

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ЦЬОНЬ ОЛЕГ ПЕТРОВИЧ**



**УДК 631.356.22**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ  
ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ АКТИВНОГО ТИПУ**

05.05.11 – машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

ТЕРНОПІЛЬ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** заслужений працівник освіти України, доктор технічних наук, професор  
**Рибак Тимофій Іванович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
завідувач кафедри технічної механіки, сільськогосподарських машин і  
транспортних технологій

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Ріпецький Євгеній Йосипович,**  
Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу, професор кафедри інженерної геодезії

кандидат технічних наук  
**Щур Тарас Григорович,**  
Львівський національний аграрний університет,  
доцент кафедри тракторів і автомобілів

Захист відбудеться “ 27 ” січня 2015 року о “ 14 ” годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 58.052.02 в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, аудиторія 79.

З дисертаційною роботою можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розіслано “ 27 ” грудня 2014 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради



І.Б. Гевко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Цукрові буряки культивують понад 40 країн світу, однак за обсягом виробництва цукру та площами посіву даних коренеплодів Україна посідає одне з провідних місць серед бурякопосівних держав.

Основними критеріями оцінювання роботи бурякозбиральної техніки згідно з сучасними агровимогами до стану коренеплодів після їх механізованого збирання є показники якості викопування і очищення головок буряків від гички та різного виду домішок. Виробництво бурякозбиральних агрегатів з різними компоновальними схемами гичкоочисних робочих органів зумовлене необхідністю досягнення високих показників якості виконання технологічного процесу видалення гички з головок коренеплодів цукрових буряків, оскільки ступінь їх очищення впливає на терміни зберігання та вихід цукрози при подальшому переробленні.

Основні недоліки сучасних гичковидалаючих механізмів – вибивання високо розміщених відносно ґрунту коренеплодів, непрямолінійна площина зрізу головок буряків, затуплення ножів дообрізувачів гички.

Удосконалення конструктивної схеми доочисника головок коренеплодів, який забезпечує підвищення показників надійності та якості виконання технологічного процесу, можливо досягти шляхом розроблення гичкозрізуючого пристрою з активним плоским ножем. Перевагою запропонованого конструктивного рішення, порівняно з активним дисковим ножем, є підвищена експлуатаційна надійність, значно менша маса та простота виготовлення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до програм науково-дослідних робіт “Розробка перспективних очисних робочих органів бурякозбиральних комбайнів” (№ д.р. 0103U003521) та “Розробка методики оцінки і покращення функціональних та несучих параметрів сільськогосподарських грейферних навантажувачів типу ПЕА-1.0” (№ д.р. 0113U000254), які реалізуються в рамках постанови Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування та забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою”.

**Мета і задачі досліджень.** *Мета роботи* – підвищення якості обрізування головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички шляхом удосконалення процесу різання за рахунок компонування дообрізувача гички активним плоским ножем та гребінчастим копиром.

Основні задачі дослідження, відповідно до поставленої мети роботи, полягають у наступному:

1. Обґрунтувати процес дообрізування головок коренеплодів активним плоским ножем та основні технологічні параметри ножа.
2. Розробити конструктивну схему дообрізувача гички, до складу якого входить гребінчастий копир та робочий орган активного типу.
3. Розробити математичну модель взаємодії плоского активного ножа з коренеплодом при режимі різання з ковзанням.
4. Розробити програму та методику проведення експериментальних досліджень робочого органу дообрізувача гички.
5. Дослідити експериментальним шляхом процес взаємодії активного плоского

ножа з коренеплодом, встановити оптимальні значення величин технологічних параметрів при різних режимах та умовах роботи.

6. Провести дослідження корозійної стійкості матеріалів плоских ножів у розчині соку цукрових буряків.
7. Порівняти результати теоретичних та експериментальних досліджень і встановити розбіжності між ними.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків.

**Предмет дослідження** – конструктивні та технологічні параметри механізму дообрізувача гички активного типу.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження проведені із застосуванням положень класичної механіки, опору матеріалів, вищої математики, теорії машин і механізмів. Експериментальні дослідження виконані згідно з методиками для випробування сільськогосподарських машин та розробленої програми їх проведення для даних умов дослідження за допомогою багатофакторного експерименту з використанням стенда та універсальної вимірювальної системи для визначення напружено-деформованого стану (НДС) плоского ножа. Опрацювання отриманих результатів здійснено із застосуванням методів математичної статистики з використанням пакета прикладних програм на ПК.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- досліджено та обґрунтовано основні параметри технологічного процесу очищення від залишків гички головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом;
- вперше отримано теоретичні залежності для визначення сили різання головок коренеплодів активним плоским ножом із урахуванням конструктивно-технологічних параметрів механізму дообрізувача;
- побудовано математичну модель руху робочого органу дообрізувача при виконанні технологічного процесу видалення залишків гички;
- запропоновано науково-технічне рішення на основі аналітичних та експериментальних досліджень з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів для проектування дообрізувача гички активного типу.

**Практичне значення отриманих результатів.** На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано й обґрунтовано удосконалену конструкцію дообрізувача залишків гички активного типу та подано рекомендації щодо вибору раціональних конструктивно-технологічних параметрів при його проектуванні. Конструктивна новизна технічного рішення захищена патентом України на корисну модель № 86895. Результати досліджень передані в ПАТ “Рівнесільмаш” для використання при проектуванні нового та удосконаленні існуючого обладнання дообрізувачів гички.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення дисертаційної роботи, які ґрунтуються на проведених теоретичних та експериментальних дослідженнях, отримані здобувачем особисто. У наукових працях, які опубліковані у співавторстві, особистий внесок наступний: [1] – проведено огляд існуючих конструкцій гичкозрізувальних апаратів та доочисників головок буряків, що використовуються для видалення гички з коренеплодів у бурякозбиральних комбайнах закордонного

виробництва; [2] – обґрунтовано необхідність проведення заходів щодо підвищення інтегральних показників надійності та якості виконання технологічного процесу дообрізування гички плоскими ножами шляхом проектування самозаточувальних лез; [3, 9, 10, 12] – запропоновано вибір обладнання для проведення багатофакторного експериментального дослідження плоских ножів дообрізувачів гички; [4] – виведено аналітичні залежності для визначення сили різання активним плоским ножом головок коренеплодів; [5] – запропоновано режими дослідження корозійної стійкості конструкційних матеріалів ножів у модельному розчині соку цукрових буряків; [6] – побудовано графічну залежність довговічності сталюї пластини від величини дефектності; [7] – запропоновано удосконалену конструкцію дообрізувача гички; [8] – проведено огляд можливих схем зрізування плоскими ножами; [11] – виконано графічний аналіз даних, отриманих у результаті експериментальних досліджень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати роботи доповідалися та обговорювалися на: XVI науковій конференції ТНТУ імені І. Пулюя “Матеріалознавство та машинобудування” (м. Тернопіль, 2012); XVII науковій конференції ТНТУ ім. І. Пулюя “Природничі науки та інформаційні технології” (м. Тернопіль, 2013); науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ ім. І. Пулюя “Актуальні задачі сучасних технологій” (м. Тернопіль, 2013); III Всероссийской научно-технической конференции “Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы” (г. Рубцовск, 2013).

Дисертаційна робота у повному обсязі доповідалася та обговорювалася на фаховому тематичному семінарі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя №7 “Машини та засоби механізації сільського господарства” (протокол № 2/11-14 від 29 жовтня 2014 р).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи відображені у 12 наукових працях, з яких 6 – у фахових виданнях, 5 – у матеріалах конференцій, одному патенті України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 138 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації – 167 сторінок, з них 139 сторінок основного тексту, де міститься 69 рисунків і 12 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання, об’єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів і наведено дані про їх апробацію.

У **першому розділі** “Структуризація напрямків функціонального призначення бурякозбиральних машин” проведено аналіз технологій збирання гички цукрових буряків та наведено порівняльний аналіз апаратів для її видалення, проаналізовано сучасний стан конструкцій механізмів для дообрізування залишків гички, визначено задачі дослідження для вирішення поставленої мети дисертаційної роботи.

На основі проведеного огляду технологій очищення головок цукрових буряків від залишків гички встановлено, що двофазний процес її видалення забезпечує підвищення якісних показників, які ставляться до коренеплодів при їх подальшому зберіганні та переробленні.

