

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
 Інженерно-технологічний факультет
 Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
 “ ” 20 р.
 Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
Андрій ВОЙТІК
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи **«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
 ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ З УДОСКОНАЛЕННЯМ
 КОНСТРУКЦІЇ ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ АКТИВНОГО ТИПУ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
 освітньої програми магістр
 спеціальності 208
«Агроінженерія»
Кодратюк О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

РЕФЕРАТ

Кодратюк О.В. Дослідження технологічного процесу збирання цукрових буряків з удосконаленням конструкції дообрізувача гички активного типу (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 69 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 38 рисунків, 5 таблиць, 20 джерел літератури).

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 ножом. Перевагою запропонованого конструктивного рішення, порівняно з активним дисковим ножом, є підвищена експлуатаційна надійність, значно менша маса та простота виготовлення.

Мета роботи – підвищення якості обрізування головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички шляхом удосконалення процесу різання за рахунок компонування дообрізувача гички активним плоским ножом та гребінчастим копіром.

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

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

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЦУКРОВІ БУРЯКИ, ДООБРІЗУВАННЯ ГИЧКИ, РОБОЧІ ОРГАНИ, КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМІВ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ДООБРІЗУВАННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	9
1.1. Тенденції, перспективи розвитку та порівняльний аналіз апаратів для видалення гички.....	9
1.2. Сучасний стан конструкцій механізмів для дообрізування залишків гички цукрових буряків.....	19
1.3. Мета та завдання досліджень.....	24
Висновки по розділу.....	24
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДООБРІЗУВАННЯ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ АКТИВНИМ ПЛОСКИМ НОЖЕМ.....	26
2.1. Характеристика коренеплодів цукрових буряків.....	26
2.2. Схеми зрізування гички з головок коренеплодів плоским ножем.....	28
2.3. Обґрунтування коефіцієнта ковзання плоского ножа дообрізувача гички під час виконання технологічного процесу.....	30
2.4. Модель руху активного плоского ножа дообрізувача гички по рядках коренеплодів цукрових буряків.....	34
Висновки по розділу.....	37
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДООБРІЗУВАЧЕМ ГИЧКИ АКТИВНОГО ТИПУ.....	38
3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.....	38
3.2. Результати багатofакторного експерименту.....	42
3.3. Вплив сукупності незалежних факторів на результуючу величину сили різання.....	45
3.4. Інженерна методика удосконалення конструкції дообрізувача гички активного типу.....	54

Висновки по розділу.....	57
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
4.1. Організація умов та заходів з охорони праці при роботі коренезбиральної машини.....	58
4.2. Аналіз потенційних виробничих небезпек при експлуатації коренезбиральної машини.....	59
Висновки по розділу.....	61
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ.....	62
Висновки по розділу.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

ВСТУП

Видалення гички з головок коренеплодів цукрових буряків є однією з найбільш трудо- та енергомістких операцій при їх збиранні. Належність України до основних бурякосіючих країн світу, зумовлює необхідність випуску вітчизняним машинобудуванням бурякозбиральних машин на рівні кращих світових аналогів. Виробництво механізованих засобів для збирання цукрових буряків найбільшого розвитку набуло у країнах Західної Європи, Україні, США, Японії.

Вимоги, які ставлять до якості гички і коренеплодів цукрових буряків після їх механізованого збирання, зумовлюють виробництво та розробку машин з різними конструктивними та компоновальними схемами гичкоочисних механізмів. Збільшення продуктивності та підвищення показників якості виконання технологічного процесу роботи бурякозбиральних машин здійснюється шляхом модернізації існуючих машин та механізмів, а також розробкою принципово нових компоновальних схем бурякозбиральних агрегатів.

Розробка гичковиделяючого апарату, який би зменшував енергоємність процесу збирання коренеплодів в цілому, а також характеризувався високими показниками надійності та якості виконання технологічного процесу є одним із актуальних питань сільськогосподарського машинобудування.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ДООБРІЗУВАННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУПЯКІВ

1.1. Тенденції, перспективи розвитку та порівняльний аналіз апаратів для видалення гички

Апарати для видалення гички бурякозбиральних машин – це пристрої, що забезпечують процес видалення гички з головок коренеплодів і відведення її за межі дії викопуючих робочих органів, яке виконується у міжряддя, на зібране поле, транспортний засіб.

Проведений аналіз машин для видалення гички коренеплодів цукрових буряків дозволив створити класифікацію гичковидалаючих механізмів (Рис.1.1). Конструкції гичкозбиральних машин за типом привода можна класифікувати на причіпні і самохідні. У них застосовуються фронтально розташовані гичкозрізувальні апарати (надалі ГЗА) з вертикальним валом привода з активними чи пасивними ножами, або навісні чи причіпні гичковидалаючі модулі з горизонтальним валом роторного подрібнювача гички і шнеком для її видалення.



Рисунок 1.1 – Класифікація механізмів для видалення гички

У гичкозрізувальних апаратах процес видалення гички здійснюється різанням [7, 17]. У більшості випадків їх використовують для зрізування основної зеленої маси. Очисники головок коренеплодів, які видаляють залишки гички, називають дообрізувачами. Ними можуть бути і окремі типи гичкозрізувальних апаратів [5, 7].

При видаленні верхньої частини головок коренеплодів зі зрізаної частини повинно видалятися як можна менше цукроносної маси. Згідно сучасних агрономічних вимог її відходи не повинні перевищувати 5% від маси коренеплодів, а кількість залишків гички на них – 1,5%. Ці вимоги виконуються у тому випадку, якщо в основній кількості коренеплодів площина зрізу проходить у зоні коронки або сплячих вічок [13]. Такі коренеплоди вважаються нормально обрізаними. Відхилення у площині зрізу від верхньої і нижньої межі допуску називаються, відповідно, високими і низькими (високо і низько обрізані коренеплоди).

При всій різноманітності способів механічного видалення гички (зрізування, збивання, відривання, зминання) найбільш поширеними є зрізування і збивання.

Очисники, які працюють за зрізуючою схемою видалення гички з головок коренеплодів, використовують у своїй роботі два типи ножів: плоскі та дискові. Їх застосування можливе як для видалення основної зеленої маси так і для очищення від залишків гички при дообрізуванні. Застосовують ножі (активні чи пасивні) без протирізальних елементів або зустрічного руху. Це зумовлюється, в першу чергу, фізико-механічними властивостями цукрових буряків та технологією збирання гички [17].

Виходячи із вивчення технологічних процесів зрізування гички цукрових буряків, схем бурякозбиральних машин вітчизняного і зарубіжного виробництва, гичкозрізувальні пристрої можна розділити на такі, що здійснюють зрізування на корені, або такі, що зрізують гичку в середині машини, тобто механізми теребильного типу. Якісне виконання технологічного процесу залежить від стану гички, тобто буряки мають бути викопані до

настання морозів, поки вона знаходиться у доброму стані, тому в останній час машини теребильного типу практично не застосовуються.

Гичкозрізувальні апарати, які зрізують зелену масу на коренеплодах поділяють на такі, що виконують зрізування без копіювання та з копіюванням.

Гичковидаляючі механізми, в яких зрізування гички проходить без копіювання головок коренеплодів, прості у конструктивному виконанні, технологічно надійні у роботі і дозволяють збирати чисту гичку, тому що вони встановлюються на певній відстані від поверхні ґрунту.

За принципом дії ріжучих елементів гичкозрізувальні пристрої можна класифікувати на три основних типи (Рис. 1.2) [7]:

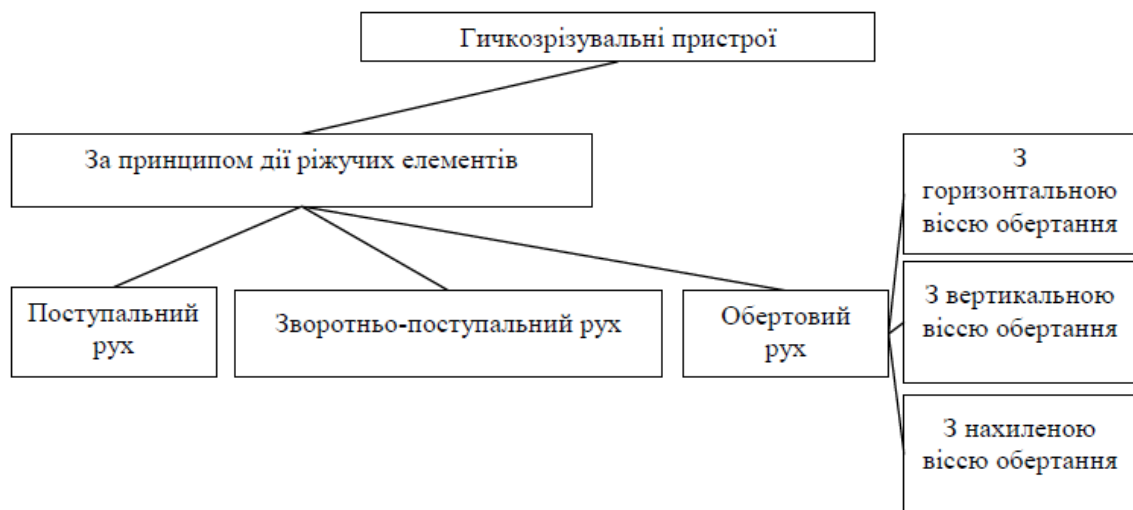


Рисунок 1.2 – Класифікація гичкозрізувальних пристроїв
за принципом дії ріжучих елементів

Гичковидаляючі механізми з поступальним рухом ріжучих елементів (Рис. 1.3) відрізняються простотою конструктивного виконання, проте у вітчизняному виробництві поширення не набули. Основна причина цього – ненадійність технологічного процесу зрізування. При роботі на полях з підвищеною засміченістю відбувається забивання ріжучого апарату, що призводить до неякісного зрізування, вибивання коренеплодів з ґрунту. У закордонному виробництві гичкозрізувальні апарати з пасивним ножом використовують в якості дообрізувачів головок коренів на деяких машинах фірм “Kleine”, “Herriau”, “Stoll”.

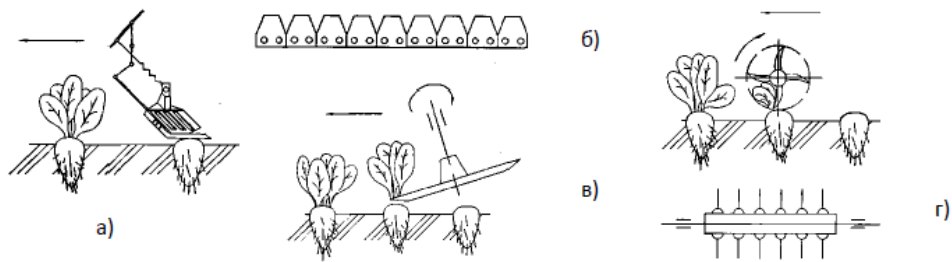


Рисунок 1.3 – Схеми гичкозрізувальних пристроїв:

а) ріжучий елемент виконує поступальний рух; б) ріжучий елемент виконує зворотно-поступальний рух; в) з активним дисковим ножом; г) роторний

У гичкозрізувальному пристрої (Рис. 1.4) ріжучий елемент виконує зворотно-поступальний рух (комбайн К-500 “Volvo”), зрізує гичку на певній висоті відносно поверхні ґрунту за допомогою сегментних ножів. В основній зрізаній масі відсутні головки коренеплодів, через що відбувається розсіпання черешків під час зрізування, що призводить до забруднення гички і підвищення її втрат, іноді до 30%.

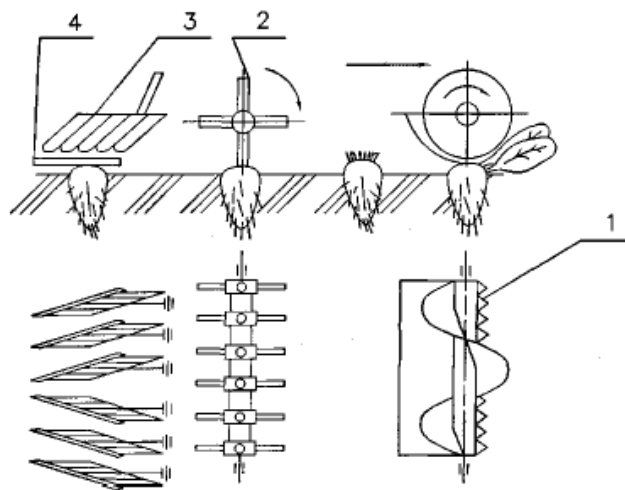


Рисунок 1.4 – Функціональна схема видалення гички комбайна К-500 “Volvo”:

1 – сегментний ніж; 2 – очисник головок коренеплодів;
3 – копір; 4 – пасивний ніж

Активні дискові ріжучі пристрої (див. рис. 1.3 в) у поєднанні з пасивним гребінчастим копіром широкого розповсюдження набули на початку 60-х років, в основному на вітчизняних машинах СКН-2А, БМ-6, БМ-4, БМ-6А, БМ-6Б, БС-6, МБС-6, у комбайнах John Deere 223 (США) та ін. [7]. Ножі цих апаратів, які з’єднуються з копіром через паралелограмну підвіску, приводяться у

обертовий рух за допомогою конічного редуктора. Конструктивно ріжуча поверхня дискового ножа виконується суцільною, сегментною або зубчастою. На засмічених рослинністю полях ефективніше працюють ножі з сегментною і зубчастою ріжучою поверхнею, а на чистих – із суцільною.

Дискові ножі використовуються переважно в основній зоні бурякосіяння. Вони забезпечують задовільну якість обрізування при швидкості машини до 1,9 м/с, врожайністю гички до 30 т/га, рівномірному розміщенні рослин у рядках і відносно рівній поверхні поля [7].

Дискові ріжучі пристрої мають такі недоліки [7]:

- малий діапазон (0...100 мм) переміщення ножа у висоту;
- значна маса рухомих частин;
- складна конструкція механізму привода, підвіски ножа і копіра;
- при розташуванні коренеплодів цукрових буряків високо над рівнем ґрунту спостерігається їх вибивання гребінчастими пасивними копірами;
- при високоврожайній гичці і підвищених швидкостях руху агрегату не забезпечується якісне обрізування гички ножами внаслідок відсутності повного копіювання гребінками копирів поверхні головок.

Для усунення цих недоліків можна застосувати активні і комбіновані (активно-пасивні) копіри у поєднанні із дисковими активними ножами. При їх застосуванні кількість повалених коренеплодів знижується, але якість обрізування високорозвиненої гички істотно не підвищується. Такі апарати складні за конструкцією і менш надійні, тому вони не знайшли широкого використання у бурякозбиральній техніці.

Безкопирний роторний пристрій з жорстко закріпленими на диску лопатевими ножами дозволяє попередньо обрізувати високорозвинену гичку на заданій висоті, а дообрізування головок коренеплодів виконувати дисковим апаратом з пасивним гребінчастим копіром. Принципова відмінність технологічного процесу такої машини в тому, що зрізана роторним апаратом верхня частина гички подається на прийомний шнековий транспортер, подрібнюється за допомогою спеціального пристрою і перевантажується у

транспортні засоби. Зрізані дисковим пристроєм верхівки коренеплодів із залишками зеленої маси викидаються доочисниками на зібране поле і не підбираються.

Така технологія зрізування гички не знайшла застосування у вітчизняних конструкціях механізмів, внаслідок відсутності у господарствах сховищ для її силосування, а також додаткових втрат цінної кормової маси у залишених на полі верхівках коренеплодів із залишками гички і черешків [7, 11].

Роторні гичкозрізувальні пристрої (див. рис.1.3 г), що складаються з вала, на якому шарнірно закріплені S-подібні ножі, отримали широке застосування у країнах Західної Європи. Виробники бурякозбиральної техніки (“Matrot”, “Herriau” (Рис. 1.5), “Stoll”, “Klein”), виготовляють гичковидалючі апарати з роторними гичкозрізувачами.

