що залежить від економії дефіцитних ресурсів виникає у тих випадках, коли при розробці нових виробів створені передумови заміни гостродефіцитних і шкідливих матеріалів на недефіцитні. Цей ефект виникає тоді, коли можливо автоматизувати технологічні процеси і організувати роботу за так званою безвідходною технологією, вивільнивши один з найбільш дефіцитних видів ресурсів - робочу силу.

Тісний взаємозв'язок конструкції, технології і організації виробництва зумовлює необхідність комплексного розв'язання цих питань при вдосконаленні продукції, що випускається і створенні нової. Найважливішими показниками, в яких знаходиться відображення якості технічних рішень, є собівартість продукції і експлуатаційні витрати при її використанні [6].

Для того, щоб продукція, що випускається, відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентноздатною і задовольняла різностороннім

вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексу аналітичних робіт.

Об'єктом інженерного аналізу є фізичні процеси при функціонуванні виробів, шляхи забезпечення його працездатності; техніко-економічний аналіз пов'язаний з використанням зовнішніх зв'язків виробу з виробництвом, споживанням.

На сучасному етапі побудови матеріально-технічної бази особливого значення набуває прискорення темпів науково-технічного прогресу шляхом своєчасного використання передових досягнень науки, техніки і виробничого досвіду, обумовлених науково-технічною революцією.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10-15 до 3-5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, удосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів [6].

Ці зміни привели до зміни самого характеру машинобудівного виробництва, зумовили перехід від розгляду окремо узятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

## ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу наявних конструкцій машин та механізмів, що забезпечують видалення залишків гички з головок коренеплодів було встановлено, що наявна техніка не забезпечує виконання високих агротехнічних показників, які висуваються до коренеплодів під час їх механізованого збирання.

2. При використанні у конструктивній схемі гичковидаляючого механізму активних плоских ножів, що працюють з схемою різання з ковзанням можливо досягнути зниження нормальної сили різання, яка в свою чергу дозволить зменшити затуплення кромки ножа та підвищити агротехнічні показники які ставляться до коренеплодів.

3. Проведено дослідження напружено – деформованого стану активного ножа при виконанні ним технологічного процесу, та визначено величину максимальних напружень, які становлять  $\sigma_{\max} \approx 72,03 \text{ МПа}$ .

4. Описано аналітичну методику для визначення коефіцієнта ковзання плоского ножа по головках коренеплодів, а також подано модель, що характеризує рух гичковидаляючого модуля по рядках коренеплодів при виконанні технологічного процесу.

5. Встановлено, що оптимальна довжина робочої ділянки активного ножа варіюється в межах від 0,25 до 0,3 м, а оптимальна швидкість руху бурякозбирального комплексу становить 1,6...2,2 м/с при умові коли швидкості руху активного ножа знаходиться в межах 0,3...0,8 м/с.

6. Подано рекомендації щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, зокрема загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до рекомендацій [23].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дудников А. А., Семчук Г. И. Повышение надёжности почвообрабатывающих машин при их восстановлении. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2014. Вип. 151. С. 114–118.
2. Панченко А.М., Штепа В.П. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих машин и оценка их эффективности для энергосберегающей техники. *Учебное пособие ДГАУ*. Днепропетровск, 1995. 96 с.
3. Саинсуз А. Д. Повышение долговечности лап культиваторов композиционными покрытиями переменного состава: дисс. канд. техн. наук К., 2008. 159 с.
4. Измайлов А. Ю., Сидоров С. А., Лобачевский Я. П., Хорошенков В. К., Кузнецов П. А., Юрков М. А., Голосиенко С. А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники. *Сборник научных докладов ВИМ*. 2011. Т. 1. С. 89–95.
5. Розробити технологічні процеси і обладнання для відновлення робочих органів ґрунтообробних машин із застосуванням електрофізичних способів загострення та зміцнення. *Звіт про НДР (заключний) № держ. реєстрації 0196U005163: № держ. облік. 0200U006523*. Глеваха. 2000. 92 с.
6. Василенко М. О., Чернявський О. О., Матвійченко В. С., Буслаєв Д. О. Підвищення ресурсу відновлених дискових робочих органів конструктивно-технологічними методами. *Механізація та електрифікація сільського господарства: [міжвідомчий тематичний науковий збірник]*. Глеваха, 2011. Вип. 95. С. 352–360.
7. Mykhailo Vasylenko, Dmytro Buslaiev, Oleksandr Kalinin. Ensuring the effect of self-sharpening of parts of tillage machines in operation in soils of various types. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol.19. No.1. 11–14
8. Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Матвійченко В. С. Покращення ресурсних показників відновлених робочих органів ґрунтообробних машин. *Механізація та електрифікація сільського господарства: [міжвідомчий тематичний науковий*