Аналіз конструкцій дообрізувачів гички показав, що основними недоліками сучасних механізмів для видалення гички є: незадовільне копіювання коренеплодів при нерівномірному їх розміщенні у рядках відносно ґрунту; неякісне обрізування головок від залишків гички; травмування та вибивання високо розміщених буряків; затуплення пасивних плоских ножів, що спричиняє зниження якісних показників виконання технологічного процесу.

Основним напрямком та науковим концепціям розвитку сільськогосподарської техніки, досліджень властивостей гички, а також розроблення теорій робочих процесів машин і засобів для її видалення присвячено праці Аванесова Ю.Б., Адамчука В.В., Аніловича В.Я., Босого Є.С., Булгакова В.М., Брея В.В., Василенка П.М., Войтюка Д.Г., Горячкіна В.П., Гевка Б.М., Гевка Р.Б., Желіговського В.А., Мартиненка В.Я., Мішина М.А., Погорілого Л.В., Підгурського М.І., Рогатинського Р.М., Резника Н.Є., Рибачака Т.І., Ріпецького Є.Й., Савича П.В., Сичова І.П., Тат'янка М.В. та ін.

На основі аналізу механізмів доочисників гички та досліджень взаємодії робочих органів гичкозрізувальних апаратів з головками цукрових буряків встановлено, що для підвищення якісних показників процесу механізованого збирання коренеплодів та збільшення надійності гичковидалючого пристрою, необхідна наявність ефективної конструктивної схеми дообрізувача гички, до складу якої входить гребінчастий копір та плоский активний ніж.

**У другому розділі** “Аналітичні обґрунтування технологічного процесу дообрізування головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножем” теоретично обґрунтовано модель взаємодії робочого органу активного типу з коренеплодом при режимі різання з ковзанням, коефіцієнт ковзання плоского ножа дообрізувача під час виконання технологічного процесу, досліджено напружено-деформований стан активного ножа, побудовано математичну модель руху робочого органу дообрізувача гички по рядках коренеплодів цукрових буряків, в основу якої закладено функції тригонометричного ряду Фур’є.

Вирішення науково-технічної проблеми підвищення показників якості та надійності виконання технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків базується на розробленні гичковидалючого механізму з активним плоским ножем з обґрунтуванням його конструктивно-технологічних параметрів.

З метою забезпечення оптимального перерозподілу сил, які діють на коренеплід з боку ножа, запропоновано конструкцію дообрізувача гички активного типу на будову і принцип роботи якої отримано патент України на корисну модель.

Для встановлення зв'язку між кінематичними та силовими параметрами процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів розроблено модель взаємодії активного плоского ножа (2) з коренеплодом цукрового буряку (1), яка зображена на рис. 1. Згідно з нею бурякозбиральний агрегат

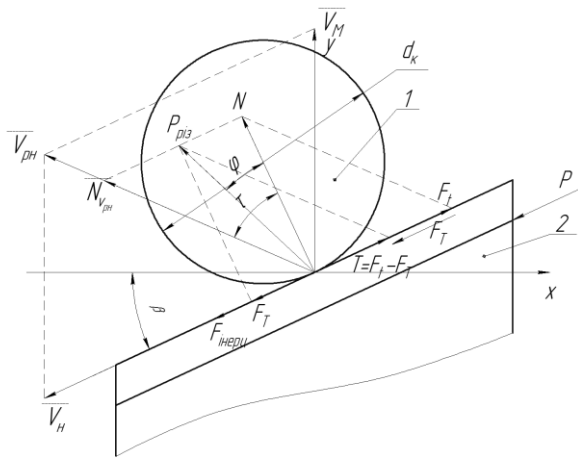


Рис. 1. Модель взаємодії плоского активного ножа з коренеплодом

де  $\sigma_p$  – напруження різання, МПа;  $t_l$  – товщина леза, м;  $l_p$  – довжина різання, м.

Знаходження напруження різання, яке виникає під час виконання технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом можна проводити згідно з положеннями гідродинаміки, оскільки в зоні різання тертя, що виникає в системі “коренеплід – плоский ніж”, має напіврідинний характер. При цьому  $\sigma_p$  визначається

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

де  $\mu$  – динамічна в'язкість соку цукрових буряків, МПа·с;  $h, h_1, h_2$  – відстані між лезом ножа і коренеплодом цукрового буряка, м.

Узагальнена залежність для визначення сили різання головок коренеплодів буряків робочим органом дообрізувача гички активного типу отримає наступний вираз

$$P_{piz} = \left[ \mu \frac{\sqrt{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h^3} \right] \cdot t_l(\alpha) \times \quad (4)$$

$$\times 2\sqrt{(1,02h_k + 11)d_k - (1,02h_k + 11)^2},$$

де  $h_k$  – висота розміщення коренеплодів над рівнем ґрунту, м;  $t_l(\alpha)$  – функція залежності товщини леза ножа від його кута заточування.

Отримане рівняння (4) визначає функціональну залежність сили різання головок цукрових буряків активним плоским ножом від: робочої швидкості бурякозбирального комбайна  $V_m$ ; зворотно-поступальної швидкості ножа  $V_n$ ; кута

рухається із швидкістю  $\overline{V_m}$ , а плоский ніж дообрізувача гички – швидкістю  $\overline{V_n}$ . Абсолютну швидкість різання активним ножом  $\overline{V_{pn}}$  визначимо за формулою

$$V_{pn} = \sqrt{V_m^2 + V_n^2 - 2V_m V_n \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}, \quad (1)$$

де  $\beta$  – кут встановлення ножа, град.

Силу різання головок коренеплодів плоским ножом визначимо за залежністю

$$P_{piz} = \sigma_p \cdot t_l \cdot l_p, \quad (2)$$

його встановлення  $\beta$ ; товщини леза  $t_l$ ; величин відстаней між ножом і голівкою коренеплоду  $h, h_1, h_2$  при виконанні технологічного процесу; висоти зрізування  $h_k$  та діаметра коренеплоду  $d_k$ , що підтверджено експериментальними дослідженнями.

При проектуванні дообрізувача гички активного типу необхідним є визначення зусилля  $P$ , яке затрачається для приведення плоского ножа до функціонального процесу. Відповідно до моделі взаємодії робочого органу з коренеплодом (див. рис. 1), при визначенні  $P$  враховуємо додаткові силові фактори  $F_{інерц}$ ,  $F_T$ ,  $F_t$ , які діють уздовж леза ножа.

$$P = \left[ m_n \frac{d \sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}}{dt} \right] - \left\{ \left[ \mu \frac{\sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_l(\alpha) \cdot 2 \sqrt{(1,02h_k + 11)d_k - (1,02h_k + 11)^2} \right] \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \tau \right\} - \left[ \mu \frac{\sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_M^2 + V_H^2 - 2V_M V_H \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_l(\alpha) \times \right. \\ \left. \times 2 \sqrt{(1,02h_k + 11)d_k - (1,02h_k + 11)^2} \right] \left. \right\}. \quad (5)$$

Важливим показником, що характеризує роботу активного плоского ножа дообрізувача гички при виконанні технологічного процесу, є його коефіцієнт ковзання  $\varepsilon$ . У системі “коренеплід–плоский ніж” він може бути визначений через одиницю деформації матеріалу буряка та за відношенням тригонометричних функцій кута встановлення ножа  $\beta$ .

У процесі різання коренеплоду активним плоским ножом точка  $m$ , яка розміщена на лезі ножа (1) матеріалу цукрового буряка (2) переміщується в напрямку дії сили різання  $P_{різ}$ , точка  $a$  – в напрямку руху машини (рис. 2).