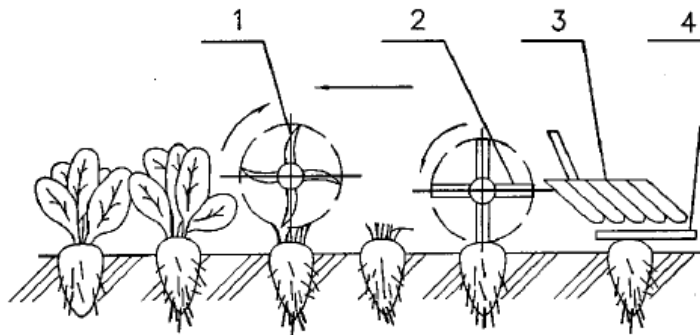


Рисунок 1.5 – Функціональна схема видалення гички комбайном “Herriau”:

- 1 – вал з S - подібними ножами; 2 – очисник головок коренеплодів;
3 – копір; 4 – пасивний ніж

При роботі роторних гичкозрізувальних механізмів, гичка зрізується на одному рівні, тому нерівномірне розміщення головок коренеплодів у рядкові не впливає на якість роботи гичковидалючого апарату в цілому. Залишки зеленої маси з головок буряків видаляються очисниками головок коренеплодів. Різні моделі гичкозрізувальних пристроїв з роторними гичкозрізувачами відрізняються між собою лише конструкцією очисника головок коренеплодів.

Гичкозрізувальний роторний механізм має важливу перевагу – велика продуктивність при високій врожайності гички, а також при значній засміченості плантації. У вітчизняній практиці даний апарат для збирання

гички цукрових буряків широкого використання не отримав через те, що гичка дуже подрібнюється і після цього стає непридатною для згодовування тваринам [7, 13].

У сучасних бурякозбиральних машинах найбільшого розповсюдження отримали гичкозрізувальні пристрої трьох типів, які відрізняються конструкцією і компоновкою основних елементів – копіра і ножа.

Пристрої, в яких пасивний копір поєднується з активним дисковим ножом (Рис. 1.6 а), застосовуються у районах з середньою врожайністю гички, низьким розташуванням і міцним закріпленням коренеплодів у ґрунті. Копір може бути виготовлений у вигляді гребінки, або полозки. Такі апарати працюють задовільно при швидкості машини до 1,5 – 1,7 м/с незалежно від погодних умов і забезпечують достатньо повне збирання гички [7, 13]. При збільшенні робочої швидкості різко погіршується технологічний процес обрізування, що призводить до підвищення втрат цукрової маси, яка попадає в гичку.

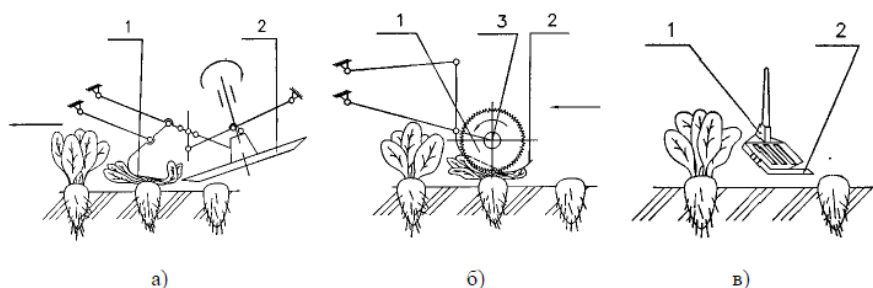


Рисунок 1.6 – Гичкозрізувальні апарати:

- а) пасивний копір поєднується з активним дисковим ножом; б) активний котковий копір поєднується з пасивним ножом;
- в) пасивний копір поєднується з пасивним ножом

Такі апарати застосовувались у бурякозбиральних комбайнах СКД-2, пізніше – на гичкозбиральних машинах БМ-6А, БМ-6Б.

Поєднання активного коткового копіра, який обертається, з пасивним ножом (Рис. 1.6 б) є типовим для гичкозрізувальних апаратів машин типу Е732, Е734 (Німеччина), ЗОСХ (Чехія). Застосовуються у районах з високою врожайністю гички (до 70 т/га), яка збирається і використовується як корми для тварин. У вітчизняному машинобудуванні даний гичковиделяючий механізм розповсюдження не отримав. Це пояснюється відносно нестійкими ґрунтово-

кліматичними умовами, через що більша частина головок коренеплодів знаходиться на рівні, або нижче рівня ґрунту. При цьому ніж швидко затуплюється, в результаті чого відбувається неякісне зрізування.

Пристрої з пасивним копіром і пасивним ножом (див. рис. 1.6 в) застосовуються для зрізування залишків гички при попередньому її видаленні з головок коренеплодів (бурякозбиральні машини фірм “Kleine”, “Herriau”, “Stoll”, “Moreau”).

Можливе поєднання активного копіра та активного ножа. Апарати такої конструкції практичного застосування не отримали, так як рухомі частини мають великі інерційні зусилля.

Очищення коренеплодів за рахунок ударної дії робочих органів досить широко використовують на бурякозбиральних машинах як вітчизняного так і закордонного виробництва. Велику кількість гичкозбиральних машин та модулів обладнують робочими органами ударної дії для доочищення головок коренеплодів від залишків гички. Використовують комбіновані гичкозбиральні пристрої, які мають робочі органи як ріжучої так і ударної дії.

Застосовують також гичкозбиральні машини, в яких видалення гички розділене на декілька операцій. Так, навісна бурякозбиральна машина KR-6 (Рис. 1.7 а) виробництва фірми “Kleine” має гичкоріз роторного типу 1, який зрізує і видаляє на певній встановленій висоті відносно ґрунту на шнек 2 основну масу гички. За роторним гичкорізом розташований очисник головок коренеплодів 3, який видаляє решту черешків зрізаної гички. За очисником головок коренеплодів 3 розташований дообрізувач для точного обрізування головок коренеплодів, який виконаний у вигляді пасивного копіра і пасивного ножа [18].

Завдяки безступінчастому регулюванню робочої висоти роторного гичкорізу 1 (Рис. 1.7 а) досягається оптимальна висота зрізування гички у різних за величиною коренів цукрових буряків. Така гичкозрізувальна система задовільно працює і на засмічених полях, підтримуючи високу робочу швидкість.

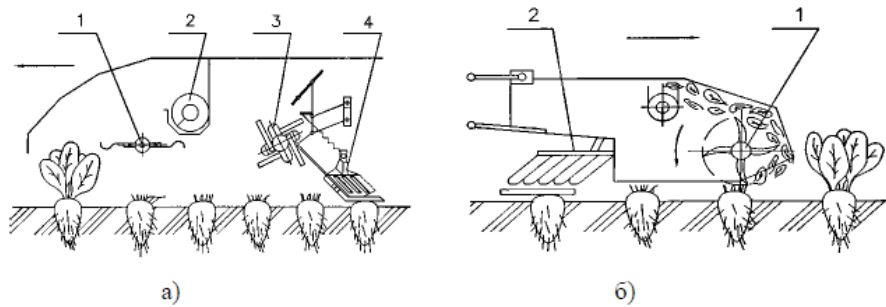


Рисунок 1.7 – Функціональні схеми видалення гички:

- а) бурякозбиральна машина KR-6 фірми “Kleine”:
 1 – гичкоріз роторний; 2 – шнек;
 3 – очисник головок коренеплодів; 4 – дообрізувач;
 б) бурякозбиральні машини фірм “Herriau”, “Moreau”, “Stoll”:
 1 – гичкоріз роторний; 2 – дообрізувач

У більшості французьких бурякозбиральних комплексів (“Herriau”, “Moreau”) та німецькому “Stoll” застосовують гичкозбиральні механізми, в яких перша операція – попереднє обрізування гички, яке здійснюється горизонтальним роторним гичкорізом 1 (Рис. 1.7 б) з шарнірно підвішеними ножами, як і в бурякозбиральній машині KR-6. У таких машинах доочищення головок відбувається тільки дообрізувачем 2, який виконано у вигляді пасивного ножа та пасивного копіра [7].

Широкого використання у машинах італійських фірм (“Barigelli”, “Rimesco”, “Guaresi” та ін.) набув механізм для збирання гички з попереднім зрізанням основної її маси горизонтальним роторним гичкорізом 1 (Рис. 1.8 а) із шарнірно підвішеними ножами, однак у цих бурякозбиральних агрегатах доочищення головок коренеплодів проходить у два етапи.

На першому етапі відбувається точне зрізування залишків черешків завдяки тому, що після роторного гичкорізу 1 встановлений дообрізувач головок, який складається з активного копіра 2 і пасивного ножа 3. На другому етапі проходить остаточне доочищування головок за допомогою ОГК 4 з використанням еластичних бичів 5, які мають горизонтальну вісь обертання, направлену вздовж рядків і встановлених на викопуючому пристрої. Така конструкція гичкозрізувального апарату дозволяє збирати цукрові буряки з мінімальною кількістю гички на головках коренеплодів. Конструктивна схема

даних пристроїв має ряд недоліків, які характеризуються складністю механічного привода та підвищеною металоємкістю.

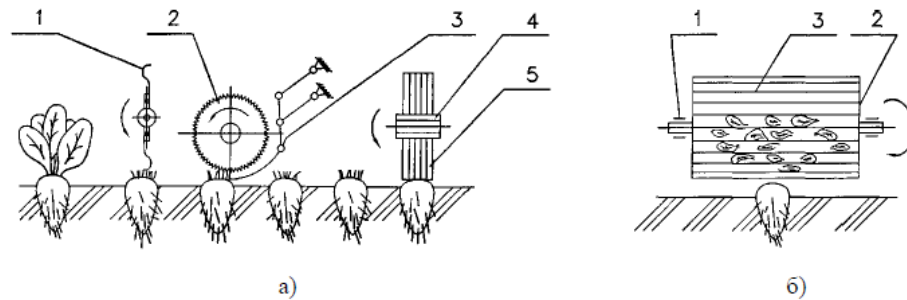


Рисунок 1.8 – Схеми виконання технологічного процесу гичковидалючими механізмами:

- а) функціональна схема видалення гички бурякозбиральних машин фірм “Barigelli”, “Rimeco”, “Guaresi”: 1 – гичкоріз роторний; 2 – активний копір; 3 – пасивний ніж; 4 – очисник головок коренеплодів; 5 – бич;
- б) гичкозрізувальний пристрій, який суміщає процес копіювання і зрізування (патент Швеції): 1 – вал; 2 – диск; 3 – дрiт

Відомий гичкозрізувальний пристрій (патент Швеції № 315766, A01D, 1968) (Рис. 1.8 б) з горизонтальним валом 1 на якому встановлено два диски 2 на певній відстані один від одного. По периметру диски з'єднані між собою сталевими дротами або прутками з високоміцного матеріалу 3. Барабан, утворений з двох дисків і сталевих дротів, має можливість вільно рухатися у вертикальній площині. Під час роботи барабан обертається і перекочується по головках коренеплодів. Листя гички, що попадає в міждротівий простір, порційно зрізується і подрібнена її маса попадає у внутрішню частину барабана. Через отвори, пророблені у дисках, подрібнена гичка видаляється на поверхню поля.

Враховуючи потребу сучасного сільськогосподарського комплексу у нових машинах для збирання коренеплодів цукрових буряків з врахуванням агротехнічних вимог, які до них висуваються та опираючись на аналіз існуючих конструкцій і тенденцій розвитку гичкозбиральних агрегатів у найбільших бурякосіючих країнах світу можна вважати, що перспективним є розвиток машин з робочими органами, які працюють за технологічною схемою, що включає високе зрізування гички роторними пристроями з подальшим

доочищенням головок коренеплодів гичкозрізувальними механізмами з використанням пасивних гребінчастих копирів і пасивних плоских ножів. Особливо це актуально при різкому зменшенні потреби у кормах для тварин, до яких відноситься і гичка цукрових буряків [14].

1.2. Сучасний стан конструкцій механізмів для дообрізування залишків гички цукрових буряків

На початку 60-х років минулого століття були визначені можливі раціональні комбінації конструкцій різних типів ножів і копирів гичковиделяючих апаратів. Основні типи компоновки механізмів для видалення гички того часу – поєднання дискового копіра з плоским ножом (Рис. 1.9 а-г), і дискового ножа з різними типами копирів (Рис. 1.9 д-з) [13].

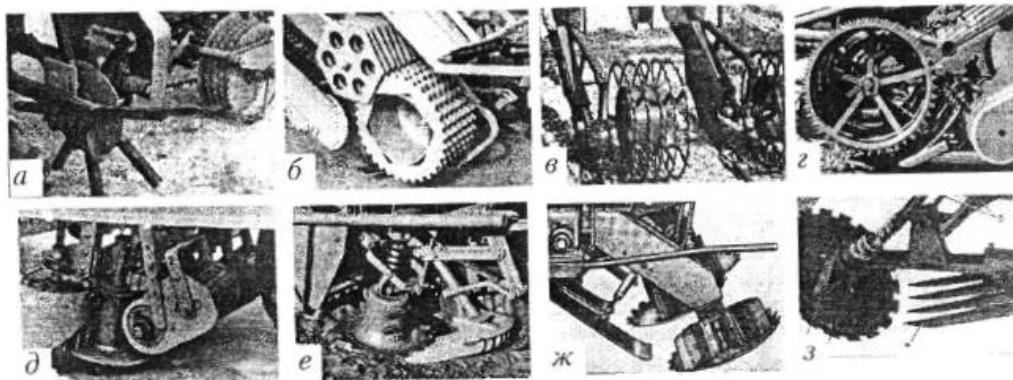


Рисунок 1.9 – Конструкції гичковиделяючих апаратів:

- а) “Кетчнол” (Англія); б) “Салмон” (Голандія); в, д) “Жан-Моро” (Франція);
г) Е-732 (Німеччина); е) СКН-2 (УкрНИИСХОМ); ж) “Джон-Дір” (США);
з) з гідроприводом ножа

Видалення гички може відбуватися в одну або дві фази. Апарати для двофазного видалення включають механізми для основного видалення і дообрізувачі, які здійснюють обрізування залишків гички на головках коренеплодів [13]. Виконується ця операція пасивними плоскими ножами (Рис. 1.10).

Бурякозбиральний комбайн Holmer Terra Dos T3 (якість обрізування головок 77,9%) обладнаний гичкозрізувальним апаратом з мінімальним зрізом. Незалежно від висоти розташування коренеплодів відбувається незначне їх

зрізування, яке точно регулюється. Видалення гички здійснюється за допомогою апарату роторного типу, на якому шарнірно закріплені ножі. Дообрізування головок коренеплодів виконується дообрізувачами з пасивними гребінчастими копірами та пасивними ножами (Рис. 1.10), що встановлені під кутом до рядка [17].

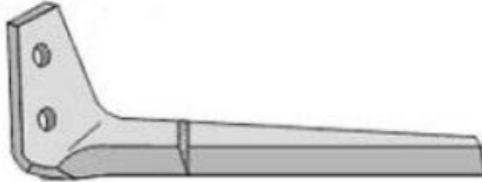


Рисунок 1.10 – Плоский ніж гичкорізального апарату бурякозбирального комбайна Holmer Terra Dos T3

Завдяки наявності твердосплавного напилення ножі гичкорізу автоматично заточуються, що підвищує термін їх експлуатації та якість виконання технологічного процесу.

Конструкції дообрізувачів головок коренеплодів цукрових буряків в конструктивній схемі яких використовують плоскі ножі, зображені на Рис. 1.11.

Компонувальна схема роторних гичкозрізувальних механізмів, які складаються з вала, на якому шарнірно закріплені S-подібні ножі, широко застосовується закордонними виробниками бурякозбиральної техніки (“Franz Kleine” [20] “Matrot”[1] та ін.).