- збірник]. Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 533–541.
9. Василенко М. О., Буслаєв Д. О. Зменшення тягового опору відновлених і зміцнених робочих органів при експлуатації. *Науково-теоретичний журнал Національної академії аграрних наук України: Вісник аграрної науки* Київ, 2016. 1
  - Бойко А. І., Харьковський І. С., Свірень М. О. Дослідження зусиль, які діють на робочу частину наральникових сошників. *Збірник наукових праць КНТУ*. Кіровоград, 2006. Вип. 17. С. 3–14.
  10. Бондарєв С.І. Вплив ступеня зносу культиваторних лап на енергетичні та якісні показники їх роботи. *Науковий вісник НАУ*. К.: НАУ, 2002. С. 227–230.
  11. Москалевич В.Ю. Дослідження впливу параметрів ґрунторіжучих елементів на тяговий опір лап культиваторів. *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2010. Вип. 94. С. 119–122.
  12. Горбенко О. В. Шляхи підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробної техніки. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2011. Випуск 110. С. 133–136.
  13. Бернштейн Д. Б., Кисетова Н. И., Сорокина Е. М., Шеко И. Б. Макрогеометрия и изнашивающая способность почвенных абразивных частиц *Трение и износ*. 1992. Т. 13. №2. С. 333–339.
  14. Икрамов У. А. Расчетные методы оценки абразивного износа М.: Машиностроение, 1987. 288 с.
  16. Ларин Г. И. Исследование изнашивания рабочих органов плугов на почвах лесной зоны: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1973. 18 с.
  17. Борак К. В. Визначення граничного зносу вирізних сферичних дисків ґрунтообробних знарядь. *Матеріали VII-ї міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів 13-16 вересня 2011 року «Перспективна техніка і технології 2011»*. Миколаїв: МДАУ, 2011. С. 127–133.
  18. Балабуха А. В. Повышение долговечности и эффективности работы режущих элементов почвообрабатывающих машин путем управления изнашиванием при дискретном упрочнении: дисс. ... канд. техн. наук. К. 2001. 138 с.

19. Шитов А. Н. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением импульсного- электроконтактного нагрева: дис. к.т.н. К., 2005. 162 с.
20. Стройко Т. В., Бабенко М. Д. Виробнича інфраструктура сільськогосподарських підприємств миколаївщини: сучасний стан та перспективи розвитку. 2009. Вип. 1. 51–56 с.
21. Скоцик В. Є. Вітчизняне сільськогосподарське машинобудування: сучасний стан та проблеми його відродження. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Економічні науки: [зб. наук. пр./ редкол.: Макаренко П. М. (відп. ред.) та ін.]. Вип. 1 (6). Т. 1. С. 248–253.
22. Статистичний щорічник України за 2013 рік За редакцією О.Г. Осауленка. Відповідальний за випуск О.А. Вишневська. К., 2014. 553 с
23. Рогов В. А., Соловьев В. В., Копылов В. В. Новые материалы в машиностроении: Учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. 324 с.
24. Дудников А. А., Беловод А. И., Пасюта А. Г, Келемеш А. А., Горбенко А. В. Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 5(1). С. 4–7.
25. Денисенко М. І., Рубльов В. І. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин з використанням точкового зміцнення. *Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2011. Вип. 24, ч. II.
26. Шатров Р. В. Шляхи енергозбереження в рослинництві. *Збірник тез доповідей III-ї міжнародної наукової конференції «Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції та біопалива в АПК»*. 2015. С. 16–18.
27. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки: дис.д.т.н: Кіровоград, 2014. 447 с.
28. Федорченко И. М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства области применения. Киев: Наукова думка, 1985 624 с.
29. Василенко М. О. Перспективи застосування локального зміцнення при