Залежність для визначення коефіцієнта ковзання запишемо у вигляді

$$\varepsilon = \frac{d_k (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi)}{d_k / \cos \varphi} = (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi) \cos \varphi. \quad (6)$$

Через відношення тригонометричних функцій кута встановлення ножа коефіцієнт ковзання  $\varepsilon$  визначимо за формулою

$$\varepsilon = \frac{V_M \sin \beta}{V_M \cos \beta} = \operatorname{tg} \beta. \quad (7)$$

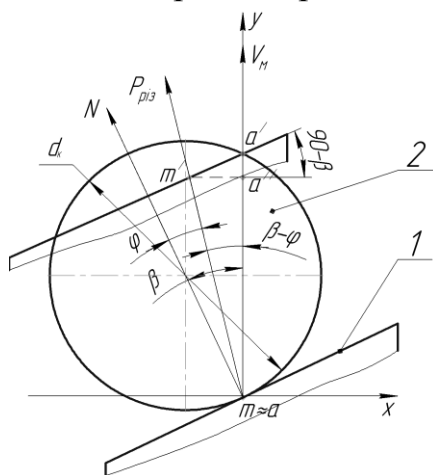


Рис. 2. Схема для визначення коефіцієнта ковзання



На підставі рівнянь (6) та (7), на рис. 3 зображено графічні залежності відповідності коефіцієнта ковзання  $\varepsilon$  куту встановлення плоского ножа  $\beta$ .

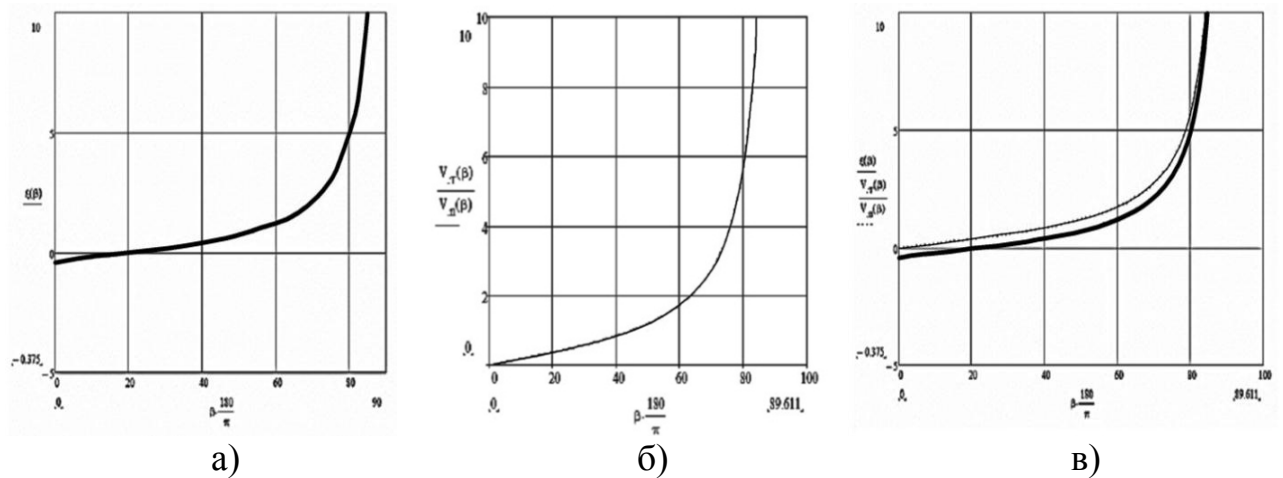


Рис. 3. Відповідність коефіцієнта ковзання  $\varepsilon$  куту встановлення плоского ножа  $\beta$ : а) за залежністю (6); б) за залежністю (7); в) за порівнянням рис. 3а і 3б

Провівши порівняння графічних залежностей для визначення значень коефіцієнта ковзання  $\varepsilon$  активного плоского ножа, отриманого через одиницю деформації матеріалу (рис. 3а) та через відношення тригонометричних функцій кута його встановлення (рис. 3б) доведено, що при проектуванні дообрізувача гички активного типу доцільним є використання залежності (6), яка реально описує процес ковзання леза по матеріалу, оскільки враховується кут тертя  $\varphi$  з коренеплодом (рис. 3в).

Розглядаючи технологічний процес дообрізування залишків гички активним плоским ножом, необхідним є дослідження його напружено-деформованого стану із врахуванням згинальних моментів, які виникають у перетинах кріплення до блоку привода (рис. 4).

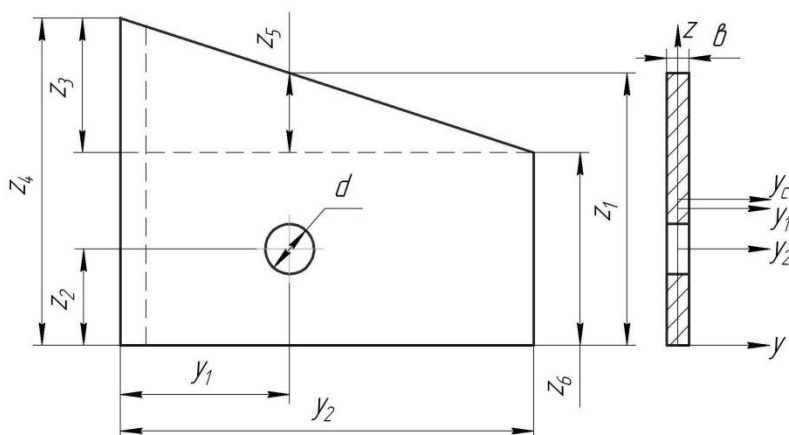


рис. 4).

Згинальний момент, викликаний дією сили тертя  $F_T$ , розкладемо на момент  $M_z$ , що діє у вертикальній та момент  $M_y$  – у горизонтальній площинах (рис. 5). Значення їх відповідно запишуться

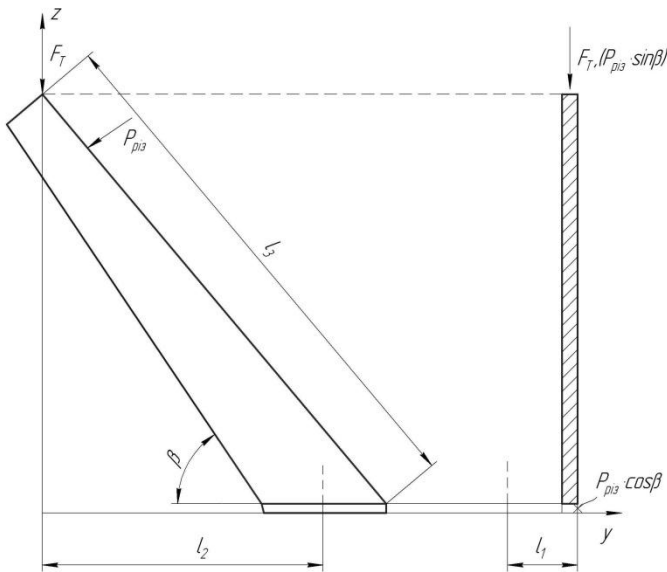
$$\begin{aligned} M_z &= F_T l_1, \\ M_y &= F_T l_2. \end{aligned} \quad (8)$$

Рис. 4. Схема перетину ножа та його геометричні характеристики

виникає згинальний момент  $M$  (рис. 5), який розкладаємо на три складових, дві з яких діють у горизонтальній

Від дії сили різання  $P_{різ}$

площині ( $M_{y_1}$  та  $M_{y_2}$ ) і одна – у вертикальній ( $M_{z_1}$ ). Визначимо їх за залежностями



$$\begin{aligned} M_{y_1} &= P_{piz} l_3, \\ M_{y_2} &= (P_{piz} \cos \beta) l_1, \\ M_{z_1} &= (P_{piz} \sin \beta) l_1. \end{aligned} \quad (9)$$

У конструкції активного плоского ножа, при виконанні технологічного процесу дообрізування залишків гички, дотичні напруження незначні у зв'язку з практичною відсутністю крутних моментів, тому в оцінці напружено-деформованого стану ними нехтуємо. Максимальні нормальні напруження, із урахуванням коефіцієнта динамічності  $k$ , що виникають у перетинах кріплення робочого органу до блоку привода, складають  $\sigma_{\max} = 72,03$  МПа. Вони є

Рис. 5. Схема визначення величини згинальних моментів  $M$

значно менші від допустимих значень для матеріалів з яких виготовляють плоскі ножі дообрізувачів гички, тому міцнісні показники надійності при приведенні ножа у рух залишаються незмінними у порівнянні з пасивним виконанням робочого органу.

Для розгляду та аналізу руху дообрізувача гички активного типу по рядках коренеплодів цукрових буряків у роботі побудовано розрахункову модель, зображену на рис. 6.