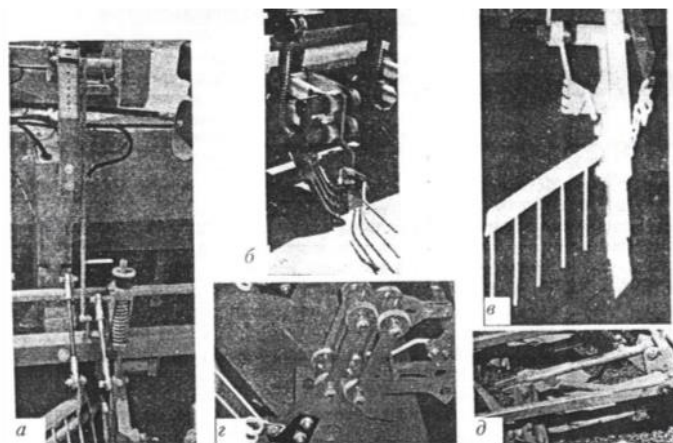


Рисунок 1.11 – Конструкції дообрізувачів головок коренеплодів:

- а) “Ропа” (Німеччина); б) “Штоль” (Німеччина); в) “Мотро” (Франція);
- г) “Холмер” (ФРГ); д) машина МБП - 6 (ТКЗ)

Найбільш типовим представником гичкозбиральних пристроїв закордонних бурякозбиральних машин є гичкозбиральний модуль виробництва фірми “Franz Kleine” (Німеччина) (Рис. 1.12). Гичковидаляюча частина комбайна “Franz Kleine SF 10” складається із роторного гичкоріза 1, на якому закріплені S-подібні ножі, транспортуючого шнека гички 2, очисника головок коренеплодів 3 і дообрізувача 4, що змонтований на лижній рамі [20]. Оператор комбайна має можливість проводити регулювання висоти і частоти зрізування залежно від відстані між буряками, а також враховуючи рівні заглиблення коренеплодів у ґрунті.

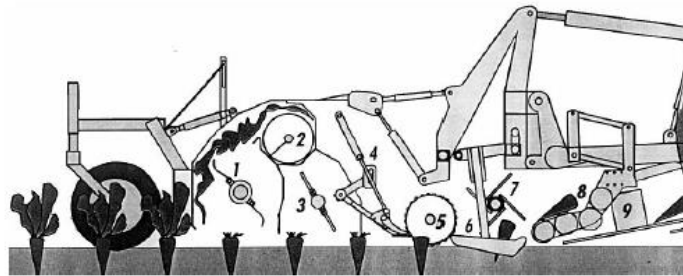


Рисунок 1.12 – Схема гичкозбиральної частини комбайна “Franz Kleine SF 10”:

- 1 – роторний гичкоріз; 2 – шнековий транспортер; 3 – ОГК;
 4 – дообрізувач гички; 5 – копір; 6 – викопуючий робочий орган;
 7 – коренезабірник; 8 – транспортуючий пристрій; 9 – очисний пристрій

S-подібні ножі, які розміщені на роторному гичкорізі 1, видаляють основну масу гички, яка переміщається на край машини за допомогою шнекового транспортера 2. Еластичні била ОГК 3 очищають головки коренеплодів від черешків та залишків гички. Дообрізувач 4 (див. рис. 1.12), що складається із гребінчастого копіра та пасивного ножа, виконує кінцеве дообрізування головок коренеплодів від залишків гички.

Використання дообрізувача гички типу “Opti-cut” (Рис. 1.13) дозволяє підвищити якість обрізування головок коренеплодів. Даний дообрізувач обладнаний функцією автоматичного регулювання висоти зрізу, що дозволяє забезпечувати оптимальну якість видалення гички при різних агрокліматичних умовах [17].

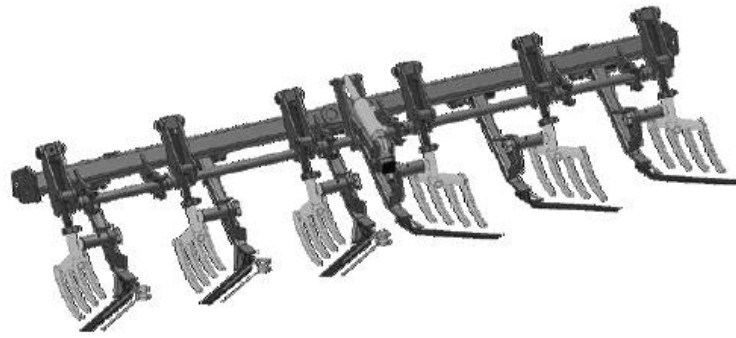


Рисунок 1.13 – Дообрізувач гички типу “Opti-cut”

Причіпна шестирядна коренезбиральна машина “Defoliator WIC” (рис. 1.14) обладнана гичкозрізувальним апаратом, що складається із ротора 1, на якому закріплені еластичні била 2 та дообрізувача 4 [2]. При русі машини коренеплоди очищаються від гички еластичними билами 2, а залишки її обрізуються з головок коренеплодів пасивними ножами 6, які встановлюються на необхідну висоту за допомогою гребінчастого копіра 5.

Самохідна гичкозбиральна машина 6-OCS фірми “Agrozet” (Чехія), обладнана гичкозрізуючим апаратом (Рис. 1.15), що складається із активного дискового копіра і пасивного плоского ножа, який розміщений під кутом до напрямку рядка [3].

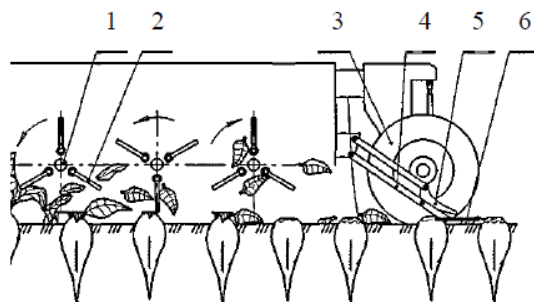


Рисунок 1.14 – Схема бурякозбиральної машини “Defoliator WIC”:

1 – ротор; 2 – еластичні била; 3 – опорне колесо; 4 – дообрізувач;
5 – гребінчастий копір; 6 – ніж

Дисковий копір 7 (Рис. 1.15) при русі машини по рядках під дією власної ваги та довантажуючого пристрою 6 взаємодіє з головками коренеплодів та через регулюючу тягу 5 встановлює плоский ніж 8 на необхідну висоту

зрізування. Обрізана гичка завантажується зубчастими дисками копіра 7 на приймальний транспортер 9.

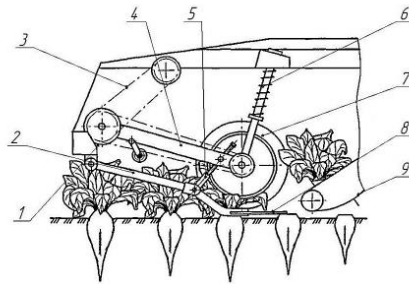


Рисунок 1.15 – Схема гичкозрізуючого апарату машини 6-OCS фірми “Agrozet” (Чехія):

- 1 – рама машини; 2 – підвіска ножа; 3 – привод копіра; 4 – підвіска копіра;
5 – регулююча тяга; 6 – довантажуючий пристрій; 7 – дисковий копір;
8 – плоский ніж; 9 – приймальний транспортер

Проведений огляд дозволив виділити принципово нові схеми гичкоочисних пристроїв, які застосовуються у бурякозбиральних агрегатах вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Пристрій для видалення гички коренеплодів складається з рами (Рис. 1.16), на якій розміщений підпружинений гичковиделяючий апарат, виконаний у вигляді змінного ножа і розміщеного перед ним гребінчастого копіра, що регулюється по висоті. Гребінчастий копір встановлюється підпружиненими упорами в отвори П-подібної рамки з можливістю переміщення в поперечному напрямку, при тому крайні пластини копіра мають довжину на величину, яка дорівнює діаметру коренеплоду, а задні кінці пластин і ріжуча кромка ножа розміщені по лінії, що знаходиться під кутом 45-65° до осі рядка.

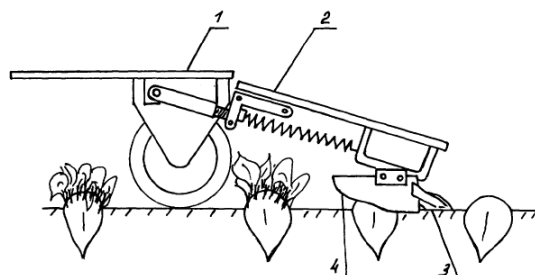


Рисунок 1.16 – Пристрій для видалення гички коренеплодів на корені:

- 1 – рама; 2 – підпружинений гичковиделяючий апарат;
3 – ніж; 4 – гребінчастий копір

Продуктивність машини та якість зрізування головок коренеплодів від залишків гички безпосередньо залежить від конструкції ножів та принципу їхньої роботи. Плоскі ножі працюють за допомогою однієї із схем зрізування гички: рублення, ковзання, рублення з ковзанням [9].

1.3. Мета та завдання досліджень

Метою дослідження є підвищення якості обрізування головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички шляхом удосконалення процесу різання за рахунок компонування дообрізувача гички активним плоским ножом та гребінчастим копіром.

Відповідно до поставленої мети в дипломній роботі необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій дообрізувачів гички цукрових буряків.
2. Обґрунтувати процес дообрізування головок коренеплодів активним плоским ножом та основні технологічні параметри ножа.
3. Розробити математичну модель взаємодії плоского активного ножа з коренеплодом при режимі різання з ковзанням.
4. Розробити 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 розрахунки техніко-економічної ефективності використання дообрізувача гички.

Висновки по розділу

На основі аналізу стану питання видалення гички з головок коренеплодів цукрових буряків з можна зробити наступні висновки:

Двофазне видалення гички з головок цукрових буряків забезпечує підвищення якісних показників, які ставляться до коренеплодів при їх подальшій переробці та зберіганні.

Основними недоліками сучасних гичковидалаючих механізмів 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.

Згідно із даними С.В. Іллевича [5], зрілі коренеплоди мають різні розмірно-масові показники, тому загальна довжина кореня варіюється від 20 до 53см, а максимальний діаметр може сягати 15см, при тому, що його маса зазвичай не перевищує 2кг.

Нижня частина коренеплоду (хвостова) знаходиться в ґрунті більше як на 1м і при збиранні обривається (на діаметрі 8-10мм), тому його довжина визначається лише параметром. Гичка має форму перевернутого конуса і складається в середньому з 10-30 листків утворюючи пучок. Маса буряків залежить від лінійних характеристик і змінюється від 0,3 до 2кг [18].

Верхня частина тіла коренеплоду розташована над поверхнею ґрунту. Основна маса цукру (більше 90%) зосереджена в тілі коренеплоду. Розподіл маси цукрових буряків між його частинами та вміст цукру в них зображено на Рис. 2.2. [4].

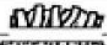
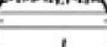
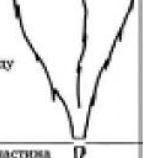
Назва		Відносний вміст, %	Вміст цукру (чистий), %
Головка	Коронка 	5...7	
	Зона світло-чорних вічок 	6...18	9,7
Тіло коренеплоду 		76...88	90,3
Хвостова частина коренеплоду 		1	

Рисунок 2.2 – Відносний вміст маси та розподіл цукру в тілі коренеплоду

Оптимальною густотою розташування коренеплодів цукрових буряків на плантації є 80-150 тис. шт./га.

В роботах В.В. Брея, В.М. Булгакова, Г.А. Хайліса відзначено важливість таких механічних характеристик коренеплодів при їх збиранні як: пошкоджуваність, власні частоти коливань при заземленості, координата центра ваги, пружність і міцність при динамічному та статичному навантаженні [3, 19].

Матеріал коренеплодів цукрових буряків є анізотропним, крихким та неоднорідним в поперечному перетині та по довжині [12].

В поперечному перетині буряків спостерігається центральний судинно-волокнистий пучок і шари, які концентрично чергуються [12].

2.2. Схеми зрізування гички з головок коренеплодів плоским ножем

Процес різання с/г матеріалів – механічний процес, при якому вплив кромки і фаски леза на матеріал супроводжується переходом його за межу пружних деформацій. Технологічні процеси різання поділяють за типом робочого органу на: різання пуансоном, різання різцем і різання лезом. Особливість процесу різання лезом (Рис. 2.3) полягає в тому, що при заглибленні в матеріал під дією зусилля лезо здійснює руйнування матеріалу головним чином різальною кромкою, що є вершиною двогранного кута утвореного гранями леза [18].

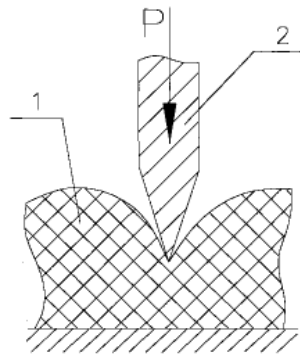


Рисунок 2.3 – Процес різання лезом:

1 – матеріал; 2 – лезо

Лезом вважається частина ножа, яка руйнує матеріал, а фасками – ті частини, які розсовують його і по яких він ковзається. В загальному випадку розрізняють три режими різання лезом, які задаються початковими умовами [3]:

- рубаюче різання (рублення);
- різання з поздовжнім переміщенням (без ковзання);
- різання з ковзанням.

При рубаючому різанні (Рис. 2.4) плоский ніж 2 діє на коренеплід 1 із силою N , яка напрямлена перпендикулярно до нього, створюючи тим самим

напруження зминання, які дорівнюють його границі міцності до тих пір, поки буряк не зруйнується.

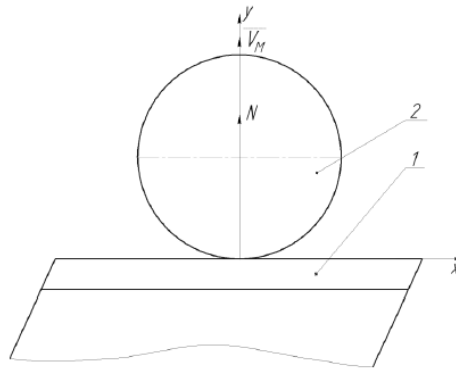


Рисунок 2.4 – Схема рублення

Недоліком даного режиму різання головок коренеплодів цукрових буряків є невідповідність якості обрізування агротехнічним вимогам до процесу збирання (утворення сколів, непрямолінійна площина зрізу) та швидке затуплення леза ножів.

В процесі очищення головок коренеплодів від залишків гички при режимі різання з поздовжнім переміщенням (без ковзання) (Рис. 2.5) лезо чинить тиск на перерізуючий матеріал (головку коренеплоду) нормальною силою N . Дію даної сили розглянемо, розклавши її за напрямом швидкості бурякозбирального агрегату V_M та вздовж кромки леза F_t .

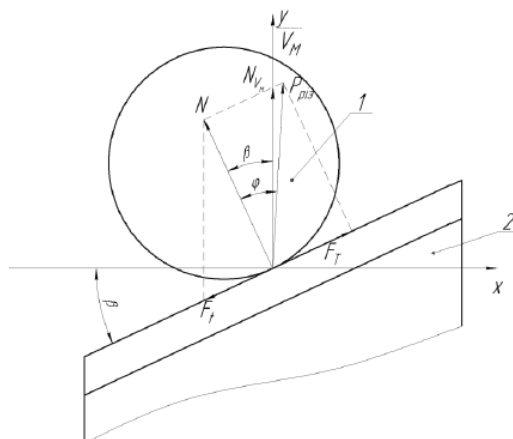


Рисунок 2.5 – Схема різання з поздовжнім переміщенням (без ковзання)

Значення сили тертя F_T визначають за формулою:

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

де φ – кут тертя плоского ножа з коренеплодом.

Вздовж кромки леза діє дотична сила F_τ , яку визначають за залежністю:

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

де β – кут встановлення плоского ножа.