- виготовленні і відновленні робочих органів. *Техніка АПК*. К., 2008. № 1. С. 29–31.
30. Василенко М. О., Буслаєв Д. О. Результати лабораторно-польових випробувань зміцнених робочих органів культиватора «КВАНТ-12». *Матеріали XXII Міжнародної науково – технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнської конференції*. Глеваха, 2014. С. 197–198.
31. Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А. Аналіз конструкційно-технологічних параметрів полольних лап культиваторів, що експлуатуються на ґрунтах різних типів. *Матеріали XXV Міжнар. наук. - техн. конф. та XVII Всеукр. конф. - семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії (Глеваха, 29-30 червня 2017 р.)*:
32. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444с.
33. Семчук Г. И., Дудников А. А., Мелешко А. В., Гуленко В. В. Конструктивно-технологические характеристики культиваторных лап. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 4–7. С. 12–14.
34. Михальченков А. М., Капошко Д.А. Повышение ресурса лемехов плужных корпусов сварочным армированием. *Ремонт, восстановление, модернизация*. 2005. №7. с. 20–24
35. Борак К. В. Підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь: дис. к.т.н. Житомир, . 2011. 174 с.
36. Васильев С. П., Ермолов Л. С. Об изнашивающей способности почв. *Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин*; под ред. М. М. Хрущева. М.: Машгиз, 1960. 141 с.
37. Василенко М.О. Підвищення механіко-конструктивних властивостей лемешів плугів. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2006. Випуск 39. С. 156 160.
38. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лехмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.

39. Дослідження динаміки навантаженості елементів тримких конструкцій коренезбиральної машини КС-6Б / М.Я. Сташків, М.І.
40. Підгурський, М.І. Барановський, Я.І. Ковальчук // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. - ХДТУСГ - 2013. - Випуск 17. - С. 40 -43.
41. Експериментальні напрямки досліджень динаміки навантаженості несучих конструкцій бурякозбиральних машин / В.П. Олексюк, М.Я. Сташків, А.В. Бабій, М.І. Підгурський // Надійність і довговічність машин і споруд, 2015. – Вип. 25. – С. 103 – 111.
42. ЛИРА 9.0 Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций: Руководство пользователя. – К.: НИИАСС, 2002. – В 3 т. – 435 с.
43. угченко О.І. Проектування металевих конструкцій: Конспект лекцій. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 139 с.
44. Підгурський М.І., Сташків М.Я., Павлов Я.А. Розрахунок і вдосконалення несучих конструкцій бурякозбиральних комбайнів // Зб. наук. праць: “Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України”. Дослідницьке, 2018. – Вип 8(22) – кн. 1. – С. 284-291.
45. Погорельый Л. В., Татьянако Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2019. – 232с.
46. Примак І.Д. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін. – За ред. І.Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456с.
47. Сало Я., Думич В. Нові вітчизняні машини для збирання цукрових буряків // Зб. наук. пр. «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України». – Дослідницьке, 2015. – С. 296 – 302.
48. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

49. Современные методы повышения конструктивной надежности сельскохозяйственной техники / Т.И. Рыбак, В.В. Спиченков, М.В. Руденький и др. – К.: Техника, 2021. – 120 с.
50. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю. – К.: Аграрна наука, 2014. – 396 с.

## **ДОДАТКИ**