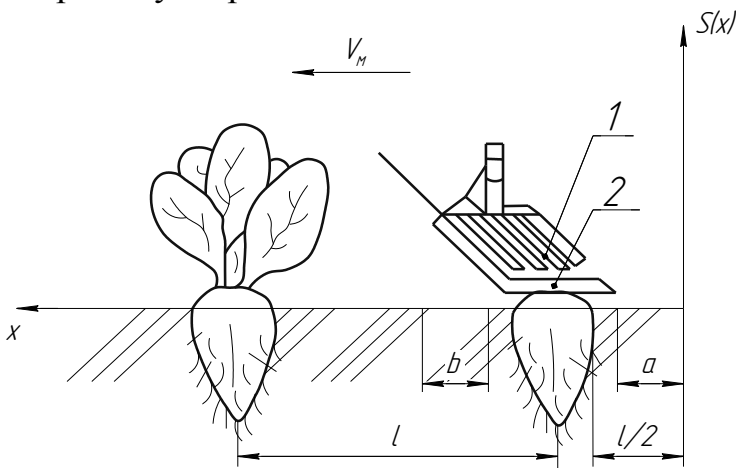
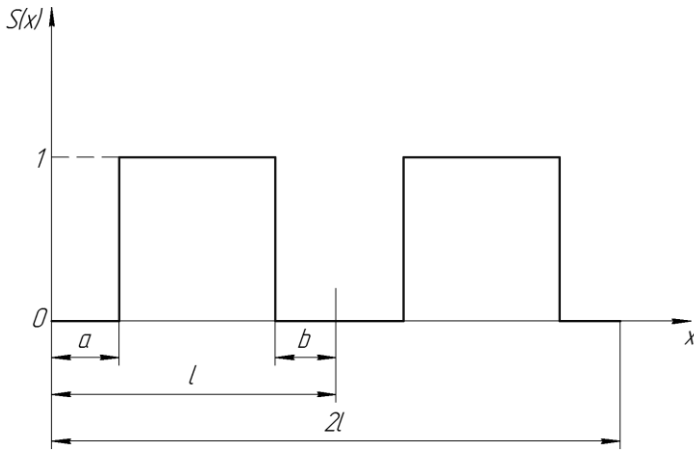


Рис. 6. Схематизація виконання технологічного процесу активним плоским ножем

При виконанні технологічного процесу видалення гички бурякозбиральним комбайном, що обладнаний гребінчастим копиром (1) та активним плоским ножем (2) по рядках цукрових буряків, у яких відстані між коренеплодами  $l$  (рис. 6), копир (1) копіює головки коренеплодів, одночасно приводячи в рух плоский ніж (2) (відстань  $a$ ). Після проходження копиром головки буряка активний ніж здійснює зворотний рух у вихідне положення (відстань  $b$ ).

Для узгодження відстаней  $a$  і  $b$  необхідно накласти умови на рух робочого органу активного дообрізувача гички під час виконання ним технологічного процесу.

Умови руху плоского ножа відповідно до рис. 7 запишемо



$$S(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq x \leq a; \\ 1, & \text{якщо } a \leq x \leq l-b; \\ 0, & \text{якщо } l-b \leq x \leq l+a; \\ 1, & \text{якщо } l+a \leq x \leq 2l-b; \\ 0, & \text{якщо } 2l-b \leq x \leq 2l. \end{cases} \quad (10)$$

Рис. 7. Схема визначення умов руху активного ножа дообрівача

Процес дообрівання залишків гички з головок коренеплодів активним плоским ножом, функціонально, з певними допущеннями можна описати,

розклавши функцію руху  $S(x)$  в тригонометричний ряд Фур'є

$$S(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l}, \quad (11)$$

де  $a_0, c_n, b_n$  – коефіцієнти тригонометричного ряду.

Використовуючи залежності інтегрального числення, коефіцієнти функції тригонометричного ряду Фур'є (11) із урахуванням умов руху активного ножа (10) запишемо у вигляді

$$a_0 = \frac{1}{l} \cdot (2l - 2b - 2a); \quad (12)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \left( \begin{array}{l} -l \frac{-\sin \pi \cdot \cos(\frac{1}{l} \pi b) + \cos \pi \cdot \sin(\frac{1}{l} \pi b)}{\pi} - \frac{\sin(a\pi \frac{n}{l})}{\pi} l - \\ -l \frac{-2 \cos(\frac{1}{l} \pi b) \sin \pi \cdot \cos \pi + 2 \sin(\frac{1}{l} \pi b) \cos(\pi)^2 - \sin(\frac{1}{l} \pi b)}{\pi} \\ -l \frac{\sin \pi \cdot \cos(a\pi \frac{n}{l}) + \cos \pi \cdot \sin(a\pi \frac{n}{l})}{\pi} \end{array} \right); \quad (13)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \left( \begin{array}{l} -l \frac{\cos \pi \cdot \cos(\frac{1}{l} \pi b) + \sin \pi \cdot \sin(\frac{1}{l} \pi b)}{\pi} + \frac{\cos(a\pi \frac{n}{l})}{\pi} l - \\ -l \frac{2 \cos(\frac{1}{l} \pi b) \cos(\pi)^2 - \cos(\frac{1}{l} \pi b) + 2 \sin(\frac{1}{l} \pi b) \sin \pi \cdot \cos \pi}{\pi} + \\ +l \frac{\cos \pi \cdot \cos(a\pi \frac{n}{l}) + \sin \pi \cdot \sin(a\pi \frac{n}{l})}{\pi} \end{array} \right). \quad (14)$$

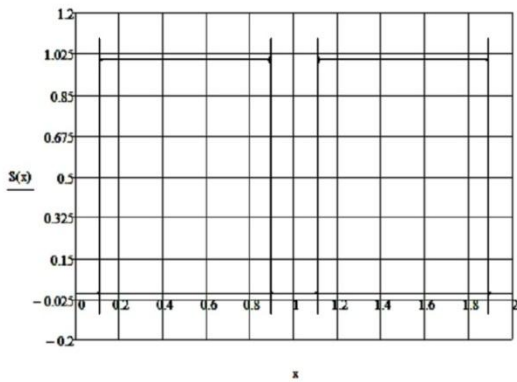


Рис. 8. Залежність переміщення активного ножа від відносного переміщення бурякозбирального агрегату

Відповідно до отриманих значень коефіцієнтів функції (11) побудовано графічну залежність переміщення активного плоского ножа дообрізувача гички від відносного переміщення бурякозбирального агрегату (рис. 8), використання якої дає можливість проводити узгодження зворотно-поступального руху робочого органу з переміщенням бурякозбирального агрегату.

У третьому розділі “Експериментальні дослідження виконання технологічного процесу дообрізувачем гички активного типу” подано програму та методику проведення експериментальних досліджень плоских

активних ножів, наведено опис приладів і обладнання, їх основні технічні характеристики та принципи роботи.

Для підтвердження адекватності теоретичних положень, запропонованих у дисертаційній роботі, програмою експериментальних досліджень передбачено: обґрунтування технологічного процесу дообрізування головок коренеплодів від залишків гички активним плоским ножом та розроблення конструктивно-технологічної схеми механізму дообрізувача; визначення вихідних даних, які використовуються при теоретичних дослідженнях процесу доочищення головок коренеплодів; проведення лабораторних досліджень основних показників, які характеризують технологічну ефективність процесу видалення залишків гички цукрових буряків та встановлення оптимальних значень величин технологічних параметрів за різних режимів та умов роботи.

При проведенні експериментальних досліджень робочого органу дообрізувача гички використовували стандартизоване обладнання та модернізований стенд для дослідження ножів коренезбиральних машин (рис. 9). Лабораторний стенд працює наступним чином: коренеплід з гичкою 4 підводиться на рухомій платформі 3 до активного плоского ножа 2. Електродвигун 9, який керується датчиками 11, забезпечує робочу швидкість рухомій платформі 3. Зворотно-поступальний рух плоского ножа 2 відбувається завдяки блоку привода 5.