Оскільки сила тертя F_T є більшою від сили F_τ за умови що $\varphi > \beta$, тому відбувається зрівноваження дотичної сили, внаслідок чого матеріал переміщується по лезу (не ковзаючи) під дією сили Nv_m доти, поки не буде зруйнований.

Низькі показники якості та надійності виконання технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків, які досягаються з використанням даної схеми унеможлиблюють її застосування при проектуванні та розробці сучасних гичковидаляючих механізмів.

Різання з ковзанням, відбувається при виконанні умови, за якою $\varphi < \beta$. Цей випадок візьмемо за основу при дослідженні взаємодії плоского ножа дообрізувача гички з головкою коренеплоду цукрового буряку.

2.3. Обґрунтування коефіцієнта ковзання плоского ножа дообрізувача гички під час виконання технологічного процесу

Для визначення ковзання леза в процесі різання (при умові $\varphi < \beta$) використовуємо поняття коефіцієнта ковзання ε , який визначається за формулою [8]:

$$\varepsilon = \frac{V_n}{V_m} = \operatorname{tg} \tau. \quad (2.3)$$

Відповідно до схеми взаємодії плоского активного ножа з головкою коренеплоду (Рис. 2.6) тангенціальну складову швидкості V_τ визначають за формулою:

$$V_\tau = V_m \sin \beta. \quad (2.4)$$

Нормальну складову швидкості визначаємо як:

$$V_n = V_m \cos \beta. \quad (2.5)$$

Підставивши залежності (2.5) та (2.4) в (2.3) отримаємо:

Після підстановки аналітичних залежностей (2.8) та (2.9) у формулу (2.7) отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{d_{\kappa}(\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi)}{d_{\kappa} / \cos \varphi} = (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi) \cos \varphi. \quad (2.10)$$

Графічна залежність коефіцієнта ε ковзання від кута встановлення ножа β (при $\varphi = 22^\circ$) зображена на рис. 2.9.

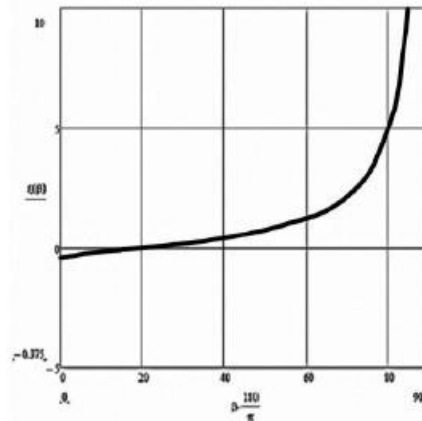


Рисунок 2.9 – Відповідність коефіцієнта ковзання ε кута встановлення плоского ножа β

Графічне порівняння значення коефіцієнта ковзання ε активного плоского ножа отриманого через одиницю деформації матеріалу та через відношення тригонометричних функцій кута його встановлення зображено на рис. 2.10.

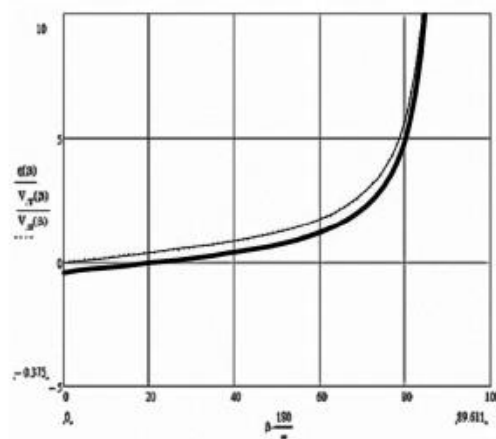


Рисунок 2.10 – Порівняння результатів визначення коефіцієнта ковзання активного плоского ножа дообрізувача гички:

- — залежність ε від кута β (відношення тригонометричних функцій кута β);
- — залежність ε від кута β (через одиницю деформації матеріалу)

Визначення коефіцієнта ковзання ε за залежністю (2.6) не точно встановлює його значення, оскільки не враховується кут тертя матеріалу по лезу ножа φ . Для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів механізму дообрізувача залишків гички доцільним є використання залежності (2.10), яка реально описує процес ковзання леза по матеріалу, який відбувається при взаємодії активного плоского ножа з головкою коренеплоду.

2.4. Модель руху активного плоского ножа дообрізувача гички по рядках коренеплодів цукрових буряків

Для розгляду та аналізу руху активного плоского ножа дообрізувача гички по рядках коренеплодів цукрових буряків представимо довільну складову функції руху сумою простіших за допомогою ряду Фур'є. В загальному випадку кількість даних функцій може бути нескінченною, при цьому чим більше таких функцій враховується при розрахунку, тим вищою стає кінцева точність представлення даної функції [14]. Для моделі руху ножа дообрізувача гички використаємо тригонометричні функції синуса і косинуса.

Функцію тригонометричного ряду Фур'є для руху активного плоского ножа по рядках коренеплодів цукрових буряків під час виконання ним технологічного процесу дообрізування залишків гички з головок коренеплодів запишемо у вигляді:

$$S(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l}, \quad (2.11)$$

де a_0 , c_n , b_n – коефіцієнти тригонометричного ряду;

l – відстань між коренеплодами цукрових буряків у рядку.

Коефіцієнти ряду Фур'є в загальному вигляді обчислюють за формулами [15]:

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) dx; \quad (2.12)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx; \quad (2.13)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \cos \frac{\pi n x}{l} dx. \quad (2.14)$$

Розрахункова схема руху активного плоского ножа по рядках коренеплодів цукрових буряків зображена на рис. 2.11.

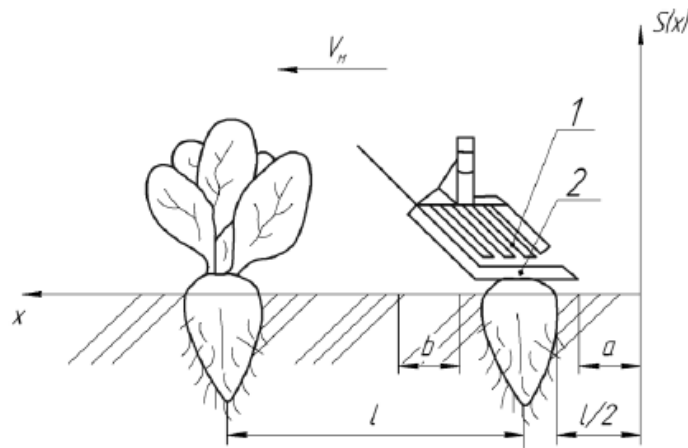


Рисунок 2.11 – Розрахункова схема руху активного плоского ножа

При виконанні технологічного процесу видалення гички бурякозбиральним комбайном (рис. 2.11), що обладнаний гребінчастим копіром 1 та активним плоским ножом 2 по рядках цукрових буряків відстань між якими l , копір 1 копіює головки коренеплодів одночасно приводячи в рух плоский ніж 2 (відстань a). Після проходження копіром головки коренеплоду плоский ніж здійснює зворотній рух у вихідне положення (відстань b) [7]. Після проходження копіром головки коренеплоду плоский ніж здійснює зворотній рух у вихідне положення (відстань b) (рис. 2.11).

Для узгодження відстаней a і b необхідно накласти умови на рух активного плоского ножа під час виконання ним технологічного процесу дообрізування залишків гички (рис. 2.12).

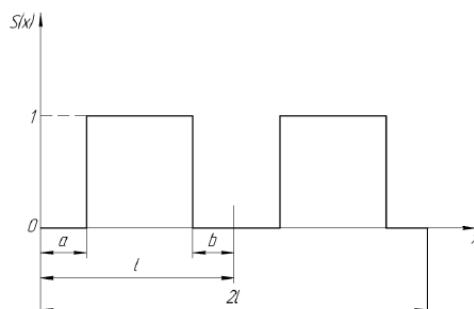


Рисунок 2.12 – Схема до визначення умов руху активного ножа

Відповідно до рис. 2.12 умови руху плоского активного ножа запишуться:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq x \leq a; \\ 1, & \text{якщо } a \leq x \leq l-b; \\ 0, & \text{якщо } l-b \leq x \leq l+a; \\ 1, & \text{якщо } l+a \leq x \leq 2l-b; \\ 0, & \text{якщо } 2l-b \leq x \leq 2l. \end{cases} \quad (2.15)$$

З врахуванням умови (2.15) залежності для визначення коефіцієнтів ряду Фур'є (2.12-2.14) запишемо у вигляді:

$$a_0 = \frac{1}{l} \left(\int_a^{l-b} dx + \int_{l+a}^{2l-b} dx \right); \quad (2.16)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \left(\int_a^{l-b} \cos \frac{\pi n x}{l} dx + \int_{l+a}^{2l-b} \cos \frac{\pi n x}{l} dx \right); \quad (2.17)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \left(\int_a^{l-b} \sin \frac{\pi n x}{l} dx + \int_{l+a}^{2l-b} \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right). \quad (2.18)$$

Використовуючи залежності інтегрального числення запишемо коефіцієнти функції тригонометричного ряду Фур'є для руху активного плоского ножа по рядках коренеплодів цукрових буряків під час виконання технологічного процесу дообрізування гички:

$$a_0 = \frac{1}{l} \cdot (2l - 2b - 2a); \quad (2.19)$$

$$c_n = \frac{1}{l} \left(\begin{aligned} & -l \frac{-\sin \pi n \cdot \cos \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) + \cos \pi n \cdot \sin \left(\frac{1}{l} \pi n b \right)}{\pi n} - \frac{\sin \left(a \pi \frac{n}{l} \right)}{\pi n} l - \\ & -l \frac{-2 \cos \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) \sin \pi n \cdot \cos \pi n + 2 \sin \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) \cos (\pi n)^2 - \sin \left(\frac{1}{l} \pi n b \right)}{\pi n} - \\ & -l \frac{\sin \pi n \cdot \cos \left(a \pi \frac{n}{l} \right) + \cos \pi n \cdot \sin \left(a \pi \frac{n}{l} \right)}{\pi n} \end{aligned} \right); \quad (2.20)$$

$$b_n = \frac{1}{l} \left(\begin{aligned} & -l \frac{\cos \pi n \cdot \cos \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) + \sin \pi n \cdot \sin \left(\frac{1}{l} \pi n b \right)}{\pi n} + \frac{\cos \left(a \pi \frac{n}{l} \right)}{\pi n} l - \\ & -l \frac{2 \cos \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) \cos (\pi n)^2 - \cos \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) + 2 \sin \left(\frac{1}{l} \pi n b \right) \sin \pi n \cdot \cos \pi n}{\pi n} + \\ & +l \frac{\cos \pi n \cdot \cos \left(a \pi \frac{n}{l} \right) + \sin \pi n \cdot \sin \left(a \pi \frac{n}{l} \right)}{\pi n} \end{aligned} \right). \quad (2.21)$$

Підставивши (2.19–2.21) у залежність (2.11) отримаємо значення, відповідно до яких будемо графік залежності переміщення активного плоского ножа від відносного переміщення бурякозбирального агрегату (рис. 2.13).

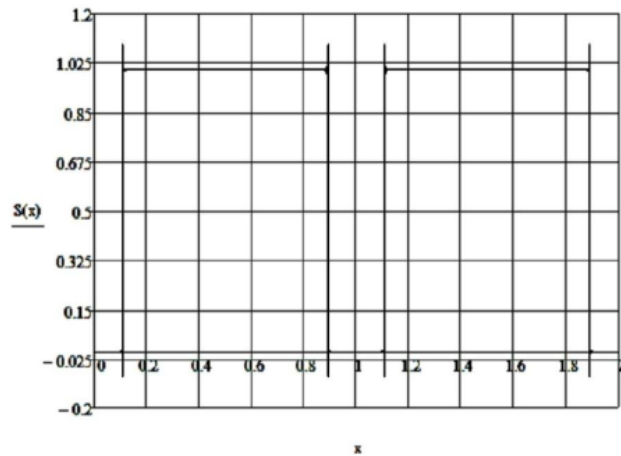


Рисунок 2.13 – Графічна залежність переміщення активного плоского ножа від відносного переміщення бурякозбирального агрегату

З використанням графічної залежності 2.13 можливо проводити узгодження зворотно-поступального руху ножа з відносним переміщенням бурякозбирального агрегату.

Висновки по розділу

На основі проведеного теоретичного дослідження процесу дообрізування залишків гички цукрових буряків активним плоским ножом, можна зробити наступні висновки:

На підставі аналізу можливих режимів різання лезом головок цукрових буряків встановлено, що підвищення якості та надійності виконання технологічного процесу доочищення коренеплодів можливо забезпечити, використовуючи активний плоский ніж, який працює за схемою різання з ковзанням.

Розроблена модель руху дообрізувача гички активного типу по рядках коренеплодів цукрових буряків при виконанні ним технологічного процесу дообрізування головок у вигляді функції тригонометричного ряду Фур'є. Побудована графічна залежність, яка дозволяє узгоджувати переміщення активного ножа дообрізувача гички від відносного переміщення бурякозбирального агрегату.

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДООБРІЗУВАЧЕМ ГИЧКИ АКТИВНОГО ТИПУ

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є забезпечення мінімального значення сили зрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом, оптимального кута його встановлення відносно рядка, узгодження зворотно-поступальної швидкості ножа з поступальною швидкістю бурякозбирального агрегату [12].

Функцією відгуку (параметром який необхідно оптимізувати) є величина, що виражається одним числом, має фізичний зміст та існує для будь-яких умов роботи. У нашому випадку – це сила, яка необхідна для зрізання залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом дообрізувача гички.

Фактором є вимірювана змінна величина, що приймає в деякий момент часу визначене значення. Проведений аналіз технологічного процесу дообрізування гички, дозволив виділити фактори, які чинять суттєвий вплив на якість процесу обрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків та результуючу величину сили різання, основними з яких є:

- 1) довжина ходу активного плоского ножа;
- 2) кут заточування ножа;
- 3) діаметр коренеплоду;
- 4) робоча швидкість бурякозбирального агрегату.

Використовуючи такі фактори як довжина ходу активного плоского ножа, кут його заточування, діаметр коренеплоду та робоча швидкість машини виконуємо побудову моделі та проводимо дослідження процесу зрізування з головок коренеплодів залишків гички дообрізувачем активного типу.

Планування експерименту починаємо в умовах, коли об'єкт вже піддається деяким аналітичним дослідженням. Результати попередніх досліджень використовуємо при виборі експериментальної області факторного простору. У даній області виділяємо локальну підобласть для планування експерименту. Вибір її включає два етапи: вибір основного рівня і вибір інтервалів варіювання [11, 18].

Для кожного з чотирьох факторів вибираємо три рівні варіювання: верхньому рівню відповідає +1; нижньому рівню відповідає -1; основному, навколо якого симетрично розміщуються експериментальні точки, відповідає 0 [18].

Інтервали варіювання вхідними факторами визначаємо за формулою: [2, 6]

$$I_i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}, \quad (3.1)$$

де I_i – числове значення інтервалу варіювання i -го фактора.

Вибір факторів, їх рівні варіювання та результати кодування представлені в таблиці 3.1 [13].

Для план-матриці чотирьохфакторного експерименту загальну кількість дослідів N визначаємо за залежністю [10]:

$$N = P^k, \quad (3.2)$$

де P – кількість рівнів варіювання;

k – кількість діючих вхідних факторів в експерименті.

Таблиця 3.7 – Рівні варіювання та результати кодування факторів

Фактор	Позначення		Рівні реального позначення факторів			Рівні кодованого значення факторів		
	Натуральне	Кодове	Нижній	Основний	Верхній	Нижній	Основний	Верхній
Довжина ходу ножа, мм	L	x ₁	20	40	60	-1	0	+1

Продовження таблиці 3.1

Кут заточування, град.	α	x_2	8	10	12	-1	0	+1
Діаметр коренеплоду, мм	d_k	x_3	60	80	100	-1	0	+1
Робоча швидкість машини, м/с	V_m	x_4	1	2	3	-1	0	+1

Оскільки для чотирьох факторного експерименту кількість дослідів є значно великою $N = 81$, тому ми використали розроблену Боксом– Бенкіном методику, яка значно скорочує кількість дослідів практично без втрати інформації [10]. Використовуємо трьохрівневий план другого порядку у якому для чотирьох вхідних факторів з трьома рівнями варіювання, загальна кількість експериментів $N = 27$. План-матриця багатофакторного експерименту для наших умов дослідження представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – План – матриця багатофакторного експерименту

№ досліду	Вхідні фактори			
	Довжина ходу ножа	Кут заточування	Діаметр коренеплоду	Робоча швидкість машини
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	+1	+1	0	0
2	-1	-1	0	0
3	+1	-1	0	0
4	-1	+1	0	0
5	0	0	+1	+1
6	0	0	-1	-1
7	0	0	+1	-1
8	0	0	-1	+1
9	0	0	0	0
10	+1	0	+1	0
11	-1	0	-1	0
12	+1	0	-1	0
13	-1	0	+1	0
14	0	+1	0	+1
15	0	-1	0	-1
16	0	+1	0	-1

Продовження таблиці 3.2

17	0	-1	0	+1
18	0	0	0	0
19	+1	0	0	+1
20	-1	0	0	-1
21	+1	0	0	-1
22	-1	0	0	+1
23	0	+1	+1	0
24	0	-1	-1	0
25	0	+1	-1	0
26	0	-1	+1	0
27	0	0	0	0

Провівши багатофакторний експеримент, отримаємо можливість побудови зображення поверхні відгуку впливу вхідних факторів на критерій оптимізації, функцію якого можна записати у вигляді:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad (3.3)$$

де Y – критерій оптимізації;

x_1, x_2, x_3, x_4 – кодовані значення факторів.

Результати багатофакторного експерименту виразимо математичною моделлю у вигляді полінома. У нашому випадку рівняння регресії для чотирьох факторного експерименту має вигляд [10]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4, \quad (3.4)$$

де y – експериментальне значення кількості взаємодії робочих елементів;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{44}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}$ – коефіцієнти регресії відповідних вхідних факторів x_j .

Статистичну значимість коефіцієнтів рівняння регресії апроксимуючої математичної моделі визначаємо за t-критерієм Ст'юдента [18].

Визначаємо виконання умови про значимість коефіцієнтів b_j рівняння регресії за формулою [18]:

$$b_{j(im)} > \frac{t_T S_y}{\sqrt{Nn}}, \quad (3.5)$$

де t_T – табличне значення коефіцієнта Ст'юдента [18].

У випадку, коли умова (3.5) не виконується, то відповідний коефіцієнт b_j рівняння регресії приймаємо таким, що дорівнює нулю, а член рівняння регресії x_j , що йому відповідає, виключаємо.

Адекватність вибраної математичної моделі експериментальним даним проводимо за F-критерієм Фішера [10]. Умова адекватності вибраної математичної моделі експериментальним даним має вигляд [10]:

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} < F_T(0,05; f_{ag}; f_y), \quad (3.6)$$

де $F_T(0,05; f_{ag}; f_y)$ – критерій Фішера при 5% рівні значущості;

f_{ag} – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності.

3.2. Результати багатofакторного експерименту

При проведенні експериментальних досліджень активних плоских ножів дообрізувачів гички були отримані значення функції відгуку при варіюванні незалежних факторів, величини яких представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення функції відгуку та незалежних факторів

№ досліджу	Вхідні фактори				Значення критерію оптимізації
	Довжина ходу ножа, мм	Кут заточування, град.	Діаметр коренеплоду, мм	Робоча швидкість машини, м/с	Середнє значення сили різання, Н
	L	α	d	V_m	$P_{різ}$
1	60	12	80	2	113,58
2	20	8	80	2	76,88
3	60	8	80	2	78,53
4	20	12	80	2	114,22
5	40	10	100	3	148,58
6	40	10	60	1	91,81
7	40	10	100	1	99,23
8	40	10	60	3	115,91
9	40	10	80	2	97,38
10	60	10	100	2	116,24

Продовження таблиці 3.3

11	20	10	60	2	93,52
12	60	10	60	2	95,18
13	20	10	100	2	117,11
14	40	12	80	3	151,92
15	40	8	80	1	77,54
16	40	12	80	1	82,45
17	40	8	80	3	101,18
18	40	10	80	2	95,64
19	60	10	80	3	125,87
20	20	10	80	1	71,54
21	60	10	80	1	72,58
22	20	10	80	3	125,04
23	40	12	100	2	116,34
24	40	8	60	2	56,23
25	40	12	60	2	81,03
26	40	8	100	2	92,47
27	40	10	80	2	95,64

Обробка експериментальних даних проводилась з використанням регресійного аналізу та стандартного програмного забезпечення для ПК.

Рівняння регресії, що визначає залежність сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів активним плоским ножом, має вигляд:

$$y = 63,23 - 0,1x_1 + 23,62x_2 - 1,79x_3 - 98,94x_4 - 0,01x_1x_2 - 0,002x_1x_3 - 0,003x_1x_4 - 0,01x_2x_3 + 5,73x_2x_4 + 0,32x_3x_4 + 0,01x_1^2 - 1,33x_2^2 + 0,21x_3^2 + 9,82x_4^2, \quad (3.7)$$

Статистичну значимість коефіцієнтів рівняння регресії математичної моделі проводили за допомогою критерію Ст'юдента та визначали згідно з методикою, що подана вище.

Згідно проведених розрахунків коефіцієнти b_{12} , b_{13} , b_{14} , b_{23} , b_{11} є не значимі, тому їх приймали такими, що дорівнюють нулю, а відповідні їм члени рівняння виключали.

Таким чином, рівняння регресії, що визначає значення сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів плоским активним ножом має вигляд:

$$y = 63,23 - 0,1x_1 + 23,62x_2 - 1,79x_3 - 98,94x_4 + 5,73x_2x_4 + 0,32x_3x_4 - 1,33x_2^2 + 0,21x_3^2 + 9,82x_4^2. \quad (3.8)$$

Перевірку адекватності вибраної математичної моделі експериментально отриманим даним виконували за критерієм Фішера.

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} = 1,5.$$

Згідно з розрахунками програмного забезпечення для ПК критерій Фішера для даних умов дослідження дорівнює $F = 1,576$.

Для знаходження табличного значення критерію Фішера необхідно було визначити число ступенів вільності дисперсії адекватності f_{ag} та число ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y за формулами [10].

Отримано, що $f_{ag}=12$, $f_y=108$. Використовуючи табличні дані, знаходимо значення критерію Фішера при рівні значимості 0,05 [10] та порівнюємо його:

$$F_T(0,05; f_{ag}; f_y) = 1,85 > F = 1,576.$$

Враховуючи те, що умова виконується, отримане рівняння регресійної залежності сили різання головок коренеплодів від чотирьох вхідних факторів (3.8) адекватно відтворює експериментально отримані дані.

Після проведених підстановок регресійна залежність сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів цукрових буряків активним плоским ножом від дійсних значень факторів запишеться:

$$P_{різ} = 219,62 - 0,5L + 12,73a - 0,206d_{\kappa} - 168,15V_m + 2,865aV_m + \\ + 0,016d_{\kappa}V_m - 0,332a^2 + 0,001d_{\kappa}^2 + 9,82V_m^2. \quad (3.9)$$

Провівши аналіз регресійної залежності (3.9) встановлено, що найбільше впливає на результуючу величину сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів активним плоским ножом кут його заточування α , робоча швидкість машини V_m та діаметр коренеплоду d_{κ} . Довжина ходу ножа L чинить менший вплив.

Графічний аналіз експериментально отриманої регресійної залежності (3.9) виконувався за допомогою поверхонь відгуку та їх двомірних перетинів, які характеризують зміну величини сили різання $P_{різ}$ від впливу та ефекту взаємовпливу факторів на критерій оптимізації.

В результаті проведення експериментальних досліджень (загальна кількість дослідів становила $N=135$) активного плоского ножа дообрізувача

залишків гички цукрових буряків встановлено, що за характером поверхні зрізу коренеплоди з гладкою, прямою поверхнею зрізу, а також зі сколами, впадинами, ступенями до 1 см складають 97% від загальної кількості обрізаних головок. Пошкоджені коренеплоди (ступінчаста та непрямолінійна поверхня зрізу) становлять 3%.

Аналіз стану головок коренеплодів цукрових буряків після дообрізування залишків гички дозволив зробити висновок про те, що розроблений механізм дообрізувача з активним плоским ножом виконує технологічний процес очищення головок коренеплодів в межах встановлених агротехнічних вимог до процесу збирання буряків.

3.3. Вплив сукупності незалежних факторів на результуючу величину сили різання

Вплив довжини ходу ножа та його кута заточування на величину сили різання. За результатами проведених експериментальних досліджень активних плоских ножів побудовано поверхні відгуків та їх двомірні перетини залежності сили різання $P_{риз}$ від сукупності факторів, які чинять вплив на виконання технологічного процесу дообрізування головок коренеплодів цукрових буряків (рис. 3.1 – 3.6).

Регресійна залежність довжини ходу ножа та його кута заточування на величину сили різання запишеться :

$$P_{риз} = -215,49 + 0,57L + 54,43\alpha - 0,005L^2 - 0,01L\alpha - 2,32\alpha^2, \quad (3.10)$$

де L – довжина ходу ножа, мм;

α – кут заточування, град.

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин зображені на рис. 3.1.

Рівняння (3.10) вказує на значний вплив кута заточування плоского ножа α і відносно меншу ступінь впливу довжини ходу ножа L на критерій оптимізації. Ефект взаємовпливу від вказаних входних факторів на результуючу величину сили різання є незначним.

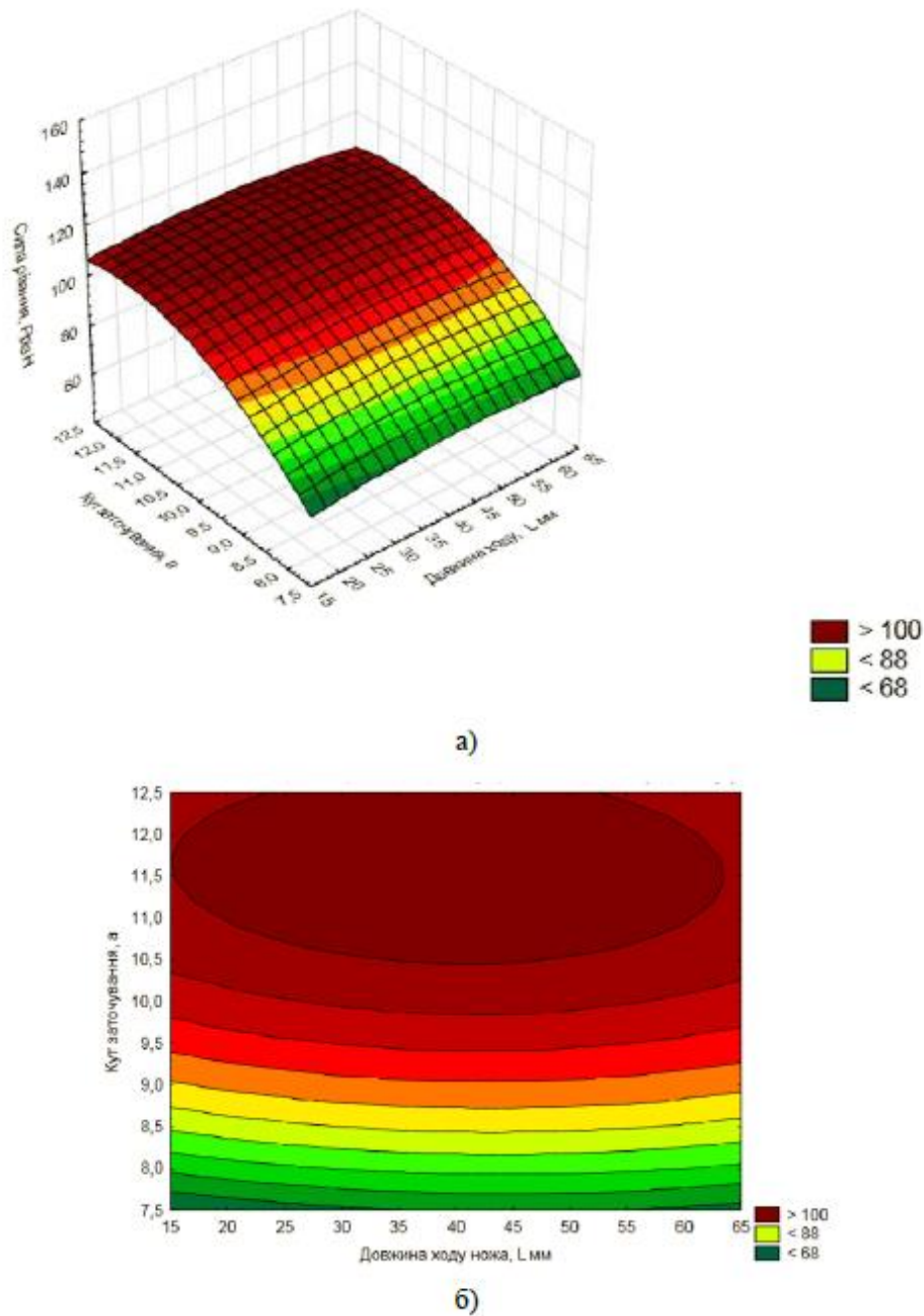


Рисунок 3.1 – Поверхня відгуку (а) та її двовірний перетин (б) залежності сили різання P_{riz} головок коренеплодів від довжини ходу ножа L та його кута заточування α

Аналіз поверхні відгуку та її двовірного перетину (рис. 3.1) вказує на те, що довжина ходу активного ножа впливає в незначній мірі на значення результуючої сили різання P_{riz} . Для діапазону величини ходу ножа від 15 мм до 65 мм при $L=35-55$ мм спостерігається незначне зменшення сили різання.

При збільшенні кута заточування α , який впливає на товщину леза ($t_l(\alpha)$ – функція залежності товщини леза від його кута заточування) спостерігається

збільшення результуючої сили різання. Мінімальне значення $P_{різ}$ набуває при найменшій величині кута заточування. З конструктивної точки зору, мінімальне значення кута заточування α , яке можливо забезпечити становить 8° .

Найменше значення сили різання $P_{різ}$ в залежності від взаємовпливу кута заточування та довжини ходу активного ножа спостерігається при $\alpha=8^\circ$ і $L=48\text{мм}$.

Вплив довжини ходу ножа та діаметрів коренеплодів на значення результуючої сили різання. Після проведення лабораторних досліджень активних плоских ножів та статистичної обробки отриманих результатів, рівняння впливу довжини ходу ножа та діаметра коренеплодів на величину сили різання запишеться:

$$P_{різ} = 96,98 + 0,05L - 0,64d_k + 0,01L^2 - 0,001Ld_k + 0,01d_k^2, \quad (3.11)$$

де d_k – діаметр коренеплоду, мм.

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин зображені на рис 3.2. Залежність (3.11) вказує на те, що ступінь впливу діаметра коренеплоду d_k у порівнянні з довжиною ходу активного ножа L на результуючу силу різання $P_{різ}$ є дещо вищою. Ефект взаємовпливу даних факторів на критерій оптимізації незначний.

Проведений аналіз поверхні відгуку та її двомірного перетину залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від довжини ходу ножа L та діаметра коренеплодів d_k (рис. 3.2) вказує на те, що при збільшенні діаметра коренеплоду d_k збільшується результуюча сила різання $P_{різ}$, що підтверджується залежністю (3.11), оскільки збільшується довжина різання $d_{рк}$.