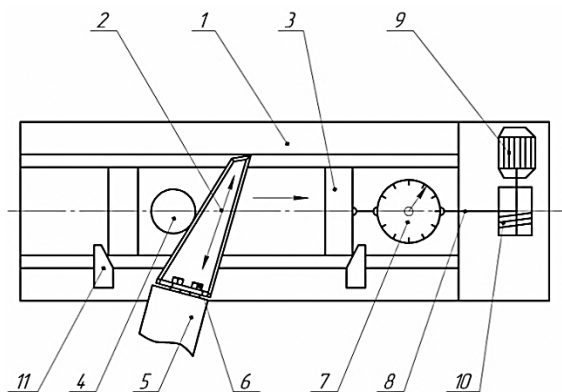


Рис. 9. Стенд для проведення досліджень активних плоских ножів

Для визначення ділянок дії максимальних напружень на кріпленні плоского ножа до блоку привода, його НДС, а також для підтвердження отриманих результатів при теоретичних дослідженнях виконано побудову твердотілої тривимірної моделі робочого органу дообрізувача гички (рис. 10).

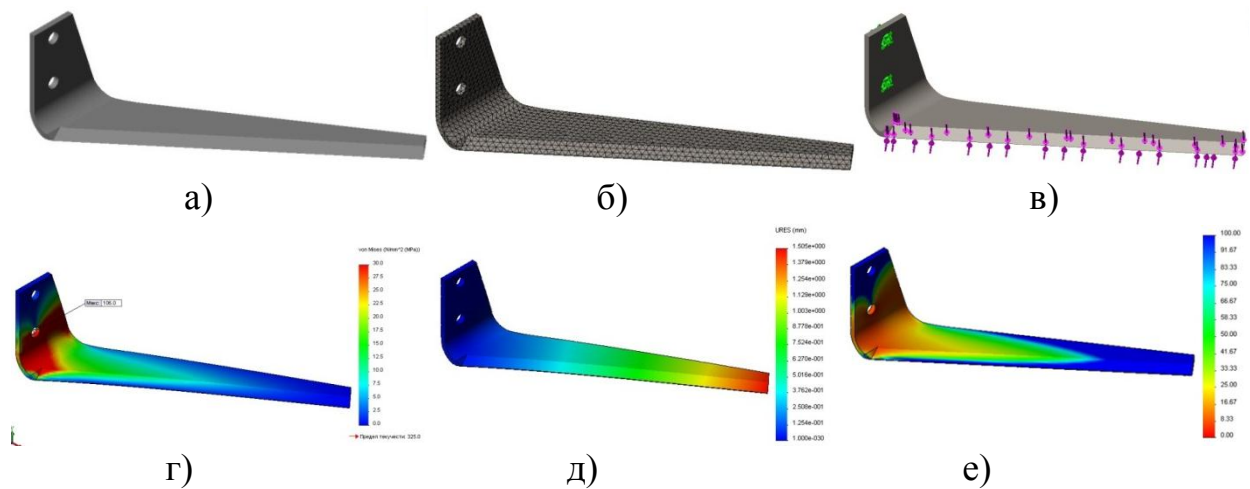


Рис. 10. Тривимірна твердотіла модель плоского ножа:  
 а) розрахункова модель; б) сітка кінцевих елементів; в) схема закріплення та навантаження; г) напруження; д) переміщення; е) запас міцності



Рис. 11. Розміщення тензорезисторів на плоскому ножі

Із урахуванням комп'ютерного розрахунку тривимірної моделі робочого органу дообрізувача гички активного типу (див. рис. 10) та результатів аналітичного обґрунтування напружень, що виникають на ножі під час приведення у рух, при проведенні експериментальних досліджень тензорезистори були наклеєні у місцях кріплення ножа з блоком привода, де спостерігаються максимальні деформації (рис. 11).

Виконання технологічного процесу дообрізувачами гички цукрових буряків за умов, при яких плоскі ножі у процесі роботи піддаються тертю з головками коренеплодів, що має напіврідинний характер, а також недотримання вимог їх міжсезонного зберігання спричиняє появу корозійних пошкоджень на робочих поверхнях (рис. 12).



Рис. 12. Корозійні пошкодження плоских ножів дообрізувачів гички

Тому існує необхідність у проведенні досліджень корозійної стійкості матеріалів, з яких виготовляють робочий орган, у середовищі соку цукрових буряків.

Для дослідження корозійної стійкості матеріалів ножів у розчині соку цукрових буряків відповідно до методики їх проведення було вибрано якісну конструкційну Сталь 25 (ГОСТ 1050-88) та сталь звичайної якості Ст 3 (ДСТУ 2651:2005; ISO 105-82). Зразки для проведення випробувань виготовлено у вигляді дисків діаметром 20mm з поверхнею шорсткості  $R_a = 0,63\mu\text{m}$ .

У четвертому розділі “Статистична обробка та використання результатів експериментальних досліджень при формуванні інженерної методики удосконалення конструкції дообрізувача гички активного типу” наведено та проаналізовано результати багатфакторного експериментального дослідження активних плоских ножів. Наведено також дані лабораторних досліджень корозійного впливу на сталі розчину соку цукрових буряків і результати досліджень НДС ножа при виконанні технологічного процесу дообрізування залишків гички. У даному розділі подано інженерну методику удосконалення конструкції гичкоочисного механізму.

Для встановлення впливу вхідних факторів (довжина ходу активного плоского ножа  $L$ , кут заточування ножа  $a$ , діаметр коренеплода  $d_{\kappa}$ , робоча швидкість бурякозбирального агрегату  $V_m$ ) на критерій оптимізації (сила різання головок коренеплодів активним плоским ножом  $P_{\text{різ}}$ ) проведено чотирьохфакторний експеримент на трьох рівнях варіювання, на основі якого отримано рівняння регресії у формі кодованих значень

$$y = 63,23 - 0,1x_1 + 23,62x_2 - 1,79x_3 - 98,94x_4 - 0,01x_1x_2 - 0,002x_1x_3 - 0,003x_1x_4 - 0,01x_2x_3 + 5,73x_2x_4 + 0,32x_3x_4 + 0,01x_1^2 - 1,33x_2^2 + 0,21x_3^2 + 9,82x_4^2. \quad (15)$$

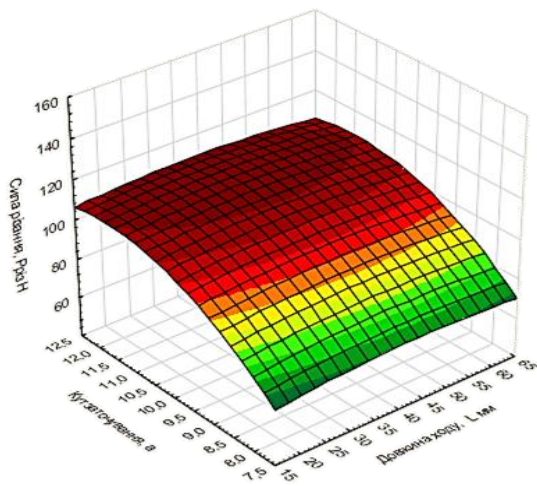
Статистичну значущість коефіцієнтів рівняння регресії (15) визначали за критерієм Ст'юдента. Після відсіювання малозначущих коефіцієнтів у рівнянні отримано регресійну залежність для визначення сили різання  $P_{\text{різ}}$  головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом від дійсних значень факторів

$$P_{\text{різ}} = 219,62 - 0,5L + 12,73a - 0,206d_{\kappa} - 168,15V_m + 2,865aV_m + 0,016d_{\kappa}V_m - 0,332a^2 + 0,001d_{\kappa}^2 + 9,82V_m^2. \quad (16)$$

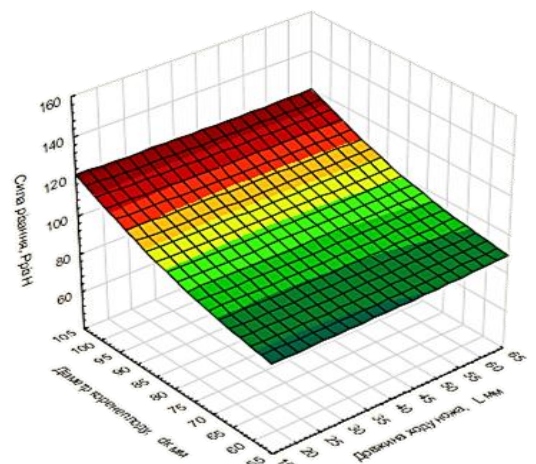
Аналіз результатів опрацювання експериментальних даних проведено у такій послідовності: визначено ступені впливу та ефект взаємовпливу факторів на критерій оптимізації; проведено графічний аналіз експериментально отриманих даних; визначено значення факторів, які забезпечують оптимізацію процесу доочищення головок коренеплодів від залишків гички.

За результатами проведених досліджень плоских ножів побудовано поверхні відгуків залежності сили різання  $P_{\text{різ}}$  від сукупності незалежних факторів, які впливають на виконання технологічного процесу дообрізувачем гички активного типу (рис. 13).

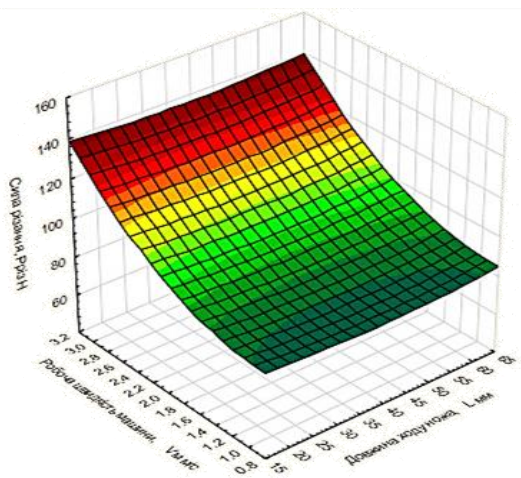
У результаті виконаних експериментальних досліджень (загальна кількість дослідів становила  $N=135$ ) дообрізування залишків гички цукрових буряків активним плоским ножом встановлено, що за характером поверхні зрізу коренеплоди з гладкою та прямою поверхнею зрізу, а також зі сколами, впадинами, ступенями до 1 см складають 97% від загальної кількості обрізаних головок. Пошкоджені буряки (ступінчаста та непрямолінійна поверхня зрізу) становлять 3%.



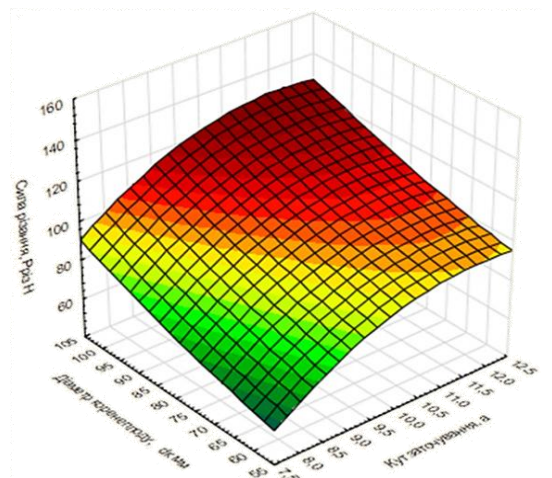
а)



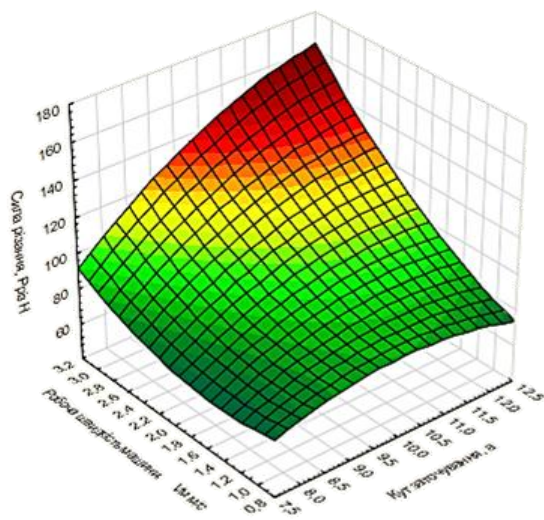
б)



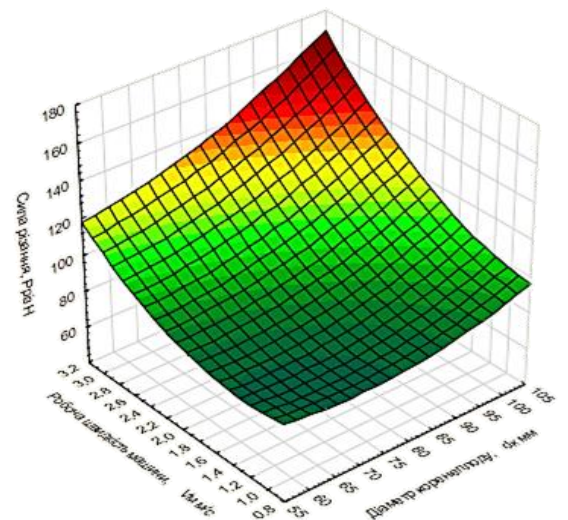
в)



г)



д)



е)

Рис. 13. Поверхні відгуків залежності сили різання  $P_{різ}$  головок коренеплодів від:

а)  $P_{різ} = f(L, \alpha)$ ; б)  $P_{різ} = f(L, d_k)$ ; в)  $P_{різ} = f(L, V_M)$ ; г)  $P_{різ} = f(\alpha, d_k)$ ;

д)  $P_{різ} = f(\alpha, V_M)$ ; е)  $P_{різ} = f(d_k, V_M)$

Для встановлення швидкості корозії матеріалів Сталь 25 та Ст. 3 в розчині соку цукрових буряків проведено лабораторні дослідження їх корозійної стійкості. За отриманими значеннями побудовано графічні залежності кінетики встановлення стаціонарного потенціалу (рис. 14) та поляризаційні криві для сталі звичайної якості Ст. 3 та якісної конструкційної Сталі 25 (рис. 15).

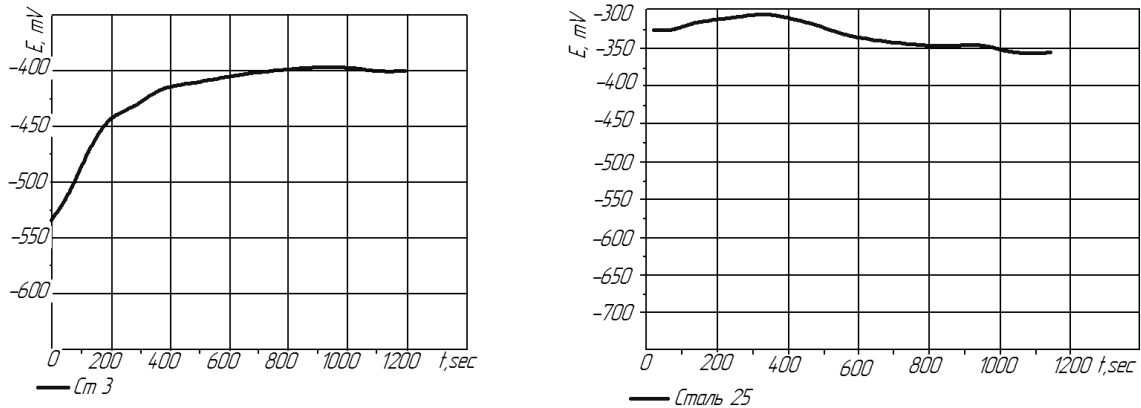


Рис. 14. Кінетика встановлення стаціонарного потенціалу Ст. 3 та Сталі 25

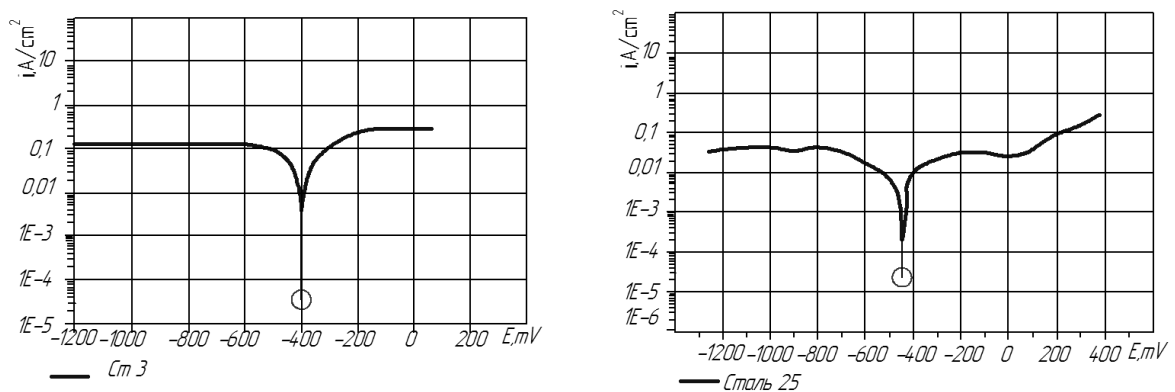


Рис. 15. Поляризаційні криві матеріалів Ст. 3 та Сталі 25

Проведені дослідження корозійного впливу на функціональну здатність Сталі 25 і Ст. 3 в розчині соку цукрових буряків показали, що швидкості корозії у них практично рівні. Встановлено незначну корозійну агресивність робочого середовища на досліджувані матеріали.