Мінімальне значення сили різання спостерігається при найменшому діаметрі цукрового буряка. Зі збільшенням довжини ходу активного плоского ножа L спостерігається зменшення сили різання, яка набуває свого мінімального значення при $L=48\text{мм}$.

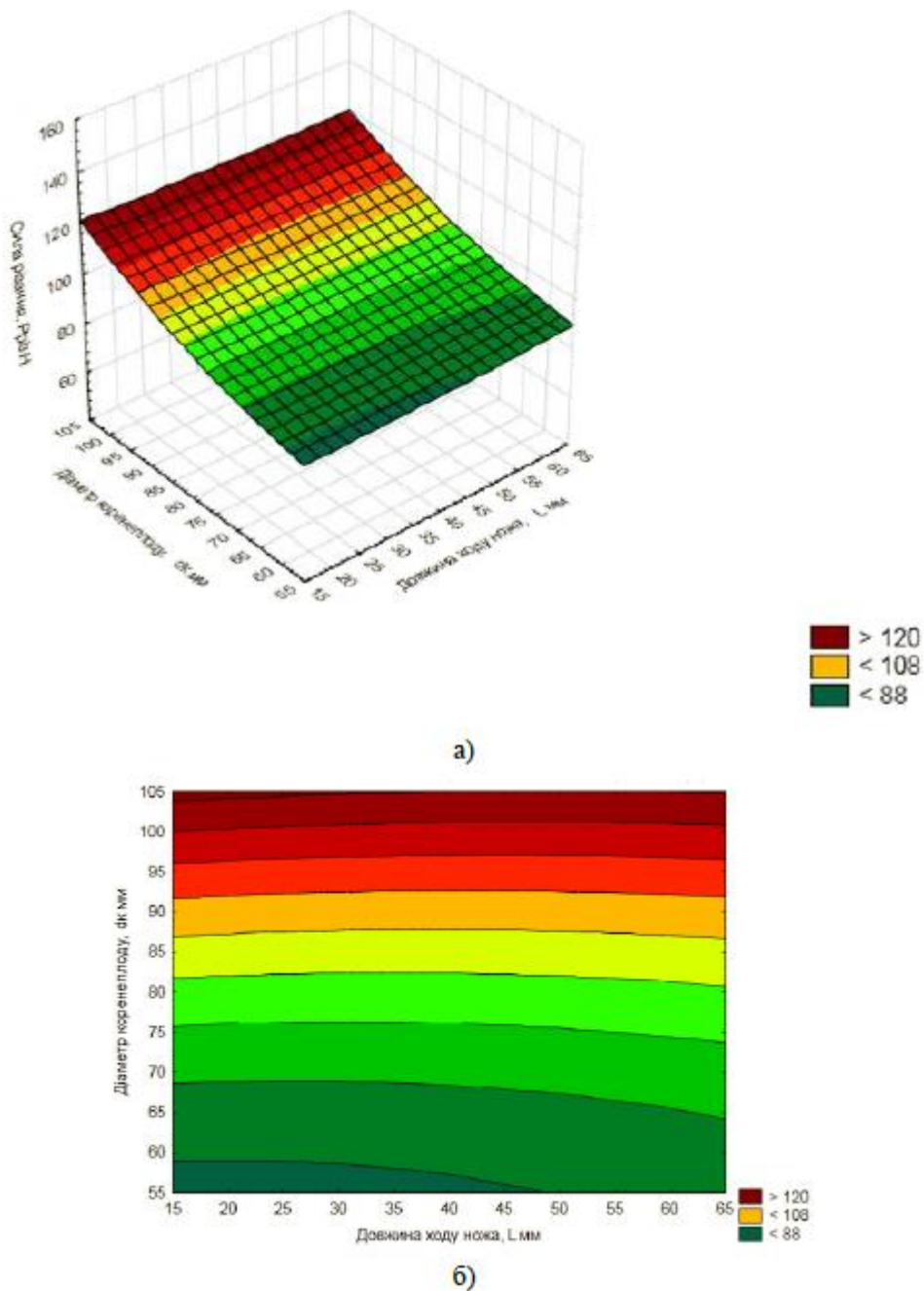


Рисунок 3.2 – Поверхня відгуку (а) та її двовірний перетин (б) залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від довжини ходу ножа L та діаметру коренеплодів d_k

Вплив довжини ходу ножа та робочої швидкості машини на значення сили різання. Проведена статистична обробка результатів багатофакторного експерименту дозволила записати рівняння регресійної залежності сили зрізування гички з головок коренеплодів цукрових від довжини ходу ножа та робочої швидкості бурякозбирального агрегату.

$$P_{різ} = 94,22 - 0,33L - 17,72V_m + 0,004L^2 - 0,003LV_m + 9,65V_m^2, \quad (3.12)$$

де V_m – робоча швидкість машини, м/с.

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин зображені на рис. 3.3.

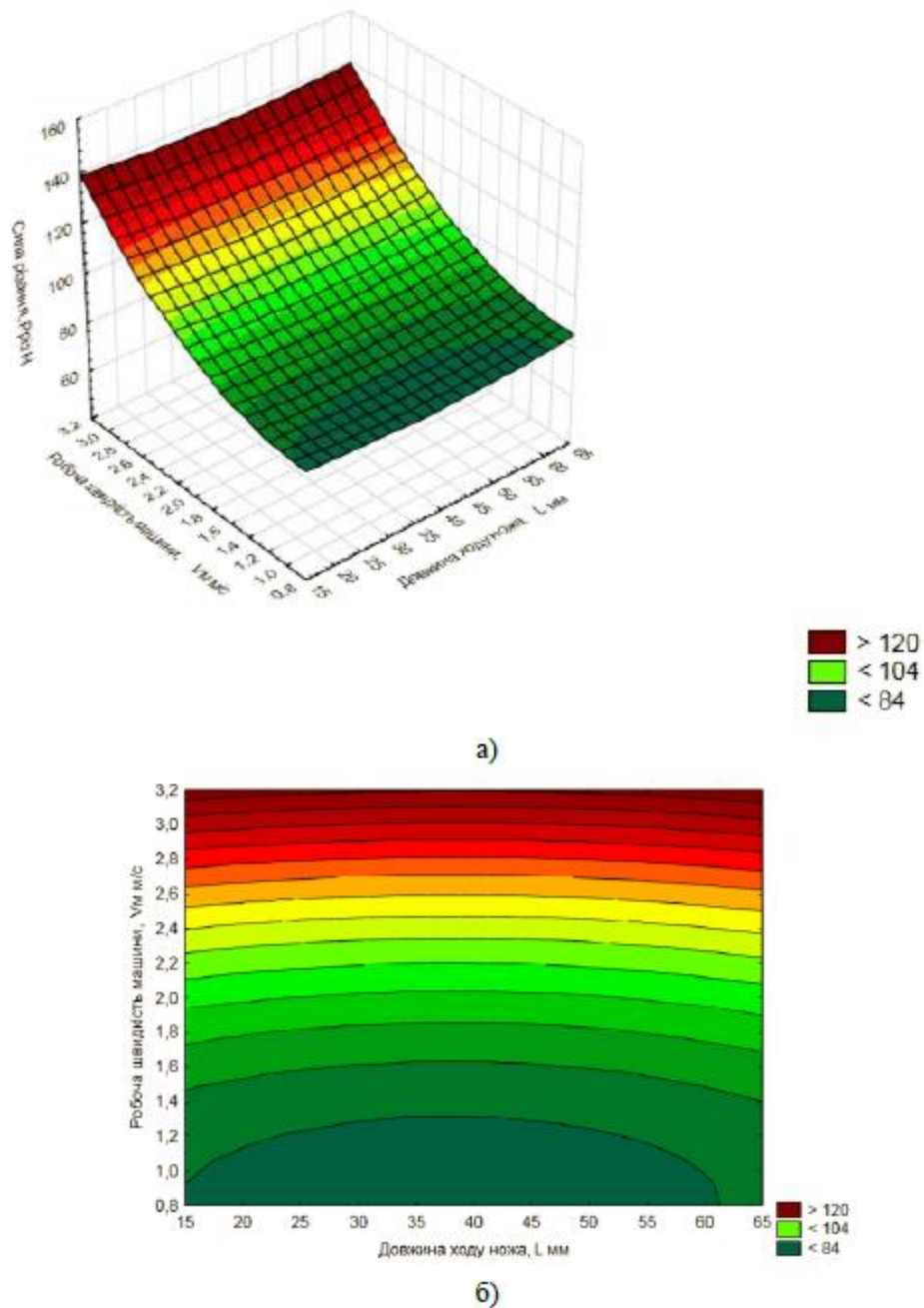


Рисунок 3.3 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний перетин (б) залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від довжини ходу ножа L та робочої швидкості машини V_m

З рівняння регресійної залежності сили різання від довжини ходу ножа та робочої швидкості машини (3.12) можливо визначити ступінь впливу факторів та ефекту їх взаємовпливу на критерій оптимізації.

Проаналізувавши залежність (3.12) встановлено, що ступінь впливу робочої швидкості машини V_m в порівнянні із довжиною ходу ножа L на величину сили різання $P_{різ}$ є значно вищою.

Аналіз поверхні відгуку та її двомірного перетину залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від довжини ходу ножа L та робочої швидкості машини V_m (рис. 3.3) вказує на те, що домінуючим фактором, який впливає на результуюче значення сили різання є швидкість машини.

Зі збільшенням робочої швидкості V_m бурякозбирального агрегату збільшується результуюча сила різання $P_{різ}$ головок коренеплодів.

Регламентована робоча швидкість бурякозбирального агрегату при виконанні технологічного процесу збирання коренеплодів цукрових буряків становить $V_m=2\text{м/с}$. Мінімальне значення сили різання $P_{різ}$ при швидкості бурякозбирального агрегату $V_m=0,8\text{--}1,9\text{м/с}$ забезпечується при довжині ходу ножа $L=40\text{--}62\text{мм}$.

Вплив кута заточування плоского ножа та діаметру коренеплодів на величину сили різання. Залежність сили різання від кута заточування плоского ножа та діаметру коренеплодів запишеться:

$$P_{різ} = -215,91 + 50,67\alpha + 0,07d_k - 2,14\alpha^2 - 0,01\alpha d_k + 0,004d_k^2. \quad (3.13)$$

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин від дії даних факторів зображені на рис. 3.4.

Проаналізувавши залежність (3.13), можна зробити висновок про те, що кут заточування плоского ножа α чинить більший вплив на результуючу силу різання ніж діаметр коренеплоду d_k . Ефект від взаємовпливу цих факторів на критерій оптимізації є мінімальним, оскільки величина коефіцієнта, що входить у рівняння регресії (3.13), та відповідає за взаємодію даних факторів, є незначною.

Аналіз поверхні відгуку та її двомірного перетину залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів буряків від кута заточування активного плоского ножа α та діаметру коренеплодів d_k (рис. 3.4) вказує на те, що при

сталому діаметрі коренеплоду на величину результуючої сили впливає лише кут заточування, мінімальне значення якого становить $\alpha=8^\circ$.

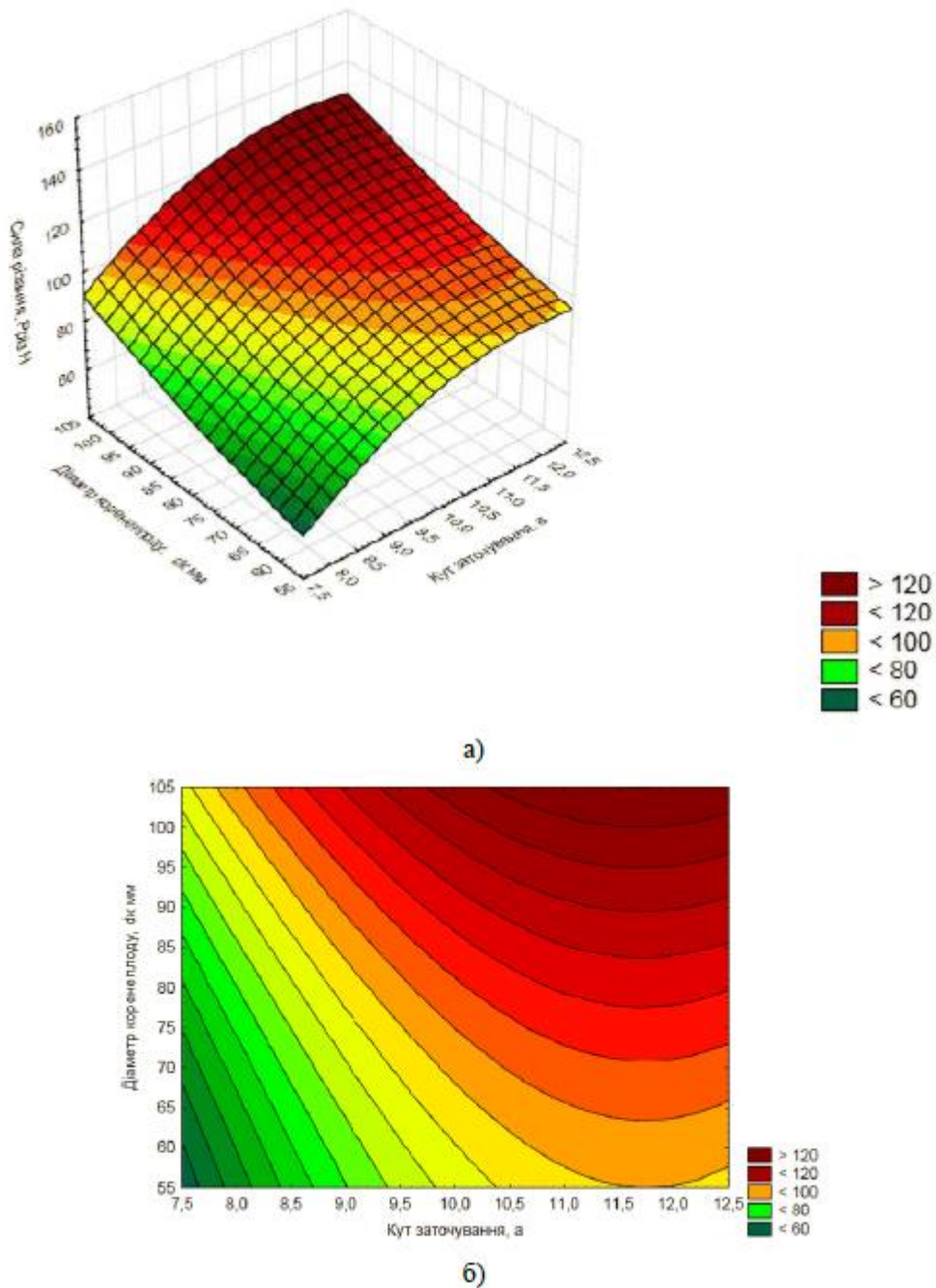


Рисунок 3.4 – Поверхня відгуку (а) та її двовірний перетин (б) залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від кута заточування плоского ножа α та діаметру коренеплодів d_k

Вплив кута заточування плоского ножа та робочої швидкості машини на величину сили різання. Регресійна залежність сили різання головок коренеплодів цукрових буряків від кута заточування плоского ножа та робочої швидкості машини має вигляд:

$$P_{різ} = -56,32 + 32,5\alpha - 65,87V_M - 1,83\alpha^2 + 5,73\alpha V_M + 7,84V_M^2. \quad (3.14)$$

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин зображені на рис. 3.5.