Із урахуванням того, що максимальні напруження, які виникають у місцях кріплення ножа до блоку привода під час виконання технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків, становлять  $\sigma_{\max} = 72,03$  МПа, що значно нижче допустимих напруження для якісних і сталей звичайної якості, та з метою підвищення показників раціональності запропоновано використовувати при виготовленні плоских ножів дообрізувачів матеріал – Ст. 3.

В роботі виконано порівняння результатів експериментальних та аналітичних досліджень сили різання  $P_{\text{різ}}$  головок коренеплодів цукрових буряків залежно від довжини ходу активного плоского ножа  $L$  та побудовано графічну залежність (рис. 16) при умовах, що  $v_m = 2$  м/с,  $d_k = 100$  мм,  $\alpha = 8^\circ$ .



Використовуючи дані, отримані в результаті проведення багатофакторного експерименту з визначення сили різання головок коренеплодів активним плоским ножом та результати лабораторних досліджень корозійної стійкості матеріалів ножів, при проектуванні дообрізувача гички активного типу для підвищення показників якості та надійності виконання технологічного процесу запропоновано

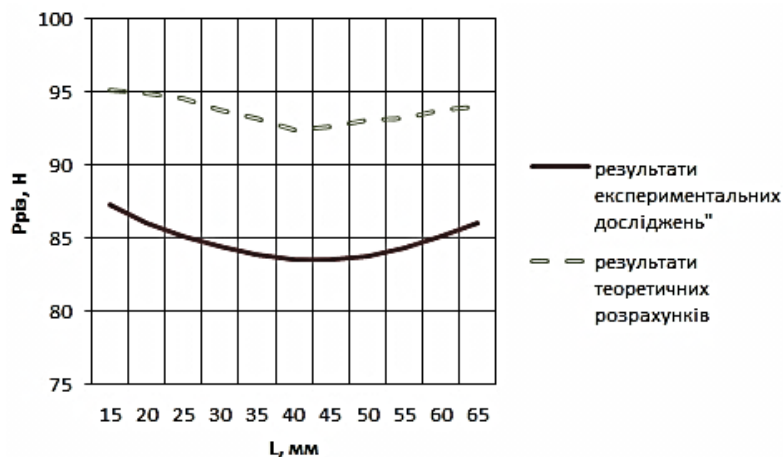


Рис. 16. Залежність сили різання  $P_{різ}$  головок коренеплодів цукрових буряків від довжини ходу активного плоского ножа  $L$

дотримуватись наступних рекомендацій: матеріал плоского ножа – сталь звичайної якості Ст. 3, нижня грань леза якого наплавлена тонким зносостійким сплавом сормаїту товщиною 1,5 мм; кут заточування леза ножа –  $\alpha = 8^\circ$ ; діапазон довжин ходу плоского ножа при виконанні ним технологічного процесу  $L = 40 - 50$  мм, який забезпечується за допомогою блоку привода; поступальна швидкість бурякозбирального агрегату – 1,9 м/с.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вперше вирішено науково-технічну задачу підвищення показників якості очищення головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички та збільшення довговічності елементів робочого органу доочисника. Розроблено і обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри механізму дообрізувача гички з активним плоским ножом. Основні наукові результати й рекомендації полягають у наступному:

1. Проведений порівняльний аналіз існуючих бурякозбиральних машин та механізмів для обрізування гички встановив, що двофазний процес її видалення з коренеплодів забезпечує підвищення якісних показників, які ставляться до цукрових буряків при їх подальшому переробленні та зберіганні. Неякісне обрізування головок від залишків гички, травмування та вибивання високо розміщених коренеплодів з ґрунту, затуплення пасивних плоских ножів – основні недоліки сучасних гичковиделяючих апаратів.

2. Розроблена аналітична модель взаємодії активного плоского ножа з головками коренеплодів забезпечила обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів механізму дообрізувача, а також систематизувала залежності для визначення коефіцієнта ковзання  $\varepsilon$  із урахуванням кута тертя  $\varphi$  матеріалу з лезом ножа.

3. Отримано теоретичні залежності, які описують напружено-деформований стан активного плоского ножа при взаємодії з коренеплодом.

Встановлено, що максимальні нормальні напруження, які виникають у перетині кріплення ножа до блоку привода при виконанні технологічного процесу дообрізування залишків гички, досягають  $\sigma_{\max} = 72,03$  МПа.

4. Обґрунтовано основні фактори, які впливають на якість та надійність процесу обрізування гички цукрових буряків, а саме: довжина ходу активного плоского ножа; кут заточування ножа; діаметр коренеплоду; робоча швидкість машини.

5. Розроблено програму та методику експериментальних досліджень робочого органу дообрізувача, яка дозволяє визначити вплив конструктивно-технологічних параметрів механізму на результуючу силу різання  $P_{\text{риз}}$ . За результатами проведених досліджень отримано регресійну модель доочищення головок коренеплодів від залишків гички активним плоским ножом у вигляді полінома другого степеня, який при 5% -му рівні значущості адекватно відображає реальний технологічний процес.

6. На основі проведеного багатофакторного експерименту з використанням трьохрівневого плану другого порядку Бокса – Бенкіна, побудовано поверхні відгуків та їх двомірні перетини від впливу та ефекту взаємовпливу незалежних факторів на критерій оптимізації. Встановлено, що значення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів запропонованого пристрою дообрізувача залишків гички активного типу складають: довжина ходу ножа  $L = 40-50$  мм; кут заточування леза  $\alpha = 8^\circ$ ; поступальна швидкість бурякозбирального агрегату  $V_m = 1,9$  м/с.

7. За результатами досліджень корозійної стійкості матеріалів плоских ножів у розчині соку цукрових буряків встановлено, що швидкість корозії Ст. 3 вища у порівнянні зі Сталлю 25. Збільшення тривалості експозиції призводить до суттєвого зменшення швидкості корозії: через 7 діб значення швидкостей зрівнюються. Доведено незначну корозійну агресивність робочого середовища на досліджувані матеріали.

8. Проведено порівняння теоретичних та експериментальних даних дослідження, згідно з якими розбіжність між ними при визначенні сили різання в інтервалі зміни довжини ходу ножа  $L = 15-65$  мм знаходиться в межах 8–10%. При визначенні НДС активного плоского ножа відхилення між величинами напружень, отриманих з використанням аналітичних залежностей та при проведенні експериментальних досліджень, знаходяться в допустимих межах (менше 3%).

9. Запропоновано інженерну методику удосконалення конструкції дообрізувача залишків гички, яка включає рекомендації щодо проектування самозаточувальних лез плоских ножів шляхом виготовлення їх зі сталі звичайної якості Ст. 3 з наплавленням нижньої грані леза сплавом сормаїту та вибору значень конструктивно-технологічних параметрів механізму при його проектуванні, які отримані в результаті проведення аналітичних та експериментальних досліджень.

10. Результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертаційної роботи передані в ПАТ “Рівнесільмаш” для використання при проектуванні нового та удосконаленні існуючого обладнання дообрізувачів гички.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях*

1. Рибак Т.І. Огляд гичковидаляючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення / Т.І. Рибак, О.П. Цьонь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. “Технічний сервіс машин для рослинництва”. – Харків.– 2013. – Вип. № 134. – С. 203–207.

2. Сташків М.Я. Підвищення довговічності активного плоского ножа дообрізувача гички цукрових буряків / М.Я. Сташків, О.П. Цьонь // Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. – Харків.– 2013. – Вип. № 139. – С. 226–230.

3. Цьонь О.П. Обґрунтування вибору обладнання для проведення експериментальних досліджень активних плоских ножів / О.П. Цьонь, М.Я. Сташків, Г.Б. Цьонь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. “Технічний сервіс машин для рослинництва”. – Харків.– 2014. – Вип. № 145. – С. 100–104.