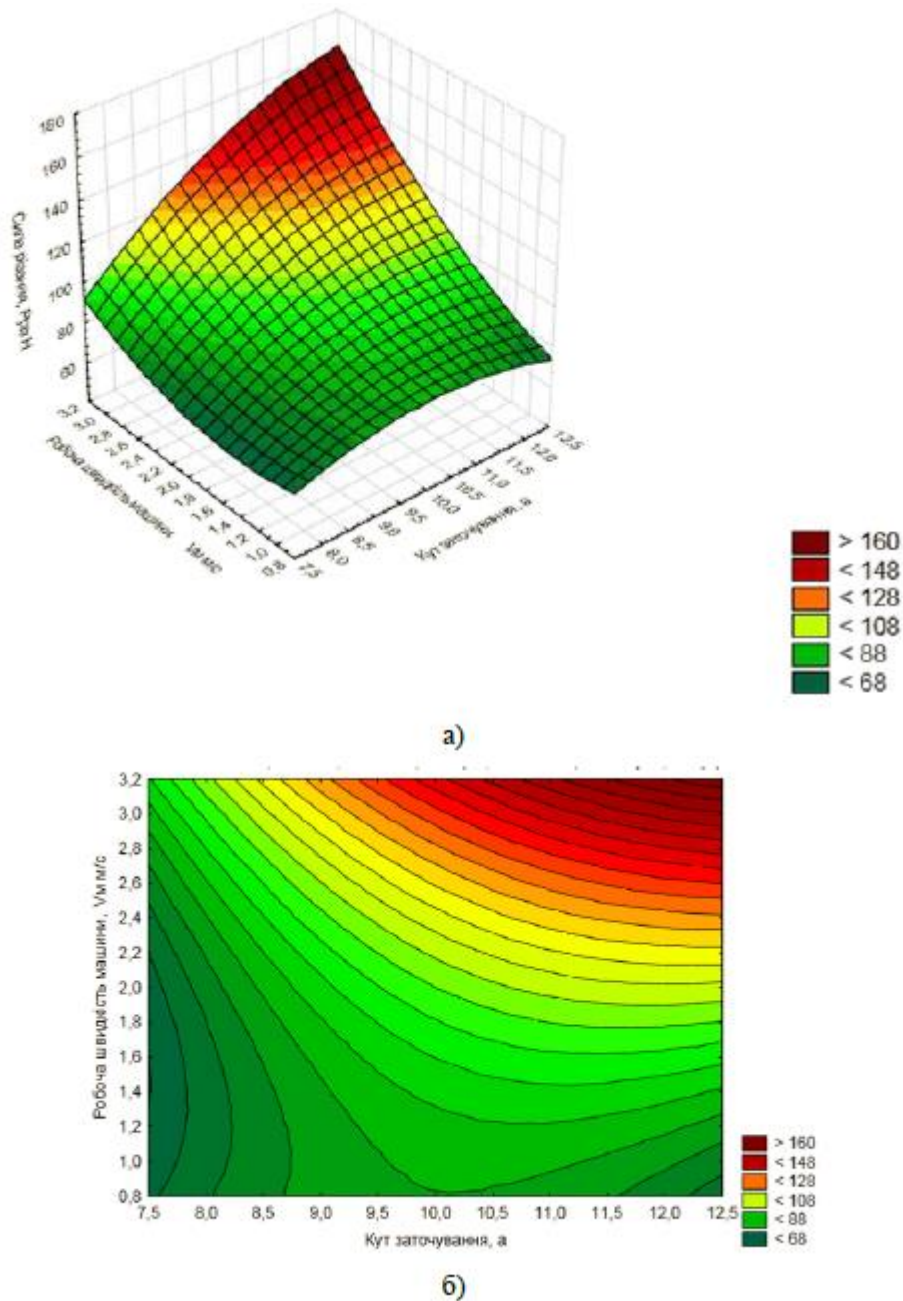


Рисунок 3.5 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний перетин (б) залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від кута заточування плоского ножа α та робочої швидкості машини V_M

Коефіцієнти рівняння регресії (3.14) вказують на ступінь впливу та ефекту взаємовпливу вхідних факторів на результуючу величину сили різання $P_{різ}$. Робоча швидкість машини V_M та кут заточування плоского ножа α суттєво

впливають на значення цієї сили. Із збільшенням швидкості руху машини зростають і напруження, які виникають в зоні різання під час виконання технологічного процесу доочищення головок коренеплодів від залишків гички. Кут заточування плоского ножа знаходиться у функціональній залежності від його товщини.

Мінімальне значення сила різання $P_{різ}$ набуває при куті заточування плоского ножа $\alpha=8^0$ та робочій швидкості машини V_m в діапазоні від 0,8 до 1,9 м/с.

Вплив діаметру коренеплодів та робочої швидкості машини на величину сили різання. Залежність сили різання від діаметру коренеплодів та робочої швидкості машини запишеться:

$$P_{різ} = 173,59 - 2,13d_k - 44V_m + 0,01d_k^2 + 0,32d_kV_m + 10,38V_m^2. \quad (3.15)$$

Поверхня відгуку сили різання та її двомірний перетин зображені на рис. 3.6. Аналіз рівняння регресійної залежності сили різання від діаметрів коренеплодів та робочої швидкості машини (3.15) вказує на те, що ступінь впливу робочої швидкості машини V_m порівно із впливом діаметру буряків d_k на величину сили різання $P_{різ}$, є значно вищою.

Проаналізувавши поверхню відгуку та її двомірний перетин залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від діаметра коренеплодів d_k та робочої швидкості машини V_m (див. рис. 3.6), встановлено, що зі збільшенням робочої швидкості бурякозбирального агрегату V_m та діаметру коренеплодів d_k збільшується результуюча сила різання $P_{різ}$.

Мінімальне значення сили різання $P_{різ}$ не залежно від діаметра коренеплодів забезпечується при робочій швидкості бурякозбирального агрегату $V_m=0,8-1,9$ м/с.

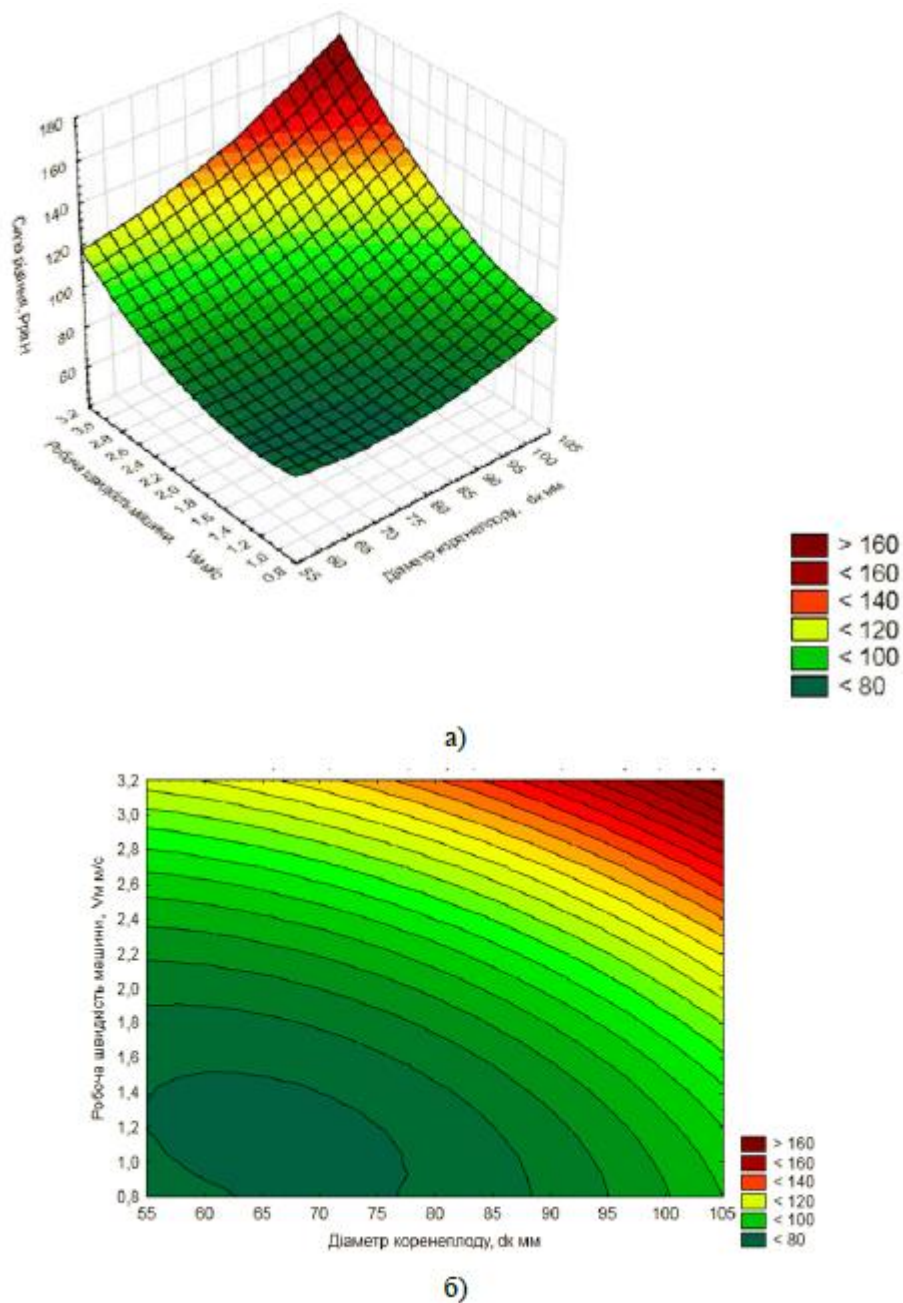


Рисунок 3.6 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний перетин (б) залежності сили різання $P_{різ}$ головок коренеплодів від діаметрів коренеплодів d_k та робочої швидкості машини V_m

3.4. Інженерна методика удосконалення конструкції дообрізувача гички активного типу

Забезпечення інтегральних показників надійності с/г машин досягається застосуванням технологій, які дозволяють підвищити міцнісні характеристики їх робочих поверхонь.

Найбільш поширеними способами підвищення довговічності ріжучих деталей, які використовуються при їх виготовленні, є зміна властивостей і хімічного складу матеріалу, поверхневе хіміко-термічне зміцнення, наплавлення твердими сплавами, термічна обробка та інше [2].

В бурякозбиральних комплексах абразивному зношуванню піддаються робочі органи викопуючих пристроїв та гичкозрізувальних апаратів. Плоскі ножі дообрізувачів, які виконують зрізування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків за допомогою нормальної сили (чисте рублення) та дією дотичної сили і повздовжніх переміщень (але без ковзання) мають низькі показники якості виконання технологічного процесу, що спричинено швидким затупленням їх ріжучої кромки (рис. 3.7) [18].



Рисунок 3.7 – Ріжуча кромка плоского ножа дообрізувача гички

В результаті проведення експериментальних досліджень розробленої нами конструкції дообрізувача гички з активним плоским ножем (рис. 3.8) було підтверджено, що зворотно-поступальний рух леза дозволяє зменшити зусилля різання головок коренеплодів та підвищити якісні показники виконання технологічного процесу [7].

Розроблений механізм працює наступним чином. При русі машини з пристроєм для дообрізування гички з активним плоским ножем по рядках цукрових буряків з попередньо високо видаленою гичкою гребінчастий копір 3 копіює головки коренеплодів та за допомогою паралелограмної підвіски 2, прикріпленої до рами 1, встановлює на необхідну висоту ніж 4. При копіюванні головок коренеплодів цукрових буряків тяга датчика 7, на якій встановлено

підпружинений електричний датчик 8, переміщається у вертикальній площині. При замиканні датчика 8 на блок привода 6 ножа 4 подається електричний сигнал, який приводить у рух ніж 4, що рухається паралельно до своєї ріжучої кромки.

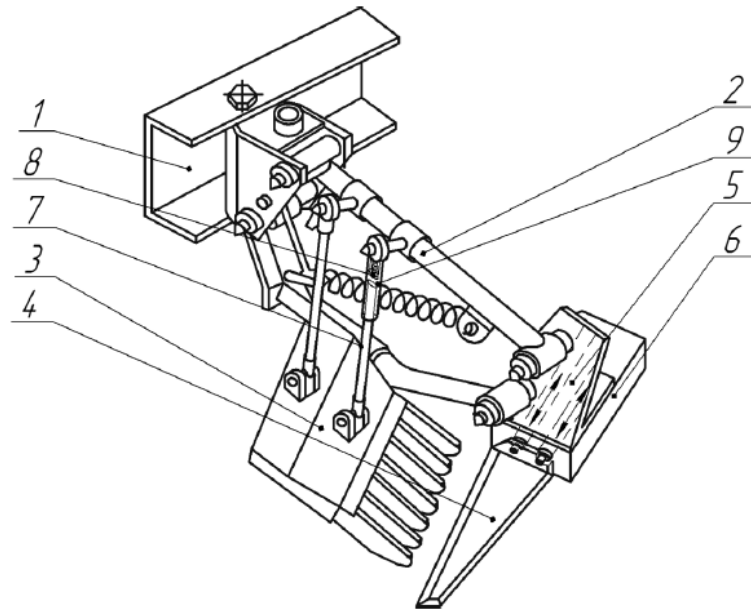


Рисунок 3.8 – Дообрізувач гички з активним плоским ножом

Обрізаючи головку коренеплоду, ніж 4 здійснює зворотній рух у вихідне положення за допомогою блоку привода 6 ножа 4. Захисний кожух 9 підпружиненого електричного датчика 8 захищає контакти електричного датчика 8 від попадання бруду та вологи [7].

Гострота леза ножа значно впливає на опір різанню, оскільки при його затупленні площа, що ним зминається, збільшується.

Ефективним методом, що забезпечить підвищення зносостійкості ріжучої кромки ножа дообрізувача гички є проектування самозаточуваних лез з послідовним дотриманням наступних рекомендацій [14]:

- оцінювання умови роботи ножа, при якому визначають агресивність абразивної маси, динамічні навантаження на лезі та його допустимий радіус затуплення;
- визначення товщини зміцненого шару леза;
- визначення оптимальних властивостей твердого шару (твердість та міцність при згині з визначеною динамічністю навантажень);

- вибір методу зміцнення;
- визначення характеру розміщення зміцненого шару;
- визначення товщини і твердості підтримуючого шару.

З метою підвищення показників раціональності використання пропонується використовувати при виготовленні плоских ножів матеріал – Ст. 3.

Для забезпечення самозаточування лез активних плоских ножів дообрізувачів гички виготовлених зі сталі Ст. 3 пропонується наплавляти на нижню грань леза тонкий зносостійкий шар сплаву сормаїту товщиною 1,5мм. Після наплавлення твердість зміцненого шару буде дорівнювати 50 HRC. В процесі роботи верхній шар леза, що м'якший порівняно з нижнім (наплавлений сормаїтом) піддається інтенсивнішому зношуванню. Послідовне відкриття нижнього шару спричиняє утворення нової форми леза, що забезпечує процес самозаточування та збереження його гостроти.

Висновки по розділу

За результатами експериментальних досліджень було визначено ступені впливу та ефект взаємовпливу факторів на критерій оптимізації (силу різання), проведено графічний аналіз експериментально отриманих даних (побудовано поверхні відгуків та їх двомірні перетини) та визначено оптимальні значення вхідних факторів, які становлять:

- довжина ходу ножа $L=40-50$ мм;
- кут заточування $\alpha=8^0$;
- поступальна швидкість бурякозбирального агрегату $V_m=0,8-1,9$ м/с.

Розроблено інженерну методику удосконалення конструкції дообрізувача гички шляхом виконання ножа із сталі звичайної якості Ст. 3 з подальшим наплавленням на нижню грань леза тонкого зносостійкого шару сплаву сормаїту товщиною 1,5мм для забезпечення його самозаточування.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація умов та заходів з охорони праці при роботі коренезбиральної машини

Стан охорони праці при збиранні коренеплодів на сучасному етапі налагоджено відповідним чином. Але такі фактори, як пилюка, вібрації, спека, шум дуже негативно впливають на здоров'я механізаторів.