4. Рибак Т.І. Вплив перерозподілу зусилля різання активного ножа дообрізувача гички буряків на його довговічність / Т.І. Рибак, О.П. Цьонь, М.Я. Сташків // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. – Харків.– 2014. – Вип. № 151. – С. 222–227.

5. Попович П. Коррозия машиностроительных сталей в средах органических удобрений / П. Попович, О. Цень, Т. Довбуш и др. // Motrol. Commission of Motorization and energetics in agriculture. – 2014. – Vol. 16, No 4. – P. 219–225.

6. Попович П. Вплив експлуатаційних середовищ на поширення поверхневих корозійно-втомних тріщин в елементах конструкцій сільськогосподарських машин / П. Попович, О. Цьонь, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ. Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки. – 2014. – Т. 75, № 3. – С. 157–166.

### *Патент*

7. Патент № 86895, Україна, МПК А01D 23/02. Дообрізувач гички з активним ножом / Рибак Т.І., Цьонь О.П., Сташків М.Я., Попович П.В., Цьонь Г.Б.; заявник та патентовласник Терноп. нац. техн. ун-т. – № u201309816; заявл. 07.08.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1.

### *Матеріали і тези конференцій*

8. Рибак Т. Обґрунтування схеми зрізування гички цукрових буряків плоским ножом / Т. Рибак, О. Цьонь // XVI наукова конференція ТНТУ імені Івана Пулюя „Матеріалознавство та машинобудування”. Том II. – Тернопіль.– 2012. – С. 128.

9. Цьонь О. Стенд для лабораторних випробувань активних дообрізувачів гички / О. Цьонь, М. Сташків, Н. Хомик // Природничі науки та інформаційні технології: Зб. тез доповідей XVII наук. конф. Том 1. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – С. 33.

10. Цьонь О.П. Планування багатофакторного експерименту з дослідження активних дообрізувачів гички / О.П. Цьонь, Г.Б. Цьонь // Актуальні задачі сучасних технологій: Зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – С. 165.

11. Цень О.П. Результаты экспериментальных исследований активных плоских ножей свеклоуборочных машин / О.П. Цень, П.В. Попович, А.Б. Цень, Н.И. Хомик // Материалы III Всероссийской научно-технической конференции 18–19 декабря 2013г. – Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы.– Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2013. – С. 135–138.

12. T. Rybak, O. Tsion / Equipment for simulate torsional loads // “Metalurgija”, 2012. – Vol. 51, br./No 3.– P. 430.

## АНОТАЦІЯ

**Цьонь О.П. Удосконалення конструкції дообрізувача гички цукрових буряків активного типу. – Рукопис.**

*Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2014.*

Дисертацію присвячено питанням підвищення ефективності та надійності технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків на основі обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів механізму дообрізувача гички активного типу. Теоретично досліджено: процес взаємодії активного плоского ножа з головками коренеплодів при режимі різання з ковзанням; НДС ножа при приведенні у рух; модель руху дообрізувача гички з активним робочим органом по рядках коренеплодів цукрових буряків; коефіцієнт ковзання в системі “коренеплід – плоский ніж”.

Експериментально досліджено залежність сили різання головок цукрових буряків активним плоским ножом від робочої швидкості бурякозбирального агрегату; зворотно-поступальної швидкості ножа та товщини його леза; діаметра коренеплодів. Встановлено корозійний вплив на функціональну здатність конструкційних матеріалів ножів середовища соку цукрових буряків.

Застосування запропонованої конструкції дообрізувача активного типу дозволить підвищити ефективність та надійність процесу доочищення головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички.

**Ключові слова:** дообрізувач гички, плоский ніж, коренеплід, коефіцієнт ковзання, кут встановлення, корозійний вплив, товщина леза, залишки гички, різання з ковзанням, модель руху.

## АННОТАЦИЯ

**Цень О.П. Усовершенствование конструкции дообрезчика ботвы сахарной свеклы активного типа. – Рукопись.**

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2014.*

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности технологического процесса дообрезки остатков ботвы с головок корнеплодов сахарной свеклы на обосновании конструктивно-технологических параметров механизма дообрезчика активного типа. Теоретически исследовано процесс взаимодействия активного плоского ножа с головками корнеплодов при режиме резки со скольжением; его НДС при приведении в движение; модель движения дообрезчика ботвы с активным рабочим органом по рядкам корнеплодов сахарной свеклы; коэффициент скольжения в системе "корнеплод – плоский нож".

На основе анализа современных ботвосрезающих механизмов установлено, что основными их недостатками являются: неудовлетворительное копирование корнеплодов при неравномерном их размещении в рядках относительно грунта; некачественная обрезка головок от остатков ботвы; травмирования и выбивания высоко размещенных свекл; затупления пассивных плоских ножей, что приводит к снижению качественных показателей выполнения технологического процесса.

Теоретическими исследованиями установлено: зависимость силы резания головок сахарной свеклы активным плоским ножом от рабочей скорости свеклоуборочного агрегата; возвратно-поступательной скорости ножа и угла его установки; толщины лезвия ножа, зазоров между ним и головками корнеплодов при выполнении технологического процесса дообрезки; высоты срезания корнеплода и его диаметра. Максимальные напряжения возникают на ноже в местах крепления его к блоку привода во время приведения в возвратно-поступательное движение. По полученным зависимостям определены значения напряжений,  $\sigma_{\max} = 72,03$  МПа.

Разработана программа и методика экспериментальных исследований активных плоских ножей дообрезчика ботвы сахарной свеклы, которая позволяет подтвердить адекватность теоретических положений диссертационной работы и экспериментальным путем определить значение силы резания при различных параметрах и режимах работы свеклоуборочного агрегата.

На основе полученных результатов проведения многофакторного эксперимента было определено степени влияния и эффект взаимовлияния факторов на критерий оптимизации, проведено графический анализ экспериментально полученных данных (построено поверхности отзывают и их двумерные сечения) и определены оптимальные значения входных факторов, которые составляют: длина хода ножа  $L = 40-50$  мм; угол заточки  $\alpha = 8^\circ$ ; поступательная скорость свеклоуборочного агрегата  $V_m = 1,9$  м/с.

В результате проведенных исследований коррозионной стойкости материалов плоских ножей в растворе сока сахарной свеклы установлено незначительную

коррозионную агрессивность модельного раствора на стали обыкновенного качества и качественной стали. Доказано, что единичные локальные коррозионные повреждения, которые наблюдались на материалах, являются результатом образования гальванических пар вследствие налипания на поверхность твердых остатков сахарной свеклы.

Применение предложенной конструкции дообрезчика активного типа позволит повысить эффективность и надежность процесса доочистки головок корнеплодов сахарной свеклы от остатков ботвы.

**Ключевые слова:** дообрезчик ботвы, плоский нож, корнеплод, коэффициент скольжения, угол установки, коррозионная стойкость, толщина лезвия, остатки ботвы, резка со скольжением, модель движения.

## ANNOTATION

**Tsion O.P. Improving the design of an active type topper of sugar beet tops. – Manuscript.**

*The thesis for the degree of a Candidate of Sciences (Engineering) in speciality 05.05.11 – machines and means of agricultural production mechanization. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2014.*

The thesis is dedicated to the problem of improving the efficiency and reliability of technological topping the residual tops of sugar beet crowns taking into consideration the structural and technological parameters of an active type topper. The following aspects are theoretically researched: interaction of an active flat knife with the root beet crowns in mode of cutting with sliding; tensely deformed status of that knife when moving; model of moving the topper with active working bodies along sugar root beets rows; coefficient of sliding in the system “root – flat knife”.

The dependence of sugar beet crowns cutting force by means of active flat knife on the working speed of a beet harvester, as well as on the knife reciprocating speed, knife blade thickness, root diameter, is developed experimentally. The corrosion effect of beet juice on functional capability of knife structural materials is researched. The use of active type topper design will improve the efficiency and reliability of topping the sugar beet crowns.

**Keywords:** topper, flat knife, root, sliding coefficient, angel of setting, corrosion effect, blade thickness, residual tops, cutting with sliding, motion model.

Формат 60×90 Папір ксероксний.  
Обл. вид. арк. 0,9  
Наклад 100 прим. Зам. № 2466

Видавництво Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001  
**E-mail: vydavnytstvo@tu.edu.te.ua**