Кабіна захищає механізатора від впливу зовнішнього середовища і дозволяє створити мікрокліматичні умови, параметри яких залежать від герметичності кабіни, її теплоізоляції, застосування системи опалення і кондиціонування повітря [15].

Як правило, наші коренезбиральні машини, що побули в експлуатації більше 6-10 років не відповідають ніяким вимогам. І механізатори вимушені працювати в спеці, в пилюці ще й при великих рівнях вібрації і шуму. Шум, як загальний подразник за певних значень своїх характеристик може шкідливо впливати на органи і системи організму людини. Інтенсивний шум, що постійно діє на органи слуху, може призвести до професійного захворювання – постійної втрати слуху. Найбільш несприятливими для органу слуху є шум з частотою 1000- 4000 Гц. Вібрації, які теж постійно діють на оператора, можуть викликати зміни у нервовій системі і кісткових тканинах, призвести до зниження гостроти зору, порушити рівновагу основних нервових процесів. А тривала дія інтенсивної вібрації на організм викликає патології, які називають вібраційною хворобою.

Розглянемо ще декілька факторів, які впливають на стан охорони праці при механізованому збиранні цукрових буряків. Значну роль при роботі механізаторів має місце повноцінне харчування.

У зв'язку з великими відстанями між полями, на яких проводиться робота якість їжі після її перевезення залишає бажати кращого. Також і санітарно-гігієнічні умови прийому їжі. Звідси і виникає можливість захворюваннями, що

призводять до зниження працездатності, а іноді до госпіталізацій трактористів в медичні заклади.

Другий не менш важливий фактор охорони праці, має змінність роботи під час збирання, тому що як правило оператори працюють досить тривалий час, який іноді становить 10-12 годин на добу, що веде за собою втому і відповідно знижує і якість, і продуктивність праці.

Ще один фактор в безпеці проведення робіт під час збирання врожаю – пожежна безпека.

Існує ще багато факторів, що впливають на безпечне виконання робіт під час збирання коренеплодів, але ці три фактори названі вище найчастіше зустрічаються і повинні привертати увагу.

Основні вимоги охорони праці та навколишнього середовища викладені в нормативних документах, якими повинен керуватися тракторист.

4.2. Аналіз потенційних виробничих небезпек при експлуатації коренезбиральної машини

Розробка та впровадження ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечним ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то й методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані. Небезпечні дії, логічно взаємопов'язані з небезпечними умовами і небезпечними виробничими факторами дають можливість точно сформулювати зміст небезпечної або аварійної ситуації.

Метод логічного моделювання потенційних аварійних травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому, логічному (при необхідності і математичному) аналізі і

терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій [15].

Метод логічного моделювання травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій значно полегшує пошук причин аварій виробничих травм і ДТП при їх розслідуванні.

Логічні моделі можна застосувати при прийнятті рішень про відповідальність осіб винних у виникненні таких пригод, а також ступінь вини самого потерпілого.

Логіко-імітаційна модель травмонебезпечних ситуацій при роботі з коренезбиральним комбайном наведено на рис. 4.1

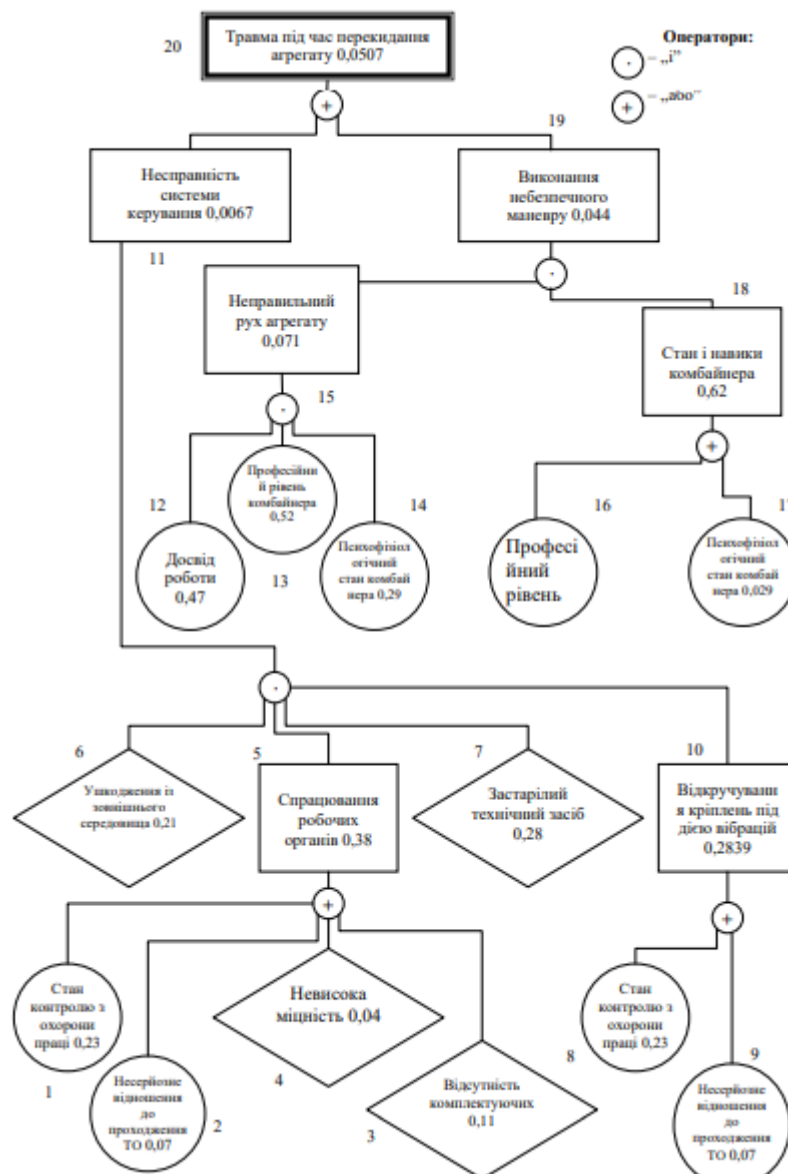


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель травмонебезпечних ситуацій при роботі з коренезбиральним комбайном

Застосовуючи на практиці логіко-імітаційні моделі для дослідження аварій і травм та обґрунтовуючи заходи з охорони праці, уможлиблюється зниження ймовірності виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій. У випадку якщо є необхідність оцінки рівня небезпеки робочого місця, необхідно вивчити та побудувати логічні моделі ймовірних небезпечних ситуацій, що враховують усі стани обладнання, самого робочого місця, а також поведінку оператора та розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі охорони праці наведені фактори, що впливають на стан охорони праці при роботі з коренезбиральною машиною та наведено логіко-імітаційну модель виникнення небезпечних ситуацій при роботі з комбайном.

Визначено, що логіко-імітаційні моделі для дослідження аварій і травм та обґрунтовані заходи з охорони праці, уможлиблюється зниження ймовірності виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ

В конструкторському розділі даного дипломної роботи проведено удосконалення конструкції дообрізувача гички в умовах, яке дозволить використовувати дану машину для збирання цукрових буряків, з відповідністю до агротехнічних вимог. Проектний механізм приводу викопувальних робочих органів дозволить зменшити травмування коренеплодів під час їх викопування, знизить енергетичні затрати та підвищить продуктивність роботи коренезбиральної машини.

Економічну оцінку ефективності внесених конструктивних змін при виконанні операцій збирання цукрових буряків удосконаленою конструкцією виконаємо згідно методики [9].

Для розрахунку економічної ефективності виділимо вихідні дані для розрахунку (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

№	Показники	Позначення	Коренезбиральна машина	
			Базова	Проектна
1.	Оптова ціна с.-г. Машини, грн..	B_m	81700	84230
2.	Продуктивність, га/год.	$W_{год}$	3,9	4,5
3.	Нормативне завантаження, дні: - с.-г. машини	$T_{зм}$	30	30
4.	Витрата палива, кг/га	g_m	8,2	7,5
5.	Кількість обслуговуючого персоналу, чел.	n	1	1
6.	Тарифна ставка механізатора	f_m	174,50	174,50
7.	Відрахування по культиватору на, %: - реновацію - ремонт і ТО	Q_{pm} Q_{km}	12 15	12 15
8.	Комплексна ціна 1 кг паливомастильних матеріалів, грн..	$C_{пмм}$	54,79	54,79

Визначення заробітної плати механізатора.

Визначимо заробітну плату механізатора визначаємо за формулою [9]:

$$Z_n = \frac{f_m}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га.} \quad (5.1)$$

В результаті розрахунків за формулою 5.1 маємо:

- базова коренезбиральна машина $Z_{n.б.} = 44,74 \text{ грн./га}$
- проектна коренезбиральна машина $Z_{n.п.} = 38,77 \text{ грн./га}$

Визначення відрахувань на ремонт та амортизацію по коренезбиральній машині.

Відрахування на ремонт та амортизацію по коренезбиральній машині визначаємо за формулою:

$$S_{om} = \frac{1,1 \cdot B_{zn} \cdot (Q_{pm} + Q_{pm})}{100 \cdot T_{zm} \cdot W_{\text{год}}}, \text{ грн/га.} \quad (5.2)$$

За формуло 5.2 маємо:

- базова коренезбиральна машина $S_{om.б.} = 207,39 \text{ грн./га}$
- проектна коренезбиральна машина $S_{om.п.} = 185,30 \text{ грн./га}$

Визначення вартості паливо-мастильних матеріалів.

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначаємо за наступною формулою [9]:

$$G_m = C_{пмм} \cdot g_m, \text{ грн./га.} \quad (5.3)$$

Комплексна ціна ПММ включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів.

З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 54,79 грн./кг. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

- базова коренезбиральна машина $G_{m.б.} = 449,28 \text{ грн./га}$
- проектна коренезбиральна машина $G_{m.п.} = 433,43 \text{ грн./га}$

Разом витрат будемо мати:

$$B = Z_n + S_{on} + G_m, \text{ грн./га} \quad (5.4)$$

- базова коренезбиральна машина $B_б. = 701,41 \text{ грн./га}$

- проектна коренезбиральна машина $B_n=657,50\text{грн./га}$

Визначення питомих капіталовкладень.

Капітальні вкладення розраховуються з урахуванням нормативної завантаженості коренезбиральної машини:

$$S_n = \frac{1,1 \cdot B_n}{W_{\text{зод}} \cdot T_{\text{зм}}}, \text{ грн./га} \quad (5.5)$$

- базова коренезбиральна машина $S_{n.б.}=768,11\text{грн./га}$

- проектна коренезбиральна машина $S_{n.п.}=686,31\text{грн./га}$

Визначення річного економічного ефекту.

Визначаємо річний економічний ефект за формулою [9]:

$$E_p = [(B_{б.} + E_{б.} \cdot S_{n.б.}) - (B_n + E_n \cdot S_{n.п.})] \cdot T_{\text{зм}} \cdot W_{\text{зод}}, \text{ грн.} \quad (5.6)$$

$$E_p = [(701,41 + 0,15 \cdot 768,11) - (657,50 + 0,15686,31)] \cdot 30 \cdot 4,5 = 7584,30 \text{ грн./га}$$

Строк окупності капіталовкладень на удосконалення коренезбиральної машини.

Строк окупності визначається за формулою [9]:

$$Q = \frac{Z_{np}}{E_p} = \frac{2530}{7584,30} = 0,3 \text{ року} \quad (5.7)$$

де Z_{np} – витрати на удосконалення коренезбиральної машини:

$$Z_{np} = B_{м.п.} - B_{м.б.} = 84230 - 81700 = 2530 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків запишемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Показники	Коренезбиральна машина		Відхилення (+/-)
	Базова	Проектна	
Сумарні витрати на техніку, грн.	81700	84230	+2530
Заробітна плата, грн./га	44,74	38,77	5,97
Витрати по с.-г. машині,	207,39	185,30	22,09
Витрати на ПММ, грн./га	208,28	190,5	17,78
Загальні експлуатаційні витрати, грн./га	460,41	414,57	45,84
Питомі капітальні витрати, грн./га	768,11	686,31	81,8
Річний економічний ефект, грн./га		7584,30	-
Строк окупності, років		1	-

Отже, техніко-економічними розрахунками встановлено, що річний економічний ефект становитиме 7584,30 грн./га, а затрати на удосконалення коренезбиральної машини окупляться протягом 1 року експлуатації, що дозволяє зробити висновки про доцільність впровадження проектного рішення.

Висновки по розділу

Після проведення техніко-економічних розрахунків можна зробити наступні висновки, що річний економічний ефект становитиме 7584,30 грн./га, а затрати на удосконалення коренезбиральної машини окупляться протягом 1 року експлуатації

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі виконані наступні дослідження:

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 гичковидаляючих 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 ε із урахуванням кута тертя φ матеріалу з лезом ножа.

3) 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.

4) На основі проведеного багатофакторного експерименту 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 $L=40-50\text{мм}$; кут заточування леза $\alpha=8^\circ$; поступальна швидкість бурякозбирального агрегату $V_m=1,9\text{м/с}$.

5) 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 товщиною 1,5мм для забезпечення його самозаточування.

6) Економічні розрахунки свідчать, що використання удосконаленого дообрізувача гички активного типу дає можливість отримати річний економічний ефект 7584,30 грн., а термін окупності його становить близько 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. T. Rybak, O. Tsion. Equipment for simulate torsional loads. "Metalurgija", 2012. Vol. 51, br./No 3. P. 430.
2. Барабаш Г., Зубко В., Барабаш О., Щур Т. Особливості обґрунтування режимів роботи машинних агрегатів з використанням сучасних енергетичних засобів. Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Львів : ЛНАУ, 2013. № 17. С. 110-116.
3. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. Київ : Видавничий центр НАН, 2005. 245 с.
4. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник за ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
5. Іллевич С.В. Унікальний коренеплід. Київ : Урожай, 1991. 176 с.
6. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа. Т.3. Киев : Высшая школа, 1989. 352 с. 49
7. Мартиненко В.Я., Головка С.І. Визначення деяких кінематичних параметрів апаратів для зрізування гички цукрових буряків. Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків, 2002. Вип. 7. С. 97-100.
8. Мартиненко В.Я., Головка С.І. Експериментальне дослідження роботи плоских ножів з коливним рухом при збиранні цукрових буряків. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин. Загальнодержавний міжвідомчий наук.–техн. зб. Кіровоград, 2005. Вип. 35. С. 78-81.
9. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.-г. ви-ва. Т.XIV. 2003. С. 189-194.
10. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Львов : Колос, 1980. 168 с.

11. Мишин М.А., Бабко И.П., Борщевская Э.Б. Анализ конструкций режущих аппаратов к свеклоуборочным машинам. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1992. №4. С. 21-24.
12. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин. Київ : Техника, 1981. 176 с.
13. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. Киев : Феникс, 2004. 232 с.
14. Погорілий М.Л. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку. Техніка АПК, 1998. №4. С. 21-23.
15. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. Зб. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79-86.
16. Рибак Т., Цьонь О. Обґрунтування схеми зрізування гички цукрових буряків плоским ножом. XVI наукова конференція ТНТУ імені Івана Пулюя „Матеріалознавство та машинобудування”. Том II. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012. С. 128.
17. Рибак Т., Цьонь О. Огляд конструкцій бурякозбиральних комбайнів. XVI наукова конференція ТНТУ імені Івана Пулюя „Матеріалознавство та машинобудування”. Том II. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012. С. 134.
18. Сташків М.Я., Цьонь О.П. Підвищення довговічності активного плоского ножа дообрізувача гички цукрових буряків. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2013. Вип. № 139. С. 226-230.
19. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. Київ : УААН, 1994. 322 с.
20. Цьонь О.П., Цьонь Г.Б. Планування багатофакторного експерименту з дослідження активних дообрізувачів гички. Актуальні задачі сучасних технологій: Зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів. Тернопіль : ТНТУ, 2013. С. 165.